

การศึกษาและออกแบบเครื่องกวนน้ำตาลโตนดจากพลังงานแสงอาทิตย์

ณัฐวรรตน์ ขจัดภัย^{1*} ปราณี เท่ากลาง^{2*} ภิญญาพัชร สวัสดิ์กุลนิธิ^{3*} และ บุญชู บุญสุข^{4*}

Case study and design the stirrer machine from solar energy for sugar jaggery.

Nutwarat Khajadphai^{1*} Pranee Taoklang^{2*} Phinyapat Sawatkunnithi^{3*} and Boonchub Boonsuk^{4*}

^{1-4*}คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

^{1-4*}Faculty of Industrial Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University

* Corresponding author. E-mail address: nutwarat@hotmail.com

received: July 3, 2020

revised: September 18, 2020

accepted: October 2, 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาและออกแบบเครื่องกวนน้ำตาลโตนดจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกวนน้ำตาลโตนดระหว่างแรงคนกับเครื่องกวนน้ำตาลโตนดจากพลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบด้วยมอเตอร์กระแสตรงขนาด 60 วัตต์ 12 โวลต์ โดยใช้แบตเตอรี่ Charger controller แบบ MPPT ขนาด 10 แอมป์ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ชาร์จประจุไฟฟ้าที่ได้รับจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาประจุให้กับแบตเตอรี่แบบเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 45 แอมป์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เก็บประจุไฟฟ้าที่สามารถผลิตไฟฟ้าออกไปใช้งานได้ทันทีในวันที่ไม่มีแสงแดด จากผลการทดลองพบว่า การกวนน้ำตาลแต่ละครั้งจะใช้น้ำตาลปริมาณ 18 ลิตรต่อรอบการผลิต เมื่อเปรียบเทียบแรงงานจากคนจะใช้ระยะเวลาในการกวนน้ำตาลเป็นเวลา 60 นาที โดยใช้แรงงานคน 1-2 คน ผลัดเปลี่ยนกัน ซึ่งรอบการกวนของแรงงานจากคนอยู่ที่ 40 รอบต่อนาที ซึ่งเมื่อใช้เครื่องจักรในการกวนน้ำตาลใช้เวลา 35 นาที โดยที่รอบการกวนของใบพัดอยู่ที่ 100 รอบต่อนาที ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบการกวนทั้งสองรูปแบบ การกวนโดยใช้เครื่องจักรจะทำให้ส่วนต่างของเวลาเมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคนอยู่ที่ 25 นาที ซึ่งสามารถนำเวลาไปทำกระบวนการต่างๆ ในการผลิตต่อได้ เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลา 1 วัน จะมีการผลิตอยู่ที่ 3 ครั้งต่อวันซึ่งจะมีผลผลิตอยู่ที่ 54 ลิตรต่อวัน ซึ่งการใช้แรงงานจากคนใช้เวลากวนน้ำตาลโตนดทั้งสิ้น 180 นาทีต่อวัน ซึ่งการใช้เครื่องจักรในการกวนนั้นใช้เวลากวนทั้งสิ้น 105 นาทีต่อวัน เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างแรงงานกับเครื่องจักร การใช้เครื่องจักรประหยัดเวลากว่าการใช้แรงงานจากคนอยู่ที่ 75 นาทีต่อวัน ซึ่งเร็วกว่าเดิมถึง 58 % ทั้งนี้การใช้เครื่องจักรเข้ามาทดแทนแรงงานนั้นช่วยลดเวลาและความเมื่อยล้าของแรงงานได้ และสามารถช่วยให้กระบวนการหลังจากการกวนสามารถเริ่มทำได้เร็วขึ้น

คำสำคัญ: เครื่องกวน น้ำตาลโตนด พลังงานแสงอาทิตย์

ABSTRACT

The purpose of this research was for study and design of the stirring machine for jaggery from solar energy. By comparing the efficiency of stirring process between machine from solar energy and manpower. The stirring machine is assembled from 60-watt 12 volt DC motor by use a 10 amp MPPT charger controller as a device charges the electricity received from solar panels to energized the battery 12 volt 45 amp used to store electrical charges that can produce electricity to use immediately on a day without sunlight. From the experiment, it was found that the jaggery was used 18 liter per cycle. When comparing production time from labor, taking 1-2 labors rotation, using 60 minutes. The stirring cycle of labor is 40 revolution per minute. When using the sugar stirring machine for 35 minutes, the propeller revolving cycle is at 100 revolutions per minute. When comparing both stirring forms, the mechanical agitation causes a time difference in comparison to 25-minute labor, which can be used to process various processes. To continue production when comparing the duration of 1 day, there will be production 3 times a day which will yield 54 liters per day. The labor of the people takes the time to stir the palm sugar in a total of 180 minutes per day. It takes a total of 105

minutes to stir per day when compared between labor and machinery. The use of machinery saves time than manual labor by 75 minutes per day, which is 58% faster than before. However, using machinery to replace labor can reduce time and labor is fatigue. and can speed up the process after agitation.

Keywords: Stirrer, Jaggery Sugar, Solar

บทนำ

จังหวัดนครราชสีมาเป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ในดินแดนแห่งที่ราบสูง นับเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่มากที่สุดในประเทศไทย มีป่าและทิวเขาสูงชันเขตแดนเป็นแนวยาว สภาพภูมิอากาศจัดอยู่ในประเภททุ่งหญ้าเขตร้อน (Tropical Savana) ลักษณะของดินเป็นดินร่วนปนทราย โครงสร้างเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัด ได้แก่ ภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม ที่แบ่งเป็นการปลูกข้าวปลูกพืชสวน ปลูกพืชไร่ มีพืชที่สำคัญ เช่น ข้าวเจ้า ข้าวโพด มันสำปะหลัง ปอ ฝ้าย และข้าวฟ่าง กลุ่มเกษตรกรเมื่อว่างเว้นจากการทำอาชีพหลัก ในแต่ละชุมชนได้มีการรวมตัวเพื่อสร้างอาชีพเสริม ไม่ว่าจะเป็นการทอผ้า งานจักสาน หรือการสร้างผลิตภัณฑ์ชุมชนตามลักษณะของพื้นที่ ที่มีวัตถุดิบเพื่อการผลิตเป็นสินค้าในชุมชน และหนึ่งในอาชีพเสริมที่สร้างรายได้ให้แก่ชุมชน คือ วัตถุดิบจากต้นตาล สามารถทำได้ตั้งแต่ของใช้ประเภทเฟอร์นิเจอร์ ของตกแต่งบ้าน ของใช้ภายในบ้านไปจนถึงอาหารที่เป็นได้ทั้งอาหารคาว เช่น แกงหัวโตนดที่ได้จากส่วนหัวเต้าลูกตาลอ่อน หรืออาหารหวาน ได้แก่ ลูกตาลลอยแก้ว พายลูกตาล ที่ได้มาจากผลลูกตาลอ่อน ส่วนผลของตาลสุกนำมาทำเป็นขนมตาลเป็นขนมหวานที่มีมาแต่โบราณ นอกจากนี้น้ำตาลโตนดที่ได้จากการกวนน้ำตาลยังสามารถนำไปเป็นส่วนปรุงรสของอาหารได้อีกด้วย เช่น หมูหวานน้ำตาลโตนด ขนมถ้วยสุรน้ำตาลโตนด เป็นต้น

ตาล หรือตาลโตนด ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา โดยส่วนใหญ่แล้วจะปลูกในบริเวณที่นาเกษตรกรนิยมปลูกต้นตาลโตนดไว้เพื่อเป็นหลักในการแบ่งเขตของคันทนา หรือเพื่อเสริมความแข็งแรงให้กับดินในบริเวณที่ทำการท่อน้ำเข้านา และในที่ดินสาธารณะแม้ตาลจะไม่ใช้พืชเศรษฐกิจแต่สามารถสร้างคุณค่าทางเศรษฐกิจให้กับชุมชนได้ไม่น้อย ตาลเป็นไม้ในวงศ์ปาล์มที่แข็งแรงแทบไม่ต้องดูแลรักษาตลอดระยะเวลาของการเติบโต พื้นที่ในเขตจังหวัดนครราชสีมาที่มีต้นตาลโตนดขึ้นเป็นจำนวนมากคือในเขตอำเภอเมืองนครราชสีมา อำเภอบัวใหญ่ อำเภอโนนสูง อำเภอขามทะเลสอ และอำเภอโนนไทย ซึ่งชาวบ้านในเขตนี้มีรายได้เสริมไม่น้อยจากการขึ้นตาล มีทั้งรายได้จากลูกตาลอ่อนที่ได้จากตาลตัวเมีย น้ำตาลสดที่ได้จากตาลตัวผู้ และสามารถยืดอายุน้ำตาลได้โดยการทำเป็นน้ำตาลโตนดที่มีกลิ่นหอมและรสชาติหวานกลมกล่อมไม่เปลี่ยนไปจากรสชาติเดิมเมื่อเป็นน้ำตาลสดแต่ในขั้นตอนของการกวนน้ำตาลนั้นยังใช้แรงคนในการกวนซึ่งทำให้สูญเสียเวลาและควรให้ถูกหลักทางกายศาสตร์เพราะขั้นตอนในการทำน้ำตาลโตนดต้องใช้เวลา ต้องใช้ความชำนาญในการทำถือเป็นเอกลักษณ์ วิถีชีวิตและวัฒนธรรมท้องถิ่นที่คนรุ่นหลังควรได้ศึกษา

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะศึกษาและออกแบบเครื่องกวนน้ำตาลโตนดจากพลังงานแสงอาทิตย์ และใบพัดเป็นสิ่งประดิษฐ์หรือกระบวนการจัดการกับธรรมชาติด้วยธรรมชาติที่ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีเพื่อลดแรงงาน เมื่อโลกมาถึงยุคที่เทคโนโลยีเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตในฐานะนักวิจัยทำอะไรที่จะสร้างสรรค์สิ่งใหม่ เพื่อหาคำตอบที่สนองความต้องการของบริบทสังคมโดยการนำความรู้และภูมิปัญญามาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์และเข้าถึงแก่นในภูมิปัญญาพื้นถิ่น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและออกแบบเครื่องกวนน้ำตาลโตนดจากพลังงานแสงอาทิตย์

ขอบเขตของการวิจัย

ในการทำวิจัยครั้งนี้มีขอบเขตของการดำเนินงานดังนี้

1. ศึกษาวิธีการกวนน้ำตาลโตนดจากชาวบ้าน บ้านหลักร้อย อำเภอโนนไทย จังหวัดนครราชสีมา
2. ศึกษาเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ การกวนน้ำตาลโตนด

กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

โครงการวิจัย ศึกษาและออกแบบเครื่องกวนน้ำตาลโดนดจากพลังงานแสงอาทิตย์ ได้ใช้กรอบทฤษฎีดังนี้

1. การมีส่วนร่วมของชุมชน หมายถึง ขั้นตอนกระบวนการในการทำงานผู้วิจัย นักศึกษาและ คนชุมชนบ้านหลักร้อย กลุ่มน้ำตาลโดนด

2. ประโยชน์ใช้สอยทางกายภาพ (Practical Function) คือ ประโยชน์ใช้สอยที่ส่งผล โดยตรงต่อผู้ใช้ทางร่างกายมีความชัดเจนสามารถจับต้องใช้งานตามขอบเขตที่กำหนดไว้ ออกเป็น 2 ด้าน คือ

2.1 ด้านประโยชน์ใช้สอยหลัก (Essential Function) คือ ประโยชน์ใช้สอยโดยตรงที่ จะต้องทำหน้าที่ได้อย่างสมบูรณ์ตามความมุ่งหมาย

2.2 ด้านประโยชน์ใช้สอยรอง (Supporting Function) คือ ประโยชน์ใช้สอยที่มี เพิ่มเติมเพื่อส่งเสริมให้ประโยชน์ใช้สอยหลัก ในด้านความสะดวกสบาย ความปลอดภัย การดูแลและ บำรุงรักษาได้ง่าย (นวนน้อย บุญวงศ์. 2539 : 94)

2.3 ง่ายต่อการซ่อมแซม (Ease of maintenance) ผลิตภัณฑ์ต้องถูกออกแบบให้สื่อสารว่า จะบำรุงรักษาและซ่อมแซมได้อย่างไร หลักเกณฑ์การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่จะช่วยให้ทีมงานนักออกแบบ ประสบความสำเร็จเมื่อต้องการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่นั้น Dreyfuss (1973) อ้างใน (นิรัช สุดสังข์ 2543 : 77)

วิธีดำเนินการวิจัย

แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ประชุมคณะทำงานอาจารย์ และนักศึกษา เพื่อวางแผนการทำงานร่วมกัน ประสานงานกับหัวหน้ากลุ่มของชุมชน

1.1 นักศึกษาชั้นปีที่ 2 รายวิชา รายวิชา ออกแบบกลไกพื้นฐาน รหัสวิชา 502201 รายวิชา การศึกษาและพัฒนาภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อการออกแบบ รหัสวิชา 502221

1.2 นักศึกษาชั้นปีที่ 3 รายวิชา ออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 4 รหัสวิชา 502302

1.3 นักศึกษาชั้นปีที่ 4 รายวิชา ออกแบบบรรจุภัณฑ์ 2 รหัสวิชา 502371

ขั้นตอนที่ 2 คณะผู้วิจัยและนักศึกษาศาขาวีหาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ลงพื้นที่สำรวจเก็บข้อมูลในชุมชน

2.1 ศึกษากระบวนการในการเคี่ยวน้ำตาลก่อนเป็นน้ำตาลปึก ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนคือ การต้ม การเคี่ยว การกวนให้เกิดผลึก และการหยอดน้ำตาล

2.1.1 นำน้ำตาลสดจากกระบอกที่ได้จากการปาดหัวตาลที่มีไม้พายอมขึ้นเล็กรองอยู่ที่ก้นกระบอกเพื่อไม่ให้ น้ำตาลเสียเร็ว (หากไม่แช่ไม้พายอมรสชาติจะเปรี้ยว) เทผ่านผ้าขาวบางหรือกระชอนตาถี่ เพื่อกรองเศษไม้พายอม เศษเกสรดอกไม้แมลง หรือสิ่งสกปรกตกไป เพื่อให้ น้ำตาลที่จะนำไปเคี่ยวนั้นใสไม่มีตะกอน

2.1.2 การเคี่ยวน้ำตาล อุปกรณ์ที่ใช้ในการเคี่ยวน้ำตาล เตาไฟที่มีช่องสำหรับใส่เชื้อเพลิง กระทะสแตนเลส ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 22 นิ้ว สำหรับใส่น้ำตาล ไม้ที่ใช้ในการเคี่ยวน้ำตาล ต้องเป็นไม้ที่ไม่มีรสชาติดังนั้นจะทำให้ น้ำตาลเสียคุณภาพของรสชาติ ไม้ที่นำมาใช้ในการเคี่ยวน้ำตาล ได้แก่ ไม้สีหลอด ไม้มะพร้าว ไม้ตาล น้ำตาลที่ได้จากการปาดตาลตั้งไฟต้มไปเรื่อย ๆ จนน้ำตาลเดือดระหว่างการต้มต้องใส่ไฟให้ร้อนสม่ำเสมอ จนน้ำตาลงวดขึ้นเริ่มเหนียวโดยสังเกตสีของน้ำตาลจะมีสีขาวนวลให้รีบยกลงจากเตาไม่เช่นนั้นน้ำตาลจะไหม้ หรือหากระยะเวลาในการเคี่ยวไม่พอน้ำตาลก็จะไม่จับตัวเป็นก้อนอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ น้ำตาลไม่จับตัวนั้นขึ้นอยู่กับสภาพอากาศของวันที่ทำน้ำตาลโดนด ขั้นตอนนี้ใช้เวลาในการเคี่ยว 3 - 4 ชั่วโมง

2.1.3 เมื่อเคี่ยวน้ำตาลจนงวดโดยใช้ไม้กวน ยกลงจากเตา กวนอีกรอบให้เกิดผลึกโดยใช้ไม้พายคนระยะเวลา 5 - 8 นาที นำมาวางไว้ในที่ ๆ สามารถกวนได้ถนัดโดยใช้ไม้กวนอีกรอบ เตรียมกระบวยหรือช้อน (แล้วแต่ความถนัด) และไม้สำหรับปาดน้ำตาลเพื่อขั้นตอนต่อไป

2.1.4 การหยอดน้ำตาล แล้วแต่วิธีการของแต่ละชุมชน บางชุมชนจะมีเบ้าสำหรับหยอดน้ำตาล หรือในบางชุมชนจะใช้วิธีการตัก หยอดโดยใช้ช้อนวนให้เป็นแผ่นกลม บาง โดยวนลงบนผ้าขาวบางที่สะอาด ด้านใต้อาจเป็นแผ่นไม้อัด หรือทรายที่ก่อขึ้นสูงและอัดจนแน่น

ขั้นตอนที่ 3 คณะผู้วิจัยและนักศึกษาร่วมกันวิเคราะห์รูปแบบเครื่องกวนน้ำตาลโดนดจากพลังงานแสงอาทิตย์

ขั้นตอนที่ 4 คณะผู้วิจัยและนักศึกษาลงพื้นที่นำต้นแบบไปทดสอบกับกลุ่มน้ำตาลโดนดได้ทดลองใช้เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องกวนน้ำตาลโดนดจากพลังงานแสงอาทิตย์

ขั้นตอนที่ 5 สรุปผลการทดลองโดยทำการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการกวนระหว่างแรงคนและแรงจากเครื่องกวนน้ำตาล

ขั้นตอนการออกแบบ

โครงสร้างของเครื่องได้ใช้ไม้ที่มีอยู่ในชุมชน คือ ไม้ตาลออกแบบให้มีความกว้าง ความยาว ความสูง ในขนาดที่เหมาะสม การติดตั้งอุปกรณ์อื่นๆ ได้แก่ มอเตอร์ DC เพื่อใช้กับแบตเตอรี่ที่ชาร์จโดยเครื่องชาร์จจากโซลาร์พาแนล การทำงานสามารถทำได้ทั้งเวลากลางวันและเวลากลางคืนเพื่อให้มีระยะเวลาการทำงานที่มากขึ้น เงื่อนไขในการทำงานของเครื่องกวนน้ำตาล โตนด คือมอเตอร์กระแสตรงต้องมีการหดรอบของมอเตอร์เพื่อให้เกิดแรงบิดที่มากพอ ในขณะที่กวนน้ำตาลจะใช้ระยะเวลาที่มากทำให้เกิดแรงหนีตมากขึ้น มอเตอร์กระแสตรงจะทำงานที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที เปิดสวิตซ์ให้ทำงานโดยอัตโนมัติ หากกวนน้ำตาลโตนดในช่วงเวลากลางวันสามารถใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ หากกวนน้ำตาลโตนดช่วงกลางคืนจะใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ซึ่งเก็บประจุจากช่วงกลางวันมานำมาใช้ในการทำงานได้

อุปกรณ์

1. แผ่นโซลาร์พาแนล 160 วัตต์ ขนาด 1480 x 670 x 35 มิลลิเมตรแบบ Crystalline เป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่อยู่ในรูปของผลึกที่ทำให้เป็นฟิล์มชั้นบาง ๆ แบบที่เลือกใช้คือ Mono crystalline 18.4 Volt
2. มอเตอร์ใช้มอเตอร์กระแสตรงขนาด 60 วัตต์ 12 โวลต์ ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาทีโดยมีการหดรอบเพื่อให้เกิดแรงบิดที่เหมาะสมแทนการใช้มือกวน
3. แบตเตอรี่ Charger controller แบบ MPPT ขนาด 10 แอมป์ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ชาร์จประจุไฟฟ้าที่ได้รับจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาประจุให้กับแบตเตอรี่ ซึ่งการประจุในครั้งนี้อาจจะไม่ให้มีประจุมากเกินไป (Over charge) ซึ่งจะส่งผลให้แบตเตอรี่ร้อนจัด ทำให้เสื่อมสภาพเร็ว
4. แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 45 แอมป์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เก็บประจุไฟฟ้าที่สามารถผลิตไฟฟ้าออกไปใช้งานได้ทันที
5. ตะกร้อสแตนเลสสำหรับกวนน้ำตาลโตนดทำรูปทรงให้คล้ายไม้กวนแบบเดิม เปลี่ยนวัสดุเพื่อให้ถูกหลักเกณฑ์ของสุขลักษณะที่ดี ตามหลัก GMP ของผู้ประกอบการอาหาร คือวัสดุที่ไม่เป็นพิษ ไม่ทำให้เกิดกลิ่น หรือรสชาติที่มีผลต่อน้ำตาลโตนด ไม่ดูดความชื้น ทนต่อการกัดกร่อน และทำความสะอาดได้ง่าย วัสดุที่เหมาะสม เช่น Stainless steel ไม่สังเคราะห์ ยางสังเคราะห์ ควรหลีกเลี่ยงการใช้ไม้และวัสดุอื่นซึ่งไม่สามารถทำความสะอาดและฆ่าเชื้อได้
6. ไม้ตาลสำหรับทำโครงและฐานสำหรับเครื่องกวน เป็นไม้ที่มีอยู่ในชุมชน ต้นที่มีอายุมาก ๆ จะถูกโค่นทิ้ง เพราะไม่สามารถให้ผลผลิตได้ จึงนำมาใช้ประโยชน์โดยการทำเป็นโครงสร้างของชุดกวนน้ำตาลโตนดลักษณะเด่นของต้นตาล คือ เป็นไม้เนื้อแข็งและความเหนียว ไม่แตกหักง่าย และไม่เป็นเสี้ยนแข็งสวายนาม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถผลิตเครื่องกวนน้ำตาลโตนดได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ
2. เพื่อลดเวลาในการทำงาน
3. เพื่อให้ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์
4. เพื่อส่งเสริมอาชีพให้กับกลุ่มเกษตรกร
5. ข้อมูลจากการวิเคราะห์การออกแบบผลิตภัณฑ์สามารถนำไปถ่ายทอดสู่ชุมชนได้

คำนิยามศัพท์เฉพาะ

1. เครื่องกวน หมายถึง การใช้เครื่องมือในการเคี้ยวหรือกวนให้ของเหลวมีความหนืด
2. น้ำตาลโตนด หมายถึง ผลผลิตของต้นตาลที่มาในรูปแบบของ ของเหลวที่มีความหวาน
3. พลังงานแสงอาทิตย์ หมายถึง พลังงานที่แปลงผ่านอุปกรณ์เพื่อเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อนำมาใช้กวนน้ำตาลโตนด

ผลการวิจัย

การศึกษาและออกแบบเครื่องกวนน้ำตาลโตนดจากพลังงานแสงอาทิตย์ คณะผู้วิจัยมีผลการวิเคราะห์ข้อมูล จากการเก็บรวบรวมข้อมูล ตามวัตถุประสงค์และขั้นตอนของแผนงานที่วางไว้ ดังนี้

1. ลงพื้นที่สำรวจการใช้ประโยชน์จากต้นตาล



ภาพ 1 สอบถามข้อมูลและสำรวจต้นตาลในพื้นที่บ้านหลักร้อย

1.1 สัมภาษณ์ กลุ่มน้ำตาลโตนด ป่าละม่อม ทองสันเทียะ และ ป่ามล ทองสันเทียะ บ้านหลักร้อย อำเภอนोनไทย จังหวัดนครราชสีมา ได้ให้ข้อมูลและสาธิตการกวนน้ำตาลโตนด



ภาพ 2 กลุ่มชาวบ้านรวมตัวกันพร้อมสาธิตวิธีการกวนน้ำตาลโตนด

1.2 ศึกษาขั้นตอนการทำน้ำตาลโตนด

1.2.1 นำน้ำตาลสดจากกระบอกที่ได้จากการปาดหัวตาลที่มีไม้พยอมขึ้นเล็กรองอยู่ที่ก้นกระบอกเพื่อไม่ให้น้ำตาลเสียเร็ว (หากไม้พยอมรสชาติจะเปรี้ยว) เทผ่านผ้าขาวบางหรือกระชอนตาถี่ เพื่อกรองเศษไม้พยอม เศษเกสรดอกไม้ แมลง หรือฝัิ่งที่ตกลงไป เพื่อให้น้ำตาลที่จะนำไปเคี่ยวนั้นใสไม่มีตะกอน



ภาพ 3 น้ำตาลสดที่ได้จากการนวดวงตาลนำมาต้มจนเดือด

1.2.2 การเคี่ยวน้ำตาล อุปกรณ์ที่ใช้ในการเคี่ยวน้ำตาล เตาไฟที่มีช่องสำหรับใส่เชื้อเพลิง กระทะสแตนเลสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 22 นิ้ว สำหรับใส่น้ำตาล ไม้ที่ใช้ในการเคี่ยวน้ำตาล ต้องเป็นไม้ที่ไม่มีรสชาติดังนั้นจะทำให้ น้ำตาลเสียคุณภาพของรสชาติ ไม้ที่นำมาใช้ในการเคี่ยวน้ำตาล ได้แก่ ไม้สีหอด ไม้มะพร้าว ไม้ตาล นำน้ำตาลที่ได้จากการปาดตาลตั้งไฟต้มไปเรื่อยๆ จนน้ำตาลเดือดระหว่างการต้มต้องใส่ไฟให้ร้อนสม่ำเสมอ จนน้ำตาลงวดขึ้นเริ่มหนืดโดยสังเกตสีของน้ำตาลจะมีสีขาวนวลให้รีบยกลงจากเตาไม่เช่นนั้นน้ำตาลจะไหม้ หรือหากระยะเวลาในการเคี้ยวไม่พอน้ำตาลก็จะไม่จับตัวเป็นก้อนอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ น้ำตาลไม่จับตัวนั้นขึ้นอยู่กับสภาพอากาศของวันที่ทำน้ำตาลโดนด ขั้นตอนนี้ใช้เวลาในการเคี้ยว 3 - 4 ชั่วโมง



ภาพ 5 เคี่ยวน้ำตาลโดนดต่อไปเรื่อยๆ จนสีของน้ำตาลเปลี่ยนเป็นสีทอง

1.2.3 เมื่อเคี่ยวน้ำตาลจนงวดโดยใช้ไม้กวาน ยกลงจากเตา กวนอีกรอบให้เกิดผลึกโดยใช้ไม้พายกวนระยะเวลา 5 - 8 นาที นำมาวางไว้ในที่ ๆ สามารถกวนได้ถนัดโดยใช้ไม้กวานอีกรอบ เตรียมกระบวยหรือช้อน (แล้วแต่ความถนัด) และไม้สำหรับปาดน้ำตาลเพื่อขั้นตอนต่อไป



ภาพ 6 หลังจากนั้นนำไม้มากวานจนน้ำตาลเริ่มจับตัวสังเกตจากสีขอบข้างของกระทะจะออกสีขาวนวล

1.2.4 การหยอดน้ำตาล แล้วแต่วิธีการของแต่ละชุมชน บางชุมชนจะมีเบ้าสำหรับหยอดน้ำตาล หรือในบางชุมชนจะใช้วิธีการตัก หยอดโดยใช้ช้อนวนให้เป็นแผ่นกลม บาง โดยวนลงบนผ้าขาวบางที่สะอาด ด้านใต้อาจเป็นแผ่นไม้อัด หรือทรายที่ก่อขึ้นสูงและอัดจนแน่น



ภาพ 7 การหยอดน้ำตาลจะใช้ช้อนตักพร้อมไม้พายอันเล็กสำหรับปาดน้ำตาลโดนดและใช้ช้อนวนเป็นแผ่นกลม

2. ขั้นตอนการขึ้นโครงสำหรับแทนวางเครื่องกว่น



ภาพ 8 นำไม้ตาลที่ไม่ให้ผลมาทำเป็นโครงสำหรับวางเครื่องกว่นน้ำตาลโดนด



ภาพ 9 ช่างทำการไสขีดปรับให้ได้ฉาก



ภาพ 11 โครงสำหรับติดมอเตอร์และใบกวนน้ำตาลโตนด ด้านข้างเจาะรูเพื่อให้ปรับระดับได้

3. ขั้นตอนการติดตั้งมอเตอร์



ภาพ 12 ขั้นตอนการติดตั้งมอเตอร์และต่อสาย Charger controller ไปยังแผ่นโซลาร์พานเนล

4. ติดตั้งเครื่องในพื้นที่กลุ่มน้ำตาลโตนด บ้านหลักร้อย อำเภอโนนไทย จังหวัดนครราชสีมา



ภาพ 13 คูสถานที่ในการวางแผนโซล่าพาแนลในจุดที่รับแสงได้ดีและเชื่อมต่อไปยัง Charger controller



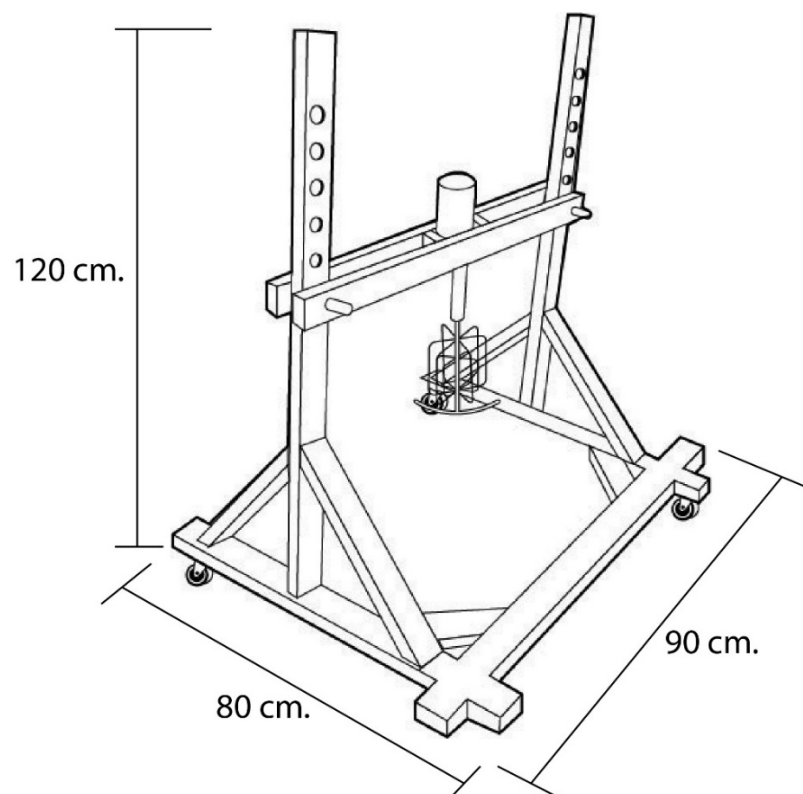
ภาพ 14 ทดสอบประสิทธิภาพของการกวนน้ำตาลโตนดโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์



ภาพ 15 เมื่อเคี้ยวจนสีของน้ำตาลโตนดเป็นสีทองจึงทำการกวนโดยใช้เครื่อง



ภาพ 16 กวนน้ำตาลโดนดจนน้ำตาลเริ่มเหนียวระยะเวลาที่ใช้ในการกวนน้อยกว่าการใช้แรงงานจากคน



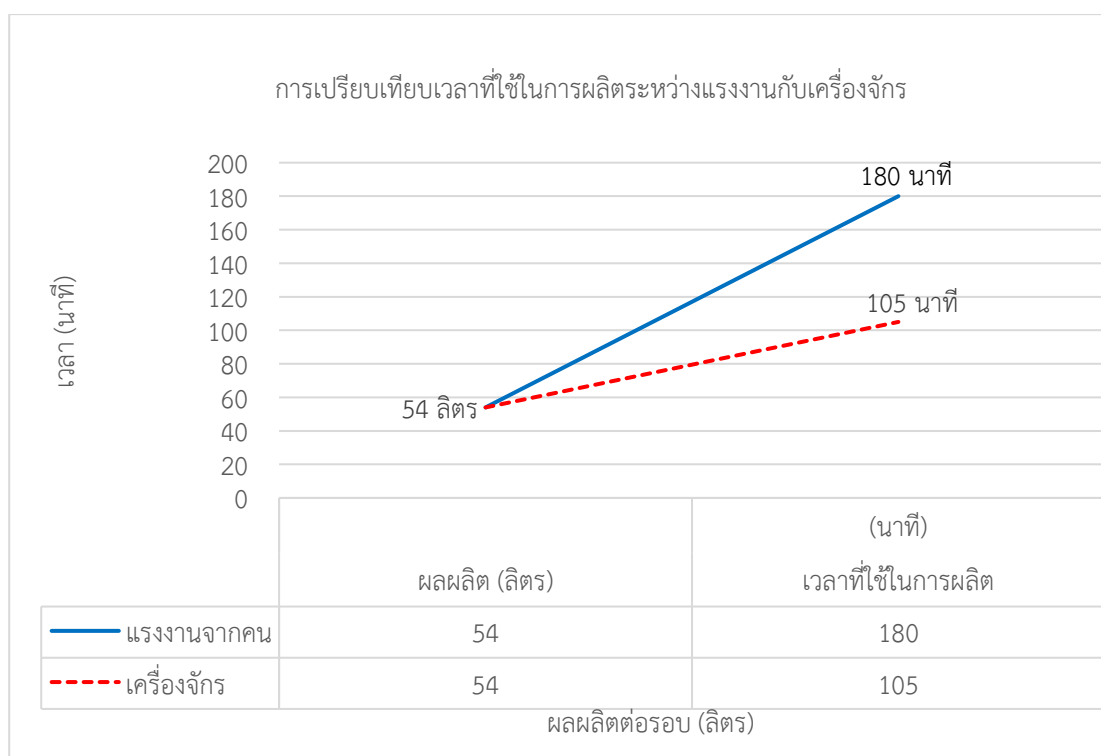
ภาพ 17 ขนาดของเครื่องกวนน้ำตาลโดนดจากพลังงานแสงอาทิตย์

ขั้นตอนสรุปผลการทดลอง

ตาราง 1 ตารางแสดงการเปรียบเทียบระหว่างแรงงานจากคนกับเครื่องจักร

เครื่องมือ	ผลผลิต (ลิตร)	เวลาที่ใช้ในการผลิต (นาท)	ผลผลิตต่อนาท
แรงงานจากคน	54	180	0.30
เครื่องจักร	54	105	0.51
ส่วนต่าง	0	35	-0.21

จากผลการทดลองพบว่า การกวนน้ำตาลแต่ละครั้งจะใช้น้ำตาลปริมาณ 18 ลิตร เมื่อเปรียบเทียบแรงงานจากคนจะใช้ระยะเวลาในการกวนน้ำตาลเป็นเวลา 60 นาที โดยใช้แรงงานคน 1-2 คน ผลัดเปลี่ยนกัน ซึ่งรอบการกวนของแรงงานจากคนอยู่ที่ 40 รอบต่อนาที ซึ่งเมื่อใช้เครื่องจักรในการกวนน้ำตาลใช้เวลา 35 นาที โดยที่รอบการกวนของใบพัดอยู่ที่ 100 รอบต่อนาที ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบการกวนทั้งสองรูปแบบ การกวนโดยใช้เครื่องจักรจะทำให้มีส่วนต่างของเวลาเมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคนอยู่ที่ 25 นาที ซึ่งสามารถนำเวลาไปทำกระบวนการต่าง ๆ ในการผลิตต่อได้



แผนภูมิ 1 แสดงถึงการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการผลิตระหว่างแรงงานคนกับเครื่องจักรต่อวัน

จากผลการทดลองและการศึกษาพบว่า ในระยะเวลา 1 วัน จะมีการผลิตอยู่ที่ 3 ครั้งต่อวันซึ่งจะมีผลผลิตอยู่ที่ 54 ลิตรต่อวัน ซึ่งการใช้แรงงานจากคนใช้เวลาในการกวนน้ำตาลโดนดทั้งสิ้น 180 นาทีต่อวัน ซึ่งการใช้เครื่องจักรในการกวนนั้นใช้เวลาทั้งหมด 105 นาทีต่อวัน เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างแรงงานกับเครื่องจักร การใช้เครื่องจักรประหยัดเวลากว่าการใช้แรงงานจากคนอยู่ที่ 35 นาทีต่อวัน ซึ่งเร็วกว่าเดิมถึง 58 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้การใช้เครื่องจักรเข้ามาทดแทนแรงงานนั้นช่วยลดความเมื่อยล้าของแรงงานได้ และสามารถช่วยให้กระบวนการหลังจากการกวนสามารถเริ่มทำได้เร็วขึ้น

ตาราง 2 ตารางแสดงราคาต้นทุนที่ใช้ในการผลิตเครื่องกวนน้ำตาลโตนดจากพลังงานแสงอาทิตย์

รายการ	ราคา
1. แผงโซลาร์เซลล์	2,500
2. แบตเตอรี่+ขั้ว	1,850
3. ใบพัดกวน+ก้าน	1,480
4. สายไฟ	520
5. ชุดชาร์จเจอร์	900
6. ก่อ+ค่าติดตั้ง	800
7. โครงสร้าง	2,000
8. มอเตอร์ 12 volt 60 w	2,800
รวมราคา	12,850

สรุปผลและการอภิปรายผล

การวิจัยจากการศึกษาและออกแบบเครื่องกวนน้ำตาลโตนดจากพลังงานแสงอาทิตย์ คณะผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลทั้งเรื่องของวัสดุและรูปแบบที่เหมาะสมในขณะใช้งาน

การวิจัยมีประเด็นสำคัญนำมาอภิปรายผลดังนี้ 1.คณะผู้วิจัยได้นำผลการศึกษาคูณลักษณะของเครื่องกวนผลไม้ มาเป็นแนวทางการออกแบบเครื่องกวนน้ำตาลโตนดจากพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า ด้านการออกแบบ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ อุดมศักดิ์ สาริบุตร (2549, หน้า 10-12) ที่กล่าวถึงหลักการ ออกแบบสิ่งประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมว่า การออกแบบ สิ่งประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม นักออกแบบต้องพิจารณา ด้านต่าง ๆ คือ หน้าที่ใช้สอย ความปลอดภัย ความแข็งแรงทนทาน ความประหยัด วัสดุ โครงสร้าง ความสะดวกสบายในการใช้ ความสวยงาม มีลักษณะเฉพาะตัว กรรมวิธีการผลิต การซ่อมบำรุงรักษา การขนส่ง สอดคล้องกับงานวิจัยของบุญธรรม โสโงะ และคณะ (2556 : 37) ที่ได้ศึกษาคูณภาพในการทูลงของเครื่องกวนสับปรดแบบควบคุม อุณหภูมิอัตโนมัติเมื่อเทียบการทูลงแล้วพบว่า การทดลองการกวนสับปรดด้วยแรงคนสามารถ กวนสับปรดได้โดยเฉลี่ย 10 กิโลกรัม / 6.36 ชั่วโมงส่วนการกวนสับปรดด้วยเครื่องกวนสามารถ กวนสับปรดได้โดยเฉลี่ย 10 กิโลกรัม / 4.05 ชั่วโมงเครื่องกวนสับปรดประหยัดเวลากว่าแรงคน โดยเฉลี่ย 2.31 ชั่วโมง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ 63.67 เปอร์เซ็นต์

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาและออกแบบเครื่องกวนน้ำตาลโตนดจากพลังงานแสงอาทิตย์ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้และเพื่อทำการวิจัยในครั้งต่อไปดังนี้

1. ส่วนของขาตั้งที่ติดลูกล้อ ควรใส่ลูกล้อแบบปรับระดับได้เพราะพื้นที่บริเวณที่กวนน้ำตาลโตนดระดับของพื้นอาจไม่เท่ากัน

เอกสารอ้างอิง

นวลน้อย บุญวงศ์. (2539). **หลักการออกแบบ**. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์.

นิรัช สุดสังข์. (2543). **ออกแบบอุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ : งานตำราและเอกสารการพิมพ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

บุญธรรม โสโงะและคณะ. (2556). **การวิจัยการออกแบบสร้างเครื่องกวนสับปรดแบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ**. ปรินญา นิพนธ์วิศวกรรมเครื่องกล. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, ลำปาง.

อุดมศักดิ์ สาริบุตร. (2549). **เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พรีนติ้ง เฮาส์.