 Received: 2022-03-15 **Revised:** 2022-06-13 **Accepted:** 2022-06-13

การใช้ประโยชน์จากชีวมวลโดยการแปรสภาพเป็นพลังงานทดแทนในกระบวนการการผลิตเห็ด
Biomass Utilization by Transforming into Renewable Energy in the Mushroom Production Process

พราวพรรณ อาสาสรรพกิจ, สุรศักดิ์ นุ่มมีศรี
ชาญ ยอดเละ, มะลิวัลย์ พวงมณี [1]
Praopun Asasuppakit, Surasak Nummisri
Chan Yodle, Maliwan Pongmanee
Corresponding Author E-mail: surasak3506@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบการใช้ประโยชน์จากชีวมวลโดยการแปรสภาพเป็นพลังงานทดแทนในกระบวนการการผลิตเห็ด ซึ่งกลุ่มตัวอย่างได้ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง คือ ประชาชนที่ทำเกษตรและมีปัญหาชีวมวล จำนวน 30 ครัวเรือน ข้อมูลของการวิจัย ได้นำมาเชื่อมโยงพิจารณาถึงความสัมพันธ์กันและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเปรียบเทียบ เพื่อแสวงหาข้อสรุปผ่านการบรรยายเชิงวิเคราะห์ การวิเคราะห์อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio หรือ B/C ratio) ถูกนำมาใช้เพื่อประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ และดัชนีที่จะนำมาใช้ในการประเมินความคุ้มทุนของโครงการ

ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบที่เหมาะสมในการนำชีวมวลมาใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตเห็ด ประกอบด้วย นำมาใช้เป็นตัวกลางในการเพาะเห็ด และการนำชีวมวลมาใช้ในขั้นตอนการต้มและนำไอน้ำจากการต้มมาอบก้อนเชื้อเห็ด โดยการปรับปรุงเตาทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้ 37.5 % รวมทั้งได้รับประโยชน์จาก น้ำส้มควันไม้ และถ่าน ทำให้เกษตรกรสามารถนำไปใช้ประโยชน์และลดค่าใช้จ่ายและเพิ่มรายได้ของเกษตรกรได้ ซึ่งการปรับปรุงเตาต้องทำควบคู่ไปกับการปรับปรุงถังที่ใช้ต้มก้อนเห็ด ในส่วนของข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่า ได้ค่า B/C Ratio เท่ากับ 1.42 แสดงว่ากิจกรรมการใช้ประโยชน์จากชีวมวลโดยการแปรสภาพเป็นพลังงานทดแทนในกระบวนการการผลิตเห็ด เป็นโครงการที่มีผลประโยชน์โดยจะคืนทุนภายใน 1 ปี จึงเป็นโครงการที่จะทำให้เกิดความยั่งยืนในชุมชนได้

คำสำคัญ: ชีวมวล, พลังงานทดแทน, เห็ด

Abstract

This research is the Participatory Action Research (PAR). The objective of this research was to construct the model of biomass utilization by transforming into renewable energy in the mushroom production process. The sample of this study was purposive sampling, which are 30 households in community who are related with agriculture and have issues of biomass. Research data were linked, considered the relationship and comparative data analysis to find conclusion through descriptive analysis. Benefit Cost ratio (B/C ratio) was used to assess economic outcomes and index that will be used to assess the cost effectiveness of a project. Data Analysis Methods must be informed.

The results of this research found that: the appropriate form of biomass using in the mushroom production process consisted of being used as an intermediary for mushroom cultivation and the use of biomass in the process of boiling, introducing steam from boiling to bake mushroom lumps. By improving the stove, it enables to save 37.0 percent of energy as well as benefit from orange juice,

[1] *คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่*

wood smoke and charcoal, allowing farmers to take advantage, reducing costs and increasing farmers' incomes, Renovation of the stove must be done in conjunction with the improvement of the mushroom boiling tank. In terms of economic data, it was found that the B/C Ratio was 1.42, indicating that biomass utilization activities by converting it to renewable energy in the mushroom production process is a project with benefits which will pay back within 1 year. So, it is a project that will create sustainability in the community.

Keywords: Biomass, Renewable energy, Mushroom

บทนำ

เทศบาลเมืองเมืองแกนพัฒนา ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกของแม่แตง ห่างจากอำเภอเมือง ไปทางทิศเหนือตามทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 107 ระยะทางประมาณ 48 กิโลเมตร จำนวนครัวเรือน 5,743 ครัวเรือน (เทศบาลเมืองเมืองแกนพัฒนา, 2562) ประชาชนในพื้นที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ซึ่งส่วนใหญ่ร้อยละ 75 ของประชาชนในพื้นที่ จะทำการปลูกลำไยร่วมกับการทำนาข้าว และจากการประกอบอาชีพดังกล่าวทำให้มีชีวมวลที่เหลือจากการประกอบอาชีพจำนวนมากโดยเฉพาะอย่างยิ่ง เศษฟางข้าวกิ่งลำไย และใบลำไย โดยประชาชนในพื้นที่ส่วนใหญ่จะจัดการกับชีวมวลดังกล่าวโดยการเผาทำลายในที่โล่ง ซึ่งการเผาทำลายดังกล่าวเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เทศบาลเมืองเมืองแกนพัฒนาเกิดปัญหาหมอกควันในพื้นที่เป็นประจำทุกปีและส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนในพื้นที่ (พัชรินทร์ รัตนวิภา, 2547) จากการสำรวจข้อมูลทางด้านสาธารณสุขชุมชนของเทศบาลตำบลเมืองแกนพัฒนา พบว่า การเจ็บป่วยของคนในชุมชนที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลและศูนย์บริการสาธารณสุข 3 ลำดับแรก พบว่ามีอาการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบกล้ามเนื้อมากที่สุด รองลงมาคือโรคระบบทางเดินหายใจ และโรคระบบผิวหนังและเนื้อเยื่ออ่อน (เทศบาลเมืองเมืองแกนพัฒนา, 2562) ในส่วนของข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ สถานีจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ในช่วงเดือนมีนาคม มีปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองสูงกว่าค่ามาตรฐานเกือบทุกวัน โดยมีสาเหตุหลักมาจากการเผาในที่โล่ง เช่น การเผาพื้นที่ทางการเกษตร การเผาป่า (พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช, 2550, น. 36)

ดังนั้นแนวทางหนึ่งที่จะแก้ปัญหาดังกล่าว ชุมชนจะต้องมีระบบการจัดการชีวมวลที่มีประสิทธิภาพ รวมถึงมีแนวทางในการนำชีวมวลมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่าหรือเพิ่มมูลค่าให้กับชีวมวล ดังนั้นการแสวงหาแนวทางในการนำฟางข้าวและเศษกิ่งลำไยมาใช้ประโยชน์ เพื่อลดการเผาในที่โล่ง จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการที่จะลดปัญหามลพิษทางอากาศในชุมชน ลดความเจ็บป่วยและลดค่าใช้ใช้จ่ายในการรักษาตนเองรวมทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับชีวมวล ส่งผลให้ประชาชนในพื้นที่มีคุณภาพชีวิตดีขึ้นได้

ซึ่งในปัจจุบัน เทศบาลเมืองเมืองแกนพัฒนา มีผู้ที่เพาะเห็ดโคนน้อยอยู่ทั้งสิ้น 50 ครัวเรือน แต่มีปัญหา คือ การเพาะเห็ดโคนน้อยจะต้องมีการต้มฟางข้าวเพื่อทำการฆ่าเชื้อ ในปัจจุบันเชื้อเพลิงที่นำมาใช้การต้มฟางส่วนใหญ่จะใช้ก๊าซหุงต้มและฟืนเป็นหลัก ส่วนชีวมวลประเภทกิ่งลำไยก็จะมีการนำมาเผาเป็นถ่าน ซึ่งก็มีการเผากันเกือบทุกหลังคาเรือนเนื่องจากเป็นเชื้อเพลิงที่จำเป็นในการประกอบอาหารและสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานตลอดปี แต่เนื่องจากเตาที่ใช้เผายังเป็นเตาที่ทำขึ้นมาเองทำให้ถ่านที่ได้ไม่มีคุณภาพเท่าที่ควร รวมทั้งไม่สามารถใช้ประโยชน์จากเตาเผาถ่านได้อย่าเต็มที่ ทั้งความร้อนจากการเผาถ่าน รวมถึงน้ำส้มควันไม้ที่เกิดจากการเผาถ่านได้ จากกิจกรรมดังกล่าวและปัญหาที่มีอยู่ ทำให้การนำชีวมวลมาใช้ประโยชน์ทั้งการเพาะเห็ดโคนน้อยโดยใช้ฟางข้าว และการเผาถ่านจากกิ่งลำไยที่มีอยู่แล้วในชุมชนไม่มีการขยายผลเท่าที่ควรพิจารณาจากศักยภาพของชีวมวลที่มีอยู่ในชุมชน

คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำการกิจกรรมดังกล่าวมาบูรณาการเข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้แนวทางและกระบวนการในการนำชีวมวลประเภทฟางข้าวและกิ่งลำไยมาใช้ประโยชน์แบบครบวงจร โดยจะเป็นการบูรณาการร่วมกันระหว่างเตาเผาถ่านชีวมวล โดยใช้เตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร หรือเตาชีวมวลประเภทอื่นของกระทรวงพลังงาน ซึ่งเป็นเตาที่มีประสิทธิภาพสูงทำให้ถ่านมีคุณภาพและมีผลพลอยได้ คือ น้ำส้มควันไม้ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ แต่ยังไม่มีการนำความร้อนที่เกิดจากการเผาถ่านและความร้อนที่ปล่อยออกมาไปใช้ประโยชน์ ซึ่งผู้วิจัยมีความสนในที่จะแสวงหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับเตาเผาถ่านชีวมวล โดยจะทำการปรับปรุงเตาเผาถ่านชีวมวลให้สามารถนำไอความร้อนที่เกิดจากการเผาถ่าน มาใช้ในกระบวนต้มฟางข้าวสำหรับทำก้อนเพาะเห็ดโคนน้อย ซึ่งกิจกรรมการผลิตเห็ดโคนน้อยต้องมีการใช้ความร้อนในการต้มฟางข้าว โดยต้องการความร้อนในการต้มประมาณ 70 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำไอความร้อนจากเตาเผาถ่านชีวมวลและเตาชีวมวลมาใช้ประโยชน์ในการต้มฟางสำหรับเพาะเชื้อเห็ดโคนน้อย ซึ่งผลจากการวิจัยจะทำให้ชุมชนได้ประโยชน์ทั้งการลดค่าใช้จ่ายในการซื้อเชื้อเพลิง ได้ถ่านที่มีคุณภาพ ได้น้ำส้มควันไม้สำหรับฆ่าแมลง ได้ปุ๋ยหมักที่เกิดจากฟางข้าวนำมาเพาะเห็ดโคนน้อย รวมทั้งมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการจำหน่ายเห็ด ถ่านไม้และน้ำส้มควันไม้ สำหรับงานวิจัยนี้ต้องการการจัดการชีวมวลในชุมชนอย่างยั่งยืน เน้นการบูรณาการกิจกรรมระหว่างการใช้ประโยชน์ชีวมวลกับกิจกรรมทางการเกษตรอื่น ๆ โดยจะนำพลังงานความร้อนที่ได้จากเตาชีวมวลมาไปต้มน้ำและไอน้ำเพื่อใช้ในการเพาะเห็ด โดยมีผลพลอยได้จากการผลิตถ่าน เป็นน้ำส้มควันไม้ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทางการเกษตร โดยจะมีการออกแบบเตาชีวมวลให้สามารถนำความร้อนไปใช้ในการผลิตถ่านอย่างมีประสิทธิภาพ โดยชี้วัดจากความสามารถในการเก็บความร้อน การส่งผ่านความร้อน คุณภาพของถ่านและผลพลอยได้จากการผลิตถ่าน ปริมาณความร้อนที่สามารถนำไปใช้ในการต้มน้ำเพื่อเพาะเห็ดได้ซึ่งน้ำที่ได้จากเตาเผาถ่านมีความร้อนเพียงพอที่จะนำไปใช้

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อสร้างต้นแบบการใช้ประโยชน์จากชีวมวลโดยการแปรสภาพเป็นพลังงานทดแทนในกระบวนการการผลิตเห็ด ที่เหมาะสมกับสภาพด้านสุขภาพ สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม โดยกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participation Action Research) ซึ่ง อรุณรุ่ง บุณธนันตพงศ์ (2549) ได้กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม เป็นการวิจัยที่นำแนวคิด 2 ประการมาผสมผสานกันคือการปฏิบัติการ (Action) ซึ่งหมายถึง กิจกรรมที่โครงการวิจัยจะต้องดำเนินการ และคำว่า การมีส่วนร่วม (Participation) อันเป็นการมีส่วนเกี่ยวข้องของทุกฝ่ายที่เข้าร่วมกิจกรรมวิจัย ในการวิเคราะห์สภาพปัญหาหรือสถานการณ์อันใดอันหนึ่ง แล้วร่วมในกระบวนการตัดสินใจและการดำเนินการจนกระทั่งสิ้นสุดการวิจัย

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2.1 กลุ่มประชากร ประกอบด้วย ประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชนบ้านช่อแล เทศบาลเมืองเมืองแกนพัฒนา อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 102 ครัวเรือน

2.2 กลุ่มตัวอย่างผู้วิจัยได้ทำการเลือกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง คือ ประชาชนที่เกี่ยวข้องกับการใช้การทำเกษตรและมีปัญหาชีวมวล และมีอาชีพเสริมคือการผลิตเห็ดที่อาศัยอยู่ในชุมชนบ้านช่อแล เทศบาลเมืองเมืองแกนพัฒนา อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 30 ครัวเรือน

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ ได้ใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยพิจารณาปรากฏการณ์ ภายใต้สภาพแวดล้อม และความเป็นจริงที่เกิดขึ้นในชุมชน เพื่อหาความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์กับสภาพแวดล้อมนั้น โดยผู้วิจัยได้กำหนดแนวทางเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล คือ

3.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารที่เป็นตำรา เอกสารทางวิชาการ รายงานการวิจัย เพื่อรวบรวมแนวคิดทฤษฎีของนักวิชาการให้เป็นระบบ เพื่อใช้เป็นกรอบในการศึกษาวิจัยต่อไป

3.2 ข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ในชุมชน ที่มีชีวมวลและการเพาะเห็ดในชุมชนเป็นพื้นที่ศึกษา เพราะสามารถที่จะทำให้เห็นปรากฏการณ์ที่เป็นรูปธรรมของการจัดการการมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการเผาชีวมวล

3.3 การสัมภาษณ์ (Interview) ได้กำหนดวิธีการสัมภาษณ์แบบกึ่งมีโครงสร้างโดยผู้วิจัยกำหนดประเด็นที่จะรวบรวมข้อมูลในสภาพทั่วไปของหมู่บ้าน อันได้แก่ ประวัติความเป็นมา วิถีการดำรงชีวิตในรอบปี วัฒนธรรม

3.4 วิธีการสังเกต (Observation) ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้การสังเกตแบบมีส่วนร่วมและการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม

3.5 วิธีการสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการสนทนากลุ่มนี้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นการกระตุ้นให้คนในกลุ่มแสดงความคิดเห็นและทัศนะของตนเองออกมาอย่างเปิดเผย

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1 การศึกษาบริบทของชุมชน ได้ทำการศึกษาโดยวิธีการเก็บข้อมูลผ่านแบบสอบถาม เก็บข้อมูลผ่านเวทีชุมชนที่มีการพูดคุยกันระหว่างคณะผู้วิจัยกับชาวบ้านในพื้นที่ เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับสาเหตุและปัญหาชีวมวลในชุมชน รวมทั้งศักยภาพของชุมชนในการนำชีวมวลมาใช้ประโยชน์ของประชาชนในพื้นที่ดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 แสดงภาพการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับบริบทของชุมชนในด้านต่าง ๆ

4.2 การดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม

การดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมนั้น ได้ใช้แนวทางการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมนั้น ซึ่ง อรุณรุ่ง บุณธนันตพงศ์ (2549) กล่าวว่า เป็นการวิจัยที่นำแนวคิด 2 ประการมาผสมผสานกัน คือ การปฏิบัติการ (Action) ซึ่งหมายถึง กิจกรรมที่โครงการวิจัยจะต้องดำเนินการ

และคำว่า การมีส่วนร่วม (Participation) อันเป็นการมีส่วนเกี่ยวข้องของทุกฝ่ายที่เข้าร่วมกิจกรรมวิจัยในการวิเคราะห์สภาพปัญหาหรือสถานการณ์อันใดอันหนึ่ง แล้วร่วมในกระบวนการตัดสินใจและการดำเนินการจนกระทั่งสิ้นสุดการวิจัย ซึ่งจะทำให้ชุมชนได้ทราบถึงบริบทของชุมชนที่เป็นชีวมวลในพื้นที่ของตนเองรวมทั้งแนวทางการใช้ประโยชน์ตั้งแต่อดีต ปัจจุบัน และอนาคตที่ต้องการทำกิจกรรมร่วมกันจนนำไปสู่การจัดการการใช้ประโยชน์ชีวมวลในชุมชนได้ โดยมีกิจกรรมย่อยที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยจำนวน 3 กิจกรรมดังนี้

4.2.1 วิเคราะห์หาปัญหาและสาเหตุของปัญหาของการนำชีวมวลมาใช้เป็นพลังงานทดแทนในชุมชน รวมถึง การสร้างความตระหนัก ให้กับประชาชนเกี่ยวกับการใช้ชีวมวลเป็นพลังงานทดแทนในการเพาะเห็ดในชุมชน คณะผู้วิจัยดำเนินงานโดยการจัดเวทีพบปะชาวบ้าน มีผู้เข้าร่วมกิจกรรมทั้งสิ้นประมาณ 35 คน ดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2 แสดงกิจกรรมสร้างความตระหนักให้กับประชาชนพื้นที่

4.2.2 การสร้างความรู้และวิเคราะห์ปัญหาของการนำชีวมวลใช้เป็นพลังงานทดแทนในพื้นที่ คณะผู้วิจัยได้ใช้กิจกรรมย่อย 3 กิจกรรม ได้แก่ การอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับรูปแบบการนำก๊าซชีวภาพมาใช้เป็นพลังงานทดแทน ศึกษาดูงานในพื้นที่ตำบลดอนแก้ว และการแจกคู่มือการใช้ชีวมวลเป็นพลังงานทดแทน มีวัตถุประสงค์ เพื่อส่งเสริมความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการนำการใช้พลังงานชีวมวลในกระบวนการการผลิตเห็ดในชุมชน ซึ่งจะเป็นข้อมูลให้ประชาชนในชุมชนได้วิเคราะห์ปัญหาและนำไปกำหนดแนวทาง และรูปแบบการใช้การใช้พลังงานชีวมวลในกระบวนการการผลิตเห็ดที่เหมาะกับชุมชนของตนเองต่อไป

4.2.3 ดำเนินกิจกรรมตามแนวทางที่เลือกไว้ร่วมกัน การวางแผนการดำเนินกิจกรรมตามแนวทางที่เลือกไว้ร่วมกัน โดยใช้อาคารเอนกประสงค์ของหมู่บ้าน เป็นสถานที่จัดเวที มีผู้เข้าร่วมกิจกรรมทั้งสิ้น 35 คน มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดความเข้าใจร่วมกันเกี่ยวกับรูปแบบที่จะนำชีวมวลมาใช้เป็นพลังงานทดแทนในการเพาะเห็ดในชุมชน รวมทั้งเพื่อวางแผนการดำเนินกิจกรรมด้านต่าง ๆ ร่วมกัน ได้แก่ กลุ่มผู้ร่วมกิจกรรม การจัดหาออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์ รวมทั้งกำหนดขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมร่วมกันดังนี้

1) ทำการปรับปรุงเตาชีวมวลสำหรับต้มก้อนเห็ดใหม่เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและมีผลผลิตทางอ้อมที่ได้จากการเผาชีวมวล คือ ถ่าน และน้ำส้มควันไม้ซึ่งจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเกษตรได้ดังภาพที่ 3

ภาพที่ 3 แสดงกิจกรรมการปรับปรุงเตาชีวมวลสำหรับต้มก้อนเห็ดใหม่

2) จัดตั้งกลุ่มเพาะเห็ดเพื่อให้มีความเข้มแข็งและลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

3) จัดทำคู่มือเพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้ความร้อนจากเตาชีวมวลมาเป็นพลังงานทดแทนในการเพาะเห็ด

4) กำหนดเป้าหมายและตัวชี้วัดการใช้พลังงานชีวมวลเป็นพลังงานทดแทนในการเพาะเห็ด คือ มีปริมาณพลังงานที่ได้เพียงพอสำหรับการต้มก้อนเห็ด รวมทั้งมีถ่านเกิดขึ้นจากการเตาชีวมวลและสามารถนำไปจำหน่ายเพื่อเพิ่มรายได้ และมีเงินสำรองเพื่อเป็นกองทุนในการซ่อมบำรุงและดูแลระบบแหละหมุนเวียนในกลุ่มการเพาะเห็ด

4.3 กิจกรรมการติดตามประเมินผล กิจกรรมนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อติดตามประเมินผลการดำเนินกิจกรรมการนำชีวมวลมาใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตเห็ดในชุมชน โดยคัดเลือกกิจกรรมที่จะใช้ในการติดตามและประเมินผลการดำเนินกิจกรรม ประกอบด้วยกิจกรรมแจกแบบสอบถามประเมินผลการดำเนินงานกิจกรรม และกิจกรรมการจัดเวทีเพื่อแลกเปลี่ยนปัญหาและข้อเสนอแนะ ซึ่งจะต้องทำการบันทึกข้อมูลที่จำเป็นและเกี่ยวข้อง เพื่อนำเสนอแนวทางการปรับปรุงแก้ไข แผนการดำเนินงานที่มีข้อบกพร่อง รวมทั้งปัญหาอุปสรรคต่าง ๆ เพื่อทำการสรุปบทเรียนด้านปัญหา ข้อจำกัด และโอกาสของพื้นที่ศึกษาและทำการสังเคราะห์องค์ความรู้ที่ตั้งอยู่บนฐานของการศึกษาที่ผ่านมา ดังภาพที่ 4

ภาพที่ 4 แสดงการติดตามและประเมินผลการ

5. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้พร้อมทั้งนำทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาอธิบายเพื่อหาข้อสรุป โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลอยู่ตลอดเวลาในขณะที่ทำการศึกษาในชุมชน ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้มาเชื่อมโยง และพิจารณาถึงความสัมพันธ์กัน การวิเคราะห์ในแต่ละครั้งจะเป็นการเปรียบเทียบข้อมูลเพื่อแสวงหาข้อสรุป จนกระทั่งเสร็จสิ้น และรายงานผลการวิจัยโดยใช้รูปแบบการบรรยายเชิงวิเคราะห์ โดยเป้าหมายของการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้เห็นประเด็น การเปลี่ยนแปลงเชิงพัฒนาในพื้นที่ได้

นอกจากนั้นยังจะมีการระเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ ดัชนีที่จะนำมาใช้ในการประเมินความคุ้มทุนของโครงการ คือ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit Cost ratio หรือ B/C ratio) เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน กับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในโครงการ ถ้า B/C ratio มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าโครงการให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับที่ลงทุนไป แต่ถ้าค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่า ผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการไม่คุ้มกับเงินลงทุนที่เสียไป

สรุปผลการวิจัย

1. ปัญหาการใช้ชีวมวลเป็นพลังงานทดแทนในเพาะเห็ด

จากการจัดเวทีได้มีการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหาของใช้พลังงานชีวมวลในพื้นที่ รวมทั้งปัญหาของการทำกิจกรรมเพาะเห็ดในปัจจุบันซึ่งสามารถสรุปเป็นประเด็นปัญหาดังต่อไปนี้ปัญหาของเตาที่ใช้ต้มก้อนเห็ดในปัจจุบัน พบว่า มีการใช้พลังงานมากเกินไปทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง ถังที่ใช้ต้มไม่มีความเหมาะสมทำให้ทำงานไม่สะดวก สถานที่เพาะเห็ดไม่มีความเหมาะสมรวมทั้งโรงเรือนที่ใช้ในการเพาะเห็ดเนื่องจากไม่ใช่ระบบปิดทำให้สภาพอากาศมีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ด การใช้ฟืนในการต้มน่าจะทำให้เกิดน้ำส้มควันไม้ซึ่งจะทำให้เกษตรกรสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ซึ่งจะเป็นการลดค่าใช้จ่ายอีกแนวทางหนึ่ง

2. รูปแบบที่เหมาะสมในการนำชีวมวลมาใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตเห็ด

เมื่อทราบสาเหตุของปัญหารวมทั้งร่วมกันกำหนดตัวชี้วัดแล้ว เพื่อให้เกิดการแก้ปัญหาอย่างเป็นรูปธรรม จึงได้นำไปสู่การร่วมกันกำหนดแนวทางการจัดการพลังงานความร้อนจากเตาเผาถ่านชีวมวลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนในการเพาะเห็ดของชุมชน คือ

2.1 การปรับปรุงเตาชีวมวลสำหรับต้มก้อนเห็ดใหม่เพื่อให้มีประสิทธิภาพ

ผลการศึกษาข้อมูลของเตาแบบเดิม ทำการศึกษาโดยหาสมดุลความร้อนที่เข้าและออกจากเตา เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาต้มแบบเดิมเพื่อหาข้อบกพร่องและแนวทางการแก้ไขปัญหา พบว่า ปริมาณความร้อนที่ใช้ประโยชน์และความร้อนที่สูญเสียคิดเป็นร้อยละเปรียบเทียบกับปริมาณความร้อนที่ใส่ให้ทั้งหมด

หลังจากทำการศึกษาข้อมูลพื้นฐานของเตาต้มแบบเดิมแล้วได้ทำการปรับปรุงแบบเตาให้เหมาะสมโดยใช้หลักทฤษฎีการถ่ายโอนความร้อน กระลมเร่งและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องช่วยในการแก้ไขปรับปรุงเพิ่มเติมทำให้ได้แบบที่เหมาะสมของเตาในการต้มและทำการสร้างเตาตามแบบที่ทำการแก้ไขปรับปรุงเพิ่มเติม ซึ่งจากข้อมูลที่ได้ทำการศึกษาเบื้องต้นในการศึกษาเตาต้มที่ชาวบ้านออกแบบใช้ในการต้มโดยมีลักษณะเพียงทำการสร้าง ได้มีการศึกษาปรับปรุงแบบเตาให้มีประสิทธิภาพทางความร้อนให้เพิ่มมากขึ้น จนนำไปสู่การทำคู่มือการสร้างเตาชีวมวลสำหรับต้มและนึ่งก้อนเชื้อเห็ด ดังภาพที่ 5 และดังภาพที่ 6

ภาพที่ 5 แสดงการออกแบบการปรับปรุงเตาในการผลิตเห็ด

ภาพที่ 6 แสดงการปรับปรุงเตาในการผลิตเห็ดที่ทำการปรับปรุงตามแบบ

จากการปรับปรุงเตาใหม่พบว่ามีประสิทธิภาพในการนำความร้อนไปใช้ประโยชน์ในการต้มเห็ดเพิ่มมากขึ้น จากเดิม 28.50 % เพิ่มขึ้นเป็น 65.50 % คิดเป็น ร้อยละ 37.00

นอกจากนี้ประโยชน์ที่ได้รับจากการปรับปรุงเตาต้มก้อนเชื้อเห็ดทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง คือ สามารถประหยัดปริมาณฟืนได้โดยเตารูปแบบเดิมจะใช้ฟืน 40 กิโลกรัมต่อครั้งส่วนเตาที่ปรับปรุงใหม่ใช้ฟืน 25 กิโลกรัมต่อครั้ง คิดเป็นร้อยละ 37.5 จากการต้มหนึ่งครั้งจะทำให้ได้ถ่านไม้จำนวน 8 กิโลกรัม ขายกิโลกรัมละ 5 บาทเพราะฉะนั้นจะได้เงิน 1,000 บาทต่อปี จากการต้มหนึ่งครั้งจะทำให้ได้น้ำส้มควันไม้จำนวน 1 ลิตร ขายกิโลกรัมละ 15 บาทเพราะฉะนั้นจะได้เงิน 750 บาทต่อปี

การประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ หลังจากดำเนินกิจกรรมแล้วทางคณะผู้วิจัยได้การประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ เป็นการความสามารถในการทำกำไรของโครงการเพื่อวิเคราะห์ว่ารูปแบบกิจกรรมที่ใช้ในการดำเนินงานจะก่อให้เกิดรายได้ที่คุ้มค่ากับค่าใช้จ่ายต่างๆ และมีอัตราผลตอบแทนที่ดีหรือไม่ ซึ่งจะสามารถใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจสำหรับ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่จะดำเนินโครงการ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ผลประโยชน์ที่ได้รับ (Benefit)

- ลดค่าใช้จ่ายในการซื้อฟืน 2,500 บาทต่อปี
- รายได้จากการขายถ่าน 1,000 บาทต่อปี
- รายได้จากการขายน้ำส้มควันไม้ 750 บาทต่อปี

รวมมูลค่าผลประโยชน์ 4,250 บาทต่อปี

2) ต้นทุน (Cost)

- ค่าราคาค่าวัสดุอุปกรณ์ในการทำเตาต้มก้อนเชื้อเห็ดรูปแบบใหม่ ชุด ๆ ละ 15,000 บาท คิดอายุการใช้งาน 5 ปี ต้นทุนปีละ 3,000 บาท/ปี

รวมมูลค่าต้นทุน 3,000 บาทต่อปี

3) B/C Ratio เท่ากับ 4,250/3,000 = 1.42 แสดงว่ากิจกรรมการทำเตาต้มก้อนเชื้อเห็ดสำหรับเพาะเห็ดโคนน้อยเป็นโครงการที่ดำเนินการแล้วเป็นมีผลประโยชน์ที่ได้รับมากกว่าต้นทุนจึงเป็นโครงการที่จะทำให้เกิดความยั่งยืนได้ในชุมชน

2.2 การนำชีวมวลฟางข้าวมาเป็นตัวกลางในการเพาะเห็ด

การนำฟางข้าว มาใช้ประโยชน์โดยการทำเป็นตัวกลางในการเพาะเห็ดซึ่งมีความเหมาะสมในการใช้เป็นก้อนเพาะเห็ดโคนน้อยเป็นอย่างดี หลังจากใช้ฟางข้าวในการเพาะเห็ดโคนน้อยแล้วยังสามารถนำไปเป็นวัตถุดิบในการทำปุ๋ย ซึ่งสามารถย่อยสลายได้โดยง่าย ดังภาพที่ 7

ภาพที่ 7 แสดงการนำชีวมวลฟางข้าวมาเป็นตัวกลางในการเพาะเห็ดและทำปุ๋ย

อภิปรายผลการวิจัย

การใช้ประโยชน์ความร้อนจากเตาเผาถ่านชีวมวลโดยการแปรสภาพเป็นพลังงานทดแทนในกระบวนการการผลิตเห็ด เป็นการดำเนินการวิจัยโดยใช้กิจกรรมต่าง ๆ ผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมของประชาชนในพื้นที่ ประกอบด้วย การเริ่มต้นจากการร่วมกันค้นหาปัญหาของชุมชน หลังจากนั้นจะร่วมกันกำหนดรูปแบบการแก้ปัญหา การร่วมกันกำหนดเป้าหมายและตัวชี้วัดการจัดการปัญหาในพื้นที่ ร่วมกันกำหนดแนวทางในการใช้แก้ปัญหาการร่วมกันวางแผนในการดำเนินกิจกรรมการแก้ปัญหา ร่วมกันดำเนินกิจกรรมเพื่อแก้ปัญหา และรวมกันติดตามและประเมินผลการแก้ปัญหาร่วมกัน ซึ่งรูปแบบการแก้ปัญหาดังกล่าว มีความสอดคล้องกับหลักการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมนั้น (Participatory Action Researcher: PAR) ซึ่งเป็นการร่วมกันดำเนินกระบวนการวิจัยโดยมีผู้ปฏิบัติงานทำงานอยู่ในพื้นที่ ทั้งที่เป็นชาวบ้านและนักพัฒนา ทำงานร่วมกับผู้วิจัยภายนอก ซึ่งเป้าหมายคือให้ชุมชนได้รับความรู้ถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในชุมชน และร่วมกันดำเนินการแก้ปัญหา นอกจากนั้นขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยยังสอดคล้องกับแนวคิดการมีส่วนร่วมของประชาชนซึ่ง ปาริชาติ วลัยเสถียร (2552) กล่าวว่าการแก้ปัญหาแบบมีส่วนร่วมนั้น จะเริ่มจากการค้นหาปัญหาและสาเหตุ การวางแผนดำเนินกิจกรรมแก้ไขปัญหา การปฏิบัติงาน การร่วมรับผลประโยชน์ และการติดตามประเมินผล รวมกันหน่วยงานในท้องถิ่นกับตัวแทนชุมชน

ในส่วนของปรับปรุงแบบเตาให้มีประสิทธิภาพทางความร้อนให้เพิ่มมากขึ้น จากการปรับปรุงเตาใหม่ พบว่ามีประสิทธิภาพในการนำความร้อนไปใช้ประโยชน์ในการต้มเห็ดเพิ่มมากขึ้น สามารถประหยัดปริมาณฟืนได้ร้อยละ 37.5 คิดเป็น ร้อยละ 37.00 มีค่า B/C Ratio เท่ากับ 1.42 แสดงว่ากิจกรรมการทำเตาต้มก้อนเชื้อเห็ดสำหรับเพาะเห็ดโคนน้อยเป็นโครงการที่ดำเนินการแล้วเป็นมีผลประโยชน์ที่ได้รับมากกว่าต้นทุนจึงเป็นโครงการที่จะทำให้เกิดความยั่งยืนได้ในชุมชน มีความสอดคล้องกับการวิจัยของบัญชา ใต้ศรีโคตร, ประสพสุข สร้อยทอง และ, ธราธิป ภู่ระหงษ์ (2557) ที่ได้ทำการศึกษาเรื่องการออกแบบและประสิทธิภาพเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ด การออกแบบเตานึ่งก้อนเห็ดให้มีประสิทธิภาพต้องแก้ปัญหาในส่วนของการ การถ่ายโอนความร้อน อัตราการไหลของความร้อนของเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ด ซึ่งเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ดประสิทธิภาพสูงสามารถลดการใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงได้เท่ากับ 31.82 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการแก้ไขปรับปรุงเพิ่มเติมทำให้ได้แบบที่เหมาะสมของเตาในการต้มและทำการสร้างเตาตามแบบที่ทำ

การแก้ไขปรับปรุงเพิ่มเติม โดยอาศัยเทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อน สอดคล้อง วิถีชีวิตของชุมชน และมีต้นทุนที่ไม่เป็นภาระในการใช้เทคโนโลยี ซึ่งจากผลการวิจัยการศึกษาของ ลือพงษ์ ลือนาม (2553) และ โสภา แคนสี (2565) ที่พบว่า การเพิ่มประสิทธิภาพของเตานึ่งก้อนเห็ดจะทำให้เกิดรายได้เพิ่มขึ้นจากการจำหน่ายเห็ดและผลผลิตอื่น ๆ จากเตาชีวมวล ได้แก่ ถ่าน น้ำส้มควันไม้ และปุ๋ยจากฟางข้าวที่ใช้เป็นก้อนเพาะเห็ด รวมทั้งลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือนได้มากขึ้น จากผลการวิจัยได้มีการขยายผลไปยังการเพาะเห็ดชนิดอื่น ได้แก่ เห็ดนางฟ้า นอกจากนี้ยังมีการทำบัญชีรายรับรายจ่ายของกลุ่มและแสดงให้สมาชิกกลุ่มได้เห็นเพื่อความโปรงใสและกระตุ้นการทำงาน จนทำให้เกิดการร่วมตัวกันตั้งชื่อกลุ่มว่ากลุ่มรวมใจพอเพียงซึ่งมีสมาชิกทั้งสิ้นห้าสิบครัวเรือนมีสมาชิกทั้งสิ้น 32 ครัวเรือน ลดการเผาฟางข้าวเนื่องจากนำมาทำเป็นก้อนสำหรับเพาะเชื้อเห็ด และกิ่งลำไยที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลในการต้มก้อนเชื้อเห็ด และลดการใช้สารเคมีในการปลูกพืชโดยใช้น้ำส้มควันไม้และปุ๋ยจากฟางที่เหลือหลังจากการเพาะเห็ดและกำลังจะพัฒนาเป็นวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรอินทรีย์อีกกลุ่มหนึ่งรวมทั้งเป็นแหล่งเรียนรู้ของเด็กและเยาวชน รวมทั้งมีการขยายผลและถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัย ให้กับกลุ่มเยาวชนคือนักเรียนจากโรงเรียนช่อแลรวมทั้งชาวบ้านที่สนใจในการทำการเพาะเห็ดเพื่อเป็นการเพิ่มรายได้ลดรายจ่ายให้กับครัวเรือน

องค์ความรู้ใหม่ที่ได้จากการวิจัย

1. ความยั่งยืนทางด้านองค์ความรู้ ได้คู่มือการสร้างเตาชีวมวลสำหรับต้มและนึ่งก้อนเชื้อเห็ด การจัดตั้งเป็นศูนย์เรียนรู้ในชุมชนเพื่อให้ผู้สนใจมาศึกษาและขยายผลไปยังผู้ที่สนใจ รวมทั้งชุมชนอื่นต่อไป เป็นแหล่งเรียนรู้ของเด็กและเยาวชนรวมทั้งมีการขยายผลและถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัย

2. ความยั่งยืนทางด้านเศรษฐศาสตร์ จากการดำเนินกิจกรรมทำให้เกิดรายได้จากการจำหน่ายเห็ดและผลผลิตอื่น ๆ จากเตาชีวมวลได้แก่ ถ่าน น้ำส้มควันไม้ และปุ๋ยจากฟางข้าวที่ใช้เป็นก้อนเพาะเห็ด รวมทั้งขยายผลไปยังการเพาะเห็ดชนิดอื่น ได้แก่ เห็ดนางฟ้านอกจากนี้ยังมีการทำบัญชีรายรับรายจ่ายของกลุ่มและแสดงให้สมาชิกกลุ่มได้เห็นเพื่อความโปรงใสและกระตุ้นการทำงานร่วมกัน

3. ความยั่งยืนทางด้านสุขภาพ จากการทำกิจกรรมของโครงการทำให้เกิดผลความยั่งยืนทางด้านสุขภาพ ได้แก่

3.1 ทางด้านการใช้สารเคมีมีการลดการใช้สารเคมีในการปลูกพืชโดยใช้น้ำส้มควันไม้และปุ๋ยจากฟางที่เหลือหลังจากการเพาะเห็ดและกำลังจะพัฒนาเป็นวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรอินทรีย์อีกกลุ่มหนึ่ง

3.2 ด้านมลพิษทางอากาศ จากการดำเนินกิจกกรรมทำให้ลดการเผาในที่โล่งของชุมชนทำให้ชุมชนลดลง ได้แก่ ลดการเผาฟางข้าวเนื่องจากนำมาทำเป็นก้อนสำหรับเพาะเชื้อเห็ด และกิ่งลำไยที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลในการต้มก้อนเชื้อเห็ด

4. ความยั่งยืนของวิถีชีวิตตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

4.1 ความมีเหตุผล ตอซัง/ฟางข้าว มีมากในชุมชนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเพาะเห็ดนอกเหนือจากการเผาได้ สามารถจำหน่ายเห็ดโคนน้อย ถ่าน น้ำส้มควันไม้ และสร้างรายได้ให้กับชุมชนได้

4.2 ความพอประมาณ การทำเตาต้มก้อนเพาะเห็ดโคนน้อยและการเพาะเห็ดโคนน้อยจากตอซัง/ฟางข้าว สามารถทำได้เองในครัวเรือนหรือทำในกลุ่มเกษตรกรในชุมชนเองได้ เพราะวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้สามารถหาได้ง่ายในชุมชนรวมทั้ง

4.3 การมีภูมิคุ้มกัน การใช้เตาชีวมวลในการเพาะเห็ดโคนน้อยไม่ได้เป็นการเพิ่มภาระของเกษตร รวมทั้งยังเป็นการลดการเผาฟางข้าว การบริโภคเห็ดโคนน้อยทำให้ท่านและครอบครัวมีสุขภาพดีและลดการเสี่ยงเป็นโรคมะเร็ง

4.4 การมีความรู้ ได้องค์ความรู้มีการเรียนรู้วิธีการใช้ความร้อนจากเตาชีวมวลในกระบวนการเพาะเห็ดและผลผลิตอื่น ๆ ที่เกิดจากการใช้เตาชีวมวล และเทคนิคการเพาะเห็ดโคนน้อยให้มีผลผลิตที่ดีทุกฤดู

4.5 การมีคุณธรรม การนำตอซัง/ฟางข้าว มาเป็นวัสดุเพาะเห็ดทำให้ลดการเผา ลดการเกิดมลพิษทางอากาศ ในชุมชน การใช้น้ำส้มควันไม้ในการเกษตรทำให้ลดการใช้สารเคมีและลดมลพิษในชุมชน

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาการนำชีวมวลที่มีอยู่มากในชุมชนและเป็นปัญหาของชุมชนไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ตามความต้องการของชุมชน เช่น ถ่านอัดแท่ง และการนำไปประยุกต์ใช้กับเตาชีวมวลประเภทอื่น ๆ โดยต้องเป็นสิ่งที่ชุมชนสามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้เองหรือไม่ เทคโนโลยีที่มีอยู่เหมาะสมกับชุมชน เพื่อเป็นแบบอย่างในการแก้ไขปัญหา รวมทั้งชุมชนสามารถพึงพาตนเองในด้านพลังงานทดแทนและแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมไปพร้อมกันได้อย่างแท้จริง

เอกสารอ้างอิง

เทศบาลเมืองเมืองแกนพัฒนา. (2562). *แผนพัฒนาท้องถิ่น (พ.ศ. 2561-2565) เทศบาลเมืองเมืองแกนพัฒนา*. สืบค้น 14 มีนาคม 2565, จาก http://muangkaen.go.th/page/get_file/fd_ul/1583380086_705.pdf/files

พัชรินทร์ รัตนวิภา. (2547). *การมีส่วนร่วมในการป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศ ของสมาชิกองค์กรชุมชนในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่*. เชียงใหม่: สาขาวิชาการจัดการมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช. (2550). *การจัดการปัญหาหมอกควันในภาคเหนือ*. เชียงใหม่: ศูนย์ประสานข้อมูลปัญหาหมอกควันในพื้นที่ภาคเหนือ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บัญชา ใต้ศรีโคตร, ประสพสุข สร้อยทอง, และ ธราธิป ภู่ระหงษ์. (2557). การออกแบบและประสิทธิภาพเตานึ่งก้อนเชื้อเห็ด. ใน *เอกสารการประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 7 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ* (น. 43-48). กรุงเทพฯ: อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ปาริชาติ วลัยเสถียร และคณะ. (2552). *กระบวนการและเทคนิคการทำงานของนักพัฒนา*. กรุงเทพฯ: โครงการเสริมสร้างการเรียนรู้เพื่อชุมชนเป็นสุข (สรส.).

ลือพงษ์ ลือนาม. (2553). *เตาผลิตไอน้ำสำหรับโรงเรือนเพาะเห็ด*. กรุงเทพฯ: คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

โสภา แคนสี. (2565). *เตานึ่งก้อนเชื้อเห็ด*. สำนักส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยี. สืบค้น 2 มีนาคม 2565, จาก http://www.clinictech.ops.go.th/online/mobile/techlist_display.asp?tid=863

อรุณรุ่ง บุญธนันตพงศ์. (2549). การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม. *วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร, 1*(1), 19-26.