การนำเสนอผลงานวิจัยแบบบรรยาย

(Oral Presentation)

การยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรในพื้นที่ โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลองอำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย

Adoption Farmer's in Arabica Coffee Plantation Technology of Highland Development Project Using Royal Project System Maesalong, Maefahluang District, Chiangrai Province

นายนิวัฒน์ คำมา[1*] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พหล ศักดิ์คะทัศน์[2] รองศาสตราจารย์ ดร.นคเรศ รังควัต[3] และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายสกุล ฟองมูล[4]

Niwat khamma[1*], Phahon Sakkatat[2] Nakarate Rungkawat[3] and Saisakul Fongmul[4]

[1,2,3,4] คณะผลิตกรรมการเกษตร สาขาวิชาการพัฒนาทรัพยากรชนบทและส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

[*]Corresponding author. E-mail: nivat_com13@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ลักษณะส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟ อราบิก้า 2) ระดับการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกร และ 3) ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเกษตรกร จำนวน 148 ราย โดยใช้แบบสัมภาษณ์ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนาและการวิเคราะห์การถดถอย

ผลการศึกษาพบว่าเกษตรกรสองในสามเป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 43.28 ปี มากกว่าครึ่งไม่ได้เรียนหนังสือสมรสแล้ว อาชีพเกษตรกรเป็นอาชีพหลัก สมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 5.82 คน เป็นชาวอาข่า มีรายได้ของครัวเรือนเฉลี่ย 295,837.84 บาทต่อปี พื้นที่ถือครองเฉลี่ย 21.31 ไร่ ค่าใช้จ่ายในการปลูกกาแฟอราบิก้าเฉลี่ย 3,618.14 บาทต่อไร่ ใช้เงินทุนของตนเอง ได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับกาแฟอราบิก้าจากเจ้าหน้าที่ ส่วนใหญ่ไม่เคยเข้าร่วมศึกษาดูงานเกี่ยวกับกาแฟอราบิก้า และเคยได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับกาแฟอราบิก้าในปีที่ผ่านมา มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการปลูกกาแฟอราบิก้าในระดับมาก

ผลการศึกษาระดับการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้า พบว่า เกษตรกรมีการยอมรับในภาพรวมในระดับปานกลาง โดยมีการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในระดับมากในด้านการใช้วิธีเขตกรรม และด้านการใช้พันธุ์ต้านทาน มีการยอมรับเทคโนโลยีในระดับปานกลางในด้านการใช้ชีววิธี และด้านการใช้วิธีกลและฟิสิกส์

ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรในพื้นที่ พบว่าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม การยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกร มี 3 ตัวแปร ได้แก่ เพศ การฝึกอบรม และความรู้ความเข้าใจ (sig<0.05)

คำสำคัญ: การยอมรับ เทคโนโลยี กาแฟอราบิก้า

Abstract

This study was conducted to investigate : 1) socio-economic attributes of the farmers growing Arabika coffee; 2) a level of the adaptation of Arabika coffee growing technology of the farmer; and 3) factors effecting the adoption of Arabika coffee growing technology of the farmers. Data were collected from 148 the farmers growing Arabika coffee in the area of Mae Salong Highland Development Royal Project.

Results of the study revealed that two-thirds of the respondents were male and 43.28 years old on average. More than one-half of the respondents were Akhas, illiterate, and married. They had 5.82 family members and yearly household incomes for 295,837.84 baht on average. They held agricultural land for 21.31 rai and expenses town capital on Arabika coffee growing for 3,618.14 baht per rai on average.The respondents perceived news/information through agricultural extension workers and they did not join educational trip in the past year. However, the respondents attended a traning on Arabika coffee growing in the pastgen. They had a high level of knowledge and understanding about Arabika coffee growing.

Findings showed that as a whole the respondents adopted Arabika coffee growing technology at a moderate level but a high level in terms of deep cultivation method and resistant varieties using. They adopted the technology on bio-way and deception/physics methods, respectively at a moderate level. It was also found that independent variables had a relationship with dependent variable in term of the adoption of Arabika coffee growing technology. This included sex, training, and knowledge/understanding (sig<0.05).

Keywords: Adoption, Plantation Technology, Arabica coffee

บทนำ

กาแฟเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของโลก กาแฟปลูกกันแพร่หลายในเชิงธุรกิจมีเพียง 2 พันธุ์ คือ กาแฟอราบิก้า และกาแฟโรบัสต้า การผลิตกาแฟอราบิก้าในประเทศไทย พบว่า ในปี พ.ศ. 2558 ประเทศไทยมีพื้นที่ให้ผลผลิตกาแฟอราบิก้าที่ปลูกส่วนใหญ่ทางภาคเหนือ ทั้งหมด 60,417 ไร่ เพิ่มขึ้นร้อยละ 14 ของพื้นที่ให้ผลผลิตทั้งหมด และมีผลผลิตของกาแฟ จำนวน 8,636 ตัน เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 8 ของผลผลิตทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากภาครัฐและเอกชนมีโครงการส่งเสริมให้ปลูกกาแฟอราบิก้าเพิ่มในสวนผลไม้ ปลูกร่วมกับไม้ยืนต้นและพื้นที่ป่าชุมชน (เริงชัย ตันสุชาติ และคณะ, 2558 : 3)

กาแฟอราบิก้า เป็นพันธุ์ที่เจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีในพื้นที่ ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (mean sea level) ตั้งแต่ 1,000 เมตรขึ้นไปและมีอากาศหนาวเย็น ดังนั้นจึงปลูกมากทางภาคเหนือของประเทศ ด้วยเอกลักษณ์เฉพาะตัวที่ทำให้กาแฟอราบิก้าได้รับความนิยมจากกลุ่มผู้บริโภคกาแฟค่อนข้างมาก เรียกกันโดยทั่วไปว่า “กาแฟชงสด” (fresh coffee) (กรมวิชาการเกษตร, ระบบออนไลน์ : 2551)

กาแฟอราบิก้า (Arabica coffee) ถูกนำเข้ามาปลูกครั้งแรกในฐานะพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยตั้งแต่สมัยอยุธยา (พ.ศ. 2393) โดยปลูกไว้ที่จังหวัดจันทบุรี พระสารศาสตร์ พลขันธุ์ บันทึกไว้ ต่อมาในปี พ.ศ. 2500 นาย

สมบูรณ์ ณ ถลาง อดีตผู้อำนวยการยาง นำเมล็ดกาแฟอราบิก้าจากประเทศบราซิลมายังประเทศไทยและขยายผลสู่เกษตรกรทางภาคเหนือของประเทศ แต่ต่อมาต้นกาแฟเหล่านั้นเกิดโรคราสนิม ทำให้ต้นโทรมและผลผลิตต่ำ เกษตรกรจึงปล่อยให้สวนกาแฟรกร้างและเลิกปลูกกัน ครั้นเมื่อ พ.ศ. 2517 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ฯ เสด็จพระราชดำเนินทอดพระเนตรต้นกาแฟที่บ้านหนองหล่ม อินทนนท์ อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ทรงมีรับสั่งว่า “พื้นที่บริเวณนี้เหมาะสมที่จะปลูกกาแฟ ที่แตกต่างไปจากกาแฟทางภาคใต้ ซึ่งจะช่วยสร้างรายได้ให้แก่ชาวเขา ทดแทนการปลูกฝิ่นได้หากมีการ แนะนำส่งเสริมและสอนให้ชาวเขารู้จักวิธีจัดการที่ดี ” ปิ่นอนงค์ ปานชื่น (ระบบออนไลน์ : 2550)

กาแฟอราบิก้า ถือว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งที่สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรในพื้นที่ ที่มองข้ามไม่ได้ เพราะจะได้ราคาสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับการจัดการด้านคุณภาพให้ได้ตามมาตรฐานที่ตลาดต้องการ ซึ่งเป็นเรื่องที่เกษตรกรต้องเข้าใจหลักการและวิธีการทำคุณภาพผลผลิตให้ได้ตามมาตรฐานจะทำแบบวิธีเดิม ๆ ก็ทำให้การแข่งขันทางด้านตลาดลดน้อยลง ประเทศไทยมีตลาดผู้บริโภคกาแฟที่กำลังขยายตัวอย่างรวดเร็ว โดยเห็นได้ว่าอุตสาหกรรมกาแฟของไทยมีตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำอยู่ในประเทศเดียว เป็นปัจจัยหนึ่งที่สามารถช่วยชาวสวนพัฒนาคุณภาพกาแฟได้อย่างต่อเนื่อง เพราะไม่ใช่กาแฟทุกล็อตที่ชาวสวนผลิตจะมีคุณภาพดี เนื่องจากกาแฟมีตัวแปรหลายอย่างที่อาจจะอยู่เหนือการควบคุมของเกษตรกร รวมถึงการขาดการแข่งขันของตลาดกาแฟไทยจากกาแฟต่างประเทศนั้น ทำให้ชาวสวนที่ทำกาแฟคุณภาพดีขายได้ในราคาที่ไม่ต่างกับชาวสวนที่ทำกาแฟได้คุณภาพทั่วไป ทำให้ไม่เกิดแรงผลักดันในการพัฒนาคุณภาพ ราคาที่ได้สูงคือได้มาจากการมีกำแพงภาษีช่วยไว้ค่อนข้างมาก ไม่ใช่ราคาที่ได้จากกาแฟที่มีคุณภาพสมกับราคาและความต้องการของตลาด นอกจากนี้ การกำหนดอัตราภาษีที่สูงเกินควรเพราะกลัวว่ากาแฟไทยจะมีคุณภาพสู้กาแฟนอกไม่ได้ ส่งผลให้เกิดการลักลอบนำเข้ากาแฟจากประเทศเพื่อนบ้านโดยไม่มีการเสียภาษีที่ถูกต้อง ซึ่งเป็นปัญหาใหญ่ในวงการกาแฟไทย สิ่งเหล่านี้ไม่ได้เป็นผลดีต่ออนาคตกาแฟไทยอย่างแน่นอน ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาลักษณะส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอราบิก้าในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง 2) เพื่อศึกษาระดับการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง และ3) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาลักษณะส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอราบิก้าในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง
2. เพื่อศึกษาระดับการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง
3. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง
4. เพื่อศึกษาปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะของเกษตรกรในเรื่องกาแฟอราบิก้า จากการส่งเสริมของเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและการสุ่มตัวอย่าง

ผู้ให้ข้อมูลในการวิจัยเรื่องการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย ครั้งนี้ คือ

1. เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอราบิก้า 4 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านแม่เต๋อ-แม่จันหลวง บ้านพนาสรรค์ บ้านธาตุและบ้านป่าคาสุขใจ โดยมีเกษตรกร 236 คน ผู้วิจัยใช้วิธีการคำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ด้วยความคลาดเคลื่อน 0.05 โดยใช้สูตร Yamane ได้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 148 คน

2. จำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่างของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอราบิก้าในแต่ละหมู่บ้านทั้ง 4 หมู่บ้าน โดยทำการ สุ่มตัวอย่างเกษตรกรแต่ละหมู่บ้านแบบเป็นสัดส่วนกับประชากร

เครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบสัมภาษณ์กับเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอราบิก้าโดย มี 2 ลักษณะ คือ คำถามแบบกำหนดให้ตอบหรือแบบปลายปิด (close-ended questions) และคำถามแบบเปิดโอกาสให้ผู้ตอบร่วมแสดงความคิดเห็นหรือแบบปลายเปิด (open-ended questions) โดยอาศัยแนวคิด ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องภายใต้การควบคุมดูแลและให้คำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ ลักษณะของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แบ่งออกเป็น 3 ตอนคือ ตอนที่ 1) เพื่อรวบรวมข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับ ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม ตอนที่ 2) ข้อมูลด้านการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง ได้แก่ วิธีการเขตกรรม ใช้พันธุ์ต้านทาน ชีววิธี วิธีกลและฟิสิกส์ เป็นแบบทดสอบในการทดสอบความรู้ของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟ ตอนที่ 3) เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับ การยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง ซึ่งเป็นการวัดแบบ likert’s scale เมื่อทำการทดสอบความเที่ยงพบว่ามีค่า Croubach Alpha เท่ากับ 0.84 ซึ่งถือว่ามีความเที่ยงเพียงพอที่จะนำไปใช้จริงต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยนำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบความสมบูรณ์ ของข้อมูลในแบบสัมภาษณ์จากนั้นนำมาถอดรหัส จัดหมวดหมู่และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป ทำการวิเคราะห์สถิติพรรณนาและการวิเคราะห์การถดถอย

ผลการวิจัย

1) ลักษณะส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอราบิก้า พบว่า ผู้ให้ข้อมูล(ร้อยละ 66.89) ไม่เป็นสมาชิกโครงการพัฒนาที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง และเป็นสมาชิก คิดเป็นร้อยละ 33.11 ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 43.28 ปี ระดับการศึกษา พบว่า ผู้ให้ข้อมูลมากกว่าครึ่งหนึ่งไม่ได้เรียนหนังสือ ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่มีสถานภาพสมรสแล้ว ผู้ให้ข้อมูลเกือบทั้งหมดประกอบอาชีพเกษตรกร มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 5.82 คน ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่มีชาติพันธุ์เป็นชาวอาข่า ผู้ให้ข้อมูลมีรายได้ของครัวเรือนเฉลี่ย 295,837.84 บาทต่อปี ผู้ให้ข้อมูลเกือบทั้งหมดมีที่ดินเป็นของตนเอง มีจำนวนพื้นที่ถือครองเฉลี่ย 21.31 ไร่ มี

ค่าใช้จ่ายในการปลูกกาแฟอราบิก้าเฉลี่ย 3,618.14 บาทต่อไร่ ใช้เงินทุนของตนเองในการปลูกกาแฟอราบิก้า ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่ได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการปลูกกาแฟ อราบิก้าจากเจ้าหน้าที่ ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่ไม่เคยเข้าร่วมศึกษาดูงานเกี่ยวกับการปลูกกาแฟอราบิก้าในปีที่ผ่านมา ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่เคยได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับการปลูกกาแฟอราบิก้าในปีที่ผ่านมา

2) ความรู้และความเข้าใจของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอราบิก้า พบว่า โดยส่วนใหญ่มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการปลูกกาแฟอราบิก้าในระดับมาก พบว่า ผู้ให้ข้อมูลมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 13.05 คะแนน จากคะแนนเต็ม 14 คะแนน

3) ระดับการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกร ผู้ให้ข้อมูลมีการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในภาพรวมในระดับปานกลาง(ค่าเฉลี่ย 3.27) เมื่อพิจารณาในรายด้าน พบว่า ผู้ให้ข้อมูลมีการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในระดับมากในด้านการใช้วิธีเขตกรรม (ค่าเฉลี่ย3.62) และด้านการใช้พันธุ์ต้านทาน (ค่าเฉลี่ย 3.58) มีการยอมรับเทคโนโลยีในระดับปานกลางในด้านการใช้ชีววิธี (ค่าเฉลี่ย 2.95) และด้านการใช้วิธีกลและฟิสิกส์ (ค่าเฉลี่ย 2.93)

4) ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง โดยการวิเคราะห์การถดถอย พบว่ามีตัวแปรอิสระ 7 ตัว ที่มีความสัมพันธ์กับการยอมรับเทคโนโลยี

ตาราง1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

	ACCEP	SEX	AGE	EDU	STA	OCC	MEMBER	INCOME	INFOR	VISIT	TRAINING
ACCEP	1										
SEX	.254**	1									
	0.002										
AGE	0.006	-0.125	1								
	0.945	0.131									
EDU	-0.027	0.139	-.576**	1							
	0.746	0.093	0.000								
STA	-0.034	-0.035	.259**	-0.101	1						
	0.679	0.673	0.002	0.221							
OCC	0.069	0.035	-0.01	-0.054	.259**	1					
	0.402	0.669	0.908	0.516	0.001						
MEMBER	0.087	0.029	-0.048	0.063	.234**	-0.032	1				
	0.292	0.729	0.561	0.448	0.004	0.695					
INCOME	0.04	-0.057	0.003	0.1	0.068	0.033	.206*	1			
	0.628	0.493	0.968	0.228	0.413	0.686	0.012				
INFOR	-0.041	0.089	-.302**	.233**	-0.132	-0.054	.226**	.220**	1		
	0.623	0.282	0.000	0.004	0.111	0.517	0.006	0.007			
VISIT	.346**	0.137	-0.139	.220**	-0.065	0.092	0.043	0.048	0.006	1	
	0.000	0.096	0.092	0.007	0.434	0.266	0.601	0.563	0.945		
TRAINING	.490**	.171*	-0.009	0.087	-0.102	0.105	0.081	0.061	-0.009	.443**	1
	0.000	0.038	0.918	0.291	0.218	0.203	0.331	0.461	0.910	0.000	
KNOW	-.380**	-0.153	0.024	0.051	0.063	-0.038	-0.021	0.06	0.136	-.209*	-0.139
	0.000	0.064	0.774	0.537	0.448	0.646	0.796	0.466	0.100	0.011	0.091

5) ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะ ของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอราบิก้า พบว่า ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่มีปัญหาในเรื่องของแรงงานในการเก็บสิ่งที่เน่าเสีย ถอนต้นที่เป็นโรคตามพื้นดินออกไปทำลาย และปัญหาดินเสื่อมโทรม มีปัญหาในเรื่องพันธุ์กาแฟเมื่อปลูกนานๆ ก็ไม่สามารถต้านทานโรคได้ มีปัญหาในเรื่องศัตรูพืชพวกแมลงต่างๆ มีการดื้อยา มีปัญหาในเรื่องการขาดแคลนแรงงานในการตัดแต่งทรงต้นที่โทรมเพื่อสร้างต้นใหม่ ซึ่งสามารถทำได้แค่บางส่วน

สรุปและอภิปรายผล

ผลการศึกษาลักษณะส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอราบิก้า พบว่า ผู้ให้ข้อมูลประมาณสองในสาม (ร้อยละ 66.89) เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 77.03 มีอายุเฉลี่ย 43.28 ปี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 10.77 มีอายุต่ำสุด 23 ปี และอายุสูงสุด 48 ปี มากกว่าครึ่งหนึ่งไม่ได้เรียนหนังสือ คิดเป็นร้อยละ 50.03 มีสถานภาพสมรสแล้ว คิดเป็นร้อยละ 89.19 เกือบทั้งหมดประกอบอาชีพเกษตรกร คิดเป็นร้อยละ 97.96 มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 5.82 คน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.26 มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนต่ำสุด 2 คน และจำนวนสมาชิกในครัวเรือนสูงสุด 14 คน มีชาติพันธุ์เป็นชาวอาข่า คิดเป็นร้อยละ 70.95 ผู้ให้ข้อมูลมีรายได้ของครัวเรือนเฉลี่ย 295,837.84 บาทต่อปี มีรายได้ของครัวเรือนต่ำสุด 8,000 บาทต่อปี และรายได้ของครัวเรือนสูงสุด 5,000,000 บาทต่อปี มีจำนวนพื้นที่ถือครองเฉลี่ย 21.31 ไร่ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 17.80 มีจำนวนพื้นที่ถือครองต่ำสุด 1 ไร่ และจำนวนพื้นที่ถือครองสูงสุด 80 ไร่ มีค่าใช้จ่ายในการปลูกกาแฟอราบิก้าเฉลี่ย 3,618.14 บาทต่อไร่ มีค่าใช้จ่ายในการปลูกกาแฟอราบิก้าต่ำสุด 275 บาทต่อไร่ และค่าใช้จ่ายในการปลูกกาแฟอราบิก้าสูงสุด 12,888.89 บาทต่อไร่ และผู้ให้ข้อมูลทั้งหมด (ร้อยละ 100.00) ใช้เงินทุนของตนเองในการปลูกกาแฟอราบิก้า ส่วนใหญ่ได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการปลูกกาแฟอราบิก้าจากเจ้าหน้าที่ คิดเป็นร้อยละ 73.65 ส่วนใหญ่ไม่เคยเข้าร่วมศึกษาดูงานเกี่ยวกับการปลูกกาแฟอราบิก้าในปีที่ผ่านมา คิดเป็นร้อยละ 70.95 เคยได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับการปลูกกาแฟอราบิก้าในปีที่ผ่านมา คิดเป็นร้อยละ 67.57

ผลการศึกษาความรู้และความเข้าใจของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอราบิก้า พบว่า ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการปลูกกาแฟอราบิก้าในระดับมาก คิดเป็นร้อยละ 93.92 และมีความรู้ความเข้าใจในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 6.08

ผลการศึกษาระดับการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้า พบว่า ผู้ให้ข้อมูลมีการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในภาพรวมในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 3.27) เมื่อพิจารณาในรายด้าน พบว่า ผู้ให้ข้อมูลมีการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในระดับมากในด้านการใช้วิธีเขตกรรม และด้านการใช้พันธุ์ต้านทาน มีการยอมรับเทคโนโลยีในระดับปานกลางในด้านการใช้ชีววิธี และด้านการใช้วิธีกลและฟิสิกส์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า

ด้านการใช้วิธีเขตกรรม พบว่า ผู้ให้ข้อมูลการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในด้านการใช้วิธีเขตกรรมในรวมระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.62) โดยผู้ให้ข้อมูลมีการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในระดับมากในประเด็น 1) การรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วยอินทรียวัตถุ เช่น คลุมโคนต้น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมักและปุ๋ยพืชสดอย่างต่อเนื่อง 2) การกำหนดช่วงเวลาปลูกและเก็บเกี่ยวที่ เหมาะสมเพื่อหลีกเลี่ยงเรื่องคุณภาพของกาแฟอราบิก้า และ 3) การปลูกพืชร่มเงาเพื่อป้องกันแมลงในพื้นที่ และช่วยยืดอายุของต้นกาแฟ ป้องกันการติดผลมากเกินไป มี

การยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในระดับปานกลางในประเด็นการเก็บสิ่งที่เน่าเสียถอนต้นที่เป็นโรคตามพื้นดินออกไปทำลาย และ การหลีกเลี่ยงหรือลดการใช้เครื่องจักรในพื้นที่ ตามลำดับ

ด้านการใช้พันธุ์ต้านทาน พบว่า ผู้ให้ข้อมูลการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในด้านการใช้พันธุ์ต้านทานในรวมระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.58) โดยผู้ให้ข้อมูลมีการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในระดับมากในประเด็น 1) การสำรวจและสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในแปลงอย่างสม่ำเสมอ 2) การใช้เมล็ดพันธุ์ต้านทานโรค และแมลงในการปลูก มีการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในระดับปานกลางในประเด็นการใช้พันธุ์พืชที่ปลูกที่หลากหลายเหมาะสมเพื่อลดปัญหาศัตรูพืช และการศึกษาเมล็ดพันธุ์ที่ต้านทานโรคและแมลงศัตรูพืชแล้ว ตามลำดับ

ด้านการใช้ชีววิธี พบว่า ผู้ให้ข้อมูลการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในด้านการใช้ชีววิธีในรวมระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 2.95) โดยผู้ให้ข้อมูลมีการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในระดับปานกลางในประเด็น

1) การปลูกพืชหลากชนิด เพื่อลดความเสี่ยงในการป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืช 2) การเจาะจงใช้สารเคมีให้ตรงกับชนิดศัตรูพืช 3) การใช้ตัวห้ำ ตัวเบียน สารร่อแมลง และเชื้อโรคในการกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืชในพื้นที่ และ 4) การใช้กับดักกาวสีเหลืองในการกำจัดแมลงศัตรูพืชในพื้นที่ ตามลำดับ

ด้านการใช้วิธีกลและฟิสิกส์ พบว่า ผู้ให้ข้อมูลการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในด้านการใช้วิธีกลและฟิสิกส์ในรวมระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 2.93) โดยผู้ให้ข้อมูลมีการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในระดับมากในประเด็น การตัดแต่งทรงต้นที่โทรมเพื่อสร้างต้นใหม่ มีการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในระดับปานกลางในประเด็น 1) การกำจัดวัชพืชเพื่อป้องกันโรคและแมลง 2) การใช้กับดักหรือสร้างเครื่องกีดขวางโดยตาข่าย และการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าในระดับปานกลางในประเด็นการใช้แสง เสียง หรือหุ่นไล่กา ในการป้องกันแมลงศัตรูพืช

ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง พบว่าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกร มี 3 ตัวแปร ได้แก่ เพศ การฝึกอบรม และความรู้ความเข้าใจ โดยมีระดับนัยสำคัญที่ 0.038, 0.000 และ 0.000 ตามลำดับ และตัวแปรทั้งหมดสามารถอธิบายความผันแปรของตัวแปรตามหรือการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรได้ร้อยละ 37.7 ส่วนที่เหลือร้อยละ 62.3 เป็นอิทธิพลจากตัวแปรอื่นๆ

ผลการเปรียบเทียบระหว่างการเป็นสมาชิกโครงการกับระดับความรู้ความเข้าใจและการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกร พบว่า การเป็นสมาชิกโครงการพัฒนาที่สูงโครงการหลวงแม่สลองหรือไม่เป็นสมาชิกโครงการพัฒนาที่สูงโครงการหลวงแม่สลองไม่ส่งผลให้มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการปลูกกาแฟอราบิก้าแตกต่างกัน ในขณะที่การเป็นสมาชิกโครงการพัฒนาที่สูงโครงการหลวงแม่สลองหรือไม่เป็นสมาชิกโครงการพัฒนาที่สูงโครงการหลวงแม่สลองส่งผลให้มีการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าแตกต่างกัน โดยผู้ให้ข้อมูลที่เป็นสมาชิกโครงการพัฒนาที่สูงโครงการหลวงแม่สลองมีการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้ามากกว่าผู้ให้ข้อมูลที่ไม่ได้เป็นสมาชิกโครงการพัฒนาที่สูงโครงการหลวงแม่สลอง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากผลการศึกษาพบว่าเพศ การฝึกอบรม และความรู้ความเข้าใจมีความสัมพันธ์กับการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง ดังนั้นเจ้าหน้าที่โครงการหลวงหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ควรให้ความสำคัญในปัจจัยดังกล่าวในการส่งเสริมเกษตรกรในการนำเทคโนโลยีเกี่ยวกับการปลูกกาแฟอราบิก้าไปใช้ การเข้าไปส่งเสริมเกษตรกรหน่วยงานที่เกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็นภาครัฐหรือภาคเอกชน ควรมีการศึกษาความพร้อมของเกษตรกรในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของความรู้ ทุนที่ใช้ในการดำเนินงาน เป็นต้น เพื่อที่จะทำให้เกษตรกรเกิดความยอมรับได้อย่างเต็มที่

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบคุณตัวแทนเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอราบิก้า บ้านแม่เต๋อ-แม่จันหลวง บ้านธาตุ บ้านป่าคาสุขใจ และบ้านพนาสวรรค ตำบลแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย และขอขอบคุณ คณาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยให้คำปรึกษาในการศึกษาในครั้งนี้ ขอขอบคุณตัวแทนกลุ่มที่คอยช่วยเหลือในการประสานงานเป็นอย่างดี ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2551. *กาแฟอราบิก้า. (Publication.: Available*)
:http://it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=9 (11 เมษายน 2560).

บุญสม วราเอกศิริ (2529*).* *ส่งเสริมการเกษตร หลักและวิธีการ.* พิมพ์ครั้งที่ 3. เชียงใหม่: ภาควิชาส่งเสริมการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้.

ปิ่นอนงค์ ปานชื่น. (2550). *กาแฟของ...ในหลวง.* [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา Available :
http://www.healthcorners.com/2007/coffee_web/view.php?board_name=coffee&q_id=4203 (11 เมษายน 2560).

พันธ์ศักดิ์ แสนพรมมา. (2557). *การยอมรับเทคโนโลยีการปลูกยางพาราของเกษตรกรในอำเภอปง จังหวัดพะเยา.* ; วิทยานิพนธ์ (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต) มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

เริงชัย ตันสุชาติ ชนิตา พันธุ์มณี และเกษม กุณาศรี. 2558. *การศึกษาศักยภาพการแข่งขันของกาแฟอราบิก้าที่ผลิตในระบบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยกลุ่มวิสาหกิจผู้ผลิตกาแฟอราบิก้า*. ในรายงานฉบับสมบูรณ์. สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน).

ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือนของโครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร

Factors Affecting Farmers' Adoption in Promotion of Vegetable Greenhouses Production of the Royal Project Extension Project in Klong Lan District, Kamphaeng Phet Province

น้ำทิพย์ กัณฑะวงค์(Namtip Kantawong)[1] สุรพล เศรษฐบุตร(Suraphol Sreshthaputra)[2]
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจและสังคม และปัจจัยด้านอื่นๆ ตลอดจนปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับของเกษตรกรที่ปลูกพืชผักในโรงเรือนในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร เพื่อการยอมรับการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน และเพื่อศึกษาปัญหาและข้อเสนอแนะของเกษตรกร โดยกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ เกษตรกรผู้ปลูกพืชผักในโรงเรือน จำนวน 34 ราย ในพื้นที่ 7 หมู่บ้าน ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ ร้อยละ 61.8 เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 50.47 ปี เป็นชนเผ่าเย้า มูเซอ คนไทย และกระเหรี่ยง ส่วนใหญ่จบการศึกษาภาคบังคับ (ป.4/ป.6) มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 4.71 คน มีแรงงานภาคการเกษตรในครัวเรือนเฉลี่ย 2.18 คน เคยได้รับการอบรมด้านการด้านการปลูกพืชผักในโรงเรือนมาแล้วเฉลี่ย 1.87 ครั้ง และมีประสบการณ์ในการปลูกพืชผักในโรงเรือนเฉลี่ย 3.45 ปี มีอาชีพทำไร่เป็นอาชีพหลัก ปลูกพืชผักในโรงเรือนและรับจ้างเป็นอาชีพรอง โดยมีพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมดเฉลี่ย 6.33 ไร่ โดยเฉลี่ยแล้วเกษตรกรมีรายได้จากภาคการเกษตรรวมต่อปี 64,623.53 บาท มีรายได้นอกภาคเกษตรต่อปี 64,200 บาท ขณะที่เกษตรกรมีรายจ่ายรวมต่อปี 88,824.59 บาท เป็นรายจ่ายภาคการเกษตร 21,015.76 บาท รายจ่ายครัวเรือน 69,397.06 บาท มีหนี้สิน 58,883.33 บาท ในด้านการได้รับความรู้ข่าวสาร เกษตรกรมีระดับการรับรู้ข่าวสารทางการเกษตรจากสื่อบุคคล สื่อประเภทต่างๆ และสื่อกิจกรรม ในระดับปานกลาง เกษตรกรมากกว่าร้อยละ 76.5 ขึ้นไป มีความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืชผักในโรงเรือน การมีเจ้าหน้าที่ดูแลเอาใจใส่ให้คำแนะนำดีและต่อเนื่อง เป็นแรงจูงใจต่อเกษตรกรผู้ปลูกพืชผักในโรงเรือนในระดับมาก เกษตรกรมีทัศนคติต่อระบบการปลูกพืชผักในโรงเรือนในระดับมาก มีทัศนคติต่อเจ้าหน้าที่และความเชื่อมั่นต่อสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์มหาชน) ในระดับมาก แต่มีทัศนคติต่อเจ้าหน้าที่และความเชื่อมั่นต่อหน่วยงานอื่นๆ ในระดับปานกลาง การยอมรับของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือนในภาพรวมอยู่ในระดับมาก และทุกกิจกรรมทั้ง 3 ด้าน ตั้งแต่การเตรียมการก่อนปลูก การปลูกและการดูแลรักษา และการจัดการเก็บเกี่ยว อยู่ในระดับมาก

จากการทดสอบสมมติฐาน พบว่า ปัจจัยที่สัมพันธ์กับการยอมรับของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ได้แก่ ระดับการศึกษา การอบรมความรู้ด้านการปลูกพืชผักในโรงเรือน ประสบการณ์ในการปลูกพืชผัก จำนวนสมาชิกในครัวเรือน จำนวนแรงงานเกษตรในครัวเรือน แหล่งรายได้นอกภาคเกษตร รายจ่ายทั้งหมด การเป็นหนี้สิน ทัศนคติต่อเจ้าหน้าที่ส่งเสริมของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์มหาชน) และ ความเชื่อมั่นต่อการส่งเสริมของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์มหาชน) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.01 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ปัญหา และข้อเสนอแนะ ในการปลูกพืชผักในโรงเรือนของเกษตรกร ปัญหาที่สำคัญได้แก่ เกษตรกรมีปัญหาการปลูกพืชผักซ้ำหลายครั้งเกิดปัญหาโรคและแมลงขึ้น และมีทางเลือกชนิดพืชผักน้อย เนื่องจากสภาพอากาศร้อนไม่สามารถปลูกพืชผักเมืองหนาวหรือพืชผักราคาแพงได้ เช่น พริกหวาน มะเขือเทศ เป็นต้น รองลงมาเกษตรกรมีปัญหาไม้ไผ่และปุ๋ยคอกหายาก และมีราคาแพง

คำสำคัญ : การปลูกพืชผักในโรงเรือน ปัจจัยที่มีผล ความรู้ การยอมรับ โครงการขยายผลโครงการหลวง

ABSTRACT

The objective of the study was to explore the personal background factor, socio-economic factor and other factors including the factors related to farmers' adoption in promotion of vegetable greenhouses production of the Royal Project Extension Project in Klong Lan District, Kamphaeng Phet Province in order to adopt the promotion of vegetable greenhouses production and also to find out the farmers' problems and suggestions.

The sample of this study was 34 farmers selected from the farmers who grow vegetable in greenhouses in the area of 7 villages.

The results of the study indicated that 61.8 % of the farmers are female of the average age at 50.47 years. They were Yao (Mien), Lahu (Muser), Karen and Thai people. Most of them completed the compulsory education (Pratom 4 or 6). The average family members was 4.71 and the average family labors was 2.18 and they have been educated and trained about vegetable greenhouses production for 3.45 years in average. Their main career was being the farmer who grow vegetable in greenhouses and was sometimes hired to do labor jobs. They have agricultural area at 6.33 Rais in average. The average of the farmer's total income earned from agricultural jobs was 64,623.53 Baht yearly and earned from non-agricultural jobs was 64,200 Baht yearly. Meanwhile, they have the average annual expenses at 88,824.59 Baht dividing to 21,015.76 Baht for agricultural expense and 69,397.06 Baht for household expense. The average debt was 58,883.33 Baht. For the knowledge or information gained and learnt from other people, all types of media and activities was at medium level. More than 76.5 % of the farmers have the knowledge of vegetable greenhouse production.

The good and continuous advice or suggestion from the officers was the high motivation for the farmers who grow vegetable in greenhouses. They have very good attitude and high confidence towards the officers of Highland Research and Development Institute (Public Organization). However, their attitude and confidence towards the officers from other organizations was in medium level. For the farmers' adoption in promotion of vegetable greenhouses production as a whole was in high level. Also, all 3 activities: the preparation for growing, growing and taking care, and harvesting were in high level.

From the hypothesis examination, it was found that the factors related to the farmers' adoption in promotion of vegetable greenhouses production were their education levels, training for vegetable greenhouses production, experience for vegetable growing, number of family members, number of family labors, non-agricultural income, total expense, debts, and the attitude towards the officers of Highland Research and Development Institute (Public Organization) and there was statistically significant at 0,01 level.

The problems and suggestion for their vegetable greenhouse production: the most important problems were they had to grow vegetables repeatedly for many times because of insect and disease problems; there were a few types of vegetable for growing. Owing to the tropical climate, they could not grow cold weather vegetable or expensive vegetable such as capsicum (bell pepper), and tomatoes. The other problem was the high price of bamboo and manure and they were rare

บทนำ

สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ได้รับมอบหมายเข้าไปวิเคราะห์พื้นที่เพื่อนำองค์ความรู้จากโครงการหลวงไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับบริบทสภาพทางเศรษฐกิจและสังคมของพื้นที่ ตลอดจนสร้างความเข้มแข็งของชุมชนและการฟื้นฟูป่าต้นน้ำลำธาร โดยอาศัยหลักการดำเนินงานตามแนวทางของโครงการหลวงและปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เพื่อให้คนสามารถอยู่ร่วมกับสิ่งแวดล้อมได้อย่างยั่งยืน จากการสำรวจพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ในพื้นที่โครงการมีความยากจน มีหนี้สิน เพราะประกอบอาชีพปลูกมันสำปะหลัง และรับจ้างบุคคลภายนอก เกิดการย้ายถิ่นฐาน เมื่อปลูกมันสำปะหลังเป็นระยะเวลานานทำให้ดินเสื่อมโทรม ขาดความอุดมสมบูรณ์ ผลผลิตลดลง แต่ขณะเดียวกันวิถีชีวิตของชุมชนก็ยังดำเนินไปตามปกติส่งผลให้เกษตรกรมีหนี้สินที่นำมาใช้จ่ายเพื่อการยังชีพ ภายใต้สภาพพื้นที่ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ สภาพอากาศที่ร้อนเข้าขั้นวิกฤตินั้น สถาบันจึงเลือกส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน เนื่องจากเป็นการปลูกพืชที่ใช้พื้นที่น้อย ใช้น้ำน้อย แล้วได้ประโยชน์สูงสุด อีกทั้งยังมีความต้องการของตลาดสูง (ข้อมูลพื้นฐานโครงการขยายผลโครงการหลวง, 2557)

ผลจากการดำเนินงานของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง(องค์การมหาชน) ปัจจุบันเกษตรกรในพื้นที่ หันมาสนใจการปลูกพืชผักในโรงเรือน รวมทั้งปรับระบบการปลูกพืชเป็นไม้ผล เช่น ลำไย มะนาว ลดพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังลงได้ในระดับหนึ่ง โดยเกษตรกรส่วนใหญ่ได้รับปัจจัยการผลิต เทคโนโลยีการผลิต และคำแนะนำปรึกษาจากเจ้าหน้าที่ของสถาบันฯ แต่ก็ยังพบว่ามีเกษตรกรมากกว่าครึ่งของโครงการยังยอมรับการดำเนินการส่งเสริมของเจ้าหน้าที่ในลักษณะนี้ช้า ถึงแม้ว่าพืชที่ส่งเสริมจะมีตลาดรองรับการจำหน่ายผลผลิตก็ตาม ยังคงประกอบอาชีพปลูกมันสำปะหลังและรับจ้างอยู่เช่นเดิม

งานวิจัยนี้มีความสนใจที่จะทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือนในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน เพื่อจะได้นำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงการส่งเสริมการเกษตรในพื้นที่ และพื้นที่อื่นๆต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจและสังคม และปัจจัยด้านอื่นๆ ของเกษตรกรที่อยู่ในพื้นที่ของโครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน

2. เพื่อศึกษาการยอมรับการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ตลอดจนปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับของเกษตรกร ในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน

3. เพื่อศึกษาปัญหาและข้อเสนอแนะ ของเกษตรกรที่อยู่ในพื้นที่ของโครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นเกษตรกรชนเผ่ากระเหรี่ยง เย้า มูเซอ และคนไทย จำนวนทั้งสิ้น 34 ราย เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับการยอมรับของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ของโครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นคำถามแบบปลายปิด และคำถามแบบปลายเปิด มีขั้นตอนการสร้างแบบสัมภาษณ์ และการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้ การสร้างแบบสัมภาษณ์ กำหนดข้อมูลที่ต้องการในประเด็นต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย แล้วจึงกำหนดตัวชี้วัด และมาตรวัดข้อมูลในแต่ละประเด็นตามที่ได้กำหนดไว้ แล้วจึงนำข้อมูลตามประเด็นตัวชี้วัด และมาตรวัดมาสร้างเป็นข้อคำถาม

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำแบบสัมภาษณ์ที่ได้จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล แล้ววิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์โปรแกรมสำเร็จรูป (SPSS) สำหรับสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลมีดังนี้ สถิติค่าร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (arithmetic mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม โดยใช้การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Analysis) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป ในการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรว่ามีมากน้อยเพียงใดนั้น จะใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) เป็นค่าที่วัดความสัมพันธ์ ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Person Product Moment Correlation)

สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

1. สรุปผลการวิจัย

1.1 ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล

เกษตรกรของโครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร ที่ปลูกพืชผักในโรงเรือน กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นหญิง มีอายุเฉลี่ย 50.47 ปี เป็นชนเผ่าเย้า มูเซอ คนไทย และกระเหรี่ยง ส่วนใหญ่จบการศึกษาภาคบังคับ (ป.4/ป.6) ไม่มีตำแหน่งทางสังคม ส่วนใหญ่ไม่เป็นสมาชิกกลุ่มเกษตรกร มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 4.71 คน มีการติดต่อเจ้าหน้าที่ต่อเดือนเฉลี่ย 5.91 ครั้ง และเคยได้รับการอบรมด้านการ

ด้านการปลูกพืชผักในโรงเรือนมาแล้วเฉลี่ย 1.87 ครั้ง และมีประสบการณ์ในการปลูกพืชผักในโรงเรือนเฉลี่ย 3.45 ปี และเคยเดินทางออกนอกพื้นที่เฉลี่ย 10.68 ครั้ง

1.2 ปัจจัยด้านเศรษฐกิจและสังคม

เกษตรกรของโครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร ที่ปลูกพืชผักในโรงเรือนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างมีอาชีพทำไร่เป็นอาชีพหลัก ปลูกพืชผักในโรงเรือนและรับจ้างเป็นอาชีพรอง มีแรงงานภาคการเกษตรในครัวเรือนเฉลี่ย 2.18 คน โดยมีพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมดเฉลี่ย 6.33 ไร่ เป็นพื้นที่เช่าเฉลี่ย 6ไร่ มีจำนวนโรงเรือนปลูกพืชผักเฉลี่ย 1.59 โรงเรือน โดยเฉลี่ยแล้วเกษตรกรมีรายได้จากภาคการเกษตรรวมต่อปีเฉลี่ย 64,623.53 บาท เป็นรายได้จากการปลูกพืชผักในโรงเรือนต่อปีเฉลี่ย 33,451.47 บาท มีรายได้นอกภาคเกษตรต่อปีเฉลี่ย 64,200 บาท ขณะที่เกษตรกรมีรายจ่ายรวมต่อปีเฉลี่ย 88,824.59 บาท เป็นรายจ่ายภาคการเกษตรรวมเฉลี่ย 21,015.76 บาท รายจ่ายครัวเรือนรวมเฉลี่ย 69,397.06 บาท เกษตรกรใช้ทุนของตนเองและเงินกู้ในการลงทุนทำการเกษตรโดยเฉพาะจากกองทุนหมู่บ้าน มีหนี้สินรวมเฉลี่ย 58,883.33 บาท

1.3 ปัจจัยอื่น ๆ

ในด้านการได้รับความรู้ข่าวสาร เกษตรกรผู้ปลูกพืชผักในโรงเรือน ของโครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร มีระดับการรับรู้ข่าวสารทางการเกษตรจากสื่อบุคคล สื่อประเภทต่างๆ และสื่อกิจกรรม ในระดับปานกลาง เกษตรกรมากกว่าร้อยละ76.5 ขึ้นไป มีความรู้เกี่ยวกับการปลูกพืชผักในโรงเรือน การมีเจ้าหน้าที่ดูแลเอาใจใส่ให้คำแนะนำดีและต่อเนื่อง เป็นแรงจูงใจต่อเกษตรกรผู้ปลูกพืชผักในโรงเรือนในระดับมาก เกษตรกรมีทัศนคติต่อระบบการปลูกพืชผักในโรงเรือนในระดับมาก มีทัศนคติต่อเจ้าหน้าที่และความเชื่อมั่นต่อสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์มหาชน) ในระดับมาก แต่มีทัศนคติต่อเจ้าหน้าที่และความเชื่อมั่นต่อหน่วยงานอื่นๆ ในระดับปานกลาง

1.4 การยอมรับของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ของโครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร เชิงความคิดเห็น และ การนำไปปฏิบัติ

การยอมรับของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือนในภาพรวมอยู่ในระดับมากและทุกกิจกรรมทั้ง 3 ด้าน ตั้งแต่การเตรียมการก่อนปลูก การปลูกและการดูแลรักษาและการจัดการเก็บเกี่ยว อยู่ในระดับมาก ดังตารางที่1

ตารางที่ 1 การยอมรับการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ของเกษตรกรโครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร

การยอมรับการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน	ค่าเฉลี่ย	แปลผล
การเตรียมการก่อนปลูก		
1. การสร้างโรงเรือน	**2.84**	**มาก**
1) สร้างโรงเรือนไม้ไผ่ ขนาด 6 x 24 เมตร ตามแบบที่กำหนดให้ (รูปแบบ ก. ประยุกต์)	2.91	มาก
2) การประกอบพลาสติกทำหลังคาโรงเรือนและคลุมด้านข้างโรงเรือนด้วยมุ้งไนล่อนสีขาวตาถี่มีจำนวนเส้นทอ 32 เส้น/ความยาว 1 นิ้ว มุ้งไนล่อนชนิดนี้ ป้องกันการเข้ารบกวนจากเพลี้ยไฟและหมัดกระโดดได้	2.91	มาก
3) ทิศทางของโรงเรือน ควรวางแนวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้	2.71	มาก
2. การเตรียมเมล็ดพันธุ์	**2.88**	**มาก**

การยอมรับการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน	ค่าเฉลี่ย	แปลผล
1) การเพาะกล้าผักในถาดหลุม ขนาด 104 หลุม ก่อนย้ายปลูกในแปลงภายในโรงเรือน	2.88	มาก
3. การทำคลังอาหาร	**2.78**	**มาก**
1) ขุดร่องระหว่างแปลงปลูก ให้มีความลึกประมาณ 30 - 50 เซนติเมตร และกว้าง 50-60 เซนติเมตร จากนั้นนำเศษพืชที่แห้ง เช่น ใบไม้ วัชพืช ซากพืชตระกูลถั่ว หรือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่สามารถย่อยสลายได้ นำมาใส่ในร่องที่ขุดไว้	2.85	มาก
2) ใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 0-46-0 หรือหินฟอสเฟต อัตรา 5 กิโลกรัมต่อโรงเรือน โดยโรยให้ทั่วเศษวัสดุ	2.71	มาก
3) โรยปุ๋ยคอก(มูลไก่ มูลหมูหลุม หรือหมูฟาร์ม หรือมูลวัวพื้นเมือง) บนเศษวัสดุในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อโรงเรือน หรือคิดเป็นปุ๋ยคอก จำนวน 20 กระสอบ (กระสอบละ 10 กิโลกรัม)	2.88	มาก
4) ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 1-2 กิโลกรัมต่อโรงเรือน เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานและอาหารของจุลินทรีย์ในขบวนการย่อยสลายเศษพืช แล้วรดน้ำให้ชุ่ม	2.56	มาก
5) ขึ้นแปลงปลูกให้มีความกว้าง 1 เมตร สูง 15 - 25 เซนติเมตร (4 แปลงต่อโรงเรือน)	2.91	มาก
ค่าเฉลี่ยรวมระดับการยอมรับเชิงความคิดเห็นการเตรียมการก่อนปลูก	**2.83**	**มาก**
การปลูกและดูแลรักษา		
1. วิธีการปลูก	**2.97**	**มาก**
1) ระยะปลูกขึ้นอยู่กับชนิดของพืชผักที่เกษตรกรเลือกปลูก แต่มีข้อแนะนำ คือเกษตรกรควรปลูกผักให้มีระยะห่างพอสมควรอย่าให้แน่นจนเกินไป เพื่อให้มีการระบายอากาศที่ดี และปรับสภาพแวดล้อมให้ไม่เหมาะสมต่อการระบาดของโรค	3.00	มาก
2) ควรหมั่นตรวจแปลงอยู่เสมอ โดยอาจเลือกสำรวจเป็นจุดๆ ประมาณ 10-20 จุด/โรงเรือน ถ้าพบว่ามีการระบาดของโรคและแมลงในระดับที่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่พืชผักนั้น ก็ควรดำเนินการกำจัดโรคและแมลงที่พบทันที	2.94	มาก
2. การดูแลรักษา	**2.71**	**มาก**
1) การให้น้ำ การปลูกพืชผักจำเป็นต้องให้น้ำเพียงพอ การให้น้ำผักควรรดน้ำในช่วง เช้า- เย็น ไม่ควรรดตอนแดดจัด และรดน้ำแต่พอชุ่มอย่าให้โชก	3.00	มาก
2) การใส่ปุ๋ย ใส่เมื่อพืชแสดงอาการขาดธาตุอาหาร และตามช่วงเวลาที่พืชต้องการ สูตรปุ๋ยที่ใช้กับพืชผัก ได้แก่ ยูเรีย สำหรับบำรุงต้นและใบ และปุ๋ยสูตร 15-15-15 และ 12-24-12 สำหรับเร่งการออกดอกและผล	2.53	มาก
3) การให้ธาตุอาหารเสริมแก่พืช จะมีความจำเป็นต่อพืชผักในบางชนิดเท่านั้น ทั้งนี้เพื่อสร้างความต้านทานโรคให้แก่พืชนั้น เช่น พืชในวงศ์กะหล่ำ จะต้องการธาตุโบรอนเพื่อสร้างความต้านทานโรคไส้กลวงดำ มะเขือเทศจะต้องการธาตุแคลเซียมเพื่อสร้างความต้านทานโรคผลเน่า เป็นต้น	2.41	มาก
4) การป้องกันกำจัดศัตรูพืช ควรบำรุงรักษาต้นพืชให้แข็งแรงโดยการกำจัดวัชพืช ให้น้ำอย่างเพียงพอและใส่ปุ๋ยตามเหมาะสมเพื่อให้ผักเจริญเติบโต แข็งแรง ทนต่อโรคและแมลง หากมีโรคและแมลงระบาดมากควรใช้สารธรรมชาติ หรือใช้วิธีกลต่างๆ ในการป้องกันกำจัด เช่น หนอนต่างๆ ใช้มือจับออก เป็นต้น	2.91	มาก
ค่าเฉลี่ยรวมระดับการยอมรับเชิงความคิดเห็นการปลูกและดูแลรักษา	**2.84**	**มาก**
การจัดการเก็บเกี่ยว		
1) การเก็บเกี่ยวผักควรเก็บในเวลาเช้าจะทำให้ได้ผักสดรสดี สำหรับผักประเภทผลควรเก็บในขณะที่ผลไม่แก่จัด จะได้ผลที่มีรสดีและจะทำให้ผลดก หากปล่อยให้ผลแก่คาต้น ต่อไปจะออกผลน้อยลง	2.97	มาก
2) การปลูกพืชหมุนเวียนสลับชนิดหรือปลูกผักที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นบ้างยาวบ้างสลับกันไป จะช่วยป้องกันการระบาดของโรคและแมลงได้	2.94	มาก
3) การขนส่งทำด้วยความปราณีต ทำให้ผลิตผลมีคุณภาพดีและเกิดการสูญเสียน้อยลง	2.94	มาก

การยอมรับการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน	ค่าเฉลี่ย	แปลผล
ค่าเฉลี่ยรวมระดับการยอมรับเชิงความคิดเห็นการจัดการเก็บเกี่ยว	2.95	มาก
สรุปค่าเฉลี่ยรวมระดับการยอมรับเชิงความคิดเห็นการปลูกพืชผักในโรงเรือน	2.87	มาก

หมายเหตุ : การแปลความหมายระดับการยอมรับการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือนใช้วิธีนำค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักความคิดเห็นในแต่ละประเด็นมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ดังนี้

ค่าคะแนนเฉลี่ย	2.34 – 3.00	คะแนน เท่ากับ	ยอมรับมาก
ค่าคะแนนเฉลี่ย	1.68 – 2.33	คะแนน เท่ากับ	ยอมรับปานกลาง
ค่าคะแนนเฉลี่ย	1.00 – 1.67	คะแนน เท่ากับ	ยอมรับน้อย

1.5 ปัญหาและข้อเสนอแนะในการปลูกพืชผักในโรงเรือนของเกษตรกร โครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร

การศึกษาปัญหาและข้อเสนอแนะในการปลูกพืชผักในโรงเรือนของเกษตรกร พบว่าปัญหาที่สำคัญได้แก่ เกษตรกรจำนวนร้อยละ 100 มีปัญหาการปลูกพืชผักซ้ำหลายครั้งเกิดปัญหาโรคและแมลงขึ้น และมีทางเลือกชนิดพืชผักน้อย เนื่องจากสภาพอากาศร้อนไม่สามารถปลูกพืชผักเมืองหนาวหรือพืชผักราคาแพงได้ เช่น พริกหวาน มะเขือเทศ เป็นต้น รองลงมาเกษตรกรจำนวนร้อยละ 88.23 มีปัญหาไม้ไผ่หายาก และมีราคาแพง เกษตรกรจำนวนร้อยละ 61.76 มีปัญหาพืชผักใบช้ำ เสียหายระหว่างขนส่ง เกษตรกรจำนวนร้อยละ 52.94 มีปัญหาปุ๋ยคอกหายากและมีราคาแพง เกษตรกรจำนวนร้อยละ 41.17 มีปัญหาต้องจ้างแรงงานในการสร้างโรงเรือน เกษตรกรจำนวนร้อยละ 32.35 ต้องการความรู้เรื่องการแปรรูปพืชผักที่เหลือจากการจำหน่ายในชุมชน และเกษตรกรจำนวนร้อยละ 26.47 มีปัญหาระยะทางขนส่งเข้าเมืองไกล ช่องทางตลาดลดลงเหลือแค่บริเวณภายในชุมชน

1.6 การทดสอบสมมติฐานการวิจัย

จากการทดสอบสมมติฐานด้วยการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน พบว่า ปัจจัยที่สัมพันธ์กับการยอมรับของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ได้แก่ ระดับการศึกษา การอบรมความรู้ด้านการปลูกพืชผักในโรงเรือน ประสบการณ์ในการปลูกพืชผัก จำนวนสมาชิกในครัวเรือน จำนวนแรงงานเกษตรในครัวเรือน แหล่งรายได้นอกภาคเกษตร รายจ่ายทั้งหมด การเป็นหนี้สิน ทัศนคติต่อเจ้าหน้าที่ส่งเสริมของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์มหาชน) และ ความเชื่อมั่นต่อการส่งเสริมของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์มหาชน) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.01 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ของโครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร เป็นการศึกษาเพื่อให้ทราบถึง ระดับการยอมรับของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ตลอดจนปัญหา และข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการปลูกพืชผักในโรงเรือน ซึ่งผลจากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำมาอภิปรายผลการวิจัยได้ ดังนี้

2.1 การศึกษาระดับการยอมรับของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ของโครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร

การศึกษาระดับการยอมรับของเกษตรกรต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ของโครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการยอมรับการปลูกพืชผักในโรงเรือน 3 ด้าน ได้แก่ การเตรียมการก่อนปลูก การปลูกและดูแลรักษา และการจัดการเก็บเกี่ยว พบว่า เกษตรกรมีการยอมรับต่อการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาในแต่ละด้านของการยอมรับ พบว่า

การยอมรับของเกษตรกรต่อการเตรียมการก่อนปลูก พบว่า โดยภาพรวมเกษตรกรมีการยอมรับอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาในกิจกรรมย่อย พบว่า เกษตรกรมีการยอมรับอยู่ในระดับมาก ทั้ง 3 กิจกรรม ได้แก่ 1).การสร้างโรงเรือน 2).การเตรียมเมล็ดพันธุ์ และ 3).การทำคลังอาหาร แต่ถึงแม้ว่าเกษตรกรจะมีการยอมรับการทำคลังอาหารในระดับมาก แต่คะแนนเฉลี่ยในกิจกรรมย่อยข้อนี้มีคะแนนที่น้อยกว่าข้ออื่นๆ แสดงว่าเกษตรกรไม่ได้ให้ความสำคัญกับการเตรียมดินโดยการใช้ปุ๋ยเคมีมากนัก และไม่อยากเพิ่มต้นทุนในการซื้อปุ๋ยเคมีเมื่อเทียบกับปุ๋ยหมัก

การยอมรับของเกษตรกรต่อการปลูกและการดูแลรักษา พบว่า โดยภาพรวมเกษตรกรมีการยอมรับอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาในกิจกรรมย่อย พบว่า เกษตรกรมีการยอมรับอยู่ในระดับมาก ทั้ง 2 กิจกรรม ได้แก่ 1). วิธีการปลูก และ 2).การดูแลรักษา แต่ถึงแม้ว่าเกษตรกรจะมีการยอมรับการใส่ปุ๋ย ใส่เมื่อพืชแสดงอาการขาดธาตุอาหาร ตามช่วงเวลาที่พืชต้องการ และการให้ธาตุอาหารเสริมแก่พืช จะมีความจำเป็นต่อพืชผักในบางชนิดเท่านั้น ทั้งนี้เพื่อสร้างความต้านทานโรคให้แก่พืชนั้น แต่คะแนนเฉลี่ยในกิจกรรมย่อยข้อนี้ก็มีคะแนนที่น้อยกว่าข้ออื่นๆ แสดงว่าเกษตรกรไม่อยากเพิ่มต้นทุนในการซื้อปุ๋ยเคมีและธาตุอาหารเสริม อีกทั้งยังไม่เห็นความสำคัญของธาตุอาหารเสริมเท่าที่ควร

การยอมรับของเกษตรกรต่อการจัดการเก็บเกี่ยว พบว่า โดยภาพรวมเกษตรกรมีการยอมรับอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาในกิจกรรมย่อย พบว่า เกษตรกรยอมรับการเก็บเกี่ยวผักควรเก็บในเวลาเช้าจะทำให้ได้ผักสดรสดี สำหรับผักประเภทผลควรเก็บในขณะที่ผลไม่แก่จัด จะได้ผลที่มีรสดีและจะทำให้ผลดก หากปล่อยให้ผลแก่คาต้นต่อไปจะออกผลน้อยลง การปลูกพืชหมุนเวียนสลับชนิดหรือปลูกผักที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นบ้างยาวบ้างสลับกันไปจะช่วยป้องกันการระบาดของโรคและแมลงได้ และการขนส่งทำด้วยความปราณีต ทำให้ผลิตผลมีคุณภาพดีและเกิดการสูญเสียน้อยลง แสดงว่าเกษตรกรมีความเข้าใจในรายละเอียดปลีกย่อยของการจัดการเก็บเกี่ยวเป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. จากการวิจัยพบว่า มีปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจและสังคม และปัจจัยด้านอื่นๆ ที่มีผลต่อการยอมรับการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ของโครงการขยายผลโครงการหลวง ในอำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร ปัจจัยดังกล่าวได้แก่ 1) ระดับการศึกษา 2) การอบรมความรู้ด้านการปลูกพืชผักในโรงเรือน 3) ประสบการณ์ในการปลูกพืชผัก 4) จำนวนสมาชิกในครัวเรือน 5) จำนวนแรงงานเกษตรในครัวเรือน 6) แหล่งรายได้นอกภาคเกษตร 7) รายจ่ายทั้งหมด 8) การเป็นหนี้สิน 9) ทัศนคติต่อเจ้าหน้าที่ส่งเสริมของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์มหาชน) และ 10) ความเชื่อมั่นต่อการส่งเสริมของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์มหาชน) ดังนั้นเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรภาครัฐและเอกชน ที่ดำเนินการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือนแก่เกษตรกร ควรคำนึงถึงปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีทั้ง 10 ปัจจัยนี้ เป็นพื้นฐานสู่การวิเคราะห์วางแผนการส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือนแก่เกษตรกรในพื้นที่อื่นๆต่อไป ทั้งนี้เจ้าหน้าที่ส่งเสริมทั้งจากภาครัฐและเอกชน ควรสร้างภาพลักษณ์ ความน่าเชื่อถือ ความมั่นใจ ให้เกษตรกรมีทัศนคติที่ดีต่อเจ้าหน้าที่ส่งเสริมก่อน และเมื่อเกษตรกรมี

ทัศนคติที่ดีต่อเจ้าหน้าที่ส่งเสริมแล้วนั้น จะส่งผลให้เกิดความไว้วางใจในตัวเจ้าหน้าที่ส่งเสริม และมีความเชื่อมั่นต่อองค์กรต้นสังกัดของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมสูงขึ้นตามไปด้วย

2. จากการวิจัยพบว่า ทัศคติและความเชื่อมั่นของเกษตรกรที่มีต่อเจ้าหน้าที่ส่งเสริมหน่วยงานอื่นๆ ทั้งจากส่วนกลางและประจำพื้นที่ มีระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาในรายละเอียดประเด็นย่อยพบว่า การมีความรับผิดชอบของเจ้าหน้าที่มีคะแนนน้อยที่สุด ถัดมาคือการทำตามที่พูดหรือสัญญาไว้กับเกษตรกร และการมีความรู้ทางวิชาการตามลำดับ ดังนั้นเจ้าหน้าที่ส่งเสริมที่เข้าไปทำงานในพื้นที่ส่งเสริมใดๆก็ตาม ควรมีสัจจะ มีความรับผิดชอบในสิ่งที่ได้พูดหรือสัญญากับเกษตรกรไว้ และติดตามการดำเนินงานส่งเสริมอย่างต่อเนื่อง ให้ความรู้ทางวิชาการที่ถูกต้องเหมาะสมกับสภาพพื้นที่หรือบริบทของชุมชน หากมีเหตุขัดข้องที่จะส่งผลให้งานส่งเสริมที่ทำไม่เป็นไปตามแผนการที่วางไว้ ต้องรีบแจ้งให้เกษตรกรรับทราบ และทำความเข้าใจร่วมกันให้ชัดเจน ไม่ทิ้งระยะให้นานเกินไป เพราะเกษตรกรจะขาดความเชื่อมั่น ส่งผลให้ทัศนคติลดลงด้วย

3. จากการวิจัยพบว่า การดำเนินการส่งเสริมการปลูกพืชผักในพื้นที่ยังไม่มีทิศทางที่ชัดเจนและขาดความต่อเนื่องของการส่งเสริม ดังนั้นเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรภาครัฐและเอกชน ได้แก่ องค์การบริหารส่วนท้องถิ่น กรมส่งเสริมการเกษตร กรมวิชาการเกษตร องค์กรอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ควรกำหนดแนวทางการส่งเสริมและสนับสนุนด้านงบประมาณ เครื่องมือ และปัจจัยการผลิตอย่างต่อเนื่อง ในการสนับสนุนและส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน เนื่องจากเป็นการใช้ประโยชน์พื้นที่น้อย ใช้น้ำน้อย แต่ให้มูลค่าผลผลิตสูง ใช้เทคโนโลยีช่วยในการลดโรค แมลง และลดการใช้สารเคมีได้อย่างดี

4. การส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ควรมีการวางแผนการผลิตพืชผักให้ชนิดพืชมีความเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของพื้นที่นั้นๆ และชนิดพืชมีความหลากหลายหมุนเวียนในรอบปี เพื่อลดปัญหาโรคและแมลงสะสม เพราะการปลูกพืชชนิดเดียวกัน หรือตระกูลเดียวกันซ้ำๆในพื้นที่เดิมจะเกิดการสะสมโรคและแมลง ควรหาพืชตระกูลอื่นมาปลูกตัดวงจรแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้

5. การส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ควรส่งเสริมการปลูกไม้ใช้สอย ไม้ไผ่ เพื่อใช้ในการสร้างโรงเรือน และส่งเสริมการเลี้ยงสัตว์ เช่น หมูหลุม วัว ฯลฯ เพื่อผลิตปุ๋ยหมักใช้ในการปลูกพืชผักในโรงเรือน ลดภาระค่าใช้จ่ายในครัวเรือนได้อีกทางหนึ่ง

6. การวางแผนการผลิตพืชผักในโรงเรือน ควรสอดคล้องกับความต้องการของตลาดภายในท้องถิ่น

7. การส่งเสริมการปลูกพืชผักในโรงเรือน ควรมีการวางแผนโดยใช้ตลาดนำ เพื่อให้ผลผลิตที่ได้มีช่องทางการจำหน่ายที่แน่นอน ลดความเสี่ยงต่างๆ และควรมีการวางแผนด้านโลจิสติกส์ในพื้นที่รองรับผลผลิตของเกษตรกรในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าแบบอิสระเรื่องนี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความกรุณาช่วยเหลือของ รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล เศรษฐบุตร ประธานกรรมการที่ปรึกษาการค้นคว้าแบบอิสระ ที่ได้สละเวลาให้คำแนะนำ ช่วยเหลือและตรวจแก้ไขจนสำเร็จอย่างสมบูรณ์ นอกจากนั้นยังได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก รองศาสตราจารย์ ดร.วรทัศน์ อินทรัคคัมพร อาจารย์ ดร.จุฑามาส คุ้มชัย กรรมการที่ปรึกษาการค้นคว้าแบบอิสระ ที่ช่วยตรวจทานแก้ไข และให้คำปรึกษาในการทำการค้นคว้าแบบอิสระ และรองศาสตราจารย์ ดร.นคเรศ รังควัต กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะอันมีค่าเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ทุกท่าน ที่ให้ความรู้ คำแนะนำและคำปรึกษาที่ดีแก่ผู้วิจัยเสมอมา

ตลอดจนขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ที่ให้การส่งเสริมสนับสนุนผู้วิจัยในด้านการศึกษา และเป็นกำลังใจที่ดีมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ รุ่นพี่ รุ่นน้อง และเพื่อนนักศึกษาปริญญาโทรหัส 57 ภาควิชาส่งเสริมและเผยแพร่การเกษตร ที่ได้ให้การช่วยเหลือ และแลกเปลี่ยนความรู้อันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษา และการดำเนินชีวิต

คุณประโยชน์ใดที่เกิดจากการค้นคว้าแบบอิสระฉบับนี้ ขอมอบแด่บิดา มารดา ครูอาจารย์ทุกๆท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัยจนทำให้การค้นคว้าแบบอิสระสำเร็จลงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ข้อมูลพื้นฐานโครงการขยายผลโครงการหลวง พ.ศ.2557. (ฉบับปรับปรุง). เชียงใหม่ : สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน).

งานพัฒนาและส่งเสริมผัก มูลนิธิโครงการหลวง. 2557. คู่มือการปลูกผักบนพื้นที่สูง. เชียงใหม่.

จริยา วิสิทธิ์พานิช. 2549. คู่มือการผลิตผักคุณภาพและปลอดภัยในโรงเรือนตาข่ายกันแมลง(เอกสารสำเนา). เชียงใหม่:

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

วรทัศน์ อินทรัคคัมพร. 2546. การส่งเสริมการเกษตรกับการพัฒนาชนบท. เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในหัวของว่านมหาลาภระยะการออกดอก

Effect of Paclobutrazol on Change of Nutrients Content on Bulb of *Eucrosia bicolor* B. Reg at Flowering Stage

อาผู่ เบเช* และ รุ่งนภา ช่างเจรจา
สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology
*Corresponding author : changjeraja@hotmail.com

บทคัดย่อ

ผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในหัวของว่านมหาลาภ ในระยะการออกดอก ทดลอง ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ระหว่างเดือน มกราคม พ.ศ. 2560 – เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2560 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 5 กรรมวิธีๆ ละ 10 ซ้ำ โดยราดสารพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 0 25 50 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร บนวัสดุปลูก ปริมาณ 200 มิลลิลิตร เมื่อต้นเริ่มงอกสูง 1 เซนติเมตร พบว่า ว่านมหาลาภที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลในระดับความเข้มขัน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความยาวก้านช่อดอก ก้านดอกน้อยที่สุดมี มีค่าเฉลี่ย 41.35 และ 3.49 เซนติเมตร ตามลำดับเมื่อเทียบกับไม่ได้รับสาร และยังส่งผลทำให้ธาตุอาหารในหัวมีปริมาณ K Ca และ Mg ที่ระยะดอกแรกบาน, N และ P ที่ดอกบานทั้งหมด และK ระยะดอกเหี่ยวทั้งหมด มีแนวโน้มสะสมในหัวเพิ่มสูงขึ้น ที่สารพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณ K และ Ca ที่ระยะดอกบานทั้งหมด และ Mg ระยะดอกเหี่ยวทั้งหมด มีแนวโน้มสะสมในหัวเพิ่มสูงขึ้น ที่สารพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณ N และ P ระยะดอกบานทั้งหมด และ K ระยะดอกเหี่ยวทั้งหมดมีแนวโน้มสะสมในหัวเพิ่มสูงขึ้น ที่สารพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มปริมาณ N และ P ที่ระยะดอกเหี่ยวทั้งหมดมีแนวโน้มสะสมในหัวเพิ่มสูงขึ้น และชุดที่ไม่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลมีแนวโน้มปริมาณ P และ Mg ที่ระยะดอกบานทั้งหมดสะสมเพิ่มขึ้น ส่วนสารพาโคลบิวทราโซลทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตด้าน จำนวนวันดอกแรกบาน จำนวนดอกต่อช่อ ความยาวดอก และเส้นผ่านศูนย์กลางช่อดอก

คำสำคัญ : พาโคลบิวทราโซล ธาตุอาหาร ว่านมหาลาภ

Abstract

The study on the influence of PBZ on nutrients in blub during anthesis of *Eucrosia bicolor* was conducted at Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, during January 2017 - October 2017. The experimental design was a completely randomized design with 5 treatments, 10 replications per treatment, of PBZ concentrations at 0, 25, 50, 100 and 200 mg/l. The 200 ml of PBZ solution was applied as a

substrate drench per pot plant after the plants were 1 cm tall. Results showed that the plants obtained 200 mg/l of PBZ produced the minimum of inflorescence stalk and flower stalk of 41.35 and 3.49 cm, respectively. The bulbs of *Eucrosia bicolor* plants treated with PBZ at the concentration of 200 mg/l tended to produce higher K Ca and Mg contents at the first blooming flower phase, N and P contents at every flower blooming phase and K contents at the withered flower phase. While *Eucrosia bicolor* treated with 100 mg/l PBZ tended to produce higher K and Ca contents at the first blooming flower phase and Mg contents at the withered flower phase. While EB treated with 25 mg/l PBZ tended to produce higher N and P contents at the withered flower phase. The five concentrations of PBZ used in this study were not significantly affected *Eucrosia bicolor* growth on beginning date of flowering, flower amount per inflorescence, inflorescence diameter and flower length.

Keywords: Paclobutrazol, Nutrients Content , *Eucrosia bicolor* B. Reg

คำนำ

ว่านมหาลาภ หรือ *Eucrosia* อยู่ในตระกูล Amaryllidaceae เป็นไม้ดอกประเภทหัว มีทรงพุ่มและช่อดอกสวยงาม เป็นพืชล้มลุกมีอายุยืน ประเภทใบเลี้ยงเดี่ยว มีถิ่นกำเนิดประเทศเอกวาดอร์และเปรู ออกดอกในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน โดยแทงช่อดอกก่อนแทงใบ ว่านมหาลาภนิยมปลูกเป็นไม้กระถาง ใช้ประดับตามอาคารบ้านเรือน (ปรีดี เอกะวิภาค, 2526) เป็นไม้ดอกที่ มีสีแดงอมส้ม ก้านชูเกสรตัวผู้มีสีเหลืองอ่อน ก้านชูเกสรตัวเมียมีสีขาวยื่นยาวออกมาจากกลีบดอก ทำให้ช่อดอกสวยงาม อีกทั้งมีก้านช่อดอกที่ยาวถึง 60-100 เซนติเมตร (เรวดี วุฒิจานงค์, 2533)

พาโคลบิวทราโซล (Paclobutrazol; PBZ) ชื่อทางเคมีคือ (2RS, 3RS)-1-(4-Chlorphenyl)-4,4-dimethyl-2-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)pentan-3-lo (สมพร ณ นคร, 2545) จัดเป็นสารชะลอการเจริญเติบโตของพืชที่สังเคราะห์ขึ้นมา ซึ่งมีคุณสมบัติยับยั้งการสังเคราะห์และการทำงานของจิบเบอเรลลิน (พีรเดช ทองอำไพ, 2537) ขัดขวางกระบวนการ ออกซิเดชั่น ของสารสคูรีน ไม่ให้เปลี่ยนไปเป็นสารคูรีโนอิกแอซิด ที่เป็นสารตัวกลางในการเปลี่ยนเป็นจิบเบอเรลลินชนิดต่างๆ บริเวณเนื้อเยื่อเจริญใต้ปลายยอด ทำให้ระดับของจิบเบอเรลลินในพืชน้อยลง มีผลทำให้การแบ่งเซลล์และการขยายขนาดของเซลล์ลดลง (Curry & Williams, 1983) และยังส่งผลให้ลำต้นและใบเล็กลง ข้อและปล้องสั้น (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2544) มีการศึกษาการใช้พาโคลบิวทราโซลกับไม้ดอกหลายชนิด เช่น การใช้พาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อต้น ทำให้ชวนชมปลูกในกระถางมีการเจริญเติบโตของลำต้นทรงพุ่มแน่น กะทัดรัด และมีขนาดดอกพอดี มีจำนวนดอกมากขึ้น (ใจศิลป์ ก้อนใจ, 2542) การใช้พาโคลบิวทราโซล ราดสารที่ระดับความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ชวนชมพันธุ์ฮอลแลนด์-มิสไทยแลนด์ มีการเจริญเติบโตของใบและปล้องลดลงแต่ช่วยเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบ มีขนาดของใบและทรงพุ่มที่เหมาะสมกับขนาดของกระถาง (นิติพัฒน์ พัฒนฉัตรชัย, 2557) ในว่านแสงอาทิตย์ การใช้พาโคบิวทราโซลแช่หัวที่ระดับความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณโพแทสเซียมในหัวเพิ่มขึ้นในช่วงการออกดอก แต่ไม่มีผลต่อไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม (พัทยา ไทยภูเขา, 2557) เช่นเดียวกันกับการแช่หัวลิลี่พันธุ์ Lamancha ที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร นาน 10 นาที และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร นาน 10 นาทีก่อนปลูก มี

ปริมาณโพแทสเซียมในหัวลิลี่พันธุ์ Lamancha ในระยะดอกบานมีปริมาณเพิ่มขึ้น แต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง และปริมาณธาตุไนโตรเจนในหัวลิลี่พันธุ์ Lamancha ในระยะดอกบานมีปริมาณลดลง อีกทั้งการแช่หัวลิลี่พันธุ์ Pirandello ระดับความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร 10 นาที มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง ปริมาณไนโตรเจน และโพแทสเซียมในหัวลิลี่เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณฟอสฟอรัสในหัวลิลี่ลดลง (อันชลี ใจเกี่ยง, 2558) ธาตุอาหารมีความสำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชหัว มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ และสารชีวเคมีหลายชนิดในพืชหัว อีกทั้งยังมีความสำคัญในการผลิตไม้ดอกประเภทไม้หัว ในการสะสมอาหาร อาหารที่สะสมประกอบไปด้วยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน น้ำและแร่ธาตุต่างๆ ซึ่งพืชหัวจะนำไปใช้ในระยะพักตัว ในการงอก และการเจริญเติบในฤดูถัดไป (โสระยา ร่วมรังษี, 2558) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของพาโคลบิวทราโซลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในหัวของว่านมหาลาภระยะการออกดอก

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

วางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) มี 5 กรรมวิธี ๆ ละ 10 ซ้ำ 10 (ซ้ำละ 1 หัว) กำหนดพาโคลบิวทราโซลระดับความเข้มข้น 0 25 50 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

วิธีการศึกษา

คัดเลือกหัวพันธุ์ว่านมหาลาภที่ผ่านการพักตัวมาแล้ว ขนาดเส้นรอบวง 15-20 เซนติเมตร ปลูกลงในกระถาง 10 นิ้ว วัสดุปลูกประกอบด้วย ดินร่วน ขุยมะพร้าว แกลบดำ อัตราส่วน 1:1:1 หลังปลูกเมื่อช่อดอกแทงจากหัวยาวประมาณ 1 เซนติเมตร จึงราดสารพาโคลบิวทราโซลบนวัสดุปลูกตามกรรมวิธีที่กำหนดปริมาณ 200 มิลลิลิตรต่อต้น

การเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล

เก็บข้อมูลด้านคุณภาพดอก วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในหัวพันธุ์ ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจน โดยวิธี Colorimetry method (Novozamsky *et al*., 1974) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (ศรีสม สุวรรณวงศ์, 2544) ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด ตามวิธีของ Helkme & sparke, (1996) ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียม ตามวิธีของ Walinga *et al*, (1989) โดยสุ่มวิเคราะห์ในระยะ ก่อนราดสาร ระยะดอกแรกบาน ระยะดอกสุดท้ายบาน และระยะดอกเหี่ยวทั้งหมด

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) เมื่อพบความแตกต่างทางสถิติจึงเปรียบเทียบความแตกต่างแต่ละกรรมวิธี โดยวิธี Duncan’s New Multiple Range Tes

ผลการทดลอง

จากการวิจัยผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในหัวของว่านมหาลาภระยะการออกดอก โดยใช้สารพาโคลบิวทราโซล มีระดับความเข้มข้น คือ 0 25 50 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการราดลงบนวัสดุปลูก เมื่อหัวพันธุ์แทงช่อดอกยาว 1 เซนติเมตร พบว่า ต้นที่ได้รับสารระดับความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความยาวก้านดอกและความยาวก้านช่อดอก น้อยที่สุดคือ 3.49 และ 41.35 เซนติเมตร

ตามลำดับ เมื่อเทียบกับต้นที่ได้รับสารระดับความเข้มข้น 0 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่จากการทดลอง พบว่า ความเข้มข้นของสารไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความยาวดอก ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.17-4.36 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางก้านช่อดอกมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 6.81-7.32 เซนติเมตร และจำนวนดอกต่อช่อมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 8.60-8.80 ดอก (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 คุณภาพช่อดอกของว่านมหาลาภหลังจากได้รับสารพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้นแตกต่างกัน

ความเข้มข้นของสารพาโคลบิวทราโซล (มิลลิกรัมต่อลิตร)	คุณภาพช่อดอก				
	ความยาวดอก (เซนติเมตร)	ความยาวก้านดอก (เซนติเมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลางก้านช่อดอก (มิลลิเมตร)	ความยาวก้านช่อดอก (เซนติเมตร)	จำนวนดอกต่อช่อ (ดอก)
0	4.30	4.34^{a}	7.32	56.18^{a}	8.80
25	4.27	4.09^{ab}	7.10	50.13^{b}	8.70
50	4.36	4.00^{b}	6.88	48.74^{b}	8.70
100	4.28	3.85^{bc}	6.81	46.19^{bc}	8.60
200	4.17	3.49^{c}	6.92	41.35^{c}	8.70
F-test	ns	**	ns	**	ns
C.V.(%)	3.27	12.22	6.45	11.83	8.09

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

**มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($P \leq 0.01$)

ระดับความเข้มข้นของสารที่ระดับ 0-200 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่มีผลต่อ จำนวนวันตั้งแต่ปลูกจนถึงดอกแรกบาน จำนวนวันดอกแรกบานถึงดอกสุดท้ายบาน และจำนวนวันดอกแรกบานถึงดอกเหี่ยว โดยมีเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 35.00-37.7 วัน 10.90-14.10 วัน และ 17.60-19.60 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

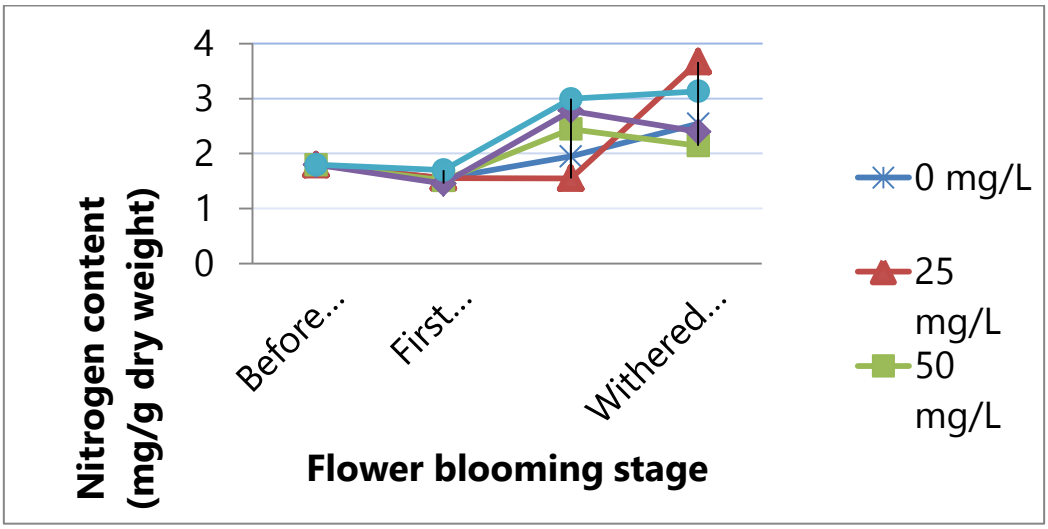
ตารางที่ 2 จำนวนวันการบานของดอกของว่านมหาลาภหลังจากได้รับสารพาโคลบิวทราโซล

ความเข้มข้นของพาโคลบิวทราโซล (มิลลิกรัมต่อลิตร)	จำนวนวันตั้งแต่ปลูกจนถึงดอกแรกบาน (วัน)	จำนวนวันดอกแรกบานถึงดอกสุดท้ายบาน (วัน)	จำนวนวันดอกแรกบานถึงดอกเหี่ยว (วัน)
0	35.90	12.30	18.90
25	35.00	10.90	19.30
50	35.50	12.10	17.60

100	37.70	12.40	17.90
200	36.10	14.10	19.60
F-test	ns	ns	ns
C.V.(%)	10.88	19.12	19.42

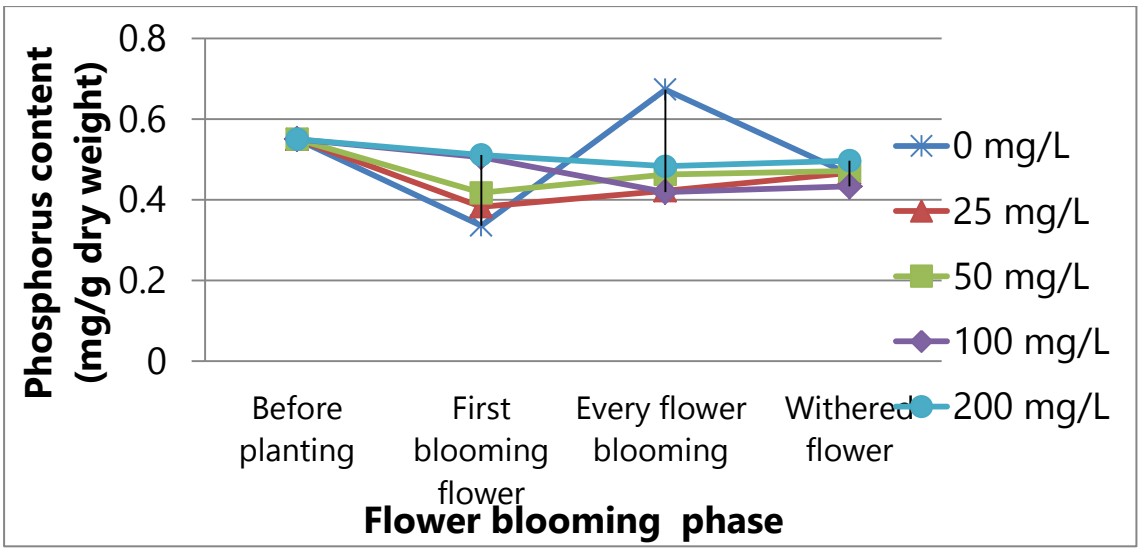
หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

จากภาพที่ 1 แสดงปริมาณไนโตรเจนในหัวของวานมหาลาภ พบว่า ระยะดอกบานทั้งหมดจนถึงดอกเหี่ยว ปริมาณไนโตรเจนในหัวว่านมหาลาภมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกัน ยกเว้นต้นที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซล ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ปริมาณไนโตรเจนในหัวมีปริมาณลดลงหลังจากดอกบาน และมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อดอกเหี่ยวทั้งหมด



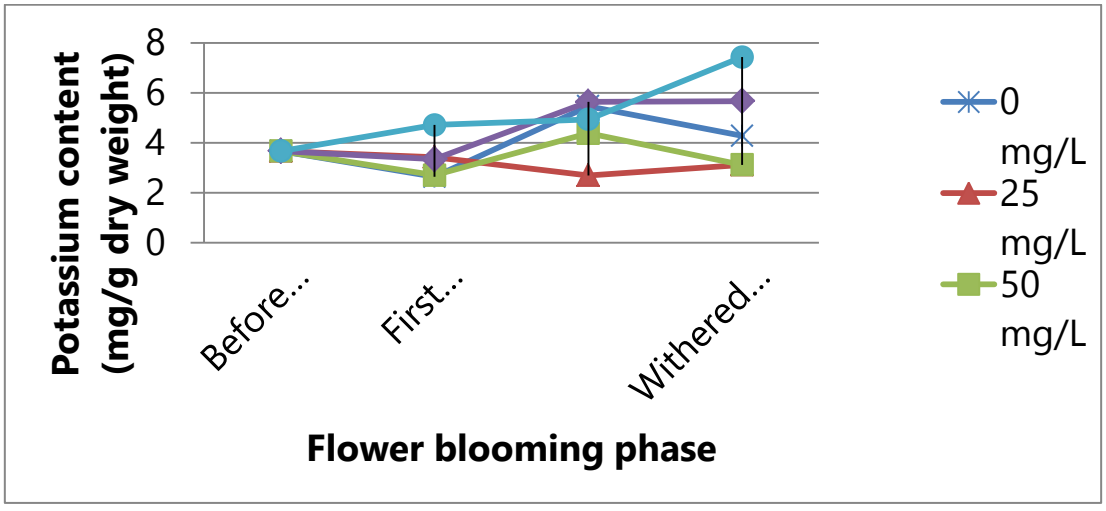
ภาพที่ 1 ปริมาณไนโตรเจนในหัวระยะการออกดอกของว่านมหาลาภ ภายหลังได้รับสารพาโคลบิวทราโซลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

จากภาพที่ 2 แสดงปริมาณฟอสฟอรัสในหัวของวานมหาลาภ พบว่าระยะดอกบานจนถึงดอกเหี่ยวปริมาณฟอสฟอรัสในหัวว่านมหาลาภมีแนวโน้มลดลงในทิศทางเดียวกัน ยกเว้นต้นที่ไม่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซล พบว่าฟอสฟอรัสในหัวมีปริมาณลดลงหลังจากดอกแรกบาน และมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อดอกบานทั้งหมด และลดลงอีกครั้งเมื่อดอกเหี่ยวทั้งหมด



ภาพที่ 2 ปริมาณฟอสฟอรัสในหัวระยะการออกดอกของว่านมหาลาภ ภายหลังได้รับสารพาโคลบิวทราโซลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

จากภาพที่ 3 แสดงปริมาณโพแทสเซียมในหัวของวานมหาลาภ พบว่า พาโคลบิวทราโซลระดับความเข้มข้น 0 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ระยะดอกบานทั้งหมด ปริมาณโพแทสเซียมในหัวว่านมหาลาภมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และระยะดอกเหี่ยวทั้งหมดลดลงในทิศทางเดียวกัน และต้นที่ได้รับพาโคลบิวทราโซลระดับความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมในหัวว่านมหาลาภมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนต้นที่ได้รับพาโคลบิวทราโซลระดับความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าปริมาณโพแทสเซียมในหัวว่านมหาลาภมีแนวโน้มลดลง

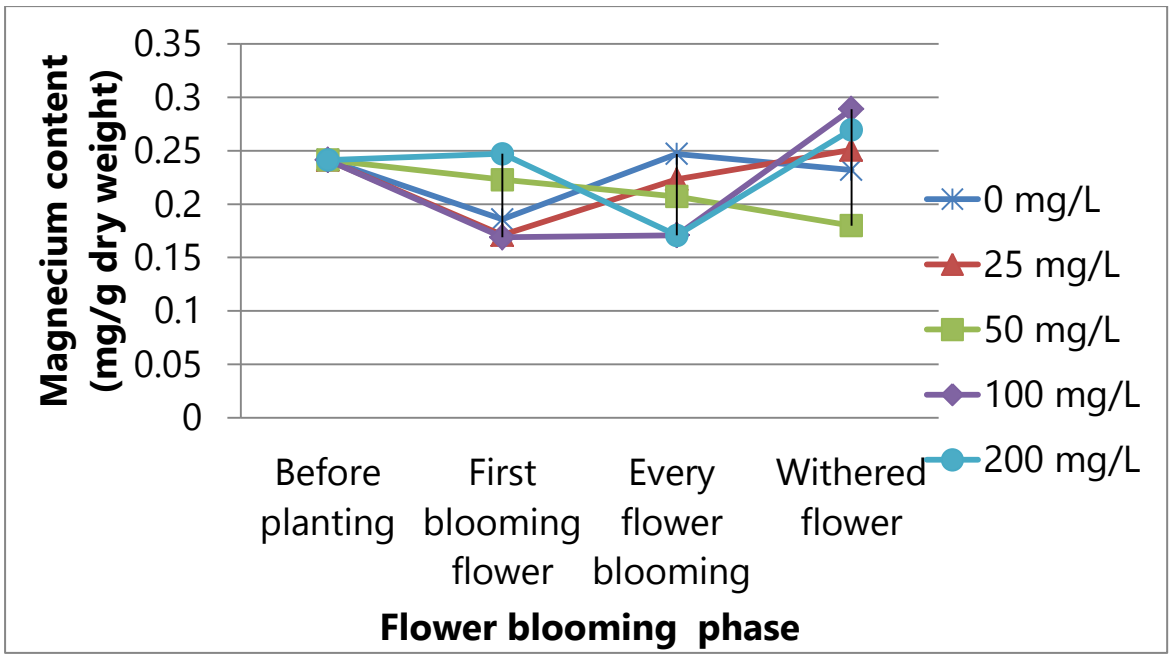


ภาพที่ 3 ปริมาณโพแทสเซียมในหัวระยะการออกดอกของว่านมหาลาภ ภายหลังได้รับสารพาโคลบิวทราโซลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

จากภาพที่ 4 แสดงปริมาณแคลเซียมในหัวของวานมหาลาภ พบว่า ระยะดอกแรกบานจนถึงดอกเหี่ยว ปริมาณแคลเซียมในหัวว่านมหาลาภมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกัน

ภาพที่ 4 ปริมาณแคลเซียมในหัวระยะการออกดอกของว่านมหาลาภ ภายหลังได้รับสารพาโคลบิวทราโซลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

จากภาพที่ 5 แสดงปริมาณแมกนีเซียมในหัวของวานมหาลาภ พบว่า ที่ระยะดอกแรกบานพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มปริมาณแมกนีเซียมสะสมในหัวว่านมหาลาภเพิ่มขึ้นมากกว่ากรรมวิธีอื่น และพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มปริมาณแมกนีเซียมสะสมในหัวว่านมหาลาภเพิ่มขึ้นมากกว่ากรรมวิธีอื่น และที่ระยะดอกบานทั้งหมดการให้พาโคลบิวทราโซลระดับความเข้มข้น 0 25 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มปริมาณแมกนีเซียมสะสมในหัวว่านมหาลาภเพิ่มขึ้น ที่พาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มปริมาณแมกนีเซียมสะสมในหัวว่านมหาลาภเพิ่มขึ้นมากกว่ากรรมวิธีอื่น และการให้พาโคลบิวทราโซลระดับความเข้มข้น 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มปริมาณแมกนีเซียมสะสมในหัวว่านมหาลาภลดลง ส่วนที่ระยะดอกเหี่ยวทั้งหมดการให้พาโคลบิวทราโซลระดับความเข้มข้น 25 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มปริมาณแมกนีเซียมสะสมในหัวว่านมหาลาภเพิ่มขึ้น ที่พาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มปริมาณแมกนีเซียมสะสมในหัวว่านมหาลาภเพิ่มขึ้นมากกว่ากรรมวิธีอื่น และพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 0 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มปริมาณแมกนีเซียมสะสมในหัวว่านมหาลาภลดลง



ภาพที่ 5 ปริมาณแมกนีเซียมในหัวระยะการออกดอกของว่านมหาลาภ ภายหลังได้รับสารพาโคลบิวทราโซลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิจัยผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในหัว ระยะออกดอกของว่านมหาลาภ โดยใช้สารพาโคลบิวทราโซล มีระดับความเข้มข้น คือ 0 25 50 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการราดลงบนวัสดุปลูก พบว่า สารพาโคลบิวทราโซลทำให้การเจริญเติบโตด้านความยาวก้านช่อดอก และความยาวก้านดอกลดลง แต่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความยาวดอก เส้นผ่านศูนย์กลางช่อดอก ระยะเวลาดอกแรกบาน ระยะเวลาดอกแรกบานถึงดอกสุดท้ายบาน และระยะเวลาดอกแรกบานถึงดอกเหี่ยวทั้งหมด เนื่องจากสารพาโคลบิวทราโซล มีคุณสมบัติยับยั้งการสังเคราะห์และการทำงานของจิบเบอเรลลิน (พีรเดช ทองอำไพ, 2537) โดยเข้าไปขัดขวางหรือยับยั้งกระบวนการทำงานของเอนไซม์ และเร่งปฏิกิริยาให้สารเจอรานิล ไพโรฟอสเฟต ไปเป็นสารโคพาลิลไพโรฟอสเฟต ขัดขวางออกซิเดชั่นในกระบวนการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน (block oxidation reaction) เข้าไปยับยั้งการออกซิเดชั่นสารคูรีนไปเป็นสารคูรีโนอิกแอซิด (kaurenoic acid) ในกระบวนการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน (สมพร ณ นคร, 2545) มีผลทำให้การแบ่งเซลล์และการขยายขนาดของเซลล์ลดลงทำให้ข้อและปล้องสั้น (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2544) ปริมาณธาตุอาหารในระยะการออกดอก พบว่า ปริมาณไนโตรเจนที่ระยะดอกแรกบาน ดอกสุดท้ายบาน และดอกเหี่ยวทั้งหมด ทุกความเข้มข้นมีแนวโน้มปริมาณไนโตรเจนเพิ่มสูงขึ้นไปในทิศทางเดียวกัน การราดสารพาโคลบิวทราโซลระดับความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มปริมาณไนโตรเจนเพิ่มสูงกว่ากรรมวิธีอื่น สอดคล้องกับงานวิจัย การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช พาโคลบิวทราโซล และสาร CCC ([2 – chloroethyl] – trimethyl - ammonium chloride) 3 ระดับ คือ 0, 500 และ 1000 ppm ฉีดพ่น 3 ครั้ง เมื่ออ่งุนอายุ 45, 60 และ 75 วันหลัง แตกตา ทำให้มีปริมาณไนโตรเจนรวมในใบเพิ่มสูงขึ้น (สุรทิน ใจดี, 2553) ด้านปริมาณฟอสฟอรัส สารพาโคลบิวทราโซลที่ระดับความเข้มข้นสูงมีแนวโน้ม

ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งสามระยะลดลงมากกว่าที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลระดับต่ำ อาจเป็นเพราะในระยะดอกบานเป็นระยะที่พืชต้องการใช้พลังงานในการออกดอก เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นสารส่วนประกอบสำคัญของสารที่ให้พลังงานสูง จึงอาจมีแนวโน้มทำให้ฟอสฟอรัสลดลง (วงจันทร์ วงศ์แก้ว, 2535) ด้านปริมาณ โพแทสเซียม สารพาโคลบิวทราโซลที่ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตรมีแนวโน้มทำให้ปริมาณโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นทั้งสามระยะสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ เนื่องจากโพแทสเซียมช่วยส่งเสริมการออกดอกของพืช และมีบทบาทสำคัญในการปรับสมดุลของประจุภายในเซลล์และการเปิดปิดของปากใบ (ยงยุทธ โอสถสภา, 2546) การใช้พาโคลบิวทราโซลทำให้พืชมีแนวโน้มสะสมปริมาณโพแทสเซียมในหัวเพิ่มขึ้น ด้านปริมาณแคลเซียมทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระยะดอกแรกบานถึงดอกบานทั้งหมด เนื่องจากแคลเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายทางท่ออาหารได้ยาก ดังนั้น แคลเซียมอยู่ในเนื้อเยื่อพืชแล้วจึงไม่ค่อยเคลื่อนย้ายไปส่วนอื่น ส่งผลให้มีแนวโน้มสะสมแคลเซียมในหัวเพิ่มขึ้น และด้านปริมาณแมกนีเซียมที่ระดับความเข้มข้นของสารพาโคลบิวทราโซลที่ 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มลดลงในระยะดอกแรกบานถึงดอกบานทั้งหมด หลังจากนั้นจึงเพิ่มสูงขึ้น อาจเป็นเพราะแมกนีเซียมเป็นธาตุอาหารที่ส่วนใหญ่สะสมอยู่ในคลอโรพลาสต์ (ยงยุทธ โอสถสภา, 2546) อีกทั้ง ช่วงระยะดอกแรกบาน และ ดอกบานทั้งหมด ยังไม่มีการพัฒนาทางรากและใบ จึงมีแนวโน้มการสะสมแมกนีเซียมลดลง ส่วนระยะดอกเหี่ยวทั้งหมดมีการพัฒนาทางรากและใบจึงมีแนวโน้มสะสมปริมาณแมกนีเซียมเพิ่มขึ้น

สรุปผลการทดลอง

จากการวิจัยผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในหัวระยะออกดอกของว่านมหาลาภ พบว่า ว่านมหาลาภที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลในระดับความเข้มขัน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความยาวก้านช่อดอก และความยาวก้านดอกน้อยที่สุดคือ 3.49 และ 41.35 เซนติเมตร ตามลำดับ และทำให้ปริมาณ N K Ca และ Mg ในหัวว่านมหาลาภมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมากที่สุด ยกเว้นปริมาณ P ในหัวว่านมหาลาภมีแนวโน้มลดลง ส่วนสารพาโคลบิวทราโซลทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตด้านจำนวนวันดอกแรกบาน จำนวนดอกต่อช่อ ความยาวดอก และเส้นผ่านศูนย์กลางช่อดอก

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยการเอื้อเฟื้อข้อมูล และให้ความช่วยเหลือต่างๆ ของหลายท่าน ตั้งแต่เริ่มต้นงานวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดอกเตอร์ รุ่งนภา ช่างเจรจา อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษา ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ ตลอดจนผู้ช่วยศาสตราจารย์ ยุทธนา เขาสุเมรุ ที่สละเวลาในการวิเคราะห์ธาตุอาหาร และให้คำปรึกษาการวิเคราะห์ธาตุอาหาร รวมไปถึงข้อมูลที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับแนวทางในการวิจัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดอกเตอร์ นิอร โฉมศรี ที่ให้คำแนะและแก้ไขข้อข้อบกพร่องต่างๆ ในการเขียนบทคัดย่อเป็นภาษาอังกฤษในงานวิจัยนี้ อีกทั้งขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สันติ ช่างเจรจา ที่ให้คำแนะนำ และ ให้คำปรึกษาในการนำเสนอผลงาน

เอกสารอ้างอิง

ใจศิลป์ ก้อนใจ. (2542). สารพาโคลบิวทราโซลที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกของชวนชม. สถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตร แม่เหียะ. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิติพัฒน์ พัฒนฉัตรชัย. (2557). พาโคลบิวทราโซลต่อการเติบโตของทรงพุ่มและปริมาณคลอโรฟิลล์ของชวนชมพันธุ์ฮอลแลนด์, วารสารแก่นเกษตร 42 (1) : 39-46

ธนวดี พรหมจันทร์ กันยารัตน์ หรัถยา พรนภา รุ่งสว่าง อาริสา ทับทิม และพิมพ์ใจ มีตุ้ม. 2558. ผลของความเข้มข้นและวิธีการให้สารละลายพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตของต้นดาวเรืองพันธุ์อเมริกัน. คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี. ว.พืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 3 (2) : 10-18

ปรีดี เอกะวิภาค. (2526). ว่านมหาลาภ. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. วารสารพืชสวน, 18(2):43-47

พิศิษฐ์ วรอุไร. (2534). เทคโนโลยีการผลิตหัวพันธุ์ไม้ดอกประเภทหัว. เทคโนโลยีการผลิตไม้ดอกไม้ประดับ. กรุงเทพฯ: สมาคมไม้ประดับแห่งประเทศไทย.

พีรเดช ทองอำไพ. (2537). ฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์ แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่4. กรุงเทพฯ: วิชัยการพิมพ์.

ภาณุพล หงส์ภักดี. (2557). ผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการใช้น้ำและการเติบโตของดาวเรืองกระถาง. วารสารเกษตร 30(3): 281-289.

ยงยุทธ โอสถสภา. (2546). ธาตุอาหารพืช. ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เรวดี วุฒิจานงค์. (2533). การศึกษาการพัฒนาของดอกว่านมหาลาภ. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

พัทยา ไทยภูเขา. (2557). ผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการออกดอกและปริมาณธาตุอาหารในว่านแสงอาทิตย์. ปัญหาพิเศษ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

วงจันทร์ วงศ์แก้ว. (2535). หลักสรีรวิทยาพืช. กรุงเทพฯ: พันนี่พับลิชชิ่ง.

สมพร ณ นคร. (2545). เอกสารคำสอน : วิชา สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช. คณะวิชาพืชศาสตร์ วิทยาเขตนครศรีธรรมราช สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. (2544). สรีรวิทยาของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 3 . กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรทิน ใจดี. (2553). ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อผลผลิตและคุณภาพขององุ่นรับประทานผลสดในเขตร้อนชื้น วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา. .

ศรีสม สุวรรณวงศ์. (2544). การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โสระยา ร่วมรังษี. (2558). สรีรวิทยาไม้ดอกประเภทหัว. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อันชลี ใจเกี๋ยง. (2558). ผลของพาโคลบิวทราโซลต่อการผลิตลลิลลี่กระถาง. วิทยานิพนธ์ คณะวิทยาศาสตร์ สาขาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

Curry, E.A. and M.W, Williams. (1983). promailn and GA3 lncrease pedicel and fruit length and leaf size of ‘Delicious’ Apples Treated with Paclobutrazol. Hort. Sci.18 : 214-215.

Novozamsky, R., J. van Eck., Ch. van Shcouwenburg, and I. Wallinga. (1974). Total nitrogen determination in plant material by means of the indophenol blue method. Neth. J. Agric. Sci. (22), 3-5.

Helmke, P. A, Spark Dl. (1996). Lithium, Sodium, Potassium, Rubidium and Cesium. In: Spark DL (ed) Methods of soil analysis. SSSA, Inc. ASA. Madison, WI, pp: 551-573.

Walinga, I., W. van Vark, V.J.G. Houba and J.J. van der Lee. (1989). Plant analysis procedures. Part 7. Department of Soil Science and Plant Nutrition. Wageningen Agricultural University, Syllabus, pp: 197-200.

การประเมินความเข้มข้นธาตุอาหารในดินและใบของส้มโอปูโกที่ปลูกในจังหวัดปัตตานี

Assessment of nutrient concentration in soil and leaves of Pukopummel grown in Pattani province

ไมตรี แก้วทับทิม(Maitree Kaewtubtim)*
ฝ่ายบริการวิชาการชุมชน สำนักส่งเสริมและการศึกษาต่อเนื่อง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
*Corresponding author. E-mail:maitree.k@psu.ac.th

บทคัดย่อ

การประเมินความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินและใบส้มโอปูโก ดำเนินการ ณ แปลงรวบรวมพันธุ์ของเกษตรกรในอำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี และสถานีบริการวิชาการชุมชนปัตตานี สำนักส่งเสริมและการศึกษาต่อเนื่อง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2559 ถึง มีนาคม 2560 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินเพื่อศึกษาความเข้มข้นธาตุอาหารในดินและใบของส้มโอในอำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 4 สิ่งทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ประกอบด้วย คือ 1) สวนส้มโอของจังหวัดปัตตานีที่มีการจัดการทั่วไป (T1) 2) สวนส้มโอจังหวัดปัตตานีที่มีการจัดการดี (T2) 3) สวนส้มโอของอำเภอปากพนังจังหวัดนครศรีธรรมราช (T3) และ 4) ความเข้มข้นมาตรฐานของธาตุอาหารในดินและใบส้มโอ (T4) จากการศึกษาพบว่าดินและใบส้มโอปัตตานีมีความเข้มข้นของไนโตรเจนและแคลเซียมต่ำมาก โดยมีความเข้มข้นไนโตรเจนในดิน (T1= 64.8 มก./กก.) และ (T2=81.2 มก./กก.) ความเข้มข้นในใบ (T1=0.45 %) และ (T2=0.65 %) ตามลำดับและความเข้มข้นแคลเซียมในดิน (T1=723.7 มก./กก.) และ (T2=922.3 มก./กก.) ความเข้มข้นในใบ (T1=0.71 %) และ (T2=2.34 %) ตามลำดับ ต่ำกว่าความเข้มข้นมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการศึกษาดังกล่าวสรุปได้ว่าสวนส้มโอปัตตานีมีไนโตรเจนและแคลเซียมเป็นตัวจำกัดผลผลิต จำเป็นต้องเพิ่มความเข้มข้นธาตุดังกล่าวให้อยู่ในระดับเหมาะสมเพื่อเพิ่มคุณภาพผลผลิตส้มโอปูโก

คำสำคัญ: การประเมิน ความเข้มข้น ธาตุอาหาร ส้มโอ

Abstract

The assessment of nutrient concentration in soil and leaves of Puko pummelo was carried out at a pummelo orchard in Yarang District, Pattani Province and Pattani Community Service Station, Office of Extension and Continuing Education, Prince of Songkla University, Muang District, Pattani Province during November 2016 to March 2017. The objectives of the study were to examine the nutrient concentration of in soil and leaves of Puko pummelo in Yarang district, Pattani province. The study was conducted in completely randomized design (CRD). There were four treatments and three replications. The treatments comprised T1) Puko pummelo orchard was general practice management T2) Puko pummelo orchard was good practice management T3) Puko pummelo orchard was planted in Pak Panang district, Nakhon Si Thammarat province and T4) standard nutrient concentration for pummelo in soil and leaves. The result showed that

the soil and leaf in Pattani pummelo orchard at both sites lacks of nitrogen and calcium. T1 and T2 had low nitrogen content in soil as 64.8 and 81.2 mg/kg and leaf as 0.45 and 0.65 percent respectively. Moreover T1 and T2 also had low calcium content in soil as 723.7 mg/kg and 922.3 mg/kg and leaf content as 0.71 and 2.34 percent respectively. The values were significantly lower than the standard concentration. From the study, it was concluded that Pattani pummelo orchard had nitrogen and calcium as a limiting factor. It is necessary to increase the concentration of the element to raise the appropriate level for the increase quality product.

Keywords: assessment, concentration, nutrient, pummelo

บทนำ

ส้มโอปูโกมีถิ่นกำเนิดปลูกกันมานานในอำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี มีลักษณะประจำพันธุ์ที่สำคัญคือ ผลทรงกลมขนาดใหญ่ มีจุก ผิวผลสีเขียวอมเหลือง ต่อมน้ำมันขนาดเล็กและอยู่ชิดกันมาก ผิวผลมีขนอ่อนขึ้นปกคลุมทั่วทั้งผล เมื่อสัมผัสคล้ายกำมะหยี่ เนื้อผลสีชมพูเข้มถึงแดง ถุงน้ำหวานมีขนาดเล็กเรียงชิดกันแน่น เนื้อผลมีรสชาติหวานอมเปรี้ยว และไม่มีรสขม (รูปที่ 1) การปลูกส้มโอปูโกส่วนใหญ่เป็นสวนขนาดเล็ก โดยปลูกปะปนกับส้มโอพันธุ์อื่น ๆ เช่น ทองดี โรตี และบานหยา หรือไม้ผลชนิดอื่น ๆ เช่น มังคุด ทุเรียน ลองกอง และเงาะ (Kaewtubtim *et al*., 2015) จากลักษณะการปลูกดังกล่าวทำให้ส้มโอไม่ได้รับการปฏิบัติดูแลรักษาที่ดีเพียงพอ จึงให้ผลผลิตต่ำเพียง 500-700 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และคุณภาพผลผลิตไม่ดีคือ เนื้อผลสีชมพูอ่อน ของแข็งที่ละลายน้ำต่ำ และมีรสขมทำให้เกษตรกรขายได้เพียงผลละ 20-30 บาท (Kaewtubtim *et al*., 2016) ในเบื้องต้นคาดว่าปัญหาดังกล่าวน่าจะเกิดจากความเข้มข้นธาตุอาหารในดินและใบส้มโอต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่เหมาะสมสำหรับการผลิตส้มโอคุณภาพ (Kaewtubtim, 2014; กรมวิชาการเกษตร, 2545; สมศักดิ์, 2551) Chen *et al*., (2007) ได้ทำการศึกษาความเข้มข้นธาตุอาหารในดินที่ปลูกส้มทางตอนใต้ของจีน แล้วนำผลการวิเคราะห์มาสร้างความสัมพันธ์กับผลผลิตเพื่อจัดทำความเข้มข้นของธาตุอาหารต่าง ๆ ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตส้มคุณภาพ สำหรับประเทศไทย สมศักดิ์ (2552) ได้ศึกษาความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินและใบที่เหมาะสมสำหรับการปลูกส้มโอคุณภาพของอำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ทำให้พบลักษณะเด่นของดินที่สำคัญในการผลิตพืชคือมีความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินสูงกว่ามาตรฐานเกือบทุกธาตุ ยกเว้นไนโตรเจน ในขณะที่สังกะสีแม้มีความเข้มข้นเหมาะสม แต่เนื่องจากดินดังกล่าวมีความเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีสสูงมาก ซึ่งสองธาตุดังกล่าวเป็นปฏิปักษ์ (antagonism) กับสังกะสี จึงทำให้ส้มโอขาดสังกะสีตามไปด้วย สำหรับความเข้มข้นธาตุอาหารในดินเพื่อการผลิตส้มโอของจังหวัดปัตตานี ยังไม่เคยมีรายงานการศึกษามาก่อน จากสาเหตุดังกล่าวจึงทำการศึกษาความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินและใบในพื้นที่ปลูกส้มโอปูโกว่ามีธาตุอาหารใดบ้างที่มีความเข้มข้นต่ำ จนเป็นสาเหตุให้ส้มโอให้ผลผลิตไม่มีคุณภาพ ซึ่งข้อมูลพื้นฐานดังกล่าวมีความสำคัญอย่างมากต่อการจัดการธาตุอาหารตามทฤษฎีถังไม้โอค (Law of the minimum) ที่สรุปได้ว่าผลผลิตของพืชจะถูกจำกัดโดยธาตุอาหารตัวใดตัวหนึ่ง ที่มีความเข้มข้นต่ำกว่าความเข้มข้นที่พืชต้องการ แม้จะเพิ่มความเข้มข้นของธาตุอาหารอื่น ๆ ให้มากเท่าไรก็ตาม ผลผลิตของพืชจะไม่เพิ่มขึ้น หากไม่ได้เพิ่มความเข้มข้นของธาตุอาหารที่จำกัดการเจริญเติบโตมากที่สุดก่อน

รูปที่ 1 ลักษณะประจำพันธุ์ส้มโอปูโก ลำต้น ใบ (ก) ดอก (ข) ผล (ค) และเนื้อผล (ง)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อประเมินความเข้มข้นธาตุอาหารในดินและใบส้มโอปูโกที่ปลูกในจังหวัดปัตตานี แล้วนำไปเปรียบเทียบกับความเข้มข้นธาตุอาหารมาตรฐานเพื่อการผลิตส้มโอคุณภาพ และความเข้มข้นธาตุอาหารส้มโอที่ปลูกในจังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการให้ธาตุอาหารที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาคุณภาพผลผลิตส้มโอปูโกปัตตานี

วิธีดำเนินการวิจัย

การประเมินความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินและใบส้มโอปูโก ดำเนินการ ณ แปลงรวบรวมพันธุ์ของเกษตรกรในอำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี และสถานีบริการวิชาการชุมชนปัตตานี สำนักส่งเสริมและการศึกษาต่อเนื่อง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี ใช้แผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) จำนวน 4 สิ่งทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ ประกอบด้วย T1) สวนส้มโอปัตตานีที่มีการจัดการทั่วไป T2) สวนส้มโอปัตตานีที่มีการจัดการดี T3) สวนส้มโอนครศรีธรรมราช และ T4) ความเข้มข้นมาตรฐานของธาตุอาหารในดินและใบส้มโอเพื่อการผลิตส้มโอคุณภาพ

1. การเก็บตัวอย่างดินในหน่วยทดลองต่าง ๆ ที่ความลึก 0-15 เซนติเมตร จำนวน 3 จุดในบริเวณรอบ ๆ ทรงพุ่มของส้มโอ นำตัวอย่างดินมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม ตำและร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่อง 2 มิลลิเมตร และเก็บตัวอย่างใบ ในตำแหน่งที่ 3 หรือ 4 ของช่อใบ อายุ 3-5 เดือนในกิ่งที่ไม่มีผล นำใบไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ก่อนทำการบดละเอียดเพื่อส่งตัวอย่างวิเคราะห์

2. การวิเคราะห์ดิน ทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารโดยวิธีการต่าง ๆ ดังนี้ ไนโตรเจน ใช้ Kjeldahl method (AOAC, 2000) ฟอสฟอรัส และ กำมะถัน ใช้ Spectrophotometric method (สมศักดิ์, 2551) โซเดียม และโพแทสเซียมใช้ Flame photometer (สมศักดิ์, 2552) ส่วนแคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี ทองแดง และแมงกานีส ใช้วิธีการ atomic absorption spectrophotometer (Jones, 2001)

3. การวิเคราะห์ทางสถิติ เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ โดยใช้ ANOVA และใช้ DMRTเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรม SPSS

ผลการวิจัย

จากการประเมินความเข้มข้นของปริมาณธาตุอาหารในดินพบว่าสวนส้มโอปูโกปัตตานี ทั้งสวนที่มีการจัดการทั่วไป และจัดการดีประสบปัญหาขาดธาตุอาหารหลัก 2 ธาตุ คือ ไนโตรเจน และแคลเซียม ซึ่งเป็นสาเหตุ

สำคัญที่ทำให้ส้มโอให้ผลผลิตต่ำ และคุณภาพผลผลิตไม่ดี โดยสวนที่มีการจัดการทั่วไป (T1) มีความเข้มข้นไนโตรเจนเพียง 64.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และสวนที่มีการจัดการดี (T2) มีความเข้มข้น 81.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความเข้มข้นมาตรฐานเพื่อการผลิตส้มโอคุณภาพ (180 mg/kg) และสวนส้มโอนครศรีธรรมราช (328.4 mg/kg) เช่นเดียวกับความเข้มข้นแคลเซียมในสวนที่มีการจัดการทั่วไปให้ค่าเพียง 723.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และในสวนที่มีการจัดการดีมีความเข้มข้น 922.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ความเข้มข้นมาตรฐานเพื่อการผลิตส้มโอคุณภาพเท่ากับ 1,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (table 1) อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของแคลเซียมในสวนส้มโอปัตตานียังให้ค่าที่สูงกว่าสวนส้มโอนครศรีธรรมราช ที่มีการขาดรุนแรงกว่า เนื่องจากมีความเข้มข้นของแคลเซียมในดินเพียง 360.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ความเข้มข้นไนโตรเจนในดินสอดคล้องกับผลวิเคราะห์ความเข้มข้นในใบส้มโอที่พบว่า สวนที่มีการจัดการทั่วไป และจัดการดี มีความเข้มข้นไนโตรเจนเพียง 0.45 และ 0.65 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ต่ำกว่าค่ามาตรฐานในใบ (2.63 %) และสวนส้มโอนครศรีธรรมราช (3.47 %) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับความเข้มข้นแคลเซียมในใบของสวนที่มีการจัดการทั่วไป (0.71 %) สวนส้มโอจัดการดี (2.94 %) และสวนส้มโอนครศรีธรรมราช (2.34 %) ซึ่งทั้งสวนส้มโอปัตตานีและนครศรีธรรมราช ล้วนขาดแคลเซียมเนื่องจากให้ค่าต่ำกว่ามาตรฐานความเข้มข้นในใบ (4.13 %) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (table 3) ธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นค่อนข้างต่ำ พบว่าแมกนีเซียมจะเป็นธาตุต่อไปที่ส้มโอปูโกปัตตานีขาด เนื่องจากในดินของสวนที่มีการจัดการทั่วไปมีความเข้มข้นเพียง 124.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และสวนที่จัดการดีมีความเข้มข้น 157.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่าความเข้มข้นมาตรฐานเพื่อการผลิตส้มโอคุณภาพ (180 mg/kg) ในขณะที่สวนส้มโอนครศรีธรรมราชที่มีความเข้มข้นสูงมาก 392.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ความเข้มข้นแมกนีเซียมในดินให้ค่าที่สอดคล้องกับความเข้มข้นในใบที่พบว่าสวนที่มีการจัดการทั่วไป และจัดการดี มีความเข้มข้นแมกนีเซียมเพียง 0.17 และ 0.14 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ต่ำกว่าค่ามาตรฐานความเข้มข้นในใบ (0.42 %) และสวนส้มโอนครศรีธรรมราชที่มีความเข้มข้น 0.73 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนธาตุอาหารอื่น ๆ พบว่ามีความเข้มข้นในดินและใบระดับเหมาะสม จนถึงขาดแคลนเล็กน้อย เช่น ฟอสฟอรัส (18.3-25.7 mg/kg และ 0.14-0.20 %) โพแทสเซียม (89.6-160.4 mg/kg และ 0.79-0.95 %) กำมะถัน (10.9-12.1 mg/kg และ 0.28-0.30 %) ทองแดง (1.1-1.3 และ 2.5-4.5 mg/kg) เหล็ก (36.1-89.9 และ 62.1-89.9 mg/kg) แมงกานีส (12.6-37.4 และ 15.6-20.4 mg/kg) และสังกะสี (1.4-2.6 และ 20.7-25.3 mg/kg) (table 1-4) ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติเพียงเล็กน้อย หรือไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับความเข้มข้นมาตรฐานของธาตุอาหารในดินและใบ (table 5)

Table 1 Macro-nutrients concentration in the Puko pummelo growing soil at selected sites (T1-T3) and standard nutrients concentration for pummelo in soil (T4)

treatment	N (mg/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	S (mg/kg)
T1	64.8±4.2^{c}	18.3±2.6^{b}	89.6±6.4^{b}	723.7±8.5^{b}	124.2±7.4^{b}	10.9±2.4^{b}
T2	81.2±3.6^{c}	25.7±3.4^{b}	160.4±4.3^{b}	922.3±12.7^{b}	157.8±6.4^{a}	12.1±1.8^{b}
T3	328.4±9.7^{a}	120.7±6.7^{a}	1,562.6±9.1^{a}	360.8±6.2^{c}	392.4±11.2^{a}	40.5±6.7^{a}
T4	180.0±0.0^{b}	20.0±0.0^{b}	125.0±0.0^{b}	1,500.0±0.0^{a}	180.0±0.0^{b}	10.0±0.0^{b}
CV.	21.7	13.6	13.8	21.6	12.8	9.1

Mean within column with different alphabets differ significantly at P<0.05

Table 2 Micro-nutrients concentration in the Puko pummelo growing soil at selected sites (T1-T3) and standard nutrients concentration for pummelo in soil (T4)

treatment	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)
T1	64.8±4.2^{c}	18.3±4.6^{b}	89.6±6.4^{b}	723.7±8.5^{b}
T2	81.2±3.6^{c}	25.7±3.4^{b}	160.4±4.3^{b}	922.3±12.7^{b}
T3	328.4±9.7^{a}	120.7±6.7^{a}	1,562.6±9.1^{a}	360.8±6.2^{c}
T4	180.0±2.0^{b}	20.0±0.0^{b}	125.0±2.0^{b}	1,500.0±0.0^{a}
CV.	15.2	14.7	11.3	21.5

Mean within column with different alphabets differ significantly at P<0.05

Table 3 Macro-nutrients concentration in the Puko pummelo growing soil at selected sites (T1-T3) and standard nutrients concentration for pummelo in leaves (T4)

treatment	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)
T1	0.45±0.0^{c}	0.14±0.0^{b}	0.79±0.1^{b}	0.71±0.0^{c}	0.17±0.0^{c}	0.30±0.0^{b}
T2	0.65±0.1^{c}	0.20±0.0^{b}	0.95±0.3^{b}	2.94±0.1^{b}	0.14±0.0^{c}	0.28±0.0^{b}
T3	3.47±0.3^{a}	0.14±0.0^{a}	1.86±0.1^{a}	2.34±0.2^{b}	0.73±0.1^{a}	1.10±0.1^{a}
T4	2.63±0.0^{b}	0.15±0.0^{b}	1.18±0.0^{b}	4.13±0.0^{a}	0.42±0.0^{b}	0.28±0.0^{b}
CV.	8.4	9.4	4.2	9.7	12.5	6.2

Mean within column with different alphabets differ significantly at P<0.05

Table 4 Micro-nutrients concentration in the Puko pummelo growing soil at selected sites (T1-T3) and standard nutrients concentration for pummelo in leaves (T4)

treatment	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)
T1	2.5±0.0^{b}	89.9±5.7^{b}	20.4±3.6^{a}	20.7±0.6^{b}
T2	4.5±0.2^{a}	62.1±4.8^{c}	15.6±2.4^{b}	25.3±1.3^{b}
T3	5.1±0.3^{a}	120.4±9.2^{a}	17.8±3.1^{b}	51.5±4.3^{a}
T4	5.0±0.0^{a}	60.0±5.7^{c}	10.0±0.0^{c}	20.0±2.5^{b}
CV.	4.6	17.5	9.6	8.9

Mean within column with different alphabets differ significantly at P<0.05

Table 5 Standard nutrients concentration for pummelo in soil and leaves

nutrients	nutrients concentration	
	soil (mg/kg)	leaves (%), (mg/kg)
nitrogen	110-250	2.5-3.0
Phosphorus	15-25	0.15-0.20
Potassium	100-150	1.5-2.0
Calcium	1,000-2,000	3.0-4.0
Magnesium	120-240	0.3-0.5
Sulfur	10	0.20-0.39
copper	1.1-3.0	≥5
iron	11-16	40-80
manganese	9-12	5-15
zinc	0.9-1.2	≥20

สรุปและอภิปรายผล

ความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งในดินและใบส้มโอของจังหวัดปัตตานีต่ำกว่าความเข้มข้นตามมาตรฐาน และสวนส้มโอจังหวัดนครศรีธรรมราช น่าจะมีสาเหตุมาจากเกษตรกรผู้ปลูกส้มโอในจังหวัดปัตตานีมีการใส่ปุ๋ยค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับเกษตรกรผู้ปลูกส้มโอในจังหวัดนครศรีธรรมราชที่มีการใส่ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีของเกษตรกรในอัตราสูง โดยต้นส้มโออายุ 5 ปี จะได้รับปุ๋ยเคมีสูตรต่าง ๆ เช่น 46-0-0, 15-15-15, 13-13-21 และ 0-0-50 รวมกันประมาณ 10 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี และปุ๋ยคอกอีก 30 กิโลกรัมต่อต้น ในขณะที่ต้นส้มโอปัตตานีอายุ 5 ปี จะมีการให้ปุ๋ยเคมีสูตรต่าง ๆ เพียง 3-5 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี และมีการให้ปุ๋ยคอกอีกเพียงเล็กน้อย ส่งผลให้ความเข้มข้นทั้งในดินและใบส้มโอปัตตานีต่ำกว่าส้มโอนครศรีธรรมราช ค่อนข้างมาก ความเข้มข้นของไนโตรเจนในดิน โดยปกติมักไม่นิยมวิเคราะห์ เนื่องจากเป็นธาตุที่มีการเคลื่อนย้ายและสูญเสียได้ง่าย (ยงยุทธ, 2544; Zekri and Obreza, 2006) ทำให้ผลการวิเคราะห์เปลี่ยนแปลงได้ทุกช่วงระยะการเจริญเติบโตของใบ แต่จากการสังเกตในช่วงการเก็บตัวอย่างพบว่าผลการวิเคราะห์ดิน สามารถสะท้อนการเจริญเติบโตทางลำต้นใบได้เป็นอย่างดี ในแหล่งปลูกที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนในดินสูงจะมีการแตกยอดอ่อนมาก และให้ใบที่มีขนาดใหญ่ สีเขียวเข้มเป็นมัน ในขณะที่ในแหล่งปลูกที่มีความเข้มข้นไนโตรเจนต่ำ จะมีการแตกยอดอ่อนค่อนข้างน้อย และใบมีขนาดเล็ก ซึ่งเป็นผลจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน คลอโรฟิลล์ เอ็นไซม์ ฮอร์โมนในกลุ่มออกซิน ไซโทไคนิน กรดนิวคลีอิก สารประกอบไนโตรเจน และ โคเอนไซม์ (co-enzyme) (ยงยุทธ, 2543; Hewitt, 1984; Warren *et al*., 2000; Zekri and Obreza, 2006) ที่ล้วนส่งเสริมการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบ สาเหตุที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้เกษตรกรในจังหวัดปัตตานีใส่ปุ๋ยน้อย เนื่องจากผลส้มโอราคาต่ำ ทำให้เกษตรกรให้ความสำคัญกับการลดต้นทุนในการใช้ปุ๋ยมากกว่าการพัฒนาคุณภาพเพื่อยกระดับราคา ส่วนความเข้มข้นของแคลเซียมที่พบว่าความเข้มข้นในสวนส้มโอปัตตานีสูงกว่าสวนส้มโอนครศรีธรรมราช ทั้งที่เกษตรกรมีการใส่ปูนขาวและโดโลไมท์น้อยกว่า น่าจะมีสาเหตุมาจากพื้นที่ปลูกส้มโอของอำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม

(1,562.6 mg/kg) แมกนีเซียม (392.4 mg/kg) และโซเดียม (172 mg/kg) สูงมาก ซึ่งสามธาตุดังกล่าวจะเป็นปฏิปักษ์ กับแคลเซียม ประกอบกับดินในแปลงปลูกมีความเป็นกรดสูง ซึ่งสังเกตได้จากการที่ดินมีเหล็กสูงมาก (1,542.6 mg/kg) ยิ่งทำให้ดินขาดแคลเซียมมากขึ้น ในขณะที่พื้นที่ปลูกส้มโอปัตตานีมีความเข้มข้นของธาตุดังกล่าวเหมาะสมจึงไม่มีผลต่อความเข้มข้นของแคลเซียมสำหรับธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นในดินต่ำ และจะขาดในใบในอนาคตคือ แมกนีเซียม ซึ่งหากไม่ดำเนินการป้องกันแก้ไข น่าจะมีสาเหตุมาจากพื้นที่ปลูกส้มโอในปัจจุบันค่อนข้างห่างไกลชายทะเล และไม่มีน้ำกร่อยขึ้นถึง จึงทำให้ดินมีความเข้มข้นแมกนีเซียมต่ำ

จากการศึกษาความเข้มข้นธาตุอาหารในดินและใบส้มโอปัตตานี สามารถนำมาใช้ในการจัดการธาตุอาหารตามทฤษฎีถังไม้โอค ซึ่งจากการศึกษาพบว่าขาดไนโตรเจนมากที่สุด รองลงไปคือแคลเซียม และแมกนีเซียมตามลำดับ ดังนั้นแนวทางในการแก้ปัญหาดังกล่าวคือ การให้ธาตุอาหารที่ส้มโอขาดมากที่สุดในอัตราความเข้มข้นสูงและให้ธาตุอาหารที่ส้มโอขาดน้อยในอัตราต่ำเรียงลงมาตามลำดับเพื่อยกระดับความเข้มข้นธาตุอาหารในดินและใบควบคู่กับการให้ปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับใช้เพื่อการเจริญเติบโตทางลำต้นใบ และให้ผลผลิต (รวี, 2544) นอกจากนั้นจะต้องมีการชดเชยธาตุอาหารที่สูญเสียธาตุอาหารไปกับผลผลิตในระดับที่เหมาะสมด้วย (Chapman, 1968) วิธีการดังกล่าวข้างต้นน่าจะเป็นแนวทางที่ดีที่สุดในการจัดการธาตุอาหารเพื่อพัฒนาคุณภาพผลผลิตส้มโอปูโก

ข้อเสนอแนะ

การวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินและใบ หากเป็นไปได้ควรทำการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างจำนวนมาก เพราะนอกจากนำไปเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นมาตรฐานแล้ว ยังสามารถนำไปใช้เปรียบเทียบสมดุลธาตุอาหารเพื่อการผลิตส้มโอคุณภาพด้วยวิธีดรีส (diagnosis and recommendation integrated system, DRIS) (Mourao Filho, 2004) ซึ่งจะเป็นอีกวิธีการหนึ่งในการช่วยรักษาสมดุลธาตุอาหาร และลดค่าใช้จ่ายค่าปุ๋ยเคมีของเกษตรกร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี กลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 12 และ คลินิกเทคโนโลยี กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่สนับสนุนงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2545). *เกษตรกรดีที่เหมาะสำหรับส้มโอ*. กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ยงยุทธ โอสถสภา. (2543). *ธาตุอาหารพืช*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยงยุทธ โอสถสภา. (2544). ดิน ธาตุอาหารและการให้ปุ๋ยส้ม ใน *เอกสารประกอบการอบรมวิทยาการส้ม: ทางเลือกปัจจุบันสู่อนาคต*. กรุงเทพฯ: สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รวี เสรฐภักดี. (2544). สรีรวิทยาและอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาของส้ม ใน *เอกสารประกอบการอบรมวิทยาการส้ม: ทางเลือกปัจจุบันสู่อนาคต*. กรุงเทพฯ: สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมศักดิ์ มณีพงศ์. (2551). *คู่มือปฏิบัติการปฐพีวิทยาเบื้องต้น*. นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

สมศักดิ์ มณีพงศ์. (2552). การสำรวจธาตุอาหารเพื่อจัดทำค่าแนะนำมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ดินและพืชสำหรับส้มโอ. ใน *การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 7*. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

AOAC, (2000). *Official Methods of Analysis of AOAC International :Secs. 993.13* (17 th ed.). Gaithersburg, MD: AOAC International.

Chapman, H. D. (1968). The mineral nutrition of citrus, In (Reuther, W., Batchelor, L. D., & Webber, H. J. Ed), *The Citrus Industry*, Revised Edition of Division of Agricultural Science, Berkeley, University of California.

Chen, F., Lu. J. & Liu. D. (2007). Investigation of soil fertility in citrus orchards of southern China. *Better Crops with Plant Food*, 91, 24-25.

Jones, J. B. (2001). *Laboratary Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis*. CRC Press: Washington.

Hewitt, E. J. (1984). The essential and functional mineral element. In *Diagnosis of Mineral disorder in plant*. Chemical: New York.

Kaewtubtim, M. (2014). Effects of Fruit Maturity, Tree Age, Nitrogen and Zinc on Fruit Quality of Pummelo cv. Tubtim Sayam. Doctoral dissertation. Walailak University, Nakhon Si Thammarat, Thailand.

Kaewtubtim, M., Isssrakraisila, M. & Maneepong, S. (2015). Effects of zinc on fruit quality of pummelo cv. Tubtim Sayam. In. *The 5 th International Academic Conference of Phetchaburi Rajabhat University to Sustainable, Research and Innovation for sustainable Development in Asia and the Pacific*. Phetchaburi: Phetchaburi Rajabhat University.

Kaewtubtim, M., Issarakrisila, M. & Maneepong, S. (2016). Effect of nitrogen on fruit quality of pummelo (Citrus grandis (L.) Osbeck) cv. Tubtim Sayam. *KKU Science Journal*, 44, 518-529.

Mourao Filho, F.A.A. (2004). DRIS: Concept and application on nutritional diagnosis in crops. Retrieved from http://www.scielobr/pdf/sa/v61n5/21457.pdf

Warren, C. R., Adam, M. A., & Chen, Z. (2000). Is photosynthesis related to concentrations of nitrogen and rubisco in leaves of Australian native plant. *Australia Journal Plant Physiology*, 27, 407-416.

Zekri, M. & Obreza, T.A. (2006). Plant nutrients for citrus tree. Retrieved from http://edisifas.ufl.edu/ss419.

ผลการใช้สารทดแทนไขมัน และ สารทดแทนน้ำตาล ต่อลักษณะทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสในไอศกรีมปราศจากไขมันและน้ำตาล

Effects of Fat Replacer and Sugar Replacer on Physical, Chemical and Sensory Characteristics of Fat Free and Sugar Free Ice Cream

กัญญาภัคร์ ปิดตังถาเน(Khanyapak Pidtungtane)[1*] ทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ(Khanyapak Pidtungtane)[2]

[1,2] สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*Corresponding author. E-mail: tasaneelim50@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้สารทดแทนไขมันด้วยเวย์โปรตีนและมอลโทเดกซ์ตรินและสารทดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอลและอินูลิน พบว่าการใช้สารทดแทนไขมันและการใช้สารทดแทนน้ำตาลมีผลทำให้ไอศกรีมปราศจากน้ำตาลที่ได้ มีค่าการขึ้นฟูของไอศกรีมหลังปั่นสูง และมีค่าความแน่นแข็งน้อยกว่าไอศกรีมสูตรพื้นฐาน และเมื่อใช้เวย์โปรตีนกับมอลโทเดกซ์ตรินในสัดส่วน 25:75 50:50 และ 75:25 ทดแทนวิปปิ้งครีมทั้งหมดในไอศกรีมพบว่าตัวอย่างไอศกรีมมีค่าความหนืด การขึ้นฟูเพิ่มขึ้นตามปริมาณเวย์โปรตีนที่เพิ่มขึ้นในการทดแทนไขมันพบว่ามีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสต่ำกว่าสูตรพื้นฐานแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อนำไอศกรีมปราศจากไขมันมาทดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอลร้อยละ 100 มีค่าคะแนนความชอบต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าการขึ้นฟูไม่แตกต่างกันโดยมีความหนืดสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและมีค่าความแน่นแข็งต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัยทางสถิติ การทดแทนไขมันทั้งหมดทำให้มีไขมันน้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักไอศกรีมตามมาตรฐานของไอศกรีมปราศจากไขมันส่วนการใช้มอลทิทอลและมอลโทเดกซ์ตรินเป็นส่วนผสมมีผลทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ไอศกรีม สารทดแทนไขมัน มอลทิทอล

ABSTRACT

The objective of this study was to produce a fat free and sugar-free ice cream using combinations of maltitol and whey protein with maltodextrin. For sugar-free ice cream, a 100g of sugar prepared using different proportions of maltitol and inulin (50:50, 75:25 and 100:0 respectively) the results showed that pH was not significantly different among these combinations. However, the viscosity the result shoed that using sugar replacer with different proportion of maltitol and inulin (50:50, 75:25, 100:0) did not affect pH of the ice cream mix but the Fat-free ice cream with fat replacer (whey protein: maltodextrin = 25:75, 50:50, 75:25) showed that the viscosity and percentage of overrun were increased the experiment found that using fat replacers in portion of 50:50 got acceptance score lower than control. Applying maltitol

in fat free ice cream 100% replacement the research showed ice cream got acceptance score lower significantly ,overrun was not different but the viscosity were higher ($P < 0.05$).Fat replacer as whipping cream replacement can reduced fat content lower than 0.5% which comply to fat free standard ice cream moreover using maltitol and maltodextrin can increased carbohydrate content.

Key word: ice cream, fat substitution, maltitol

บทนำ

ในปัจจุบันผู้บริโภคหันมาให้ความสำคัญต่อการรักษาสุขภาพมากขึ้นทั้งในการส่งเสริมความแข็งแรงของร่างกาย และการลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคภัยต่างๆความต้องการอาหารเพื่อสุขภาพมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น จากการเติบโตของตลาดอาหารสุขภาพทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีพลังงานต่ำได้รับความนิยมมากขึ้นในกลุ่มผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย ไอศกรีมนมเป็นผลิตภัณฑ์นมแช่แข็งชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคที่หลากหลายกลุ่มทั้งในกลุ่มเพศชาย เพศหญิง และในวัยต่างๆ ทำให้ตลาดผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนมมีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องและมีมูลค่าสูงในเชิงเศรษฐกิจ ไอศกรีมนมยังมีส่วนผสมของนมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ซึ่งเป็นแหล่งสารอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโต มีคุณค่าทางโภชนาการ และมีกลิ่นรสมันที่เข้มข้นจูงใจผู้บริโภค การพัฒนาไอศกรีมจึงเป็นอีกแนวทางของการแปรรูปผลิตภัณฑ์นมเพื่อเพิ่มมูลค่าที่ใช้ในการแก้ปัญหาน้ำนมดิบล้นตลาด แต่อย่างไรก็ตามไอศกรีมนมก็ยังคงเป็นอาหารที่ให้พลังงานและคอเลสเทอรอลสูง เนื่องจากมีส่วนผสมหลักที่มาจากผลิตภัณฑ์นมและน้ำตาล ซึ่งเป็นอาหารที่ให้ ไขมันและให้พลังงานสูงที่มีบทบาทต่อการเพิ่มระดับไขมันและระดับของน้ำตาลในเลือด จึงเกิดแนวคิดที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมปราศจากไขมันปราศจากน้ำตาลเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค แต่การลดไขมันและน้ำตาลลงในไอศกรีมจะส่งผลต่อคุณลักษณะทางกายภาพและคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของไอศกรีมนมในด้านรสชาติกลิ่น เนื้อสัมผัส รวมทั้ง ลักษณะปรากฏ ซึ่งอาจทำให้ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมปราศจากไขมันปราศจากน้ำตาลอาจไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (เนาวรัตน์, 2548) ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนมปราศจากไขมันปราศและน้ำตาลยังไม่มีในท้องตลาดของไทยส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์นำเข้าจากต่างประเทศด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญในการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของไอศกรีมนมปราศจากไขมันและน้ำตาลด้วยการใช้สารทดแทนไขมันและและสารทดแทนความหวานเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาผลของการใช้มอลทิทอลและอินูลินในการทดแทนน้ำตาลในไอศกรีมนม
2. ศึกษาผลของการใช้มอลโทเดกซ์ตรินและเวย์โปรตีนทดแทนไขมันในไอศกรีมนม
3. ศึกษาผลของการใช้เวย์โปรตีน มอลโทเดกซ์ตรินและมอลทิทอล ในการพัฒนาไอศกรีมปราศจากไขมันและน้ำตาล
4. ศึกษาคุณค่าโภชนาการในไอศกรีม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบและอุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมมีดังนี้ เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง เครื่องปั่นไอศกรีม เทอร์โมมิเตอร์ ตู้เย็น ตู้แช่แข็ง เครื่องครัวต่างๆ และวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมในสูตรไอศกรีมที่คัดเลือกมา 3 สูตร แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรไอศกรีมพื้นฐาน

ส่วนผสม	ส่วนผสมของไอศกรีม (กรัม)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
วิปปิ้งครีม	338	338	338
หางนมผง	100	90	110
น้ำตาลทราย	100	110	90
เกลือ	2	2	2
สารให้ความคงตัว	3	3	3
น้ำ	457	457	457
รวม	1000	1000	1000

ที่มา: สูตรที่ 1 (Marshall *et al*., 2003) สูตรที่ 2 (พรหล้า, 2555) สูตรที่ 3 (พรหล้า, 2551)

ตารางที่ 2 รายการวัตถุดิบและสูตรไอศกรีมปราศจากน้ำตาลและปราศจากไขมัน

วัตถุดิบ	สูตรพื้นฐาน	สูตรไอศกรีมปราศจากน้ำตาล			สูตรไอศกรีมปราศจากไขมัน		
		M50%	M75%	M100%	25/75	50/50	75/25
มอลทิทอล /อินูลิน	-	50/50	25/75	100/0	-	-	-
เวย์/มอลโทเดกซ์ตริน	-	-	-	-	84.5/253.5	169/169	253.5/84.5
วิปปิ้งครีม	338	338	338	338	-	-	-
น้ำตาลทราย	100	-	-	-	100	100	100
หางนมผง	100	100	100	100	100	100	100
เกลือ	2	2	2	2	2	2	2
สารให้ความคงตัว	3	3	3	3	3	3	3
น้ำสะอาด	457	457	457	457	457	457	457

2. วิธีการ

2.1 การผลิตไอศกรีม

เริ่มต้นจากการคำนวณวัตถุดิบตามวิธีของ Marshall et al. (2003) แล้วผสมวัตถุดิบที่เป็นของผงเข้าด้วยกัน สำหรับวัตถุดิบที่เป็นของเหลวอุ่นให้ได้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จึงค่อย ๆ เติมวัตถุดิบที่เป็นของแห้งลงไป คนจนละลายเข้ากันดี เพื่อให้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน (สมจิตร, 2550) แล้วพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 25 วินาที ลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็ว บ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แต่ง

กลิ่นวานิลลาก่อนนำไปปั่นในเครื่องปั่นไอศกรีม บรรจุไอศกรีมที่ได้ลงภาชนะพลาสติกแล้วนำไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิประมาณ -25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไอศกรีมที่ได้ไปตรวจสอบคุณสมบัติด้านต่างๆ

2.2 การทดสอบการใช้สารทดแทนน้ำตาล

นำผลิตภัณฑ์ไอศกรีมสูตรพื้นฐานที่ผ่านการคัดเลือกมาผลิตไอศกรีมปราศจากน้ำตาลจากการใช้สารทดแทนความหวานมอลทิทอล ที่มีรสหวานธรรมชาติและไม่ให้ความรู้สึกเย็นซ่า มีระดับความหวานอยู่ในช่วง 80 - 90 เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลซูโครส เนื่องจากให้รสหวานใกล้เคียงกับน้ำตาล จึงใช้เป็นสารให้ความหวานในผลิตภัณฑ์ปราศจากน้ำตาล (Bordi et al., 2004) มาทดแทนน้ำตาลทรายทั้งหมด (100%) โดยใช้ส่วนผสมของมอลทิทอล และ อินูลิน ในอัตราส่วนร้อยละ 50:50 75:25 100:0 (โดยน้ำหนัก) โดยอินูลินมีรายงานว่าช่วยปรับปรุงค่าการขึ้นฟู การละลาย ของไอศกรีมได้ดี (M.B. Akın et al., 2007) แล้วคัดเลือกส่วนผสมของสารทดแทนน้ำตาลที่ดี แล้วนำสูตรมาทดสองต่อไป

2.3 การทดสอบการใช้สารทดแทนไขมัน

การทดลองใช้สารทดแทนไขมันทั้งหมดด้วยส่วนผสมของเวย์โปรตีนและมอลโทเด็กซ์ทริน ในสัดส่วนร้อยละ 25:75, 50:50, 75:25 ของไขมันจากสูตรพื้นฐานแล้วคัดเลือกส่วนผสมที่ดีที่สุดมาทำการทดลองต่อไป

2.4 การพัฒนาไอศกรีมปราศจากไขมันและน้ำตาล

นำสัดส่วนของไอศกรีมปราศจากไขมันโดยใช้เวย์โปรตีนร่วมกับมอลโทเดกซ์ตรินเป็นสารทดแทนไขมันที่ผ่านการคัดเลือกในข้อ 2.3 และใช้สารทดแทนความหวานมอลทิทอลจากข้อ 2.2 มาทดแทนน้ำตาลทรายทั้งหมด โดยทดแทนในอัตราส่วนร้อยละ 75,100 (โดยน้ำหนัก) จากนั้นเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสกับไอศกรีมสูตรพื้นฐาน

2.5 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีและกายภาพ

2.5.1 ระดับ pH (ดัดแปลงจาก Garcia *et al.*, 1995)

วัดระดับ pH ของไอศกรีมเหลวหรือไอศกรีมมิกซ์ (Ice cream mixed) ซึ่งคือส่วนผสมของไอศกรีมหลังผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 ชั่วโมง โดยเครื่อง pH meter โดยที่อุณหภูมิไอศกรีมเหลวขณะวัดอยู่ที่ระดับ 25 องศาเซลเซียส

2.5.1 การวิเคราะห์ความหนืด (ดัดแปลงจากวิธีของ พัชรินทร์, 2542)

วัดความหนืดของไอศกรีมเหลวหลังผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง โดยเครื่องวัดค่าความหนืด การวัดไอศกรีมเหลวใช้หัวหมุนเบอร์ 21 ที่ระดับความเร็วรอบของการหมุน 50 รอบต่อนาที อ่านค่าที่ได้หลังมอเตอร์หมุนผ่านไป 30 วินาที ควบคุมอุณหภูมิขณะวัดที่ระดับ 4 ± 0.5 องศาเซลเซียส

2.5.2 การวิเคราะห์การขึ้นฟู (ดัดแปลงจาก Marshall *at el*., 2003)

ชั่งน้ำหนักไอศกรีมเหลวที่บรรจุเต็มถ้วยพลาสติกที่มีปริมาตรแน่นอน บนเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่งและบันทึกน้ำหนักไอศกรีมเหลวหลังปั่นเป็นไอศกรีมแล้วโดยชั่งน้ำหนักไอศกรีมที่บรรจุลงในถ้วยใบเดิมบันทึกน้ำหนักไอศกรีมที่ได้

2.5.3 การวิเคราะห์ความแน่นแข็ง (ดัดแปลงจาก Guinard *et al* ., 1996)

นำไอศกรีมที่ผ่านการแช่แข็ง ณ อุณหภูมิ -25 ± 1 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง วัดความแน่นแข็งด้วยเครื่อง Texture Analyzer โดยวัดค่าแรงกดที่กระทำต่อไอศกรีมด้วยระยะทางคงที่ โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบประกอบไปด้วยหัวกดรูปทรงกรวย (probe เบอร์ P/30C) วัดแรงในรูปแบบของการกดอัดเซลล์รับน้ำหนักได้ 20 กิโลกรัม ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัวกดก่อนทดสอบ ขณะทดสอบ และหลังทดสอบอยู่ที่ 2.0 1.0 และ 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที ตามลำดับ ระยะทางที่หัวกดลงไปลึก 15 มิลลิเมตร

2.5.4 การละลาย (ดัดแปลงจาก Guinard *et al* ., 1996)

นำไอศกรีมที่ที่ผ่านการแช่แข็ง ณ อุณหภูมิ -25 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง มาชั่งน้ำหนักแล้ววางบนตะแกรงลวดขนาด 272 ช่องต่อตารางนิ้วจับเวลาการละลาย โดยควบคุมอุณหภูมิห้องที่ระดับ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นชั่งน้ำหนักของไอศกรีมที่ละลายลงสู่ภาชนะรองรับที่มีน้ำหนักที่แน่นอน ณ นาทีที่ 10 20 30 และ 40 นาที แล้วคำนวณการละลายต่อน้ำหนักไอศกรีมเริ่มต้น 100 กรัม

2.5.5 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

วิเคราะห์หาปริมาณความชื้นตามวิธีของ AOAC, 2000 วิเคราะห์หาปริมาณเถ้าตามวิธีของ AOAC,2000 และวิเคราะห์ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีนใช้วิธีเจลห์ดาล คำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรตตามวิธีของ AOAC,2000

2.6 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

ตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Hedonic scale ให้คะแนนตั้งแต่ 1 - 9 (9 = ชอบมากที่สุด ถึง 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) โดยผู้ทดสอบซึ่งเป็นนิสิตระดับปริญญาโท คหกรรมศาสตร์ที่เคยผ่านการทดสอบทางประสาทสัมผัส จำนวน 20 คน คุณภาพที่ตรวจสอบ ได้แก่ สี ลักษณะปรากฏ กลิ่น ความหวาน และความชอบรวม

2.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้สถิติเชิงพรรณนาในการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของการตรวจวัดคุณภาพตามวิธี Bonferroni วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป

ผลการวิจัย

1. การคัดเลือกสูตรพื้นฐาน

จากการทดสอบด้านทางประสาทสัมผัสของสูตรไอศกรีมนมที่คัดเลือกมา 3 สูตร ด้วยวิธี Hedonic scale ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้าน กลิ่นนม ความเรียบเนียน ความมัน สี ความหวาน และความชอบรวม เมื่อพิจารณาระดับคะแนนพบว่าสูตรที่ 1และ 3 ได้รับคะแนนความความชอบรวมสูงกว่าสูตรที่ 2 ได้รับคะแนนสูงกว่าสูตรอื่นในด้านกลิ่นนม ความมัน ความหวาน จึงเลือกไอศกรีมสูตร 1 มาเป็นสูตรพื้นฐานในการวิจัย

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในไอศกรีม 3 สูตร

คุณภาพของไอศกรีม	สูตรทำไอศกรีม		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
สี ^{ns}	7.40 ± 0.75	7.55 ± 0.75	7.25 ± 0.85
ความมัน ^{ns}	6.68 ± 0.92	6.15 ± 1.42	6.60 ± 0.82
กลิ่นนม ^{ns}	6.55 ± 1.46	6.20 ± 1.28	6.15 ± 1.26
ความหวาน ^{ns}	6.80 ± 1.32	6.55 ±1.84	6.40 ± 1.50
ความเรียบเนียน ^{ns}	6.85 ± 0.93	6.65 ± 0.93	7.00 ± 0.72
ความชอบรวม ^{ns}	7.30 ± 0.69	6.85 ± 1.30	7.30 ± 1.01

ที่มา: สูตรที่ 1 (Marshall et al., 2003) สูตรที่ 2 (พรหล้า, 2555) สูตรที่ 3 (พรหล้า, 2551)

หมายเหตุ สัญลักษณ์ ns (non-significant) หมายถึงค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติในแนวนอน

2. การศึกษาสารทดแทนน้ำตาลด้วยการใช้ส่วนผสมของมอลทิทอลและอินูลิน

นำผลิตภัณฑ์ไอศกรีมสูตรพื้นฐานที่ผ่านการคัดเลือกมาทดลองใช้สารทดแทนความหวานมอลทิทอล ที่มีรสหวานธรรมชาติและไม่ให้ความรู้สึกเย็นซ่า มีระดับความหวานอยู่ในช่วง 80 - 90 เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลซูโครส เนื่องจากให้รสหวานใกล้เคียงกับน้ำตาล จึงใช้เป็นสารให้ความหวานที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ปราศจากน้ำตาล (Bordi et al., 2004) ส่วนอินูลินมีรายงานว่า สามารถช่วยปรับปรุงค่าความหนืด การขึ้นฟู การละลาย ของไอศกรีมได้ดี (M.B. Akın et al., 2007)จึงเลือกนำมาใช้ในสัดส่วนร้อยละ 50:50 75:25 100:0 (โดยน้ำหนัก)ในการทดแทนน้ำตาลทั้งหมด

ตารางที่ 4 ผลการศึกษาสมบัติเคมีและทางกายภาพของไอศกรีมปราศจากน้ำตาลเทียบกับสูตรพื้นฐาน

ตัวอย่างไอศกรีม	สมบัติทางเคมีกายภาพของไอศกรีมปราศจากน้ำตาล (Mean ± S.D)		
	ระดับ pH	การขึ้นฟู(%)	ความแน่นแข็ง (g)
สูตรพื้นฐาน	6.49^{ns} ± 0.04	13.26^{a} ± 6.20	2436.24^{ns} ± 277.46
ทดแทนน้ำตาลทั้งหมดด้วยมอลทิทอล:อินูลิน			
50:50	6.50^{ns} ± 0.01	27.97^{b} ± 3.26	2152.57^{ns} ± 769.10
75:25	6.49^{ns} ± 0.02	26.94^{b} ± 4.65	2063.90^{ns} ± 717.78
100:0	6.50^{ns} ± 0.03	36.8 7^{c} ± 2.71	1785.53^{ns} ± 391.03

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a, b, c, d หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ($P < 0.05$) ในแนวตั้ง

สัญลักษณ์ ns (non-significant)หมายถึงมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติในแนวตั้ง

การทดแทนน้ำตาลทั้งหมดด้วยมอลทิทอลและอินูลินพบว่าไม่พบความแตกต่างของระดับ pH ของไอศกรีมเหลว แต่มีผลทำให้การขึ้นฟูเพิ่มสูงกว่าสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีผลทำให้ความแน่นแข็งลดลงแต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ นอกจากนี้สารทดแทนน้ำตาลทั้งสองยังมีคุณสมบัติในการเพิ่มเนื้อให้กับไอศกรีมเมื่อผ่านการปั่นไอศกรีมจึงมีการขึ้นฟูที่ดีกว่าตัวอย่างสูตรพื้นฐานซึ่งสามารถขึ้นฟูได้ถึงร้อยละ 36.87 ± 2.71 จากปริมาตรเริ่มต้น เมื่อนำไปวิเคราะห์ค่าความแข็งของตัวอย่างไอศกรีมปราศจากน้ำตาลจากการวิเคราะห์ถึงแรงที่ใช้ในการกดตัวอย่างพบว่ายิ่งตัวอย่างมีค่าร้อยละการขึ้นฟูที่สูงก็จะใช้แรงในการกดน้อยเนื่องจากมีช่องว่างของเม็ดอากาศที่มากกว่าจากการปั่น

ตารางที่ 5 การละลายของไอศกรีมปราศจากน้ำตาลที่ใช้สารทดแทนน้ำตาลมอลทิทอลและอินูลินในสัดส่วนต่างกัน

ตัวอย่างไอศกรีม	การละลาย ณ ช่วงเวลาต่างกัน (นาที)				
	10 นาที	20 นาที	30 นาที	40 นาที	อัตราการละลายต่อนาที
สูตรพื้นฐาน	4.97 ^{b} ± 3.05	29.04 ^{b} ± 3.53	57.45 ^{b} ± 4.39	72.11 ^{b} ± 3.69	0.3 6 ^{b} ± 0.13
มอลทิทอล:อินูลิน					
50:50	12.59 ^{a} ± 6.87	40.17 ^{a} ± 3.52	72.80 ^{a} ± 6.02	94.25 ^{a} ± 11.57	0.48 ^{a} ± 1.79
75:25	9.93 ^{a} ± 2.39	40.40 ^{a} ± 2.23	71.43 ^{a} ± 15.27	89.71 ^{a} ± 2.08	0.46 ^{a} ± 1.41
100:0	9.01 ^{a} ± 2.09	25.00 ^{b} ± 3.20	58.16 ^{b} ± 6.46	72.38 ^{b} ± 8.56	0. 37^{b} ±0.06

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a , b หมายถึงค่าความแตกต่างกันทางสถิติ($P < 0.05$) ในแนวตั้ง

การละลายของไอศกรีมที่ใช้สารทดแทนน้ำตาลมอลทิทอลและอินูลิน พบว่าการใช้สารทดแทนน้ำตาลมอลทิทอลและอินูลินที่ระดับ 50:50 และ 75:25 มีอัตราการละลายสูงกว่าการใช้มอลทิทอลอย่างเดียวและสูตรพื้นฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การทดแทนด้วยมอลทิทอลพบว่า มีอัตราการละลายใกล้เคียงกับสูตรพื้นฐานอาจเนื่องจากมอลทิทอลมีสมบัติจับกับน้ำใกล้เคียงกับน้ำตาลทราย

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมปราศจากน้ำตาลเทียบกับสูตรพื้นฐาน

คุณภาพของไอศกรีม	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส			
		ไอศกรีมปราศจากน้ำตาลที่ทดแทนด้วยอัตราส่วนของมอลทิทอล:อินนูลิน (Mean ± S.D)		
	สูตรพื้นฐาน	50:50	75:25	100:0
สี	6.75 ^{ns} ±1.40	6.70 ± 1.45	6.6 0 ±1.35	6.75 ± 1.48
ความมัน	7.00 ^{ns} ± 1.45	6.55 ± 1.23	6.55 ± 1.19	7.25 ± 1.48
กลิ่นนม	6.4 5^{a} ± 1.14	5.35 ^{b} ± 0.58	6.70 ^{a} ± 1.45	6.85 ^{a} ± 1.53

ความหวาน	6.80 [a] ± 1.98	4.90 [b] ± 1.11	6.5 [a] 0 ± 1.53	6.95 [a] ± 1.35
ความเรียบเนียน	5.45 [a] ± 0.88	5.60 [a] ± 0.82	6.50 [b] ± 1.43	6.70 [b] ± 1.30
ความชอบรวม	5.85 [a] ± 0.36	6.85 [b] ± 1.53	6.95 [b] ± 1.35	7.20 [b] ± 1.39

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a, b, หมายถึงค่าความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)ในแนวนอน

สัญลักษณ์ ns (non-significant) หมายถึงมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติในแนวนอน

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าไอศกรีมปราศจากน้ำตาลที่ใช้ทอลทิทอลและอินูลินในสัดส่วนต่างกันไม่มีความแตกต่างกันในเรื่องของความมันและสี โดยการทดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอลอย่างเดียวให้คะแนนความชอบรวมสูงกว่า (7.20 b ± 1.39) สูตรอื่น และแตกต่างจากสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนคะแนนการทดสอบด้านอื่น กลิ่นนม ความหวาน ไม่แตกต่างจากสูตรพื้นฐาน และมีความเรียบเนียนสูงกว่าจากสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกใช้มอลทิทอลอย่างเดียวในการทดแทนน้ำตาลในการผลิตไอศกรีมปราศจากไขมันและน้ำตาล

3. การศึกษาการใช้สารทดแทนไขมันเวย์โปรตีนและมอลโทเดกซ์ตริน

นำผลิตภัณฑ์ไอศกรีมสูตรพื้นฐานที่ผ่านการคัดเลือกมาทดสอบการทดแทนไขมันด้วยสารทดแทนไขมันเวย์โปรตีนและมอลโทเดกซ์ตริน ในอัตราส่วนร้อยละ 25:75, 50:50 และ 75:25 ซึ่งเวย์โปรตีนที่สามารถช่วยในการจับน้ำ เป็นอิมัลซิไฟเออร์ และเป็นตัวช่วยในการเกิดฟองโฟมของไอศกรีม ทำให้ส่วนผสมต่างๆกระจายตัวได้ดี เนื้อสัมผัสของไอศกรีมมีความแน่น เนียนละเอียด และไม่อ่อนตัว (Patel et al. 2006) และ มอลโทเดกซ์ตริน (DE 10) เพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส ความหนืด และการขึ้นฟูของไอศกรีม

ตารางที่ 7 ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของไอศกรีมปราศจากไขมันเทียบกับสูตรพื้นฐาน

ตัวอย่างไอศกรีม	สมบัติทางเคมีและกายภาพของไอศกรีมปราศจากไขมัน (Mean ± S.D)			
	ระดับ pH	ความหนืด (cP.)	การขึ้นฟู(%)	ความแน่นแข็ง (g)
สูตรพื้นฐาน	6.49 [a] ± 0.04	214.74 [a] ± 3.57	13.23 [a] ± 1.03	2170.95 [a] ± 45.47
เวย์:มอลโทเดกซ์ตริน				
25:75	6.06 [b] ± 0.02	156.22 [b] ± 1.56	44.94 [b] ± 4.94	1901.40 [b] ± 11.13
50:50	5.94 [c] ± 0.02	199.59 [c] ± 1.05	52.0 3 [c] ± 2.03	1805.07 [c] ± 19.97
75:25	5.80 [d] ± 0.06	204.82 [d] ± 2.62	55.35 [c] ± 2.75	1390.8 4 [d] ± 38.01

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a, b, c, d หมายถึงค่าความแตกต่างกันทางสถิติ($P < 0.05$) ในแนวตั้ง

การใช้เวย์โปรตีนเพิ่มขึ้นพบว่ามีผลทำให้ pH ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P < 0.05$) มีการขึ้นฟูเพิ่มขึ้นและความแน่นแข็งลดลงและไอศกรีมปราศจากไขมันสูตรที่มีการเติมเวย์โปรตีนในปริมาณมากมีค่าความหนืดสูงที่สุดที่ระดับ 204.82 ± 2.62 cP. เมื่อพิจารณาการขึ้นฟู พบว่าในตัวอย่างไอศกรีมปราศจากไขมันทั้ง 3 สูตรมีการขึ้นฟูสูงกว่าสูตรพื้นฐาน ที่เป็นผลมาจากในสูตรพื้นฐานนั้นมีปริมาณของไขมันสูงเมื่อผ่านการปั่นรวมกับอากาศในขั้นตอน

ของการปั่นเม็ดไขมันจะมีขนาดเล็กลงล้อมรอบฟองอากาศทำให้เกาะตัวกันแน่น ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้เกิดการขัดขวางการขึ้นฟู (Patel *et al*., 2006) สูตรพื้นฐานจึงมีการขึ้นฟูน้อยที่สุด และมีค่าความแข็งมากที่สุดที่ระดับ 2170.95 ± 45.47 กรัม เนื่องจากไอศกรีมมีลักษณะเนื้อที่แน่นมาก ในขณะที่ไอศกรีมปราศจากไขมันมีความแน่นแข็งน้อยกว่า

จากการพัฒนาไอศกรีมไขมันต่ำ โดย ปิยะธิดา (2551) พบว่าจากการ ลดปริมาณหางนมผงลงร้อยละ 5 , 10 และ 15 ของปริมาณหางนมผงในสูตรปกติ และทดแทนหางนมผงส่วนที่หายไปด้วยเวย์โปรตีนและมอลโทเด็กซ์ทริน แล้วให้ส่วนผสมอื่นคงที่ พบว่าไอศกรีมไขมันต่ำที่เติมเวย์โปรตีนและมอลโทเด็กซ์ทริน มีคุณสมบัติทางกายภาพไม่แตกต่างจากไอศกรีมที่ไม่ได้เติมเวย์โปรตีน เวย์โปรตีนสามารถช่วยในการจับน้ำ เป็นอิมัลซิไฟเออร์ และเป็นตัวช่วยในการเกิดฟองโฟมของไอศกรีมทำให้ส่วนผสมต่างๆกระจายตัวได้ดีเนื้อสัมผัสของไอศกรีมมีความแน่น เนียนละเอียด และไม่อ่อนตัว (Patel et al. 2006) และ มอลโทเดกซ์ตริน (DE 10) เพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส ความหนืด และการขึ้นฟูของไอศกรีม

ตารางที่ 8 ผลของการละลายในไอศกรีมปราศจากไขมันจากการใช้เวย์โปรตีนและมอลโทเดกซ์ตรินในสัดส่วนต่างกัน

ตัวอย่างไอศกรีม	การละลาย ณ ช่วงเวลาต่างกัน (นาที)				
	10 นาที	20 นาที	30 นาที	40 นาที	อัตราการละลายต่อนาที
สูตรพื้นฐาน เวย์:มอลโทเดกซ์ตริน	14.66 ^{b} ± 7.17	46.06 ^{b} ± 14.09	55.27 ^{b} ± 15.38	60.09 ^{b} ± 15.50	0.26 ^{a} ± 0.11
25:75	48.5 ^{a} 5 ± 8.86	96.74 ^{a} ± 4.16	96.74 ^{a} ± 4.16	96.74 ^{a} ± 4.16	0.35 ^{a} ± 0.03
50:50	56.91 ^{a} ± 9.22	94.94 ^{a} ± 1.76	95.13 ^{a} ± 1.60	95.13 ^{a} ± 1.60	0.30 ^{a} ± 0.32
75:25	0 ^{c}	34.96 ^{c} ± 8.76	54.67 ^{b} ± 10.92	56.94 ^{b} ± 10.64	0.19 ^{b} ±0.29

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a , b, หมายถึงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)ในแนวตั้ง

วิเคราะห์ผลการการละลายของตัวอย่างไอศกรีมที่ผ่านการแช่แข็งแล้ว พบว่าไอศกรีมที่ใช้สารทดแทนไขมันด้วยเวย์โปรตีนและมอลโทเดกซ์ตรินในสัดส่วน 25:75 และ 50:50 มีอัตราการละลายไม่แตกต่างจากสูตรพื้นฐานแต่สูงกว่าสูตรที่ใช้สัดส่วน 75:25 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าการใช้เวย์โปรตีนเพิ่มถึงระดับหนึ่ง มีผลทำให้การละลายของไอศกรีมลดลง

เมื่อนำไอศกรีมปราศจากไขมันทั้ง 3 สูตรมาผ่านการทดสอบทางประสาทสัมผัส ไม่พบความแตกต่างในค่าสี และความหวาน พบว่ามีคะแนนความชอบรวมของการใช้สารทดแทนไขมัน 50:50 มีค่าไม่แตกต่างจากสูตรพื้นฐาน และสูงกว่าสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในภาพรวมการทดแทนไขมันทั้งหมดยังได้ผลไม่เป็นผลที่น่าพึงพอใจ แม้ว่าคะแนนบางค่าอาจไม่มีความแตกต่างทางสถิติ อาจต้องพิจารณาในการปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของ กลิ่นนม สี ซึ่งอาจส่งผลให้ความชอบรวมดีขึ้น

ตารางที่ 9 ผลการศึกษาการทดสอบทางประสาทสัมผัสในไอศกรีมปราศจากไขมันเทียบกับสูตรพื้นฐาน

คุณภาพของไอศกรีม	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส			
		ไอศกรีมนมปราศจากไขมันที่มีการทดแทนด้วยเวย์โปรตีน:มอลโทเดกซ์ตรินในสัดส่วนต่างกัน (Mean ± S.D)		
	สูตรพื้นฐาน	25:75	50:50	75:25
สี	7.15 ^{ns} ± 0.93	6.45 ± 1.14	5.95 ± 1.57	6.25 ± 1.83
ความมัน	6.80 ^{a} ± 0.76	5.85 ^{b} ± 1.78	6.90 ^{a} ± 1.29	5.50 ^{b} ± 1.55
กลิ่นนม	7.65 ^{a} ±0.67	5.85 ^{b} ± 0.87	6.85 ^{c} ± 0.74	5.95 ^{b} ± 1.27
ความหวาน	7.20 ^{ns} ± 0.69	6.65 ± 1.26	7.35 ± 0.81	6.85 ± 1.30
ความเรียบเนียน	6.75 ^{a} ± 096	6.40 ^{a} ± 1.09	6.85 ^{a} ± 1.38	5.15 ^{b} ± 2.09
ความชอบรวม	7.30 ^{a} ± 0.57	6.20 ^{b} ± 1.39	7.00 ^{a} ±1.21	5.65 ^{b} ± 1.46

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a, b, หมายถึงค่าความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)ในแนวนอน
สัญลักษณ์ ns (non-significant) หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแนวนอน

4. การผลิตไอศกรีมปราศจากไขมันปราศจากน้ำตาลจากการใช้เวย์โปรตีนและมอลโทเดกซ์ตรินทดแทนไขมันและมอลทิทอลทดแทนน้ำตาล

นำสูตรไอศกรีมปราศจากไขมันซึ่งใช้เวย์โปรตีนร่วมกับมอลโทเดกซ์ตรินอัตราส่วน 50:50 มาใช้มอลทิทอลทดแทนน้ำตาลทั้งหมด

ตารางที่ 10 ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของไอศกรีมปราศจากไขมันและน้ำตาลเทียบกับไอศกรีมปราศจากไขมันที่ทดแทนด้วยเวย์โปรตีนและมอลโทเดกซ์ตริน

ตัวอย่างไอศกรีม	สมบัติทางเคมีและกายภาพของไอศกรีมปราศจากไขมันปราศจากน้ำตาล(Mean ± S.D)			
	ระดับ pH	ความหนืด (cP.)	การขึ้นฟู (%)	ความแน่นแข็ง (g)
ไอศกรีมปราศจากไขมัน	5.94 ^{ns} ± 0.02	199.59 ^{b} ± 1.05	44.94 ^{ns} ± 4.94	1901.40 ^{b} ± 11.13
ไอศกรีมปราศจากไขมันและน้ำตาล	5.87 ^{ns} ± 0.11	204.82 ^{a} ± 2.62	46.61 ^{ns} ± 6.90	1813.30 ^{a} ± 33.23

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a, b, c, d หมายถึงค่าความแตกต่างกันทางสถิติ($P < 0.05$)ในแนวตั้ง
สัญลักษณ์ ns (non-significant) หมายถึงมีค่าไม่ความแตกต่างกันทางสถิติในแนวตั้ง

ไอศกรีมปราศจากไขมันทั้ง 2 สูตรมีระดับของ pH ที่ไม่แตกต่างกัน การใช้มอลทิทอลมีผลทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การขึ้นฟูไม่แตกต่างกัน ส่วนค่าความแข็งมีระดับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 11 ผลของอัตราการละลายในไอศกรีมปราศจากไขมันและน้ำตาล

ตัวอย่างไอศกรีม	การละลายเมื่อวัดที่ระยะเวลาต่างกัน (Mean ± S.D)				
	10 นาที	20 นาที	30 นาที	40 นาที	อัตราการละลายต่อนาที
ไอศกรีมปราศจากไขมัน	17.53 ^{ns} ± 8.47	53.06 ^{b} ± 15.44	66.49 ^{b} ± 19.18	71.62 ^{b} ± 18.27	0.26 ^{b} ± 1.87
ไอศกรีมปราศจากไขมันและน้ำตาล	28.20 ^{ns} ± 17.24	76.85 ^{a} ± 13.75	86.97 ^{a} ± 10.25	86.97 ^{a} ± 10.25	0.29 ^{a} ± 5.83

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a , b, หมายถึงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)ในแนวตั้ง
สัญลักษณ์ ns (non-significant) หมายถึงมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติในแนวตั้ง

ผลการทดสอบทดสอบอัตราการละลายต่อนาทีของตัวอย่างไอศกรีมปราศจากไขมันปราศจากน้ำตาลเปรียบเทียบกับสูตรปราศจากไขมันพบว่ามีอัตราการละลายไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 12 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมนมปราศจากไขมันและน้ำตาล

คุณภาพของไอศกรีม	คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัส (Mean ± S.D)	
	ไอศกรีมปราศจากไขมัน	ไอศกรีมปราศจากไขมันและน้ำตาล
สี	7.60 ^{ns} ± 0.93	7.55 ^{ns} ± 0.51
ความมัน	7.50 ^{ns} ± 0.60	7.55 ^{ns} ± 0.82
กลิ่นนม	7.35 ^{a} ± 0.67	7.10 ^{b} ± 0.71
ความหวาน	6.90 ^{ns} ± 0.78	6.70 ^{ns} ± 0.65
ความเรียบเนียน	7.30 ^{ns} ± 0.57	6.95 ^{ns} ± 0.39
ความชอบรวม	7.55 ^{a} ± 0.75	7.05 ^{b} ± 0.51

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a, b, หมายถึงค่าความแตกต่างกันทางสถิติ (P < 0.05)ในแนวนอน
สัญลักษณ์ ns (non-significant) หมายถึงมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติในแนวนอน

ผลการทดสอบความชอบที่มีต่อตัวอย่างไอศกรีมปราศจากไขมันและปราศจากน้ำตาลเปรียบเทียบกับสูตรปราศจากไขมันพบว่า คะแนนความชอบในด้านสี ความมัน ความหวาน และความเรียบเนียนไม่แตกต่างกัน ไอศกรีมปราศจากไขมันและน้ำตาลมีคะแนนทางประสาทสัมผัส กลิ่น และความชอบรวมต่ำกว่าสูตรไอศกรีมปราศจากไขมันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

5. คุณค่าโภชนาการของไอศกรีม

เมื่อนำตัวอย่างไอศกรีมทั้ง 4 สูตรที่ได้ คือ ไอศกรีมสูตรพื้นฐาน ไอศกรีมปราศจากน้ำตาล ไอศกรีมปราศจากไขมัน และ ไอศกรีมปราศจากไขมันและน้ำตาล ไปวิเคราะห์หาสารประกอบทางเคมีที่แสดงถึงคุณค่าโภชนาการที่มีในตัวอย่างไอศกรีม แสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 คุณค่าทางโภชนาการของไอศกรีม

ตัวอย่างไอศกรีม	คุณค่าทางโภชนาการ (ร้อยละ)					
	ความชื้น	เถ้า	ไขมัน	โปรตีน	ใยอาหาร	คาร์โบไฮเดรต
สูตรพื้นฐาน	65.34^{a} ± 0.55	0.68^{c} ± 0.42	8.31^{a} ± 0.31	3.98^{b} ± 0.01	1.45^{a} ± 0.97	20.24^{d} ± 0.99
ไอศกรีมปราศจากน้ำตาล	64.37^{a} ± 0.39	0.65^{c} ± 0.31	6.62^{a} ± 0.99	3.02^{b} ± 0.59	1.55^{a} ± 0.41	23.77^{c} ± 0.21
ไอศกรีมปราศจากไขมัน	60.07^{b} ± 0.41	1.04^{a} ± 0.95	0.46^{b} ± 0.52	7.36^{a} ± 0.25	1.07^{c} ± 0.51	30.00^{b} ± 0.42
ไอศกรีมปราศจากไขมันและน้ำตาล	57.59^{c} ± 0.51	0.85^{b} ± 0.11	0.39^{b} ± 0.55	6.65^{a} ± 0.981	1.20^{b} ± 0.51	33.31^{a} ± 0.91

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a, b, หมายถึงค่าความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)ในแนวตั้ง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่างไอศกรีมได้แก่ ความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน ใยอาหาร และปริมาณคาร์โบไฮเดรต พบว่าการใช้สารทดแทนไขมันทั้งหมดทำให้มี มีปริมาณไขมันลดลงกว่าสูตรพื้นฐานซึ่งมีปริมาณไขมันร้อยละ 8.31±0.31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยไอศกรีมปราศจากไขมันมีไขมันร้อยละ 0.46 ± 0.52 ไอศกรีมปราศจากไขมันและน้ำตาลมีปริมาณไขมันร้อยละ 0.39 ± 0.55 สอดคล้องกับมาตรฐานไอศกรีมปราศจากไขมันที่จะต้องมีปริมาณไขมันไม่เกินร้อยละ 0.5 (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 222) ,2544) แต่การใช้สารทดแทนน้ำตาลมอลทิทอลและมอลโทเดกซ์ตรินมีผลให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มสูงกว่าสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งนี้เนื่องจากสารประกอบมอลโทเดกซ์ตรินและมอลทิทอลเป็นคาร์โบไฮเดรต เมื่อพิจารณาปริมาณโปรตีนพบว่า การทดแทนไขมันด้วยเวย์โปรตีนสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนสูงกว่าสูตรที่พื้นฐาน (3.98±0.01)และสูตรปราศจากน้ำตาล(3.02 ± 0.59) ที่ไม่มีการทดแทนไขมัน

สรุปผล

สูตรพื้นฐานที่ได้รับการคัดเลือกนำมาใช้ ประกอบด้วย วิปปิ้งครีมร้อยละ 33.8 หางนมผงร้อยละ 10 น้ำตาลทรายร้อยละ 10 เกลือ ร้อยละ 0.2 สารให้ความคงตัวร้อยละ 0.3 น้ำร้อยละ 45.7 การใช้สารทดแทนน้ำตาลด้วยมอลทิทอลอย่างเดียวหรือด้วยส่วนผสมมอลทิทอลและอินูลินไม่มีผลต่อระดับ pH ไอศกรีมเหลวแต่มีผลต่อการขึ้นฟูและความแน่นแข็งของไอศกรีมส่วนการใช้สารทดแทนไขมันด้วยเวย์โปรตีนและมอลโทเดกซ์ตรินส่งผลต่อการขึ้นฟู และความแน่นแข็ง ในสัดส่วนเดียวกัน แต่ระดับ pH มีแนวโน้มลดลง การละลายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น การใช้เวย์โปรตีนและมอลโทเดกซ์ตรินในสัดส่วนร้อยละ 50:50 และการใช้มอลทิทอลทดแทนน้ำตาลทั้งหมด มีผลทำให้ปริมาณไขมันของไอศกรีมลดลงต่ำกว่าร้อยละ 0.5 จากสูตรพื้นฐานร้อยละ 8.31 a ± 0.31 ตามมาตรฐานของไอศกรีมปราศจากไขมัน ส่วนคาร์โบไฮเดรตมีปริมาณเพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

การใช้สารทดแทนไขมันด้วยเวย์โปรตีนและมอลโทเดกซ์ตรินและการทดแทนน้ำตาลแม้มีผลในการลดปริมาณไขมันของไอศกรีมแต่ควรหาสารทดแทนหรือสารเจือปนที่ช่วยเพิ่มกลิ่นนมและคุณภาพทางประสาทสัมผัสให้เพิ่มขึ้น

เอกสารอ้างอิง

เนาวรัตน์ ดำนิล. 2548. การผลิตไอศกรีมซังขนุนไขมันต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์.

พัชรินทร์ รักถาวร. 2542. การผลิตและปรับปรุงคุณภาพไอศกรีมกะทิลดไขมัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป. 2544. ฉบับกฤษฎีกา เล่ม 118 ตอนพิเศษ 70 ง.

สมจิต สุรพัฒน์. 2550. ไอศกรีมและผลิตภัณฑ์. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Aime, D.B. and S.D. Arntfield. 2001. Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products. Food Research International 34(2–3): 237-246.

Bordi, P., D. Cranage., J. Stokols, T. Palchak and L. Powell. 2004. Effect of polyols versus sugar on the acceptability of ice cream among a student and adult population. Food Research International 15: 41-50.

Garcia, R.S., R.T. Marshall. And H. Heymann. 1995. Lowfat ice cream from freeze concentrated versus heat-concentrate nonfat milk solids. Journal of Dairy Science 78(11): 2345-2351

Guinard, J.X., C. Zoumas-Morse.,C. Mori. and D. Panyam. 1996. Effect of sugar and fat on the acceptability of vanilla ice cream. Journal of Dairy Science 79(11): 1922-1927

Marshall, R.T., H.D. Goff. and R.W. Hartel. 2003. Ice Cream. 6th ed. Kluwer Academic/Plenum Publishers. New York.

Patel, M.R., R.J. Baer. and M.R. Acharya. 2006. Increasing the protein content in ice cream.. International Dairy Journal 89: 1400-1406.

การงอกของเมล็ดกล้วยไม้กะเรกะร่อนปากเป็ดแบบพึ่งพาอาศัยในหลอดทดลอง

In vitro symbiotic seed germination of Cymbidium finlaysonianum Lindl. (Orchidaceae)

ณมนรัก คำฉัตร(Na-monrug Khamchatra)[1]* จิรภัทร จันทมาลี(Jirapat Chanthamalee)[2]
อรรถกร คำฉัตร(Attakorn Khamchatra)[3] อาทร สกุลวรกิจ(A-thorn Sakulworakit)[4]
[1] สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
[2]สาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
[3] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
[4]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
*Corresponding author. E-mail:namonrug.k@rbru.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันกล้วยไม้กะเรกะร่อนปากเป็ดอยู่ในภาวะคุกคามของการขยายอาคารสิ่งก่อสร้างทำให้การสูญเสียสภาพแหล่งอาศัยจึงนำมาสู่การวางแผนเพื่อการการขยายพันธุ์และอนุรักษ์กล้วยไม้ด้วยวิธีเพาะเมล็ดร่วมกับราไมคอร์ไรซา ไอโซเลตที่แยกได้จากกล้วยไม้ชนิดอื่นในสภาพหลอดทดลองบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Oat meat agar (OMA) เพื่อหาเปอร์เซ็นต์การงอกและการพัฒนาของเมล็ดกล้วยไม้กะเรกะร่อนปากเป็ดทุกเดือนเป็นเวลา 4 เดือน พบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของราทั้ง 3 ไอโซเลตคล้ายสกุล *Rhizoctonia* แต่ลักษณะทางชีววิทยาโมเลกุลบ่งชี้ราไมคอร์ไรซาเป็น 2 กลุ่ม คือ ราในกลุ่ม *Tulasnella* sp. ได้แก่ ราไมคอร์ไรซาไอโซเลต RBRU001 และราในกลุ่ม *Ceratobasidium* sp. ได้แก่รา ไมคอร์ไรซา ไอโซเลต RBRU002 และ RBRU003 การทดสอบการงอกของเมล็ดแบบพึ่งพาอาศัยในหลอดทดลองของกะเรกะร่อนปากเป็ดกับราที่เป็นตัวแทนที่แยกได้จากกล้วยไม้ชนิดอื่น แสดงให้เห็นว่าเมล็ดที่เพาะเมล็ดร่วมกับราไมคอร์- ไรซา ส่งเสริมการงอกของเมล็ด 83.0 % แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (เพาะเมล็ดบนอาหาร oat meal agar เท่านั้น) 47.5 % ภายใน 4 เดือน และพบราไมคอร์ไรซาเพียงไอโซเลตเดียว คือ RBRU001 (*Tulasnella* sp.) ที่ส่งเสริมการงอกของเมล็ดและการพัฒนาของโปรโตคอร์มสูงสุดในระยะที่ 2 (71.5%) และระยะที่ 3 (92.8%) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับราไมคอร์ไรซาไอโซเลตอื่นภายในระยะเวลา 3 และ 4 เดือน ตามลำดับ

คำสำคัญ: กะเรกะร่อนปากเป็ด การพึ่งพาอาศัยในหลอดทดลอง ราไมคอร์ไรซา การงอกของเมล็ด กล้วยไม้อิงอาศัย

Abstract

Presently, the rapid loss of *Cybidium finlaysonianum* Lindl. orchids are threaten with extinction due to disturbance of building has prompted researchers to develop appropriated plans for the propagation and conservation of this orchid species. This research aims to study effectiveness of three orchid mycorrhizal fungi obtained from the others orchid species, in promoting *in vitro* seed germination and protocorm development of *C finlaysonianum* Lindl.,

cultured on oat meal agar (OMA) that were evaluated monthly. Fungus identification based on morphological characteristics revealed that all isolates were *Rhizoctonia*-like fungi while identification based on molecular characteristics suggested that two fungal genera, *Tulasnella* sp. (isolate RBRU001) and *Ceratobasidium* sp. (isolates RBRU002 and RBRU003). Test of *in vitro* symbiotic seed germination of *C. finlaysonianum* Lindl. with fungal isolates above demonstrated that all isolates supported percentage of seed germination 83.0% while control treatment (seed sowing on oat meal agar only) had only 47.5% within 4 months. Only fungal isolate RBRU001 (*Tulasnella* sp.) promoted seed germination and protocorm development to stage 2 (71.5%) and stage 3 (92.8%) were also high significantly more advanced than those fungi isolates within 3 and 4 months, respectively.

Keywords: *Cymbidium finlaysonianum*, *in vitro* symbiosis, mycorrhizal fungi, seed germination, epiphytic orchid

บทนำ

ปัจจุบันมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีกำลังขยายพื้นที่ก่อสร้างตึกอาคารเรียน อาคารที่พักอาศัยเพิ่มขึ้นในหลายบริเวณ บริเวณพื้นที่ต่างๆ ดังกล่าวเป็นแหล่งอิงอาศัยของกล้วยไม้กะเรกะร่อนที่ขึ้นอยู่บนคาคบไม้ใหญ่ ส่งผลให้มีการสูญเสียแหล่งพันธุกรรมกล้วยไม้กะเรกะร่อนปากเป็ด (*Cymbidium finlaysoniaum* Lindl.) (อบฉันท์ ไทยทอง, 2549) ดังภาพที่ 1 ไปด้วยเช่นกัน คณะผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญของการอนุรักษ์กล้วยไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ด้วยเหตุที่เมล็ดกล้วยไม้มีขนาดเล็ก ไม่มีสารอาหาร (endosperm) ในสภาพธรรมชาติกล้วยไม้จำเป็นต้องอาศัยรา ไมคอร์ไรซาเพื่อช่วยในงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นอ่อน แม้ว่าในปัจจุบันได้นำเทคนิคและวิธีการเพาะขยายพันธุ์เมล็ดกล้วยไม้บนอาหารสังเคราะห์ โดยไม่จำเป็นต้องใช้ราไมคอร์ไรซาจะประสบความสำเร็จอย่างสูงในกล้วยไม้ป่าที่หายากหลายชนิด แต่กล้วยไม้ที่ปราศจากราไมคอร์ไรซาเหล่านั้นอาจไม่สามารถอยู่รอดต่อไปได้เมื่อนำกล้วยไม้เหล่านั้นกลับคืนสู่ธรรมชาติ จากปัญหาดังกล่าวจำเป็นต้องอาศัยการเพาะเมล็ดกล้วยไม้แบบพึ่งพาอาศัย ในหลอดทดลอง ซึ่งเป็นการจำลองบทบาทของราไมคอร์ไรซาในธรรมชาติเพื่อช่วยให้การงอกของเมล็ดและการพัฒนาของโปรโตคอร์มได้เป็นผลสำเร็จ อีกทั้งยังช่วยย่นระยะเวลาในการงอกของเมล็ดและการพัฒนาของโปรโตคอร์มไปเป็นต้นอ่อน และช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดและอัตราการรอดของกล้ากล้วยไม้เมื่อย้ายออกปลูก กล้วยไม้สกุลกะเรกะร่อน *Cymbidium* (Dixon et al., 2003) มีการกระจายพันธุ์ในเขตร้อนภูมิภาคเอเชียตะวันออก เป็นกล้วยไม้อิงอาศัยมักพบตามป่าระดับต่ำหรือป่าดิบเขา กล้วยไม้สกุลนี้สามารถเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์และพัฒนาเป็นไม้ตัดดอกที่สำคัญมากสกุลหนึ่งของประเทศไทย ชนิดที่มีดอกเด่นสะดุดตาถูกนำมาเป็นพ่อแม่พันธุ์เพื่อพัฒนาเป็นกล้วยไม้ลูกผสมเพิ่มขึ้นจนปัจจุบัน กล้วยไม้สกุลนี้เริ่มลดปริมาณลง เนื่องจากการลักลอบขายอย่างผิดกฎหมาย จากการใช้ประโยชน์พื้นที่ ที่เป็นที่อยู่อาศัยของกล้วยไม้สกุลนี้

งานวิจัยนี้ใช้ราไมคอร์ไรซาที่ช่วยการงอกของเมล็ดกล้วยไม้สกุลอื่นจะสามารถช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของกล้วยไม้กะเรกะร่อนปากเป็ดได้เช่นเดียวกันเป็นสมมติฐาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเปอร์เซ็นต์การงอกและการพัฒนาของเมล็ดกล้วยไม้กะเรกะร่อนปากเป็ดแบบพึ่งพาอาศัยในสภาพปลอดเชื้อ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยครั้งนี้คือ แนวทางในการวางแผนระยะยาวในการจัดการ การอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์ร่วมกันระหว่างกล้วยไม้และราไมคอร์ไรซาในกล้วยไม้เพื่อการนำกลับคืนสู่ธรรมชาติ รวมทั้งเป็นแนวทางในการพัฒนาขยายพันธุ์กล้วยไม้เพื่อเพิ่มมูลค่าในทางเศรษฐกิจ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อหาเปอร์เซ็นต์การงอกและการพัฒนาของเมล็ดกล้วยไม้กะเรกะร่อนปากเป็ดแบบพึ่งพาอาศัยในสภาพหลอดทดลอง

วิธีดำเนินการวิจัย

การฟอกฆ่าเชื้อเมล็ด

ฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดกล้วยไม้ในกระดาษกรอง โดยนำเมล็ดกล้วยไม้กะเรกะร่อน *(Cymbidium finlaysonianum)* วางลงบนกระดาษกรองที่พับเป็นซอง แต่ละซองให้ระบุชนิดของกล้วยไม้ ฟอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อที่เติมสารลด แรงตึงผิว 2 ครั้ง นานครั้งละ 5 นาที สารละลายโซเดียมไฮโปครอไรด์ 5.25 เปอร์เซ็นต์ นาน 15 นาที เขย่าเป็นครั้งคราว ล้างด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 3 ครั้ง ภายในตู้ปลอดเชื้อ นำเมล็ดกล้วยไม้ที่ฟอกฆ่าเชื้อแล้วไปทดสอบการงอกในแต่ละชุดการทดลอง

การเพาะเมล็ดร่วมกับราไมคอร์ไรซา

ใช้ปลายมีดเขี่ยเมล็ดที่ฟอกฆ่าเชื้อแล้วแตะกระดาษกรองที่อยู่บนผิวหน้าอาหารเพาะเลี้ยง Oat Meal Agar (OMA) 4 จุด เอียงจานอาหารไปมาเพื่อให้เมล็ดกระจายทั่วกระดาษกรอง ผึ่งไว้จนกว่าผิวหน้าอาหารแห้ง จากนั้นนำเส้นใยราไมคอร์ไรซาที่ทราบแล้วว่าสามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดกล้วยไม้อิงอาศัยบางชนิดในไอโซเลต RBRU001, RBRU002, RBRU003 ที่เจริญบนอาหารเพาะเลี้ยงสูตร Potato Dextrose Agar (PDA) ขนาด 0.5 X 0.5 เซนติเมตรวางลงตรงกลางจานเพาะเลี้ยง กำหนดให้การเพาะเมล็ดกล้วยไม้กะเรกะร่อนบนอาหารเพาะเลี้ยง OMA ปราศจากราไมคอร์ไรซา เป็นชุดควบคุม แต่ละไอโซเลตมีจำนวน 4 ซ้ำ เก็บไว้ในสภาพมืด ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ติดตามระยะต่างๆ ของการงอกและการพัฒนาของเมล็ดหลังจากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 เดือน ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ บันทึกระยะการงอกของเมล็ดและการพัฒนาของโปรโตคอร์ม ตามวิธีดัดแปลงจาก Stewart และคณะ (2002) ดังตารางที่ 1 โดยหาเปอร์เซ็นต์การงอกและการพัฒนาโปรโตคอร์มกล้วยไม้จาก (จำนวนเมล็ดที่เจริญในแต่ละระยะ/จำนวนเมล็ดที่มีชีวิตทั้งหมด) x 100 และนำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ทางสถิติและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Ducan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การระบุเอกลักษณ์ของราในรากกล้วยไม้ด้วยวิธีทางชีววิทยาโมเลกุล

การตรวจสอบสายพันธุ์ราที่แยกได้จากรากกล้วยไม้โดยศึกษาลำดับเบสในสายดีเอ็นเอ (Zhou และ Hogetsu, 2002) และเพิ่มปริมาณชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่ตำแหน่ง Internal transcribed spacer (ITS) ตามรายงานของ White และคณะ (1990) ส่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเพิ่มปริมาณชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่ตำแหน่ง ITS ที่ผ่านการตรวจสอบและให้ผลที่ชัดเจน ไปวิเคราะห์ที่บริษัท Macrogen ณ สาธารณรัฐเกาหลี ด้วยเครื่องวิเคราะห์ลำดับเบส รุ่น Biosystems 3730XL sequencers วิเคราะห์ลำดับเบสที่ได้โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลลำดับเบสของราที่ตำแหน่งเดียวกันในฐานข้อมูลGenBank ด้วยโปรแกรม BLAST version 2.2.18 ที่ปรากฏในเว็บไซต์ http://www.ddbj.nig.ac.jp

ผลการวิจัย

การแยกราไมคอร์ไรซาให้บริสุทธิ์

นำราไมคอร์ไรซาที่ทราบเบื้องต้นว่าสามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดกล้วยไม้อิงอาศัยบางชนิดในไอโซเลต RBRU001, RBRU002 และ RBRU003 จากหลอดเก็บรักษาเชื้อมาต่อเชื้อบนอาหารเพาะเลี้ยง (subculture) Potato Dextrose Agar นาน 4-7 วัน เพื่อให้ได้ราไมคอร์ไรซาบริสุทธิ์และกำลังเจริญเติบโตที่เหมาะสำหรับการเพาะร่วมกับเมล็ดในกิจกรรมถัดไป พบว่าภายหลัง subculture เป็นเวลา 7 วัน เส้นใยราไอโซเลต RBRU001 มีลักษณะสีขาว เจริญบนผิวหน้าอาหาร เจริญช้า เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 3.15 เซนติเมตร ราไอโซเลต RBRU002 เส้นใยมีละเอียดสีขาว ฟูขึ้นเล็กน้อย เจริญได้เร็วเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 8.30 เซนติเมตร และเส้นใยราไอโซเลต RBRU003 เส้นใยมีละเอียดสีขาว ฟูขึ้นเล็กน้อย เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 4.52 เซนติเมตร (ภาพที่ 2) ราไมคอร์ไรซาทั้ง 3 ไอโซเลตมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาคล้ายสกุล *Rhizoctonia* (*Rhizoctonia*-like fungi)

ภาพ 1 ดอกกล้วยไม้กะเรกะร่อนปากเป็ด (*Cymbidium finlaysonianum*)
อิงอาศัยบนคาคบไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

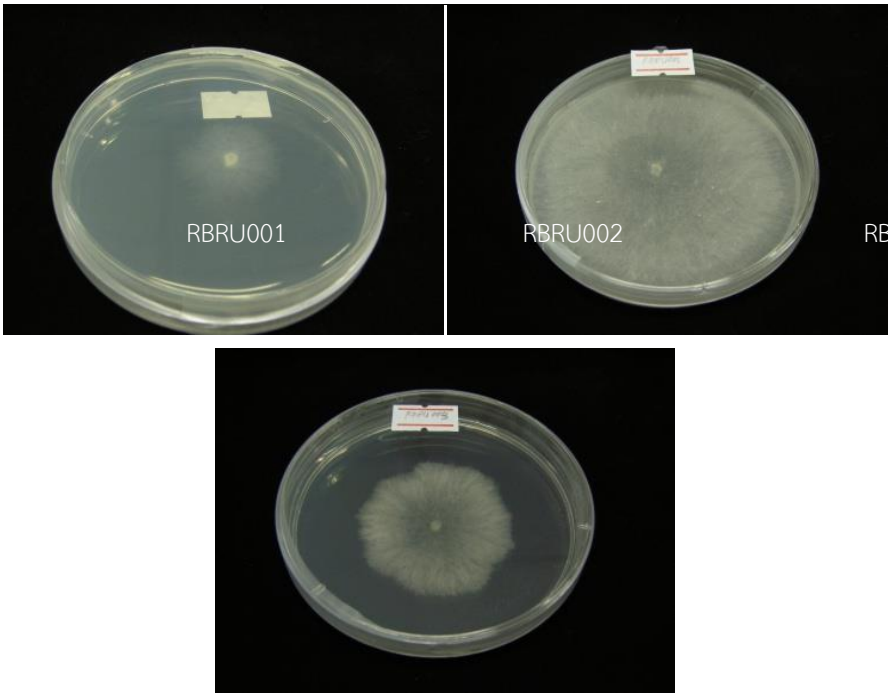
การเพาะเมล็ดร่วมกับราไมคอร์ไรซา

นำเมล็ดกล้วยไม้กะเรกะร่อนที่เก็บรักษาไว้มาฟอกฆ่าเชื้อบนกระดาษกรองที่พับเป็นซอง ด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปรคลอไรด์ 5.25 เปอร์เซ็นต์ นาน 10 นาที เขย่าเป็นครั้งคราว ล้างด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 3 ครั้ง ภายในตู้ปลอดเชื้อ นำเมล็ดกล้วยไม้ที่ฟอกฆ่าเชื้อแล้วไปทดสอบการงอกในแต่ละชุดการทดลองดังนี้ ชุดการทดลองที่ 1 เพาะเมล็ดกล้วยไม้บนอาหาร OMA ปราศจากราไมคอร์ไรซา (ชุดควบคุม) และชุดการทดลองที่ 2 เพาะเมล็ดกล้วยไม้บนอาหาร OMA ร่วมกับราไมคอร์ไรซา RBRU001, RBRU002 และ RBRU003

ตาราง1 ระยะการงอกของเมล็ดและการพัฒนาโปรโตคอร์มกล้วยไม้

ระยะ	ลักษณะที่ปรากฏ
0	เมล็ดกล้วยไม้แต่ไม่งอก
1	เอ็มบริโอขยายขนาด เริ่มปรากฏไรซอยด์
2	เอ็มบริโอขยายขนาด เปลือกหุ้มเมล็ดเริ่มปริและหลุดออก
3	โปรโตคอร์มมีเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด

ระยะ	ลักษณะที่ปรากฏ
4	โปรโตคอร์มปรากฏใบแท้จริงใบแรก
5	ใบแท้จริงใบแรกขยายขนาด



ภาพที่ 2 โคโลนีราไมคอร์ไรซาเจริญบนอาการเพาะเลี้ยง Potato dextrose agar บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 วัน

แต่ละชุดการทดลองมี 4 ซ้ำ เก็บไว้ในสภาพมืด ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ติดตามระยะต่างๆ ของการงอกเมล็ดและการพัฒนาโปรโตคอร์มทุกเดือนเป็นระยะเวลา 4 เดือน ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ พบว่า ภายหลังการเพาะเมล็ดกล้วยไม้ร่วมกับราไมคอร์ไรซาตลอดทั้ง 4 เดือน ค่าเปอร์เซ็นต์การงอกของชุดการทดลองที่ 2 สูงกว่าชุดควบคุม (ตารางที่ 3) และเมื่อพิจารณาระยะต่างๆ ของการงอกและการพัฒนาโปรโตคอร์ม พบว่า ภายหลังการเพาะเมล็ดกล้วยไม้ร่วมกับราไมคอร์ไรซาเมล็ดกล้วยไม้มีค่าเปอร์เซ็นต์การงอกเฉลี่ยของเมล็ดสูงกว่าชุดควบคุม (ตารางที่ 2) ค่าเปอร์เซ็นต์ระยะการงอกของเมล็ดและการพัฒนาโปรโตคอร์มเฉลี่ยระยะที่ 2 ระยะที่ 3 และระยะที่ 4 ของเมล็ดที่เพาะร่วมกับราไมคอร์ไรซาสูงกว่าชุดควบคุมในตั้งแต่เดือนแรกจนสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 3) ทั้งนี้การเพาะเมล็ดร่วมกับราไมคอร์ไรซาเพียงไอโซเลต RBRU001 เดียวเท่านั้นที่พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การงอกในแต่ละเดือนสูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับราไมคอร์ไรซาไอโซเลต RBRU002 และ RBRU003 (ตารางที่ 4) แม้ว่าเมล็ดกล้วยไม้สามารถพัฒนาได้สูงสุดในระยะที่ 3 โปรโตคอร์มมีเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด (92.8 เปอร์เซ็นต์) ดังภาพที่ 3 แต่ยังมีเมล็ดกล้วยไม้ที่สามารถพัฒนาได้ถึงระยะที่ 4 โปรโตคอร์มปรากฏใบแท้จริงใบแรกได้เพียงเล็กน้อย (3.5 เปอร์เซ็นต์) (ภาพที่ 4)

ภาพที่ 3 การงอกและการพัฒนาโปรโตคอร์มของเมล็ดกล้วยไม้กะเรกะร่อนปากเป็ดร่วมกับราไมคอร์ไรซา ไอโซเลต RBRU001 อยู่ในระยะที่ 3 โปรโตคอร์มมีเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด ภายหลังการเพาะเมล็ดเป็นเวลา 4 เดือน

ตาราง2 ค่าเปอร์เซ็นต์การงอกเฉลี่ยของเมล็ดกล้วยไม้ *Cymbidium finlaysonianum* ที่เพาะเมล็ดร่วมกับราไมคอร์ไรซา ภายหลังการเพาะเมล็ดเป็นเวลานาน 1, 2, 3 และ 4 เดือน

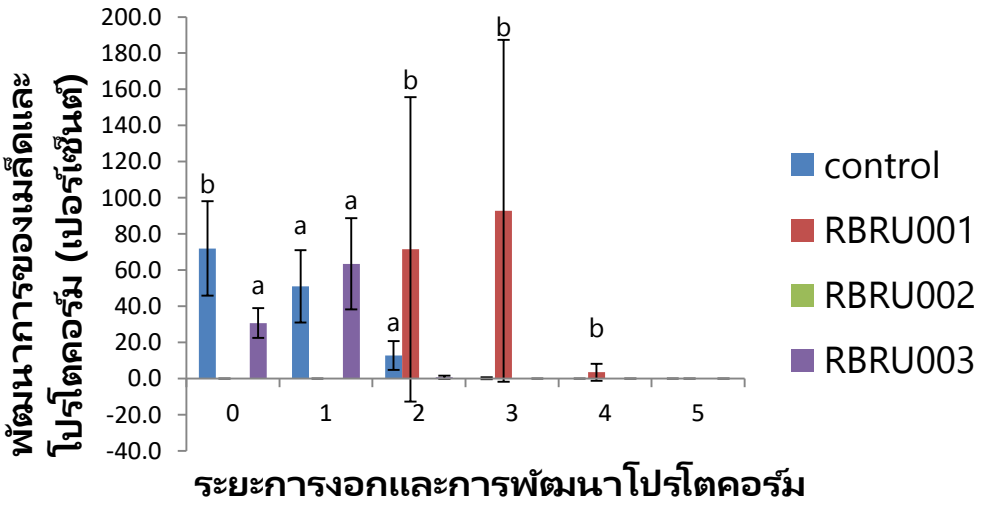
ระยะเวลา (เดือน)		การไม่งอกและงอกเฉลี่ยของเมล็ดกล้วยไม้คิดเป็นเปอร์เซ็นต์	
		ไม่งอก	งอก
1	ชุดควบคุม	89.5	10.5
	ราไมคอร์ไรซา	41.2	58.8
2	ชุดควบคุม	80.8	19.2
	ราไมคอร์ไรซา	15.5	84.5
3	ชุดควบคุม	86.2	13.8
	ราไมคอร์ไรซา	16.6	83.4
4	ชุดควบคุม	52.5	47.5
	ราไมคอร์ไรซา	17.0	83.0

ตาราง3ค่าเปอร์เซ็นต์ระยะการงอกและการพัฒนาโปรโตคอร์มเฉลี่ยของเมล็ดกล้วยไม้ *Cymbidiumfinlaysonianum* ที่เพาะเมล็ดร่วมกับราไมคอร์ไรซา ภายหลังการเพาะเมล็ดเป็นเวลานาน 1, 2, 3 และ 4 เดือน

ระยะเวลา (เดือน)		ระยะการงอกและการพัฒนาโปรโตคอร์มเฉลี่ยของเมล็ดกล้วยไม้					
		0	1	2	3	4	5
1	ชุดควบคุม	89.7	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	ราไมคอร์ไรซา	35.7	29.8	8.9	25.7	0.0	0.0
2	ชุดควบคุม	80.9	19.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	ราไมคอร์ไรซา	13.5	45.8	6.0	34.3	0.4	0.0
3	ชุดควบคุม	85.3	12.5	2.2	0.0	0.0	0.0
	ราไมคอร์ไรซา	11.9	38.7	5.3	42.3	1.8	0.0
4	ชุดควบคุม	52.9	37.5	9.4	0.2	0.0	0.0
	ราไมคอร์ไรซา	11.7	24.2	27.5	35.2	1.4	0.0

ตาราง4 ค่าเปอร์เซ็นต์ระยะการงอกและการพัฒนาโปรโตคอร์มเฉลี่ยของเมล็ดกล้วยไม้ *Cymbidium finlaysonianum* ที่เพาะเมล็ดร่วมกับราไมคอร์ไรซาไอโซเลต RBRU001, RBRU002 และ RBRU003 ภายหลังการเพาะเมล็ดเป็นเวลานาน 1, 2, 3 และ 4 เดือน

ทรีทเมนต์	ระยะเวลาภายหลังการเพาะเมล็ด (เดือน)			
	1	2	3	4
ชุดควบคุม	10.49±7.91	19.16±11.77	13.84±8.95	47.49±15.60
RBRU001	100.00±0.00	100.00±0.00	100±0.00	100.00±0.00
RBRU002	0.00±0.00	75.59±9.87	64.62±31.94	0.00±0.00
RBRU003	76.45±2.51	77.87±5.74	64.13±5.11	66.04±12.17



ภาพ 4 เปอร์เซ็นต์พัฒนาการของเมล็ดและโปรโตคอร์มกล้วยไม้ *Cymbidium finlaysonianum* ในแต่ละระยะการงอกและการพัฒนาโปรโตคอร์มที่เพาะเมล็ดร่วมกับราไมคอร์ไรซาไอโซเลต RBRU001, RBRU002 และ RBRU003 ภายหลังการเพาะเป็นเวลานาน 4 เดือน ตัวอักษรต่างกันบนแท่งฮีสโทแกรมในแต่ละช่วงเวลามีความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญของระยะการเจริญและพัฒนาของเมล็ด ($P \leq 0.05$)การระบุเอกลักษณ์ของราด้วยวิธีทางชีววิทยาโมเลกุล

จากการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอที่ตำแหน่ง ITS ด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่โพลิเมอเรส ได้ผลิตภัณฑ์ของราที่แยกได้จาก พีโลตอนรา 3 ไอโซเลตซึ่งช่วยส่งเสริมกระตุ้นการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ชนิดอื่นได้ มีจำนวนคู่เบสประมาณ 600-700 คู่เบส และเมื่อนำชิ้นส่วนดีเอ็นเอดังกล่าวไปหาลำดับเบส และเปรียบเทียบลำดับเบสที่ตำแหน่ง ITS กับฐานข้อมูลใน GenBank ให้ผลเปรียบเทียบดังตารางที่ 5 ซึ่งแบ่งราได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ราไมคอร์ไรซาไอโซเลต RBRU001 มีความใกล้เคียงกับราสกุล *Tulasnella* sp. ไอโซเลต SV15 ที่มีอยู่ในฐานข้อมูล GenBank (F926500) โดยมีค่าความเหมือน 95 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ 2 ราไมคอร์ไรซาไอโซเลต RBRU002 และ RBRU003 ซึ่งมีความใกล้เคียงกับราสกุล *Ceratobasidium* sp. ไอโซเลต Str14 ที่มีอยู่ในฐานข้อมูล GenBank (GU937735 และ DQ102402) โดยมีค่าความเหมือน 93 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตาราง5ค่าเปอร์เซ็นต์ระยะการงอกและการพัฒนาโปรโตคอร์มเฉลี่ยของเมล็ดกล้วยไม้ *Cymbidium finlaysonianum*

รหัสราไมคอร์ไรซา	ราที่มีลำดับเบสเข้าคู่กันใกล้เคียงที่สุด และ Assession codes		จำนวนเบสตัวอย่างเทียบกับจำนวนเบสอ้างอิง (เปอร์เซ็นต์ความเหมือน)
RBRU001	*Tulasnella* sp. EE-2011 isolate SV15 Cantharellales; Tulasnellaceae	F926500	324/338 (95%)
RBRU002	*Ceratobasidium* sp. Cantharellales; Ceratobasidiaceae	GU937735	666/713 (93%)
RBRU003	*Ceratobasidium* sp. AG-G isolate Str 14 Cantharellales; Ceratobasidiaceae	DQ102402	643/644(99%)

สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยครั้งนี้เป็นรายงานแรกที่ทดสอบการงอกของเมล็ดกล้วยไม้กะเรกะร่อนปากเป็ด *Cymbidium finlaysonianum* Lindl. แบบพึ่งพาอาศัยในหลอดทดลอง ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมนำมาใช้ในการอนุรักษ์และขยายพันธุ์กล้ากล้วยไม้ แต่ในประเทศไทยพบน้อยมาก (Athipunyakhom et al., 2004) ภายหลังการเพาะเมล็ดกล้วยไม้ร่วมกับรา ไมคอร์ไรซาเป็นเวลา 1 เดือน เมล็ดกล้วยไม้มีค่าเปอร์เซ็นต์การงอกเฉลี่ย 58.8 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ชุดควบคุมเพียง 10.49 เปอร์เซ็นต์ และภายหลังการเพาะเมล็ดกล้วยไม้เป็นเวลา 2, 3 และ 4 เมล็ดกล้วยไม้ที่เพาะร่วมกับราไมคอร์ไรซายังให้ ค่าเปอร์เซ็นต์การงอกเฉลี่ยสูงกว่าชุดควบคุมคือ 65.3, 69.9 และ 35.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และพบว่าเมล็ดกล้วยไม้ *C. finlaysonianum* ที่เพาะร่วมกับราไมคอร์ไรซาไอโซเลต RBRU001 มีค่าเปอร์เซ็นต์การงอกเฉลี่ยของเมล็ดสูงสุด 100 เปอร์เซ็นต์ตั้งแต่เดือนแรกจนถึงเดือนที่ 4 ดังตารางที่ 4 และพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์การงอกเฉลี่ยของเมล็ดสูงสุดอยู่ในระยะที่ 3 โปรโตคอร์มขยายใหญ่ขึ้น มีเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด 92.8 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 3 แม้จะพบว่าเมล็ดกล้วยไม้สามารถพัฒนาเข้าสู่ระยะที่ 4 โปรโตคอร์มปรากฏใบแท้จริงใบแรก 3.5 เปอร์เซ็นต์ และไม่พัฒนาต่อไปแต่อย่างใด อาจกล่าวได้ว่า ราไมคอร์ไรซาบางไอโซเลตอาจมีบทบาทเพียงช่วยกระตุ้นให้เอ็มบริโอขยายขนาดขึ้นจนสร้างเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด แต่ไม่ได้สนับสนุนการพัฒนาของโปรโตคอร์มในระยะต่างๆ ของกล้วยไม้ (Porras & Bayman, 2007) สอดคล้องกับ Stewart & Kane (2006) รายงานว่าเมล็ดกล้วยไม้ *Habenaria macroceratitis* สามารถงอกได้และโปรโตคอร์มพัฒนาได้เมื่อได้รับการกระตุ้นจากราไมคอร์ไรซาที่แยกจากรากกล้วยไม้สกุลอื่น เช่นเดียวกับ Nontachaiyapoom et al. (2011) รายงานว่าเมล็ดกล้วยไม้ *Grammatophyllum speciosum* Blume และ *Dendrobium draconis* Rchb. f. สามารงอกและพัฒนาเข้าสู่ระยะที่ 3, 4 และ 5 ได้ เมื่อได้รับการกระตุ้นราไมคอร์ไรซาที่แยกได้จากกล้วยไม้อื่น ๆ นอกจากนี้ Khamchatra et al. (2015) รายงานว่า เมล็ดกล้วยไม้เอื้องเงินหลวง (*Dendrobium formosum*) ที่เพาะร่วมกับรา ไมคอร์ไรซาที่แยกได้จากรากของกล้วยไม้ชนิดเดียวกันนี้ สามารถช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ และสามารถพัฒนาเป็นโปรโตคอร์มในระยะที่ 3 คือ โปรโตคอร์มมีเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดได้ แต่ไม่สามารถพัฒนาเข้าสู่ระยะที่ 4 ได้ เนื่องจากบทบาทของราที่แตกต่างกันในแต่ละระยะการเจริญของกล้วยไม้อาจมีการเปลี่ยนแปลงชนิดของราไมคอร์ไรซาในระยะการงอกของเมล็ดและการพัฒนาโปรโตคอร์มแตกต่างจากระยะโตเต็มที่ (Zelmer และ Currah, 1995) ในการอนุรักษ์และการฟื้นฟูกล้วยไม้พันธุ์หายากหรือใกล้สูญพันธุ์ มีความจำเป็นต้องหาราไมคอร์ไรซาที่เหมาะสมต่อ

การงอก โดยสามารถส่งเสริมหรือสนับสนุนการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ได้ (Chutima et al., 2011) จากการทดลองครั้งนี้พบว่าราไมคอร์ไรซา ไอโซเลต RBRU001 จัดอยู่ในสกุล *Tulasnella* มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นการงอกของเมล็ดและการพัฒนาโปรโต- คอร์มมากที่สุดสำหรับเมล็ดกล้วยไม้ *C. finlaysonianum* พอ ๆ กับกล้วยไม้สกุลอื่นที่รายงานไว้ (Rasmussen, 2002; Stewart & Kane, 2002; Johnson et al., 2007; Chutima et al., 2011) แสดงให้เห็นว่าราไมคอร์ไรซาสกุล *Tulasnella* เป็นราไมคอร์ไรซาที่พบได้แพร่หลาย ซึ่งสามารถแยกได้จากรากกล้วยไม้ *Dendrobium formosum* และนำไปใช้กระตุ้นการงอกของเมล็ดกล้วยไม้ทั่วไปได้ (Mc Cormick et al., 2004 Khamchatra et al., 2015) นอกจากนี้ยังพบว่าราไมคอร์ไรซาสกุล *Tulasnella* มีความสัมพันธ์กับ liverwort (*Cryptothallus mirabilis*) และกล้วยไม้อิงอาศัยบางชนิด (Suarez et al., 2006) ในบางครั้งการเจริญเติบโตหรือการพัฒนาโปรโตคอร์มในระยะถัดไป กล้วยไม้อาจมีกลไกในการป้องกันหรือกำจัดราไมคอร์ไรซาเดิมที่ส่งเสริมในการงอก จึงจำเป็นต้องอาศัยราไมคอร์ไรซาที่แตกต่างจากระยะแรกของการพัฒนาโปรโตคอร์ม การหาราไมคอร์ไรซาที่เหมาะสมอาจแยกได้จากรากเดิมของต้นแม่ในระยะที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้น หรือขณะออกดอกหรือจากรากกล้วยไม้ต่างสกุล เพื่อช่วยให้โปรโตคอร์มสามารถพัฒนาเป็นต้นอ่อนที่แข็งแรงก่อนย้ายออกปลูก (Rasmussen & Rasmussen, 2014)

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าราไมคอร์ไรซาทั้ง 3 ไอโซเลต (RBRU001, RBRU002 และ RBRU003) มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาคล้ายสกุล *Rhizoctonia* (*Rhizoctonia*-like fungi) แต่ลักษณะทางชีววิทยาโมเลกุลบ่งชี้ราไมคอร์ไรซาเป็น 2 กลุ่ม คือ ราในกลุ่ม *Tulasnella* sp. ได้แก่ ราไมคอร์ไรซาไอโซเลต RBRU001 และราในกลุ่ม *Ceratobasidium* sp. ได้แก่ราไมคอร์ไรซาไอโซเลต RBRU002 และ RBRU003 การงอกของเมล็ดและการพัฒนาโปรโตคอร์มของเมล็ดกล้วยไม้ *C. finlaysonianum* โดยอาศัยราไมคอร์ไรซาที่สามารถช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ดกล้วยไม้สกุลอื่น ได้แก่ ไอโซเลต RBRU001 RBRU002 และ RBRU003 แบบพึ่งพาอาศัยในหลอดทดลอง แสดงให้เห็นว่าทุกไอโซเลตสามารถกระตุ้นการงอกได้ คิดเป็น 83.0 เปอร์เซ็นต์ และพบราเพียงกลุ่มเดียว คือ *Tulasnella* ไอโซเลต RBRU001 ที่ส่งเสริมการงอกของเมล็ดและการพัฒนาของโปรโตคอร์มถึงระยะที่ 3 และ 4 (92.8, 3.5 เปอร์เซ็นต์) ภายใน 4 เดือน การทดลองนี้เป็นรายงานแรกในประเทศไทยที่แสดงให้เห็นความสำเร็จของการงอกของเมล็ดแบบพึ่งพาอาศัยในหลอดทดลองของกล้วยไม้กะเรกะร่อนปากเป็ด *C. finlaysonianum*

ข้อเสนอแนะ

การหาระยะของโปรโตคอร์มและต้นอ่อนที่เหมาะสมของ *C. finlaysonianum* ต่อการย้ายปลูกทั้งในสภาพปลอดเชื้อ สภาพโรงเรือน และคืนสู่ธรรมชาติให้ประสบความสำเร็จนั้นนับว่าเป็นงานวิจัยที่ท้าทายอย่างยิ่ง คณะผู้วิจัยจักต้องคัดสรรหาราไมคอร์ไรซาไอโซเลตที่เหมาะสม ที่สามารถพัฒนาโปรโตคอร์มกล้วยไม้เข้าสู่ระยะที่ 5 และปล่อยคืนสู่ธรรมชาติ คณะผู้วิจัยเชื่อมั่นและหวังเป็นอย่างยิ่งที่จะได้ดำเนินการวิจัยดังกล่าวเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้และความเข้าใจเพิ่มเติมเพื่อที่จะได้ดำเนินการวางแผนการขยายพันธุ์ไปพร้อมๆ กับการอนุรักษ์สายพันธุ์กล้วยไม้กะเรกะร่อนปากเป็ด (*C. finlaysonianum*) และกล้วยไม้ไทยชนิดอื่นที่เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ในโครงการวิจัยครั้งต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เอกสารอ้างอิง

อบฉันท์ ไทยทอง. (2549). **กล้วยไม้เมืองไทย.** (พิมพ์ครั้งที่ 12). กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด.

Athipunyakom P, Manoch L, Piluek C, Artjariyasripong S, Tragulrung S. (2004). Mycorrhizal fungi from *Spathoglottis plicata* and the use of these fungi to germinate seeds of *S. plicata in vitro*. *Kasetsart Journal. (Nat Sci)*, 37:83–93.

Chutima R, Dell B, Vessabutr S, Bussaban B, Lumyong S. (2011). Endophytic fungi from *Pecteilis susannae* (L.) Rafin (Orchidaceae), a threatened terrestrial orchid in Thailand. *Mycorrhiza*, 21:221–229.

Dixon, W., Kell, S.P., Barrett, R.L., Cribb, P.J. (eds). (2003). *Orchid conservation*. Sabah: Natural History Publication.

Johnson, T.R. Stewart, D.D., Kane, M.E.,Rhchardson, L. (2007). Asymbiotic and symbiotic seed germination of *Eulophia alta* (Orchidaceae)-preliminary evidence for the symbiotic culture advantage. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 90:313-323.

Khamchatra, N., Apisitwanich, S., Chayamarit, K., Tantiwiwat, S. (2015). In vitro Symbiotic seed germination in Dendrobium formosum Roxb. ex Lindl. *Thai Agriculture Research Journal*, 33: 205-217.

McCormick MK, Whigham D.F., O'Neill J.P. 2004. Mycorrhizal diversity in photosynthetic terrestrial orchids. *New Phytology***,** 163:425-438.

Nonthachaiyapoom, S., Sasirat, S., Manoch, L. (2010). Isolation and identification of Rhizoctonia-like from roots of three orchid genera, *Paphiopedilum, Dendrobium*, and *Cymbidium,* collected in Chiang Rai and Chiang Mai provinces of Thailand. *Mycorrhiza***.** Doi 10.1007/s00572-010-0297-3: Original paper

Porras-Alfaro, A. & Bayman, P. (2007). Mycorrhizal fungi of *Vanilla*: diversity, specificity and effects on germination and plant growth**.** *Mycologia*, 99:510-525.

Rasmussen, H.N. (2002). Recent developments in the study of orchid mycorrhiza. *Plant Soil,* 244:149-163.

Rasmussen, H.N. & Rasmussen, F.N. (2014). Seedling mycorrhiza: a discussion of origin and evolution in Orchidaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 175: 313-327.

Stewart, S.L. & Zettler, L.W. (2002). Symbiotic germination of threee semi aquatic rain orchids (*Habenaria repens, H. quinquiseta, H. macroceratitis*) from Florida. *Aquatic Botany*, 72:25-35.

Stewart, S.L. & Kane, M.E. (2006). Symbiotic seed germination of *Habenaria macroceratitis.* (Orchidaceae), a rare Florida terrestrial orchid. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 86: 159-167.

Suáres, J.P., Weiβ, M., Abele, A., Garnica, S., Oberwinkler, F., Kottke, I. (2006). Diverse *tulasnelloid* fungi form mycorrhizas with epiphytic orchids in an Andean cloud forest. *Mycological Research*, 110:1257-1270. Doi:10.1016/j.mycres.2006.08.004.

White, T. J. Bruns, T.D., Taylor, J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *In* M.A. Innis, D.H. Gelfand, J.J. Sninsky and T.J. White (eds.). *PCR protocols: a guide to methods and applications*. pp. 315-322. New York: Academic Press.

Zelmer, C.D., Currah, R.S. (1995). *Ceratorhiza pernacatena and Epulorhiza calendulina* spp. nov.: mycorrhizal fungi of terrestrial orchids. *Canadian Journal Botany*, 73:1981-1985.

Zhou, A. and Hogetsu, T. (2002). Subterranean community structure of ectomycorrhizal fungi under *Suillus grevillei* sporocarps in a *Larix haempferi* forest. *New Phytologist*, 154:529-539.

การเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของมันสำปะหลังด้วยกระบวนการหมักแบบ solid state fermentation ร่วมกับเชื้อรา Rhizopus spp. UP04 ที่ผลิตเอนไซม์อะไมเลส

Nutrition improvement of cassava by solid state fermentation through microbial starter of amylolytic fungus Rhizopus spp. UP04

ทศวรรต อะโนราช(Tosawat Anorach)[1] สมชาติ ธนะ(Somchart Thana)[2]
ชัยณรงค์ วงศ์สรรศรี(Chainarong Wongsunsri)[3], โชค โสรัจกุล(Choke Sorachakula)[2]
ขรรค์ชัย ดั้นเมฆ(Khanchai Danmek)[1*]

[1] สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา
[2] สาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา
[3] ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เชียงราย
[*] Corresponding author: Khanchai.da@up.ac.th

บทคัดย่อ

มันสำปะหลังเป็นวัสดุทางการเกษตรซึ่งสามารถนำมาเพิ่มโภชนะได้ด้วยการหมักร่วมกับเชื้อราที่ผลิตเอนไซม์อะไมเลส โดยในกระบวนการเพิ่มโภชนะดังกล่าวนี้ เชื้อรา *Rhizopus* spp. UP04 ได้ถูกคัดแยกจากดินบริเวณพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังในจังหวัดพะเยา และ นำมาศึกษากระบวนการหมักวัสดุการเกษตรแบบ solid state fermentation (SSF) โดยใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน ผลการศึกษาพบว่าเชื้อราดังกล่าวมีการเจริญและผลิตเอนไซม์ในระหว่างกระบวนการหมัก ซึ่งให้ค่าแอคติวิตีของเอนไซม์อะไมเลส เท่ากับ 0.099±0.006 U/mL โดยเอนไซม์ดังกล่าวนี้มีช่วงการทำงานได้กว้าง คือ อุณหภูมิ 30-80 องศาเซลเซียส และ ความเป็นกรดและด่าง 3.5-7.0 เมื่อนำเชื้อรา *Rhizopus* spp. UP04 ไปเป็นหัวเชื้อใส่ในกระบวนการหมักมันสำปะหลังแบบ SSF ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่า มันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการหมักด้วยวิธีนี้มีโภชนะเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะโปรตีนเท่ากับ 4.12% และ ไขมัน 3.88% มากกว่ากระบวนการหมักในสภาพที่ไม่มีอากาศและไม่ใส่จุลินทรีย์ (โปรตีนเท่ากับ 2.18% และ ไขมัน 2.45%) และ การหมักด้วยหัวเชื้อจุลินทรีย์มาตรฐาน *R. orayzae* TISTR 3054 (โปรตีนเท่ากับ 3.85% และ ไขมัน 3.11%) ดังนั้น เชื้อรา *Rhizopus* spp. UP04 จึงเป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถนำมาใช้ในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนะมันสำปะหลังเพื่อเป็นอาหารสัตว์ด้วยกระบวนการหมักแบบ SSF ได้

คำสำคัญ: มันสำปะหลัง เอนไซม์อะไมเลส *Rhizopus* solid state fermentation SSF

Abstract

Cassava is an agricultural material and may be a good substrate for nutrients improvement by amylolytic fungi through fermentation process. To improve the nutrition values of cassava for animal feeding, amylolytic fungus *Rhizopus* spp. UP04 was isolated from cassava cultivation area in Phayao province and characterization through solid state fermentation (SSF).

When *Rhizopus* spp. UP04 was characterized using cassava as the sole carbon source by SSF at 30 ℃ for 7 day, the values of amylase activity was found to be 0.099±0.006 U/ml. The range of pH and temperature (℃) for the enzymatic activities were 30-70 ℃ and pH 3.5-8.0. Cassava supplementary with *Rhizopus* spp. UP04 starter was fermented by SSF for 7 day at 30℃. The nutrition values of fermented cassava resulted in increased protein (4.12%) and fat (3.88%) which was higher than the control or ensiling process without mold starter (protein 2.18% and fat 2.45%) and fermentation process with standard culture of *R. orayzae* TISTR 3054 (protein 3.85% and fat 3.11%) respectively. The isolates *Rhizopus* spp. UP04 showed optimal starter at improving the nutrition values of cassava through SSF for animal feeding.

Keywords: Cassava, amylolytic enzyme, *Rhizopus*, solid state fermentation, SSF

บทนำ

กระบวนการหมักพืชอาหารสัตว์ถือเป็นนวัตกรรมของการสำรองพืชอาหารสัตว์ที่ใช้มาเป็นเวลานานแล้วในประเทศไทย เดิมจากการที่ระบบการเลี้ยงสัตว์ของประเทศไทยยังมีไม่มาก ดังนั้นในการหมักพืชอาหารสัตว์จะใช้หลักการถนอมพืชอาหารสัตว์ให้คงคุณค่าทางโภชนะไว้ในภาชนะปิดไม่ให้เสื่อมถอยโดยอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ที่อยู่ในธรรมชาติแบบไม่ใช้อากาศ (ensiling process) เช่น การหมักหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ซึ่งทำได้โดยการตัดหญ้าให้เป็นชิ้นเล็กๆ มีขนาดไม่เกิน 1 เซนติเมตร และ ใส่อัดลงในภาชนะปิดสนิทที่ไล่อากาศออกและหมักเก็บไว้ ซึ่งอาจปรับสภาพโภชนะโดยมีการเติมเกลือและกากน้ำตาล 0.5-2.0 กิโลกรัมต่อหญ้า 1 กิโลกรัม (วารุณี และคณะ, 2547) ซึ่งเมื่อหญ้าผ่านการหมักสมบูรณ์จะมีกลิ่นหอม อมเปรี้ยว หญ้าหมักเป็นสีเขียวอมเหลือง มีค่าความเป็นกรดเฉลี่ย 3.0-4.0 และ กรดอินทรีย์ที่พบส่วนมากเป็น กรดแลคติค ซึ่งผลิตโดยแบคทีเรียกลุ่ม Lactic acid bacteria (LAB) ซึ่งเจริญได้โดยการใช้น้ำตาลและเปลี่ยนเป็นกรดแลคติค หรือ อะซิติก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรีย แต่ถ้ามีอากาศเข้าในระหว่างกระบวนการหมักจะพบกรดอะซิติกเกิดขึ้นได้จากการที่จุลินทรีย์หายใจแบบใช้ออกซิเจน (เสมอใจ, 2554)

อย่างไรก็ตามกระบวนการหมักพืชอาหารสัตว์ในสภาพไม่มีอากาศโดยอาศัย LAB ในธรรมชาตินั้น มีข้อจำกัดอยู่บ้าง คือ จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้มักจะขาดเอนไซม์ในกลุ่มที่ย่อยเยื่อใยพืชและแป้ง เช่น เซลลูเลส ไซแลนเนส และ อะไมเลส เป็นต้น ดังนั้นวิธีการดังกล่าวจึงเหมาะสำหรับการนำไปใช้ในการหมักพืชอาหารสัตว์ที่มีน้ำตาลสูง เช่น หญ้าเนเปียร์ สับปะรด และ ต้นข้าวโพดสด แต่ในกรณีที่เป็นพืชอาหารสัตว์ที่มีความแห้งสูง เช่น ฟางข้าว เปลือกข้าวโพด และ มันสำปะหลังที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบ จึงจำเป็นที่ต้องใส่อาหารเสริมเพื่อให้จุลินทรีย์ใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโต ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้วัสดุที่ต้นทุนต่ำ เช่น กากน้ำตาล รำหยาบ หรือ ยูเรีย เป็นต้น (ขรรค์ชัย และคณะ, 2558) โดยกระบวนการดังกล่าวนี้จะเป็นการถนอมอาหารซึ่งโภชนะที่เพิ่มขึ้นจะเกิดขึ้นจากการเพิ่มจำนวนจากเซลล์จุลินทรีย์ และ กรดอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ผลิตขึ้น แต่ไม่ได้ไปเพิ่มการย่อยพืชหมักเนื่องจากการขาดเอนไซม์ในกลุ่มดังกล่าวดังนั้นการหมักที่เสริมจุลินทรีย์อื่นๆ ที่มีเอนไซม์ที่ช่วยย่อยและหมักเยื่อใยพืช(fermentation process) จึงมีส่วนอย่างมากในการเพิ่มประสิทธิภาพการหมักและเพิ่มโภชนะของพืชหมักให้ดียิ่งขึ้นได้ เพราะ เยื่อใยและแป้งในพืชอาหารสัตว์จะถูกย่อยให้เป็นน้ำตาลและใช้เป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ที่ใส่เข้าไปทำให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตและเกิดการหมักได้เร็วขึ้น อาทิ เช่น การเติมจุลินทรีย์ในกลุ่มที่ผลิตเอนไซม์อะไมเลส ซึ่ง

เป็นจุลินทรีย์กลุ่มแรกๆ ที่ใช้ในการหมักพืชอาหารสัตว์ ธัญพืช และ พืชที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบ เช่น ข้าวโพด อ้อย และ มันสำปะหลัง เช่น *Rhizopus*spp.*Mucor*spp.และ *Aspergillusoryzae*เป็นต้น (Soccoletal.1994;Pengthamkeerati et al. 2012) และ การใช้จุลินทรีย์ที่ผลิตเอนไซม์เซลลูเลสช่วยหมักพืชที่มีเยื่อใยสูง เช่น เปลือกข้าวโพด และ สับปะรด (Danmek et al., 2014) โดยระหว่างการหมักจุลินทรีย์จะผลิตเอนไซม์ย่อยเยื่อใยและแป้งเป็นน้ำตาล เพื่อให้พลังงานสำหรับการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนมากขึ้น จากนั้น ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* จะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ และ LAB จะใช้น้ำตาลเพื่อเจริญและเกิดกระบวนการหมักเป็นกรดอินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อไป ซึ่งผลดังกล่าวจะส่งผลให้เยื่อใยของวัตถุดิบอ่อนนุ่มลง และ มีคาร์โบไฮเดรตบางส่วนละลายออกมาได้ เช่น การหมักกากมันสำปะหลังด้วยเชื้อรา *Rhizopus oligosporus* ทำให้มีโปรตีนเพิ่มขึ้นถึง 10% (Belewu and Babalola, 2009) และ การหมักฟักทองด้วยจุลินทรีย์ผสมหลายชนิดจะทำให้ฟักทองหมักมีค่าโปรตีนเพิ่มขึ้นเป็น 15-18% และ ไขมัน 9% ซึ่งสูงกว่าฟักทองสดซึ่งมีโปรตีน 8-10% และ ไขมัน 6% ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลที่เป็นไปในทิศทางเดียวกับการหมักวัสดุการเกษตรอื่นๆ หลายชนิด เช่น งานทดลองของ Al-maadhidi et al. (2010) ได้ทำการหมักซังข้าวโพด และ Adamafio et al. (2010) ใช้จุลินทรีย์ในการหมักมันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ ซึ่งจะทำให้คุณค่าทางโภชนะโดยเฉพาะโปรตีนเพิ่มขึ้นได้สูงกว่าวัตถุดิบที่ไม่ได้ผ่านการหมัก 1.5-5 เท่า ซึ่งคุณค่าทางโภชนะที่เพิ่มขึ้นในระหว่างกระบวนการหมักเกิดจากการเปลี่ยนองค์ประกอบของวัสดุจำพวกแป้งไปเป็นน้ำตาลโดยเอนไซม์อะไมเลสจากเชื้อรา แล้วยีสต์จะใช้น้ำตาลในการเพิ่มจำนวนเซลล์ซึ่งจะได้เป็นโปรตีนเซลล์เดียว (single cell protein; SCP) คือ ส่วนของโปรตีนที่เพิ่มขึ้นในกระบวนการหมัก (Danmek et al., 2014) สอดคล้องกับ Antai & Mbongo (1994) รายงานว่าการหมักมันสำปะหลังโดยใช้ *Saccharomyces cereviseae* สามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนจาก 2.4% ในมันสำปะหลังสดเพิ่มเป็น 14.1% หลังจากผ่านกระบวนการหมัก นอกจากนี้ Oboh & Akindahunsi (2005) พบว่า แป้งมันสำปะหลังที่หมักด้วย *S. cerevisiae* ช่วยเพิ่มโปรตีนจาก 4.4% เป็น 10.9% และ ยังลดปริมาณสารพิษไซยาไนด์ อย่างไรก็ตาม กระบวนการหมักที่ดี ขึ้นอยู่กับปัจจัยและสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม ได้แก่ เชื้อจุลินทรีย์ องค์ประกอบของสารตั้งต้น และระยะเวลาในการหมัก แหล่งไนโตรเจนและองค์ประกอบสำคัญอื่น ๆ ที่มีผลต่อปริมาณสารอาหารในผลิตภัณฑ์หมัก (Nuraini & Suslina, 2009) จากเหตุผลดังกล่าว การนำวัตถุที่หาได้ในท้องถิ่นที่มีราคาถูกมาหมักร่วมกับจุลินทรีย์ที่เหมาะสม เช่น มันสำปะหลัง รวมไปถึงผลผลิตพืชเศรษฐกิจจากเกษตรกรที่ตกเกรด จะทำให้ได้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และ ต้นทุนต่ำ ซึ่งจะทำให้เกิดการกระตุ้นให้เกษตรกรนำมาหมักเพื่อเป็นอาหารสัตว์ จะทำให้เกษตรกรมีรายได้เสริมจากการใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาเพิ่มมูลค่าได้ และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาฟักทองไว้เป็นอาหารสัตว์ได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์หลักของการทดลองนี้มีแนวคิดที่จะนำมันสำปะหลังซึ่งเป็นพืชที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบสูง มาเพิ่มคุณค่าทางโภชนะโดยการผ่านกระบวนการหมักในกระบวนการ solid state fermentation แตกต่างจากกระบวนการหมักมันสำปะหลังที่ได้ทำมาในประเทศไทยซึ่งส่วนมากเป็นการหมักแบบถนอมอาหารในสภาพไม่มีอากาศ (ensiling process) ร่วมกับการใช้เชื้อราที่ผลิตเอนไซม์อะไมเลสที่คัดแยกได้ ทำการศึกษาการเจริญ การผลิตเอนไซม์ และ คุณค่าทางโภชนะที่เพิ่มขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก เพื่อนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารสัตว์ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. จุลินทรีย์มาตรฐาน

เชื้อรา *Rhizopus orayzae* รหัส 3054 ได้รับความอนุเคราะห์มาจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

2. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้

Seme-synthetic medium (SS medium) (Danmek et al., 2014) ประกอบด้วย glucose 2.0% (w/v) peptone 0.2% (w/v) yeast extract 0.1% (w/v) KH_2PO_4 0.2% (w/v) $MgSO_4$ 0.05% (w/v) $CaCl_2$ 0.01% (w/v) $ZnSO_4.7H_2O$ 0.0005% (w/v) $FeSO_4.7H_2O$ 0.0005% (w/v) $MnSO_4$ 0.0005% (w/v) และ Tween 80 0.2% (v/v)

Potato Dextrose Agar (PDA) และ Malt Extract Agar (MEA) เตรียมตามอัตราส่วนและวิธีการเตรียมของบริษัท Difco, USA อาหารเลี้ยงเชื้อทั้งหมดปรับ pH ด้วย HCl 1.0 N เพื่อให้มี pH เท่ากับ 5.5 และนำไปฆ่าเชื้อด้วยการ autoclave ที่อุณหภูมิ 125°C เป็นเวลา 15 นาที

3. การคัดแยกเชื้อราสายพันธุ์ที่มีการผลิตเอนไซม์อะไมเลส

*เก็บตัวอย่างดินจากแปลงปลูกมันสำปะหลัง บริเวณบ้านโซ้ ตำบลแม่นาเรือ อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา (19°02'44.4 "**N,** 99°52'38.2" **E)** โดยใช้ถุงพลาสติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว เพื่อนำไปทดสอบต่อที่ห้องปฏิบัติการ โดยนำมาคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้วิธี **spread plate technique** บนอาหารสูตรดัดแปลง **SS agar (Danmek et al.,** 2014) ที่มีการเติมแหล่งคาร์บอนเป็น **soluble starch** บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน **3-5** วัน เมื่อเชื้อราเจริญทำการคัดแยกลงในอาหาร **SS agar** ใหม่เพื่อแยกให้ได้เชื้อราที่บริสุทธิ์ และ ทำการตรวจสอบการผลิตเอนไซม์อะไมเลสของเชื้อราที่คัดแยกได้ โดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยเพื่อดูการเจริญ จากนั้นราดทับด้วยสารละลายไอโอดีน (**0.1% (w/v) iodine** และ **1.0% (w/v) potassium iodide)** ประมาณ **15** นาที สามารถสังเกตเชื้อราที่ผลิตอะไมเลส ได้โดยดูวงใส (**clear zone)** ที่เกิดขึ้น ทำการวัดขนาดของวงใสเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับขนาดของโคโลนี ทำการคัดแยกเก็บเพื่อนำไปทดสอบต่อไป และศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาบนอาหารแข็งตามวิธีการของ **Klich (**2002) **Danmek et al (**2011) และ **Danmek et al (**2014) โดยศึกษาลักษณะต่างๆ เช่น สี ขนาด และรูปร่างของสปอร์ เป็นต้น*

4. การหมักมันสำปะหลังด้วยวิธี Solid state fermentation

มันสำปะหลัง 10.0 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร ที่มีอาหาร SS medium ปริมาตร 40 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลายสปอร์เชื้อรา (10^6 spore/ml) ที่คัดแยกได้ลงไป 1 มิลลิลิตร เลี้ยงเชื้อราที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน เก็บเอนไซม์โดยการนำมาปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที เก็บน้ำส่วนใสเพื่อวิเคราะห์น้ำตาล และ เอนไซม์เพื่อนำไปวัดค่าแอคติวิตีของอะไมเลสที่ความเป็นกรดและด่าง และ อุณหภูมิต่างๆ กัน (ดัดแปลงจาก Ghose, 1987) โดย 1 ยูนิตของเอนไซม์ หมายถึง ปริมาณของเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายแป้งเป็นน้ำตาลกลูโคส 1 ไมโครโมล ภายใน 1 นาที ภายใต้สภาวะที่ใช้ทดสอบ ในขณะที่ส่วนที่เป็นตะกอน คือ มันสำปะหลังหมักและเส้นใยเชื้อรานำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะตามวีของ AOAC (2006) ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ 5 กลุ่มใหญ่ คือ ความชื้น (Moisture) เถ้า (Ash) โปรตีนรวม (Crude protein, CP) ไขมัน (Crude fat หรือ Ether extract, EE) เยื่อใย (Crude fiber, CF) พร้อมกับหาแนวทางในการนำไปผสมเป็นสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ค่าทางสถิติเพื่อหาค่าความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS version 22) กำหนดค่านัยสำคัญที่ใช้ในการทดสอบที่ $P < 0.05$

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้จะใช้จุลินทรีย์ที่คัดแยกได้จากพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังบริเวณบ้านโซ้ตำบลแม่นาเรือ อำเภอเมืองจังหวัดพะเยา ซึ่งเมื่อศึกษาจุลินทรีย์ พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเชื้อราในกลุ่มที่ทำให้ก่อโรคโดยเฉพาะเชื้อราสายพันธุ์ *Aspergillus* section *Nigri* (ตารางที่ 1) ซึ่งจะสร้างสารพิษโอคราท็อกซิน เอ (Ochratoxin A) (Abarca et al. 1994) และเมื่อทำการวัดวงใส (Clear zone) ที่ขึ้นบนอาหาร SS พบว่า เชื้อราในกลุ่ม *Mucor* sp. *Rhizopus* sp. และ *Aspergillus niger* ให้ค่าสูงสุด โดยมีค่าเฉลี่ย 7.6±0.9 เซนติเมตร ซึ่งเมื่อตรวจสอบในเอกสารรายงานวิจัยพบว่าเป็นเชื้อราที่ใช้แพร่หลายในการผลิตอาหารหมักต่างๆ เช่น Hachmeister and Fung (1993) ซึ่งได้ศึกษาและคัดแยก *Rhizopus oryzae* จากอาหารหมักจากถั่วและแป้ง และ Saito et al (2004) ซึ่งศึกษาและคัดแยก *R. oryzae* IFO 4707 เพื่อใช้ในการหมักกากมันสำปะหลัง เป็นต้น และ จากการทดสอบการเจริญและผลิตเอนไซม์อะไมเลสจากเชื้อราที่คัดแยกได้ โดยนำเชื้อราที่มีขนาดของวงใสสูงสุดจำนวน 6 สายพันธุ์มาเลี้ยงโดยใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งคาร์บอน เมื่อบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน โดยใช้วิธีการหมักแบบ Solid State Fermentation (SSF) พบว่า เชื้อรา *Rhizopus* spp. UP04 (ภาพที่ 1) ให้ค่ามีแอคติวีตีของเอนไซม์อะไมเลสเท่ากับ 0.099±0.006 U/mL (ภาพที่ 2) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Peixoto-Nogueira et al. (2008) และ Harjeet et al. (2015) รายงานว่า อะไมเลสจาก *Rhizopus* spp. มีค่าแอคติวีตีของสูงสุดในช่วงระยะเวลา 5-7 วัน

เมื่อนำเชื้อรา *Rhizopus* spp. UP04 มาศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการทำงานของเอนไซม์ที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักมันสำปะหลัง พบว่าเชื้อรา *Rhizopus* spp. UP04 มีค่าแอคติวีตีของเอนไซม์สูงสุดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แต่จะมีประสิทธิภาพลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ โดยที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เอนไซม์จะลดประสิทธิภาพลงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามแม้ว่าอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เชื้อรา *Rhizopus* spp. UP04 จะมีประสิทธิภาพดีที่สุดแต่จะเป็นช่วงไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต เพราะ จากการศึกษาพบว่าเชื้อรา *Rhizopus* spp. UP04 และ เชื้อราที่ผลิตเอนไซม์อะไมเลสอื่นๆ โดยทั่วไปจะเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 25-40 องศาเซลเซียส (Kwon et al. 2001; Han & Nout, 2000) ดังนั้นในกระบวนการหมักโดยวิธี solid state fermentation จึงมีความเหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อรา
เพราะ ในระหว่างการหมักจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเล็กน้อย

เมื่อศึกษาผลของ pH ต่อการเจริญและเสถียรภาพของเอนไซม์ พบว่า ในระหว่างการหมักสำปะหลังร่วมกับเชื้อรา *Rhizopus* spp. UP04 จะมีการปลดปล่อยเอนไซม์อะไมเลสมาย่อยมันสำปะหลังให้เป็นน้ำตาล และใช้น้ำตาลเพื่อเจริญเติบโต ซึ่งจะมีการผลิตกรดอินทรีย์ต่างๆ ออกมาด้วย ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารหมักลดต่ำลง ซึ่งจากการทดลองในห้องปฏิบัติการที่ระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 4 ถึง 8 พบว่า *Rhizopus* spp. UP04 จะมีค่าแอคติวีตีของเอนไซม์อะไมเลสสูงสุดที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5.5 ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 3.5-4.0 เอนไซม์ยังคงทำงานได้แต่ประสิทธิภาพจะลดลงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับที่ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม คือ 5.5 ซึ่งจากการทดลองนี้มันสำปะหลังที่หมักแบบ solid state fermentation

เป็นระยะเวลา 7 วัน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ลดลงจากเดิม 6.0 เป็น 3.5 ดังนั้นจึงชี้ให้เห็นว่าการหมักมันสำปะหลังแบบ solid state fermentation จึงมีระยะเวลาอยู่ในช่วงไม่เกิน 7 วัน สอดคล้องกับรายงานของ Harjeet et al. (2015) พบว่า ค่าแอคติวีตีของอะไมเลสจาก *Rhizopus oryzae* จะมีค่าสูงสุดในช่วงที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5.5 สอดคล้องกับรายงานอื่น ๆ กล่าวว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับแอคติวีตีของอะไมเลสจากเชื้อรา *Rhizopus* spp. UP04 อยู่ในช่วงค่าความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 4.5 ถึง 6.0 และช่วงอุณหภูมิระหว่าง 50 ถึง 75 องศาเซลเซียส (Takii et al. 2005; Ferreira et al. 2015)

การบ่มเชื้อโดยใช้วิธีการหมักแบบ Solid State Fermentation พบว่ามันสำปะหลังหมักด้วย *Rhizopus* spp. UP04 (fermentation process) มีคุณค่าทางโภชนะโดยเฉพาะในส่วนของโปรตีนซึ่งเกิดจากการเจริญของจุลินทรีย์ คือ 4.12% เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เชื้อรามาตรฐาน *R. orayzae* TISTR 3054 (3.85%) และ มันสำปะหลังหมักที่ไม่มีการไม่เชื้อจุลินทรีย์ และ ไม่ให้อากาศ (ensiling process) คือ 2.18% (ตารางที่ 2) เมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะอื่นๆ ของมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการหมักเพิ่มเติม พบว่าคุณค่าทางโภชนะเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะโปรตีนซึ่งอาจเป็นผลมาจากโปรตีนเซลล์เดียว (Single cell protein) ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ สอดคล้องกับ Zhang et al. (2013) แต่สิ่งที่พบจากการศึกษานี้คือ อาหารหมักด้วย *Rhizopus* spp. UP04 นอกจากจะมีโปรตีนเพิ่มขึ้นมาแล้ว จะมีการผลิตกรดอินทรีย์ที่สำคัญที่ช่วยลด pH ของอาหารหมัก ทำให้สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานในถังหมักที่ปิดฝาสนิทไว้ได้ถึง 6 เดือน โดยที่โภชนะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก (Guyot et al. 2000) นอกจากนี้ปริมาณโปรตีนและไขมันในมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการหมักแบบ solid state fermentation ที่มีการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์มีค่าสูงกว่าการหมักแบบ ensiling process ในชุดควบคุมที่ไม่ได้เติมหัวเชื้อ อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้การหมักจะมีการเติมหัวเชื้อ *Rhizopus* spp. UP04 จะทำให้จุลินทรีย์กลุ่มนี้สามารถเจริญและเกิดปฏิกิริยาการหมักได้เร็วขึ้น จึงทำให้พืชหมักเข้าสู่กระบวนการหมักได้เร็วและสามารถคงค่าโภชนะได้ดีกว่าพืชหมักที่ไม่ได้เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังช่วยควบคุมกลุ่มจุลินทรีย์ก่อโรคจำพวก Enterobacteria ได้อีกทางหนึ่ง และ เมื่อนำมันสำปะหลังหมักร่วมกับเชื้อรา *Rhizopus* spp. UP04 ที่ได้ไปประกอบเป็นสูตรอาหารโดยการเติมในสัดส่วน 50% จากการคำนวณมันสำปะหลังสามารถนำมาผสมเป็นอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์ได้ เพราะ เมื่อนำไปผสมในอัตราส่วน 100 กิโลกรัม ประกอบด้วย มันสำปะหลังหมัก 50 กก. รำหยาบ 13 กก. ถั่วเหลือง 35 กก. พรีมิกซ์ 0.5 กก. ไดแคลเซียม 1 กก. และ เกลือ 0.5 กก.วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะจะมีส่วนของโปรตีน คือ 14.69% (ตารางที่ 3) อย่างไรก็ตามในการเพิ่มโภชนะของมันสำปะหลังด้วยวิธีหมักแบบ solid state fermentation ด้วยเชื้อราแสดงให้เห็นว่า สามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของวัสดุการเกษตรได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีหมักแบบเดิมที่ไม่ใส่จุลินทรีย์ หรือ กระบวนการหมักแบบไม่มีอากาศ (ensiling process) นอกจากนี้จากความหลากทางชีวภาพของสายพันธุ์จุลินทรีย์ทำให้กระบวนการหมักแบบ solid state fermentation เป็นกระบวนที่สามารถนำจุลินทรีย์ต่างๆ มาประยุกต์ใช้ในการหมักให้ได้อาหารหมักที่มีคุณค่าทางโภชนะที่ต้องการได้ เช่น การใช้จุลินทรีย์ที่ผลิตเอนไซม์ต่างๆ ได้แก่ อะไมเลส และ เซลลูเลส เพื่อช่วยในการย่อยโครงสร้างหลักของวัตถุดิบที่มีแป้งและเยื่อใยเป็นองค์ประกอบโดยจุลินทรีย์จะย่อยส่วนที่เป็นเยื่อใยและแป้งเป็นน้ำตาล เพื่อให้พลังงานกับจุลินทรีย์สำหรับการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนมากขึ้น จากนั้น ยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์และกรดชนิดต่างๆ ซึ่งจะส่งผลให้อาหารหมักมีคุณค่าทางโภชนะเพิ่มขึ้นด้วย สอดคล้องกับรายงานการศึกษาจากนักวิจัยหลายท่านที่ใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบมาหมักเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนะก่อนที่จะนำไปเลี้ยงสัตว์ เช่น การหมักกากมันสำปะหลังด้วยเชื้อรา *Rhizopus oligosporus* (Belewu and

Babalola, 2009) และ การเพิ่มโปรตีนในมันเส้นด้วยการหมักร่วมกับเชื้อรา *Trichoderma viride* (Ezekiel et al., 2010) เป็นต้น

ตาราง 1: ความถี่ของชนิดและจำนวนเชื้อราที่ตรวจพบในดินบริเวณแปลงปลูกมันสำปะหลัง ตำบลแม่นาเรือ อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา

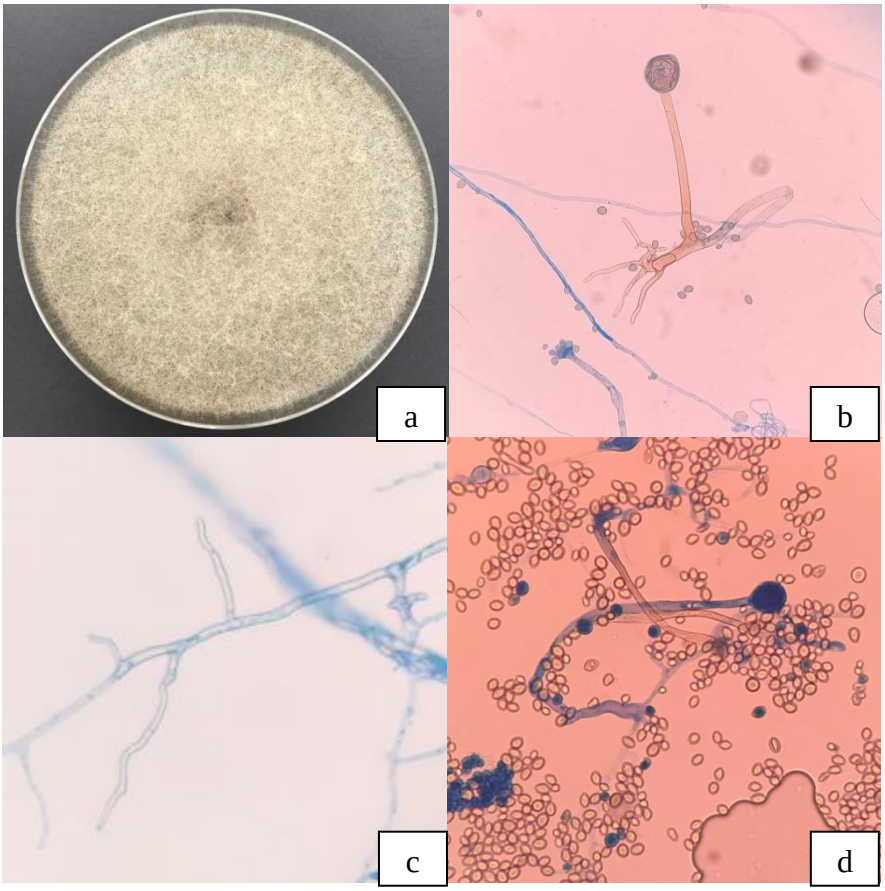
Fungal isolate	% Occurrence
Mucor spp.	14.81
Rhizopus spp.	22.22
Trichoderma viride	7.41
Fusarium spp	7.41
Penicllium spp	11.11
Aspergillus flavus	7.41
Aspergillus niger	18.52
Aspergillus terreus	3.7
Neurospora cassa	7.41

ตาราง 2: คุณค่าทางโภชนะของมันสำปะหลังที่หมักด้วยวิธีแบบ ensiling และ fermentation process

Parameters (%)	Ensiling process Without fungi	Fermentation process by *Rhizopus* spp. UP04	Fermentation process by *R. orayzae* TISTR 3054
Dry matter	40.25[a]	33.21[b]	34.25[b]
Crude Protein	2.18[b]	4.12[a]	3.85[a]
Ether extract	2.45[b]	3.88[a]	3.11[a]
Ash	0.88[a]	0.89[a]	0.87[a]
Fiber	2.30[a]	3.15[a]	2.86[a]
Lactic acid	64[a]	62[a]	66[a]
Acetic acid	10[b]	18[a]	15[a]
Butyric acid	0.5[a]	1.4[a]	1.2[a]
pH	3.7[a]	3.7[a]	3.5[a]
Yeast (log10 CFU/g silage)	2.3[a]	2.5[b]	2.2[b]
Fungi (log10 CFU/g silage)	2.1[a]	2.2[a]	1.8[a]
Bacteria (log10 CFU/g silage)	3.1[a]	3.0[a]	2.5[a]

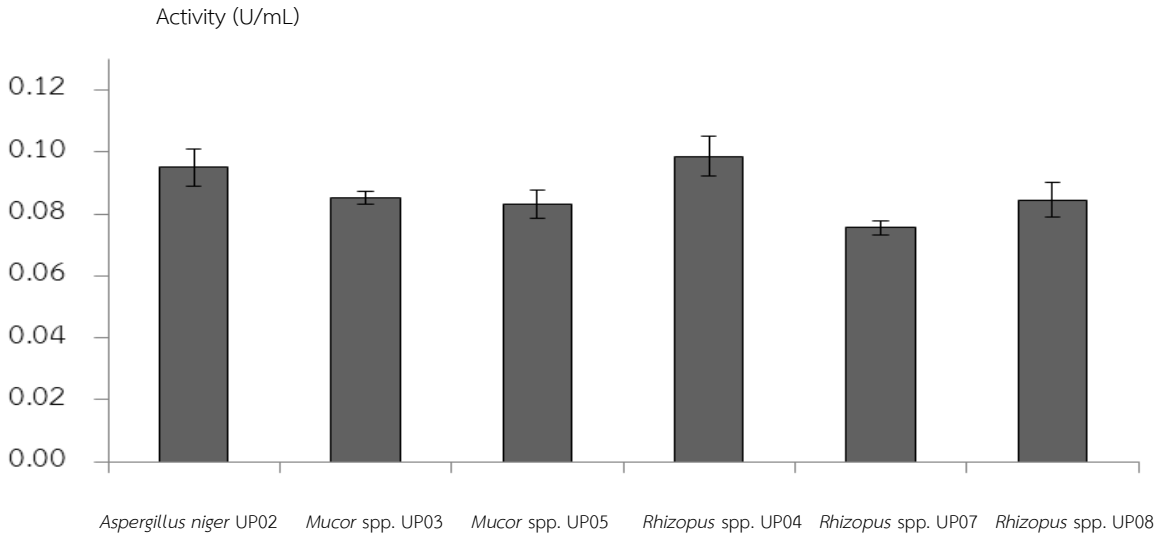
ตารางที่ 3: คุณค่าทางโภชนะของอาหารผสมที่มีมันสำปะหลังหมักเป็นองค์ประกอบ 50%

Feed nutrition	Proximate analysis
Moisture	10.42
DM	89.57
Ash	7.51
EE	3.74
CF	9.88
CP	14.69



หมายเหตุ สัดส่วนของอาหารผสม 100 กิโลกรัม ประกอบด้วย มันสำปะหลังหมัก 50 กก. รำหยาบ 13 กก. ถั่วเหลือง 35 กก. พรีมิกซ์ 0.5 กก. ไดแคลเซียม 1 กก. และ เกลือ 0.5 กก.

ภาพ 1: เชื้อรา *Rhizopus* spp. UP04 ที่เลี้ยงบนอาหาร PDA เป็นระยะเวลา 7 วัน และ ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงเส้นใย conidiosphore และ conidia ของเชื้อรา



ภาพ 2: ค่าแอคติวิตีของเอนไซม์อะไมเลสของเชื้อราที่คัดแยกได้เมื่อเลี้ยงบนอาหาร SS medium ที่มีมันสำปะหลังเป็นแหล่งคาร์บอน ด้วยวิธีหมักแบบ solid state fermentation ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7วัน

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาทั้งหมดนี้จึงสามารถสรุปเบื้องต้นได้ว่า จุลินทรีย์ที่คัดแยกได้ พบว่า เป็นเชื้อรา *Rhizopus* spp. UP04 ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีศักยภาพในการผลิตเอนไซม์อะไมเลส ซึ่งสามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 25-40 องศาเซลเซียส สามารถผลิตเอนไซม์ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการหมัก และ ทนสภาวะแวดล้อมได้ที่ค่าความเป็นกรดและด่าง 3.5-8.0 และอุณหภูมิ 30–70 องศาเซลเซียส เมื่อนำไปทดสอบต่อเพื่อผลิตเป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์สำหรับทดสอบประสิทธิภาพและการนำไปใช้ในกระบวนการหมักมันสำปะหลังเพื่อประยุกต์ใช้เพื่อผลิตอาหารสัตว์ โดยใช้วิธีการหมักแบบ solid state fermentation ซึ่งถือว่าเป็นวิธีการหมักแบบใหม่ที่สามารถนำมาใช้เพิ่มโภชนะวัสดุการเกษตร โดยเฉพาะโปรตีนและไขมันได้ดีกว่าแบบเดิมที่ไม่เติมอากาศ หรือ การเติมจุลินทรีย์ (ensiling process)

ข้อเสนอแนะ

การใช้จุลินทรีย์ต่างๆ ในกระบวนการหมักมีสิ่งที่ต้องพึงระวัง คือ ชนิดของจุลินทรีย์ที่ใช้ และ กระบวนการผลิตอาหารหมัก ซึ่งจะต้องไม่ใช้จุลินทรีย์ที่ก่อโรค หรือ มีการผลิตสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสัตว์ มนุษย์ และสิ่งแวดล้อม ซึ่งควรจะต้องศึกษาต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ ดำเนินการโดยความร่วมมือทางวิชาการระหว่างมหาวิทยาลัยพะเยาและศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เชียงราย กรมปศุสัตว์ ภายใต้บันทึกความร่วมมือทางวิชาการ (Memorandum of Understanding; MOU) ระหว่างมหาวิทยาลัยพะเยาและกรมปศุสัตว์ และขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยพะเยา Unit of Excellence สัญญาเลขที่ UoE60002

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. (2547ก). มาตรฐานพืชอาหารสัตว์หมักของกองอาหารสัตว์. กรุงเทพฯ: กรมปศุสัตว์ กองอาหารสัตว์.

กรมปศุสัตว์. (2547ข). มาตรฐานพืชอาหารสัตว์แห้ง กองอาหารสัตว์: เอกสารคำแนะนำ. กรุงเทพฯ: กรมปศุสัตว์ กองอาหารสัตว์.

กรมปศุสัตว์. (2547ค). ตารางคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์: เอกสารคำแนะนำ. กรุงเทพฯ: กรมปศุสัตว์ กองอาหารสัตว์.

ขรรค์ชัย ดั้นเมฆ, โชค โสรัจกุล และชยุต ดงปาลีธรรม. (2558). การประยุกต์ใช้เปลือกข้าวโพดหมักเพื่อเลี้ยงโคเนื้อในจังหวัดพะเยา. สัตวบาล, 25 (108) ,22-25.

วารุณี พานิชผล, ฉายแสง ไผ่แก้ว, สมคิด พรหมมา, โสภณ ชินเวโรจน์ และจันทกานต์ อรณนันท์. (2547). มาตรฐานพืชอาหารสัตว์หมักของกองอาหารสัตว์. กรุงเทพฯ: กรมปศุสัตว์ กองอาหารสัตว์.

เสมอใจ บุรีนอก. (2554). การใช้แบคทีเรียกรดแลคติคในน้ำพืชหมักเป็นสารเสริมชนิดใหม่ในพืชหมักเขตร้อน. แก่นเกษตร. 39: 85-98.

Abarca, M. L., Bragulat, M. R., Castellá, G., Cabañes, F. J. (1994). Ochratoxin A production by strains of *Aspergillus niger* var. *niger*. Applied and Environmental Microbiology, 60(7), 2650–2652.

Antai, S. P, Mbongo, P. M. (1994). Utilization of cassava peels as substrate for crude protein formation. Plant Foods for Human Nutrition, 46(4), 345-351.

AOAC. (2006). Chapter 4: Animal feed. In: Official methods of analysis. 18th ed. AOAC International, Arlington, VI, USA.

Adamafio, N. A., Sakyiamah, M., Tettey, J. (2010). Fermentation in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) pulp juice improves nutritive value of cassava peel. African Journal of Biochemistry Research, 4(3), 51-56

Al-maadhidi, J. F., M. Al-khatib, S. R. Farhan and H. Fahim. (2010). Effect of different nitrogen sources supplement on the final crude protein yield from fermented corn cob. The Journal of Madenat Al-elem College, 2(1), 26-31.

Belewu, M.A. & Babalola, F.T. (2009). Nutrient enrichment of waste agricultural residues after solid state fermentation using *Rhizopus oligosporus*. Journal of Applied Biosciences, 13, 695-699.

Danmek, K., Prasongsuk, S., Lotrakul, P., Damann, K. E., Eveleigh, D. E., Punnapayak, H. (2011). Effect of Avid® on the synnema-like formation of *Aspergillus flavus* grown on Czapek medium. African Journal of Microbiology Research, 5(18), 2812-2815.

Danmek, K., Intawicha, P., Thana, S., Sorachakula, C., Meijer, M., Samson, R.A. (2014). Characterization of cellulase producing from *Aspergillus melleus* by solid state fermentation using maize crop residues. African Journal of Microbiology Research, 8(24), 2397-2404.

Ferreira, O.E., Montijo, N.A., Martins, E.S., Mutton, M.J.R. (2015). Production of **α**-amylase by solid state fermentation by *Rhizopus oryzae*. African Journal of Biotechnology, 14(7), 622-628.

Ghose, T.K. (1987). Measurement of cellulase activities. IUPAC, 59, 257-268.

Guyot, J.P., Calderon, M., Morlon-Guyot, J. (2000). Effect of pH control on lactic acid fermentation of starch by *Lactobacillus manihotivorans* LMG 18010^{T}. Journal of Applied Microbiology, 88, 176–182.

Han, B. Z., Nout, R. M. J. (2000). Effects of temperature, water activity and gas atmosphere on mycelial growth of tempe fungi *Rhizopus microsporus* var. *microsporus* and *R. microsporus* var. *oligosporus*. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 16(8–9), 853–858.

Harjeet, K., Arora, M., Bhatia, S., Alam, M.S. (2015). Optimization of α-amylase and glucoamylase production in solid state fermentation of deoiled rice bran (DRB) by *Rhizopus oryzae*. International Journal of Pure & Applied Bioscience, 3(6), 249-256.

Kwon, J. H., Kang, S. W., Kim, J. S., Park, C. S. (2001). Rhizopus Soft Rot on Cherry Tomato Caused by Rhizopus stolonifer in Korea. Mycobiology, 29(3), 176-178.

Klich, M.A. (2002). Biogeography of *Aspergillus* species in soil and litter. Mycologia, 94(1), 21- 27.

Nuraini, S., & Suslina, A. L. (2009). Improving the quality of tapioca by product through fermentation by *Neurospora crassa* to produce beta carotene rich feed. Pakistan Journal of Nutrition, 8, 487-490.

Peixoto-Nogueira, S. C., Sandrim, V. C., Guimarães, L. H. S., Jorge, J. A., Terenzi, H. F., Polizeli, M. L. T. M. (2008). Evidence of thermostable amylolytic activity from *Rhizopus microsporus* var. *rhizopodiformis* using wheat bran and corncob as alternative carbon source. Bioprocess and Biosystems Engineering, 31(4), 329–334.

Pengthamkeerati, P., Numsomboon, S., Satapanajaru, T., Chairattanamanokorn, P. (2012). Production of α-amylase by *Aspergillus oryzae* from cassava bagasse and wastewater sludge under solid-state fermentation. Environmental Progress & Sustainable Energy, 31(1), 122-129.

Soccol, C. R., Marin, B., Raimbault, M., Lebeault, J.M. (1994). Breeding and growth of *Rhizopus* in raw cassava by solid state fermentation. Applied Microbiology and Biotechnology, 41(3), 330-336.

Takii, Y., Ikeda, K., Sato, C., Yano, M., Sato, T., Konno, H. (2005). Production and characterization of β-glucosidase from *Rhizopus oryzae* MIBA348. International Journal of Biological Macromolecules, 5(1), 11-16.

Zhang, H.Y., Piao, X.S., Li, P., Yi, J.Q., Zhang, Q., Li, Q.Y., Liu, J.D., Wang, G.Q. (2013). Effects of single cell protein replacing fish meal in diet on growth performance, nutrient digestibility and intestinal morphology in weaned pigs. Asian-Australas. Journal of Animal Science, 26, 1320-1328.

เครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ

Multi-purpose Mushroom Growing Apparatus with Automatic Humidity and Temperature Control Systems

อดิศักดิ์ ภู่กลัด(Adisak Phukar) คัชรินทร์ ทองฟัก(Kacharin Thongfak)
วาสนา สิงห์ดวง(Wassana Singhadaung)*
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
*Corresponding author. E-mail: wassana@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสภาพปัญหาของการเพาะเห็ด 2) ออกแบบและพัฒนาเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ และ 3) ประเมินประสิทธิภาพของเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นตอนการศึกษาสภาพปัญหาของการเพาะเห็ด 2) ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ 3) ขั้นตอนการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ ผลการศึกษาพบว่า สภาพปัญหาของการเพาะเห็ดส่วนใหญ่ คือ ผลผลิตออกไม่สม่ำเสมอ ไม่มีเวลารดน้ำ ผลผลิตไม่ประสบความสำเร็จตามเป้าหมาย จึงทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติด้วย เทคโนโลยีไมโครคอนโทรเลอร์ (Arduino UNO R3) และโมดูล AMT 1001 และเมื่อทำการประเมินประสิทธิภาพโดยเปรียบเทียบกับการเพาะเห็ดแบบเก่าที่ไม่ใช้เครื่อง พบว่าการเพาะเห็ดเมื่อใช้เครื่องสามารถทำให้ได้ปริมาณเห็ดเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: เครื่องเพาะเห็ด ควบคุมอุณหภูมิ ควบคุมความชื้น ระบบอัตโนมัติ

Abstract

This study aims to: 1) investigate problems of mushroom growing, 2) design and develop a multi-purpose mushroom growing apparatus with automatic humidity and temperature control system, and 3) evaluate efficiency of the developed mushroom growing apparatus. The study was divided into 3 phases: 1) study of mushroom growing problems, 2) design and development of multi-purpose mushroom growing apparatus with automatic humidity and temperature control system, and 3) evaluation of efficiency of the developed mushroom growing apparatus. Results of the study showed that most of mushroom growing problems concern with inconsistent yield, lack time for watering, and unsatisfactory productivity. Therefore, a multi-purpose mushroom growing apparatus with automatic humidity and temperature control system was designed and developed with Arduino UNO R3 microcontroller AMT 1001 module. When comparing efficiency

against traditional non-automatic growing method, it was found that mushroom growing with automatic apparatus gave higher yield of mushroom.

Keywords: mushroom growing apparatus, temperature control, humidity control, automatic

บทนำ

มนุษย์ทั่วโลกรู้จักเห็ดมานานโดยมีสายพันธุ์ของเห็ด มากกว่า 30,000 สายพันธุ์ แต่มีถึงร้อยละ 99 สายพันธุ์ที่บริโภคได้ ที่เหลือร้อยละ 1 เป็นเห็ดพิษหรือเห็ดเมา ในอดีตเห็ดที่นำบริโภคนั้นมีเพียงไม่กี่ชนิด เช่น เห็ดฝรั่ง เห็ดหอม เห็ดโคน และเห็ดฟาง ซึ่งเห็ดนั้นเมื่อนำมาประกอบอาหารจะมีกลิ่นหอมรสชาติดี คนไทยนิยมบริโภคมาแต่บรรพบุรุษ เห็ดมีโปรตีนสูง 2-4 % เทียบเท่ากับที่พบในพืชจำพวกถั่วเมล็ดแห้ง มีน้ำ 80-90 % มีกากอาหาร 1 % และมีแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น ธาตุเหล็ก ฟอสฟอรัส แคลเซียม โดยเฉพาะมีเกลือแร่สูงกว่าผักถึง 2 เท่า ถือว่าเห็ดมีคุณค่าทางอาหารทดแทนเนื้อสัตว์ แต่ไม่มีสารโคเลสเตอรอลที่เป็นอันตรายต่อระบบไหลเวียนของโลหิต เห็ดจึงเหมาะกับผู้ป่วยที่เป็นโรคตับ โรคไต โรคหัวใจ และความดันโลหิตสูง และในปัจจุบันพบว่าหลาย ๆ ประเทศหันมาให้ความสนใจและร่วมมือกันในการวิจัยและค้นคว้า ทดลอง คัดเลือก และปรับปรุงพันธุ์เห็ด ให้มีจำนวนมากขึ้น และพัฒนาเทคนิควิธีการเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์เพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตให้เพียงพอกับความต้องการของผู้บริโภค (วิชาการ.คอม, 2551) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกิดการพัฒนาไปสู่การเพาะเห็ดในเชิงการค้ามากขึ้นและการสร้างโรงเรือนเพาะเห็ดนั้นจำเป็นต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเห็ดที่ดี โดยส่วนใหญ่จะต้องมีลักษณะดังนี้คือสถานที่จะใช้เพาะเห็ดควรจะมีลักษณะเป็นที่โล่งแจ้งอากาศถ่ายเทได้สะดวก ไม่มีน้ำท่วมขังหรือเปียกชื้นมากเกินไป มีระบบระบายน้ำที่ดีไม่มีสารปนเปื้อนยาฆ่าแมลงและเชื้อรา ลักษณะของสภาพดินไม่เป็นดินเค็มเพราะความเค็มของดินจะทำให้เส้นใยของเห็ดไม่รวมตัวกันเป็นดอกเห็ด และถ้าหากเป็นพื้นที่ที่เคยเพาะเห็ดมาก่อนควรมีการทำความสะอาดบริเวณนั้นให้สะอาดเสียก่อน จึงกล่าวได้ว่าอุณหภูมิ อากาศ ความชื้น และแสง มีความสำคัญซึ่งต้องจัดสภาพแวดล้อมดังกล่าวภายในโรงเรือนเพาะเห็ดให้เหมาะสมสำหรับเห็ดแต่ละชนิดเพราะปัจจัยเหล่านี้มีความสำคัญต่อปริมาณผลผลิตและคุณภาพของเห็ด ถ้าสามารถกำหนดและควบคุมให้เหมาะสมกับเห็ดแต่ละชนิดจะเพิ่มโอกาสที่เห็ดจะพัฒนาเป็นดอกและเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น ในปัจจุบันผู้บริโภคนิยมรับประทานเห็ดนางฟ้าเพิ่มขึ้น และเห็ดนางฟ้ามีราคาสูง จึงทำให้มีผู้เพาะเห็ดนางฟ้าเป็นจำนวนมาก (ลิขิต อ่านคำเพชร และธงรบ อักษร, 2560)

จากการศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในการเพาะเห็ดของนักศึกษา สาขาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก พบว่า การเพาะเห็ดของนักศึกษานั้นส่วนใหญ่จะประสบปัญหาผลผลิตออกไม่สม่ำเสมอ ไม่มีเวลารดน้ำ ผลผลิตไม่ประสบความสำเร็จตามเป้าหมาย โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ด มาจากสภาพอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ และยังขึ้นอยู่กับฤดูกาลในแต่ละช่วงเวลา การให้น้ำในโรงเพาะเห็ดแต่ละครั้งนั้นจะต้องอาศัยประสบการณ์จากการเพาะเห็ด หากไม่มีความชำนาญ การให้น้ำในโรงเพาะเห็ดอาจจะส่งผลให้ปริมาณผลผลิตเห็ดที่ได้ไม่สม่ำเสมอ บางครั้งปริมาณการให้น้ำในโรงเพาะเห็ดอาจน้อยหรือมากเกินความต้องการ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของเห็ดด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ เพื่อความสะดวกแก่ผู้ใช้งาน และเพิ่มปริมาณและคุณภาพของเห็ดที่ดีขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพปัญหาของการเพาะเห็ดนางฟ้าและเห็ดนางลมดำของนักศึกษา สาขาวิชาพืชศาสตร์
2. เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ
3. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.1 เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

1.1.1 แบบสัมภาษณ์ ใช้เพื่อจัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหาของการเพาะเห็ดนางฟ้าและเห็ดนางลมดำของนักศึกษา สาขาวิชาพืชศาสตร์

1.1.2 แบบสังเกต ใช้เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ

1.2 เครื่องมือในการพัฒนาเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ ประกอบด้วย

1.2.1 บอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ (Arduino UNO R3) ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย

1.2.2 โมดูล AMT 1001 เป็นเครื่องมือในการวัดอุณหภูมิและความชื้น

1.2.3 LCD (Blue Screen) สำหรับแสดงผล

1.2.4 รีเลย์ (Relay) 2 Channel ใช้ในการสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้า

1.2.5 Keypad ชุดโมดูลปุ่มกดกึ่งสำเร็จรูปสำหรับ Input ข้อมูลหรือป้อนคำสั่งไปยังไมโครคอนโทรเลอร์

1.2.6 Buzzer ลำโพงแบบแม่เหล็ก แบบเปียโซที่มีวงจรกำเนิดความถี่อยู่ภายในตัว ใช้ไฟเลี้ยง 3.3-5V

2. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาเรื่อง เครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ขั้นตอนการศึกษาสภาพปัญหาของการเพาะเห็ด

ขั้นตอนนี้ใช้แบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ได้แก่ นักศึกษาสาขาพืชสัตว์ จำนวน 5 คน ซึ่งเมื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เชิงเนื้อหา และสรุปผลสภาพปัญหารวมถึงลักษณะสารสนเทศที่ผู้ใช้ได้รับในปัจจุบันเพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

2.2 ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ

ขั้นตอนนี้จะนำผลสรุปที่ได้จากการสัมภาษณ์มาใช้ในการออกแบบและพัฒนาเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ โดยมี 2 ขั้นตอน คือ

2.2.1 การออกแบบระบบ ประกอบด้วย 1) แผนภาพระบบ (System diagram) 2) แผนภาพระบบไฟ (Wiring diagram) 3) แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทำงาน (Flowchart) และ 4) คำสั่งในโปรแกรม (Code program)

2.2.2 การออกแบบระบบ Input/output ของระบบงาน ประกอบด้วย การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ

2.3 ขั้นตอนการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ

ขั้นตอนนี้ใช้การประเมินด้วยปริมาณเห็ดที่ได้จากการเพาะเห็ดทั้งแบบเก่าและแบบที่ใช้เครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ

ผลการวิจัย

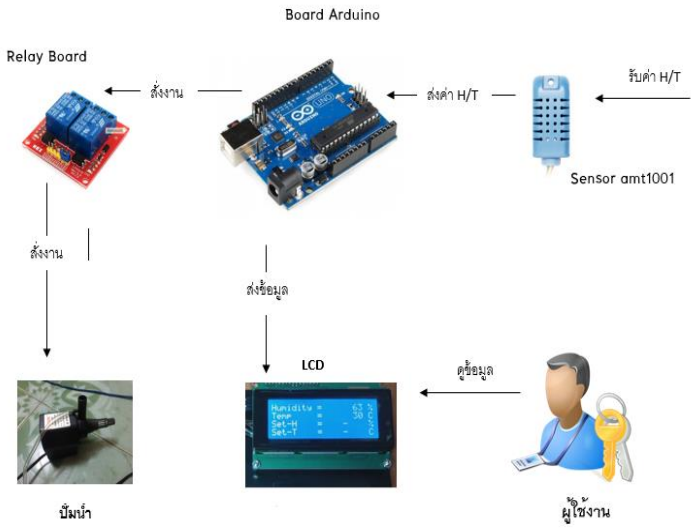
ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาเพื่อพัฒนาเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ ได้ผลการวิจัยตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ตามลำดับ ดังนี้

1. ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลการศึกษาสภาพปัญหาของการเพาะเห็ด

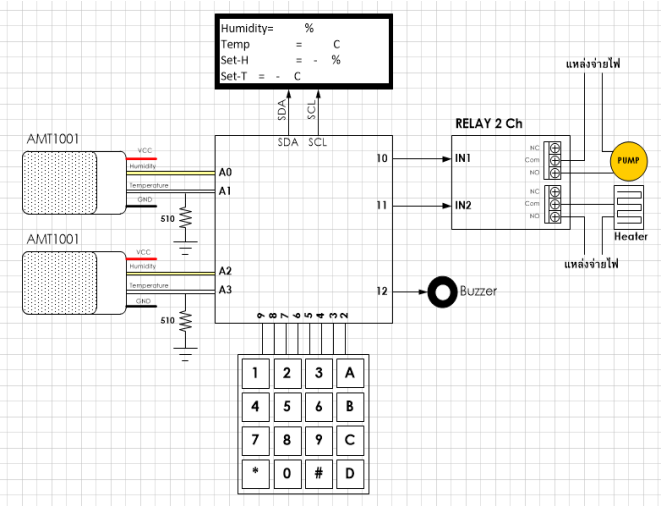
จากการสัมภาษณ์ พบว่า การรดน้ำในการเพาะเห็ดนั้นต้องอาศัยประสบการณ์ในการเพาะเห็ด เพราะการรดน้ำนั้น ทำให้เกิดผลต่ออุณหภูมิและความชื้นโดยตรง นี่จึงเป็นอุปสรรคแก่ผู้ที่เริ่มเพาะเห็ด เพราะไม่รู้ว่าต้องรดน้ำในปริมาณเท่าใด จึงเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของเห็ด และอีกสาเหตุหนึ่งคือน้ำที่รดไปนั้นไม่มีระบบการระบายที่ดี จึงทำให้ภายในโรงเรือนนั้นเกิดเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตที่ช้า และประสิทธิภาพต่ำ

2. ผลการออกแบบและพัฒนาเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ มีรายละเอียดดังนี้

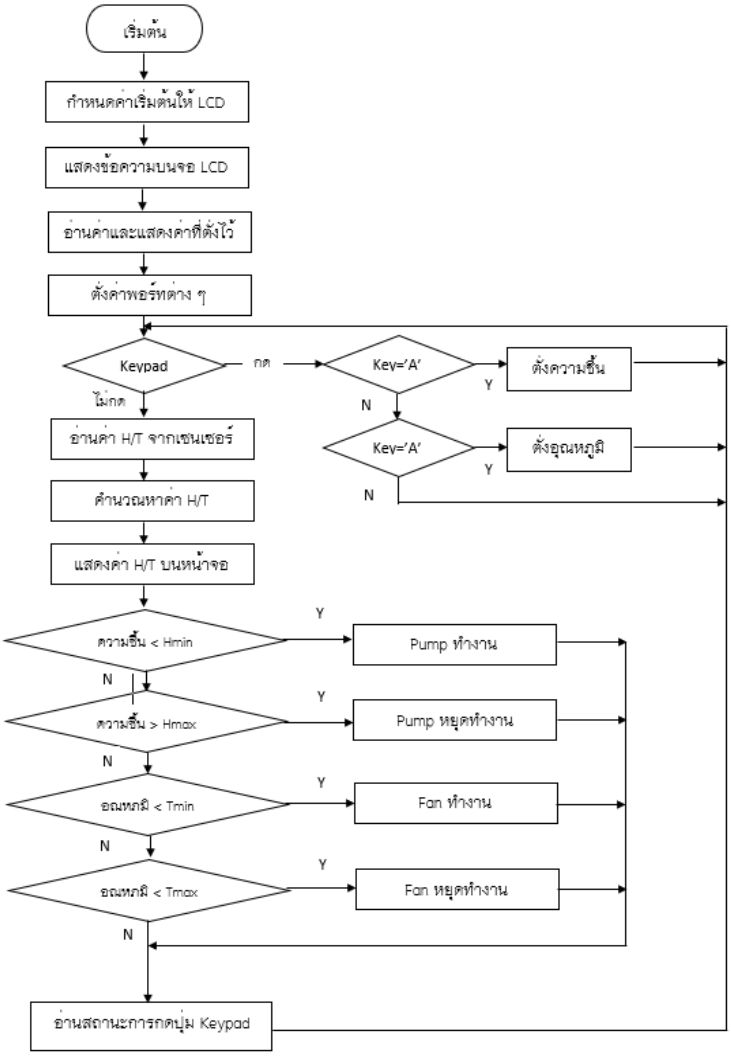
2.1 ผลการการออกแบบระบบ แสดงดังภาพ 1, 2, 3 และ 4 ดังนี้



ภาพ 1 แสดงแผนภาพระบบ (System diagram)



ภาพ 2 แสดงแผนภาพระบบไฟ (Wiring diagram)



ภาพ 3 แสดงแผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทำงาน (Flowchart)

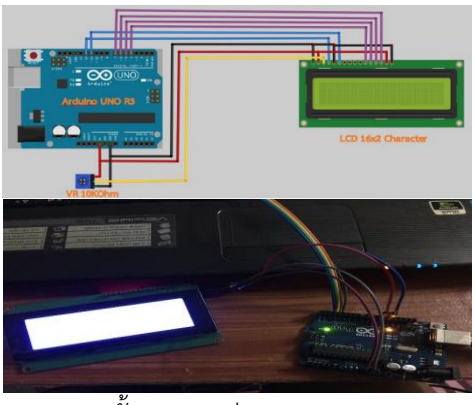
```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Keypad.h>
#include <EEPROM.h>

#define PUMP    11
#define FAN     10
#define Buzzer  12

int  TMin,TMax,HMax,HMin,Humidity,Temperature;

//-------------------------------------------
const byte ROWS = 4;
const byte COLS = 4;
char keys[ROWS][COLS] = {{'1','2','3','A'},
                         {'4','5','6','B'},
                         {'7','8','9','C'},
                         {'*','0','#','D'}
                        };
byte rowPins[ROWS] = {9, 8, 7, 6}; //connect to the row pinouts of the keypad
byte colPins[COLS] = {5, 4, 3, 2}; //connect to the column pinouts of the keypad
Keypad keypad = Keypad( makeKeymap(keys), rowPins, colPins, ROWS, COLS );
//------------ LCD ---------------------------
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,20,4);// PCF8574A =  0x3F

//-------------------------------------------
```

```
void loop(void)
{ long  TAD[2],HAD[2],Humi[2],Temp[2];
  char  i,Step=0,Key;

  while(Key == NO_KEY)
  { HAD[0] = 0; TAD[0] = 0;

   for(i=0;i<10;i++)
   {
    HAD[0] = HAD[0] + analogRead(0);delay(1);
    TAD[0] = TAD[0] + analogRead(1);delay(1);
   }
    HAD[0] = HAD[0]/10;
    TAD[0] = TAD[0]/10;
    Humi[0] =   (HAD[0] * 100)/614; // 0 - 3V  // 0- 614 // 0 -100%
    Temp[0] =   (TAD[0] * 80)/164;  // 0 - 0.8V  // 0- 164 // 0 -80C
    Humidity    =  Humi[0];
    Temperature =  Temp[0];
    Temperature =  Temperature + 3;
    lcd.setCursor(15,0);ShowNum(Humidity,3);
    lcd.setCursor(16,1);ShowNum(Temperature,2);

    if(Humidity < HMin){digitalWrite(PUMP,LOW);delay(500);}
    if(Humidity >= HMax){digitalWrite(PUMP,HIGH);}

    if(Temperature > TMax){digitalWrite(FAN,LOW);delay(500);}
    if(Temperature <= TMin){digitalWrite(FAN,HIGH);}

    Key = keypad.getKey();
  }
```

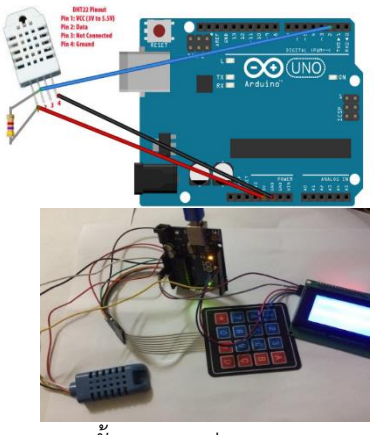
ภาพ 4 แสดงตัวอย่างคำสั่งในโปรแกรม (Code program)

2.2 ผลการออกแบบระบบ Input/output ของระบบงาน มีดังนี้

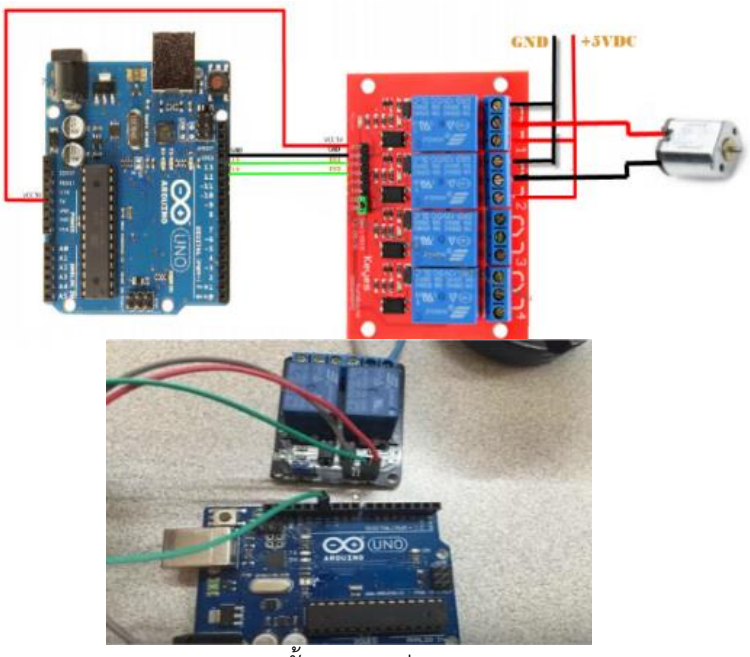
ภาพ 5 ถึง ภาพ 8 เป็นการแสดงขั้นตอนการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ (Input/Output) ดังนี้



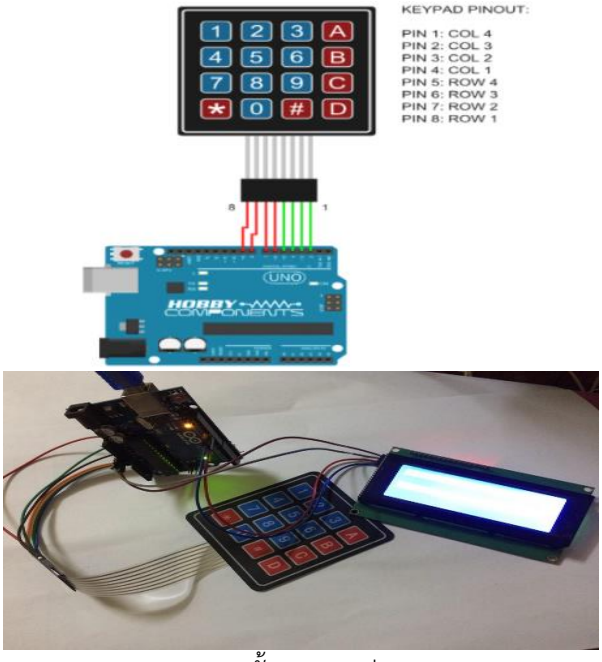
ภาพ 5 แสดงขั้นตอนการต่อ liquid crystal display



ภาพ 6 แสดงขั้นตอนการต่อ Module AMT1001



ภาพ 7 แสดงขั้นตอนการต่อ Module Relay



ภาพ 8 แสดงขั้นตอนการต่อ Keypad

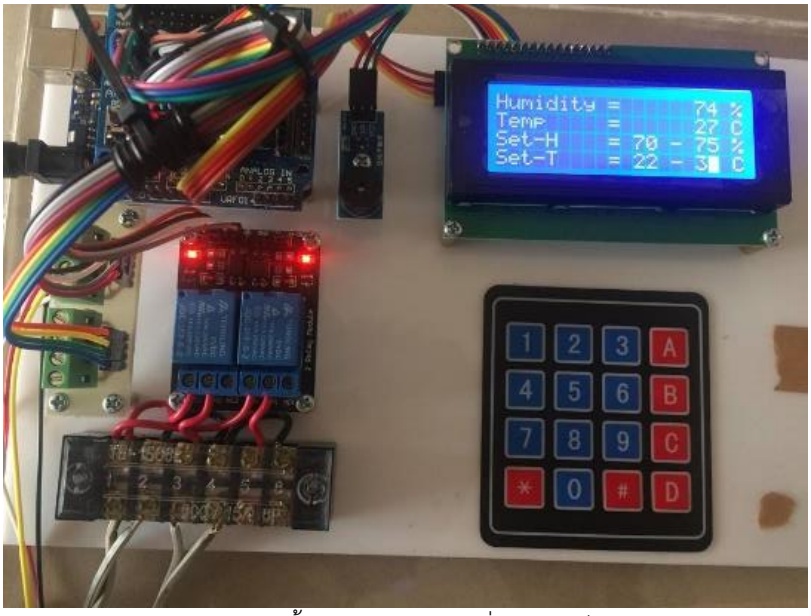
เมื่อต้องการใช้งานเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ อันดับแรกให้เลือกตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิความชื้นกับโรงเรือนที่ใช้ตามความเหมาะสม ดังภาพ 9

ภาพ 9 แสดงภาพการติดตั้งเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ฯ

เมื่อระบบเริ่มทำงานจากนั้น กดปุ่ม A เพื่อกำหนดค่าความชื้นสัมพัทธ์ โดยผู้ใช้สามารถกำหนดค่าตามต้องการ โดยให้กำหนดค่าความชื้นเป็นช่วง (ระหว่าง) ตัวอย่างเช่น กำหนดความชื้น 70-75% เมื่อกำหนดค่าเสร็จให้กดปุ่ม # เพื่อยืนยัน ซึ่งข้อมูลจะแสดงทาง LCD ของเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ ดังภาพ 10

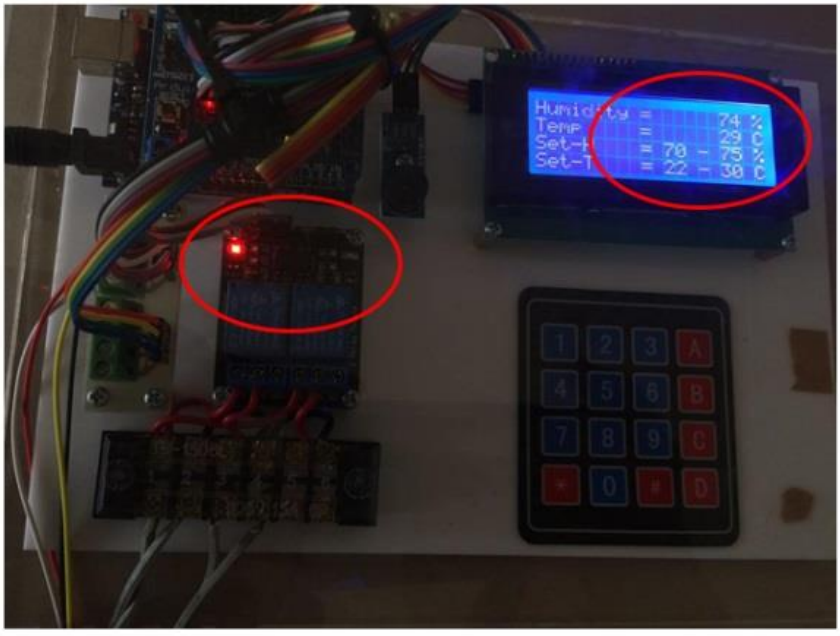
ภาพ 10 แสดงภาพการตั้งค่าความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ฯ

เมื่อกำหนดค่าความชื้นเรียบร้อยจากนั้น กดปุ่ม B เพื่อกำหนดค่าอุณหภูมิ โดยผู้ใช้สามารถกำหนดค่าตามต้องการ โดยให้กำหนดค่าความชื้นเป็นช่วง (ระหว่าง) ตัวอย่างเช่น กำหนดอุณหภูมิ 22 ℃ - 30℃ เมื่อกำหนดค่าเสร็จให้กดปุ่ม # เพื่อยืนยันค่าอุณหภูมิ ซึ่งข้อมูลจะแสดงทาง LCD ของเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ ดังภาพ 11



ภาพ 11 แสดงภาพการตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ฯ

หากค่าของอุณหภูมิและความชื้นต่ำกว่าค่าที่ผู้ใช้กำหนดไว้ เครื่องจะทำการเปิดระบบปั๊มน้ำ สังเกตได้จากวงกลมสีแดง ไฟ Relay จะติด แสดงว่าเครื่องยังทำการปั๊มน้ำอยู่เนื่องจากความชื้นอยู่ที่ 74% สามารถดูข้อมูลผ่านทาง LCD ของเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ ดังภาพ 12



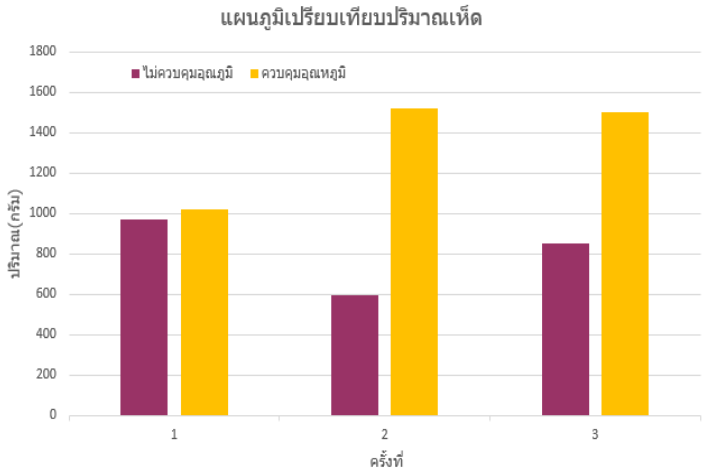
ภาพ 12 แสดงภาพการทำงาน (ในกรณีที่ค่าความชื้นต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้) ของเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ฯ

เมื่อต้องการข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้งานเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ ได้ที่ http://adisak60.plc.rmutl.ac.th ก็จะสามารถเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆ ได้ โดยผู้ใช้สามารถเข้ามาชมเว็บไซต์ได้โดยไม่ต้องล็อกอินเข้าสู่ระบบ และไม่เสียค่าบริการใด ๆ และจะปรากฏหน้าจอดังภาพข้างล่าง ซึ่งเป็นเว็บไซต์ของเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ ดังภาพ 13

ภาพ 13 แสดงเว็บไซต์นำเสนอข้อมูลเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ

3. ผลการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ

เมื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการนำเครื่องเพาะเห็ดที่สร้างขึ้นไปทำการทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องเพาะเห็ดว่าเมื่อมีการใช้เครื่องเพาะเห็ดแล้วจะสามารถเพิ่มปริมาณของเห็ดเพิ่มขึ้นจริงหรือไม่ โดยเปรียบเทียบจากปริมาณของเห็ดจำนวน 50 ก้อน จากการเพาะเห็ดแบบเก่าที่ไม่ใช้เครื่องกับแบบที่ใช้เครื่อง ซึ่งทำการประเมินประสิทธิภาพ 3 ครั้ง มีผลการทดลองดังภาพ 14 จะเห็นได้ว่าเมื่อนำเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติไปใช้เพาะเห็ดสามารถทำให้ได้ปริมาณเห็ดเพิ่มขึ้น



ภาพ 14 ผลการเปรียบเทียบปริมาณเห็ดนางฟ้าของการเพาะเห็ดแบบเก่าและแบบใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติ

สรุปและอภิปรายผล

จากการออกแบบและพัฒนาเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติในครั้งนี้ เป็นการนำเอาเทคโนโลยีไมโครคอนโทรเลอร์ (Arduino UNO R3) มาใช้ในส่วนควบคุมอุณหภูมิและความชื้น เช่นเดียวกับลิขิต อ่านคำเพชร และธงรบ อักษร (2560) ซึ่งทำงานวิจัยเรื่อง โรงเพาะเห็ดนางฟ้าอัจฉริยะ ที่ใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ (Arduino UNO R3) และ โมดูล DHT21 มาใช้ในระบบวัดอุณหภูมิและความชื้นในโรงเพาะเห็ดนางฟ้า มาช่วยในการควบคุมให้สามารถรับรู้ค่าอุณหภูมิและความชื้นของสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ภายในโรงเพาะเห็ดนางฟ้าเพื่อเป็นการลดผลกระทบทุกสภาพความแปรปรวนของดินฟ้าอากาศและเพื่อเพิ่มผลผลิตที่มากขึ้นโดยที่ค่าของอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเพาะเห็ดนางฟ้าจะอยู่ในช่วงที่เหมาะสมโดยมีเซ็นเซอร์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเพื่อให้การดูแลโรงเพาะเห็ดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นนี้ มีประสิทธิภาพในการใช้งานมากขึ้น สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ตามที่ผู้ใช้ระบบได้กำหนดค่าไว้ ทั้งนี้ยังสามารถควบคุมปริมาณไร แมลง และโรคที่เป็นปัญหาในการเพาะเห็ด เนื่องจากลักษณะเด่นของเครื่องเพาะเห็ดอเนกประสงค์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติเป็นระบบปิด สามารถป้องกันไร แมลง และลดการเกิดโรค และการรดน้ำอัตโนมัติถูกออกแบบมาพิเศษเพื่อแก้ปัญหาน้ำกระเด็นไปสัมผัสบริเวณดอกของเห็ดโดยตรง ในส่วนของการตั้งค่าอุณหภูมิ ผู้ใช้สามารถ เพิ่ม ลบ หรือปรับเปลี่ยนค่าได้ตามความเหมาะสม

ข้อเสนอแนะ

1. หากมีการพัฒนาต่อยอดควรมีการตรวจสอบและควบคุมอุณหภูมิและความชื้นผ่านทางเว็บแอพพลิเคชั่นได้

2. สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ ได้

3. ในการทำวิจัยในครั้งต่อไปควรมีการคำนวณจุดคุ้มทุนในการนำเครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยระบบอัตโนมัติไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ อย่างดีด้วยคำแนะนำปรึกษาและคอยดูแลจาก อาจารย์คัชรินทร์ ทองฟัก อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาสนา สิงห์ดวง ที่ปรึกษาโครงการร่วม ที่คอยสอนให้ความดูแลเอาใจใส่ แนะนำ ให้ความช่วยเหลือเสมอมาตลอดการศึกษา และเป็นกำลังใจตลอดมา ซึ่งต้องขอบพระคุณเป็นอย่างสูง รวมถึงคณาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้แก่ผู้จัดทำ และต้องขอขอบพระคุณบิดามารดาและบุคคลในครอบครัวอันเป็นที่เคารพรักซึ่งได้เป็นผู้ให้กำลังใจและให้โอกาสการศึกษาอันมีค่ายิ่ง

เอกสารอ้างอิง

ลิขิต อ่านคำเพชร และธงรบ อักษร. (2560). *โรงเพาะเห็ดนางฟ้าอัจฉริยะ*. นำเสนอในการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติราชธานีวิชาการ ครั้งที่ 2 วันที่ 26-27 กรกฎาคม 2559 ณ อุบลราชธานี, หน้า 364-374.

วิชาการ.คอม. (2551). *ความสำคัญของการเพาะเห็ด*. สืบค้นเมื่อ วันที่ 20 ธันวาคม 2560 จาก: http://www.vcharkarn.com/blog/38061/8322

ความถูกต้องของการจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยระหว่างเทคนิคการจำแนกแบบละเอียดจุดภาพและการจำแนกแบบกำกับดูแล

The accuracy of classified sugarcane planting areas between Sub-pixel and supervised classification techniques.

ศีตลา บัวขาว(Sitala Buakhao)[1*] นัฐพล มหาวิค(Nattapon Mahavik)[1]
กัมปนาท ปิยะธำรงชัย(Kampanart Piyathamrongchai)[1]
[1]ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
[*]Corresponding author. E-mail: sitala.buakhao@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบการจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยด้วยการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพและการจำแนกแบบกำกับดูแล ทำการศึกษาบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร โดยใช้ข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 8 (ช่วงวันที่ 13 ธันวาคม 2558) ในการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพจะศึกษา 3 รูปแบบคือ 1) สุ่มเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง (Training areas) ด้วยขนาดและการกระจาย 2) สุ่มเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ด้วยจำนวนจุดภาพ และ 3) ทำการจัดกลุ่มแบนด์แล้วทำการจำแนกพร้อมกับทำการตรวจสอบความถูกต้องด้วยข้อมูลการลงภาคสนามร่วมกับ google earth ซึ่งผลการศึกษาพบว่า การจำแนกแบบกำกับดูแล ให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องร้อยละ 84.73 ส่วนการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ ด้วยการเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ด้วยขนาดและการกระจาย โดยการเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ที่มีขนาดเล็ก จำนวนมาก กระจายตัวครอบคลุมทั่วพื้นที่ และการเลือกขนาดด้วยจำนวนจุดภาพที่มีจำนวน 50 จุดภาพ ให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 75.74 และ 76.96 ตามลำดับ ส่วนการจำแนกโดยการจับกลุ่มแบนด์ ผลลัพธ์ที่ได้คือ การจำแนกแบบกำกับดูแลให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดคือกลุ่มแบนด์ 23457 มีความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 86.41 และการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดคือกลุ่มแบนด์ 236 ความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 94.55

คำสำคัญ: การจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ อ้อย การจำแนกแบบกำกับดูแล ข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 8

Abstract

This study compared the classification of sugarcane plantation area between Sub-pixel and Supervised classification. Study area is located in Mueang District, Kamphaengphet province using Landsat 8 imagery data on December 13, 2015. Sub-pixel classification on 3 techniques has been applied as follows: (1) Random sampling areas from size and distribution (2) Random sampling areas by a number of pixel and (3) combined bands. Accuracy assessment has been done with the use of field survey data associated with image of google earth. The study indicated that accuracy of supervised classification was 84.73 percent. Sub-pixel classification with random

sampling areas with a small, numerous, distributed throughout the area produced 75.74 percent in the accuracy assessment, while the random sampling areas using produce 76.96 percent in the accuracy assessment. Moreover, band combinations results of Sub-pixel and Supervised classification indicated that best result of supervised classification is the combined bands of 23457 producing 86.41 percent of accuracy assessment. For the result of sub-pixel classification is shown accuracy at 94.55 percent in the combined bands 236.

Keywords: Sub-pixel classification, Sugarcane, Supervised classification, Landsat 8

บทนำ

พืชเศรษฐกิจประเทศไทยที่สำคัญมีหลายชนิด เช่น ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา ข้าวโพด เป็นต้น ปัจจุบันพบว่ามีการปลูกอ้อยกันอย่างแพร่หลาย เพราะอ้อยเป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลและด้านพลังงาน ในแต่ละปีมีการส่งออกน้ำตาลสร้างรายได้เข้าสู่ประเทศประมาณ 2-3 แสนล้านบาท ซึ่งจังหวัดกำแพงเพชรเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีการเพาะปลูกอ้อยเพื่อการผลิตน้ำตาล โดยมีพื้นที่ปลูกอ้อยประมาณ 4 แสนกว่าไร่ มีผลผลิตประมาณ 10 ตันต่อไร่ จังหวัดกำแพงเพชรมีระบบการผลิตและตลาดที่มั่นคง มีโรงงานอุสาหกรรมที่รองรับผลผลิตจากเกษตรกร 3 แห่ง ซึ่งปัจจุบันเกษตรกรจำนวนมากได้ปรับเปลี่ยนพื้นที่เกษตรมาพื้นที่ปลูกอ้อย เนื่องจากได้รับผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุน จึงทำให้อ้อยเป็นพืชที่ได้รับความนิยมและมีแนวโน้มการขยายตัวเชิงพื้นที่สูงในอนาคต ทำให้การสำรวจติดตามพื้นที่ปลูกอ้อยมีความสำคัญในการวางแผนรวมถึงการบริหารจัดการทั้งของหน่วยงานรัฐและเอกชนในด้านการลงทุนและนโยบายทางด้านราคา

ในการตรวจสอบการใช้ประโยชน์ที่ดิน หรือการติดตามการเปลี่ยนของพื้นที่ ในปัจจุบันได้นำข้อมูลจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรมาใช้ประโยชน์ในระดับประเทศ เนื่องจากครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ทำให้การสำรวจเป็นไปได้อย่างรวดเร็วในการสนับสนุนด้านนโยบายภาครัฐ นอกจากนั้นข้อมูลภาพดาวเทียมยังนำมาติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เกษตรกรรมหรือพื้นที่ป่า การติดตามพื้นที่ก่อนและหลังการเกิดภัยพิบัติ เป็นต้น ในปัจจุบันมีหลายหน่วยงานที่อนุญาตให้ใช้ข้อมูลภาพดาวเทียมสำรวจทรัพยากรโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายยกตัวอย่างข้อมูลภาพดาวเทียมแลนด์แซท ทำให้เปิดโอกาสให้หน่วยงานระดับท้องถิ่นที่มีความรู้ในการจัดการข้อมูลสามารถนำกระบวนการทางด้านการสำรวจระยะไกลหรือรีโมทเซนซิ่ง (Remote sensing) มาสำรวจทรัพยากรในพื้นที่ของตนเองได้

อย่างไรก็ตามการจำแนกข้อมูลภาพดาวเทียมมีหลายวิธี โดยวิธีที่นิยมหนึ่งในนั้นคือการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) เป็นกระบวนการที่ผู้จำแนกต้องสร้างข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง (training area) ของแต่ละชั้นข้อมูลการใช้ที่ดินขึ้นมา เพื่อเป็นค่าสถิติตัวแทนในการประมวลผลจุดภาพในแต่ละช่วงคลื่นของภาพดาวเทียมนั้น อย่างไรก็ตามความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลนั้นขึ้นอยู่กับกระบวนการเลือกพื้นที่ตัวอย่างนี้เป็นอย่างมาก หากมีการเลือกสิ่งปกคลุมปะปนข้ามกลุ่มตัวอย่างเข้าไปในเป็นตัวแทนค่าสถิติของกลุ่มข้อมูลตัวอย่างแล้วจะมีผลต่อค่าความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกด้วยวิธีนี้ Watanachaturaporn et al. (2006) กล่าวไว้ว่า การจำแนกแบบจุดภาพนั้นอาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการจำแนกที่มีปัญหาการปะปนกันภายในจุดภาพ จึงได้มีการนำวิธีการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ (Sub-pixel classification) มาแก้ปัญหานี้ เพราะเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถแก้ไขการจำแนกวัตถุที่ปะปนกันภายในจุดภาพได้

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาเทคนิควิธีการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ มาทำการจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อย โดยนำเทคนิคนี้มาประยุกต์ใช้กับข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 8 ซึ่งวิธีนี้อาจจะเป็นอีกหนึ่งวิธีการที่สามารถเพิ่มความถูกต้องให้กับผลการจำแนกข้อมูล อันจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้ติดตามพื้นที่การปลูกอ้อยอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.เพื่อประเมินความถูกต้องในการจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อย ด้วยการเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ และการจำแนกแบบกำกับดูแล โดยใช้ข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 8

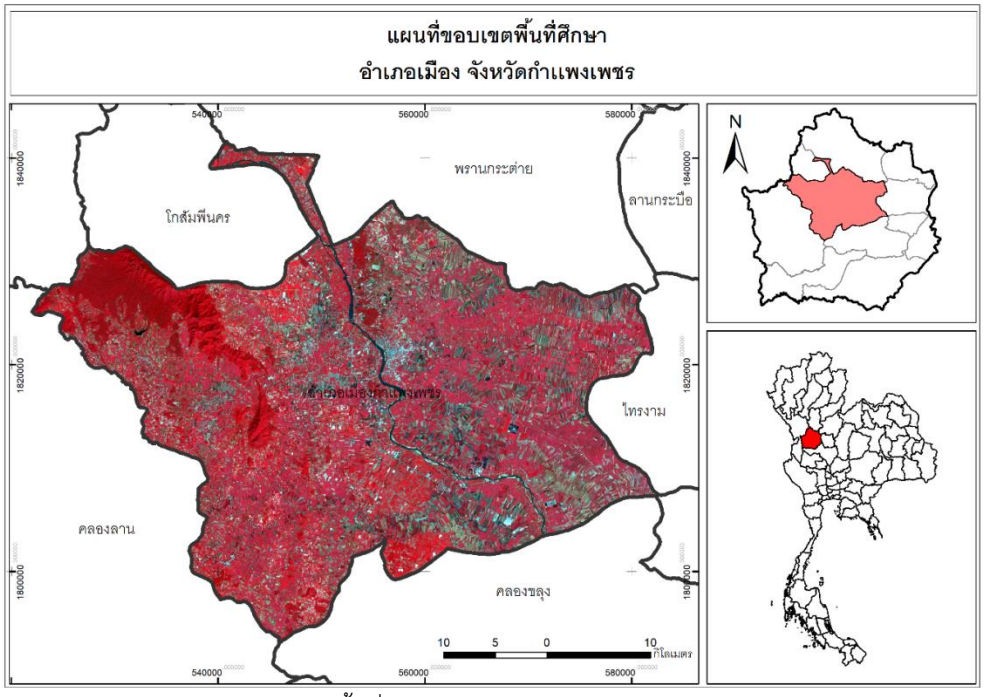
2.เพื่อศึกษาตัวแปรในการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ ที่มีผลต่อความถูกต้องของการจำแนก

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบความถูกต้องของการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพกับการจำแนกแบบกำกับดูแล โดยการใช้ข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 8 คณะผู้วิจัยได้เลือกพื้นที่ศึกษาที่ อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร เนื่องจากบริเวณพื้นที่ในจังหวัดกำแพงเพชรมีการทำเกษตรกรรมอย่างหนาแน่น ทั้งพืชไร่และพืชสวน โดยเฉพาะอ้อยที่มีการปลูกกันอย่างแพร่หลาย บริเวณพื้นที่ศึกษาจะมีลักษณะทางกายภาพเป็นเขาสูงลาดชันจากทางทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันออก

อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร ตั้งอยู่ตอนกลางค่อนไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของจังหวัด มีเนื้อที่ประมาณ 1,348.536 ตารางกิโลเมตร มีอาณาเขตติดต่อกับเขตการปกครองข้างเคียง ดังนี้

- ทิศเหนือ ต่อต่อกับ อำเภอโกสัมพีนครและอำเภอพรานกระต่าย
- ทิศตะวันออก ติดต่อกับ อำเภอไทรงาม
- ทิศใต้ ติดต่อกับ อำเภอคลองขลุงและอำเภอขาณุวรลักษบุรี
- ทิศตะวันตก ติดต่อกับ อำเภอคลองลาน (ดังภาพที่ 1)

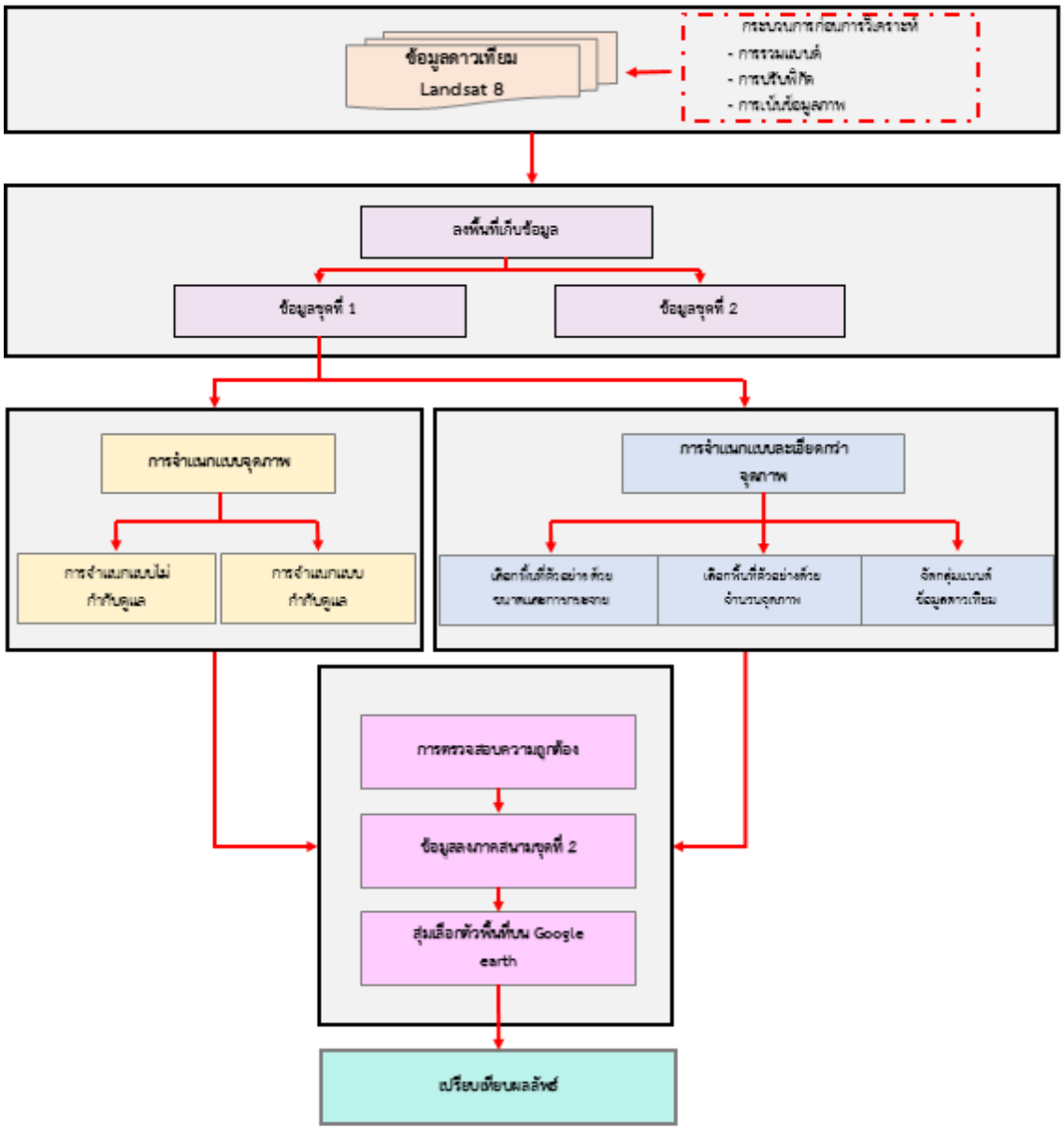


ภาพ 1 พื้นที่ศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร

ตาราง 1 ข้อมูล

ข้อมูล	ช่วงเวลา	ลักษณะข้อมูล
1 .ข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 8	วันที่ 13 ธันวาคม 2558	- เป็นข้อมูล Raster (https://earthexplorer.usgs.gov) - มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 30 เมตร
2. ข้อมูลการลงภาคสนาม	เดือน ธันวาคม 2559	- เป็นข้อมูล Sharp file แบบจุด ที่ถูกแปลงมาจากค่าพิกัดจาก GPS ที่ได้จากการลงภาคสนาม
3.ข้อมูลภาพจาก Google earth	ช่วงปี 2017	- เป็นข้อมูล Raster

กรอบการศึกษา



ภาพ 2 กรอบการวิจัย

ขั้นตอนการวิจัย

คณะผู้วิจัยได้คัดเลือกภาพข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 8 เนื่องจากไม่เสียค่าใช้จ่ายในการใช้ข้อมูล โดยทำการกรองข้อมูลภาพบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ปราศจากเมฆจากเว็ปไซต์ของ NASA เมื่อทำการดาวน์โหลดข้อมูลมาได้แล้ว ทำการประมวลผลเบื้องต้นด้วยการรวมแบนด์หรือเรียกกันโดยทั่วไปว่า Layer stacking โดยข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 8 ทั้งหมด 11 ช่วงคลื่น แต่ในการศึกษาในครั้งนี้จะเลือกใช้ 6 ช่วงคลื่น (แบนด์ 2-7) คือ ช่วงคลื่นที่สายตามองเห็น (น้ำ

เงิน เขียว แดง) ช่วงคลื่น near infrared ช่วงคลื่น shot wave infrared1 และ 2 จากนั้นทำการปรับแก้พิกัดเชิงเรขาคณิต โดยการสร้างความสัมพันธ์ข้อมูลดาวเทียมที่ได้มากับข้อมูลที่ใช้ในการอ้างพิกัดในทางภูมิศาสตร์

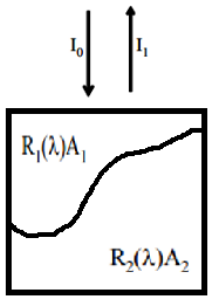
เมื่อทำการจัดการกับข้อมูลดาวเทียมแล้วจึงทำการวางแผนการลงเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยจะทำการเก็บข้อมูลภาคสนามทั้ง 2 ชุด ชุดละ 7 ประเภทข้อมูล ได้แก่ อ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา พื้นที่เมือง พื้นที่ป่า แหล่งน้ำ และพื้นที่เปิดโล่ง ในการเลือกเก็บข้อมูลภาคสนาม จะเลือกบริเวณที่เด่นชัด สามารถมองเห็นได้ชัดเจนบนข้อมูลดาวเทียม ซึ่งในส่วนนี้จะทำให้สะดวกต่อการเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่างที่จะนำไปใช้ในกระบวนการต่อไป โดยข้อมูลการลงภาคสนามชุดที่ 1 จะใช้เป็นข้อมูลที่ใช้เลือกเป็นพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง และข้อมูลชุดที่ 2 จะเป็นข้อมูลในการตรวจสอบความถูกต้องร่วมกับข้อมูลดาวเทียมรายละเอียดสูงที่ได้จาก google earth เพื่อใช้ในกระบวนการตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งเป็นกระบวนการหลังจากการทำการจำแนกข้อมูล

กระบวนการต่อมาจะเป็นการจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised classification) ในการจำแนกแบบกำกับดูแลจะใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันเป็นอย่างมาก เพราะได้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องสูง โดยจะใช้ข้อมูลการลงภาคสนามชุดที่ 1 มาใช้ในการเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ทำการจำแนกพื้นที่ออกเป็น 7 ประเภทตามข้อมูลภาคสนาม

กระบวนการต่อมาคือการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ (Sub-pixel classification) จะทำการทดสอบทั้งหมด 3 แบบคือ

1. สุ่มเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ด้วยขนาดและการกระจาย
   - 1.1 การเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ที่มีขนาดเล็ก จำนวนมาก กระจายตัวครอบคลุมทั่วพื้นที่
   - 1.2 เลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ 1 พื้นที่
   - 1.3 เลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ที่มีพื้นที่ขนาดเล็ก 1 พื้นที่
   - 1.4 เลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ที่มีพื้นที่ขนาดเล็ก จำนวนจุดไม่มาก กระจายตัวทั่วพื้นที่
   - 1.5 เลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ กระจายตัวไม่ครอบคลุมทั่วพื้นที่
   - 1.6 เลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ที่มีพื้นที่ขนาดเล็ก กระจายตัวไม่ครอบคลุมทั่วพื้นที่
2. สุ่มเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ด้วยจำนวนจุดภาพ
3. การเลือกจัดกลุ่มแบนด์

ในการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพจะใช้เฉพาะค่าสะท้อนเชิงคลื่นของพื้นที่ปลูกอ้อยจากข้อมูลการลงภาคสนามชุดที่1 มาในการเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง



ภาพ 3 แบบแสดงการจำลองการสะท้อนของวัตถุที่มีการ 2 วัตถุขึ้นไป คือ $R_1(\lambda)$ เป็นวัตถุที่สนใจและ$R_2(\lambda)$ เป็นวัตถุพื้นหลัง (แหล่งอ้างอิง Image Subpixel classifier user's guide 2008)

รังสีของจุดภาพเป็นการรวมรังสีของวัตถุทั้ง 2 ชนิด

$$I_1(\lambda) = I_0(\lambda)\frac{(R_1(\lambda)A_1+R_2(\lambda)A_2)}{A}$$ _____สมการ (1)

$I_1(\lambda)$ = ค่ารังสีสะท้อน

$I_0(\lambda)$ = ค่ารังสีตกกระทบ

$R_1(\lambda)$ = ค่าสะท้อนของวัตถุที่สนใจ

$R_2(\lambda)$ = ค่าสะท้อนของวัตถุพื้นหลัง

A_1 = พื้นที่ของวัตถุที่สนใจ

A_2 = พื้นที่ของวัตถุพื้นหลัง

A = พื้นที่ทั้งหมด ซึ่งได้มาจากพื้นที่ของวัตถุที่สนใจรวมกับพื้นที่ของวัตถุพื้นหลัง

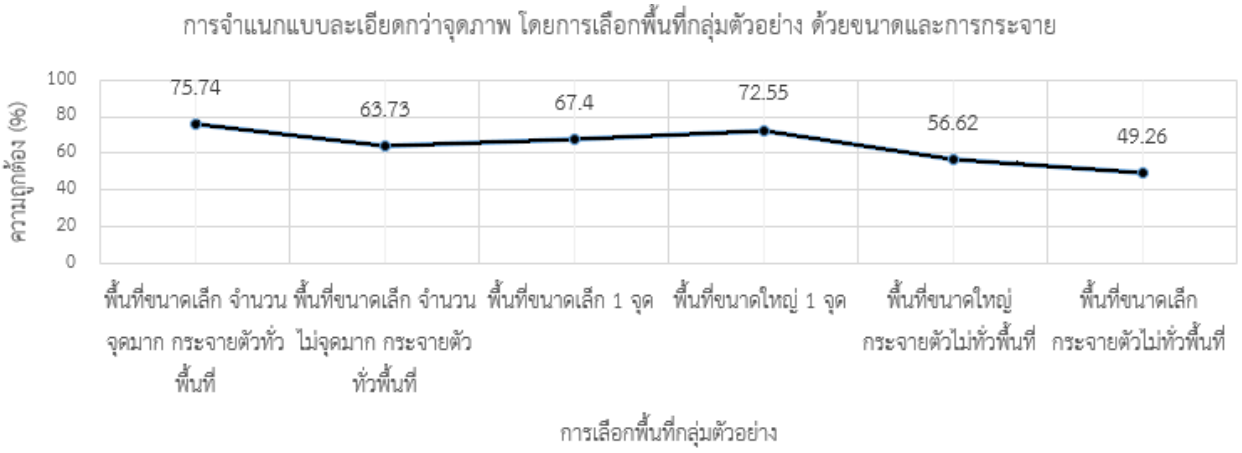
หลังจากที่ทำการจำแนกทั้ง 2 การจำแนกแล้ว จากนั้นทำการตรวจสอบความถูกต้องโดยการใช้ข้อมูลการลงภาคสนามชุดที่ 2 มาใช้ในการเลือกพื้นที่บนข้อมูลดาวเทียมที่ได้จาก google earth โดยทำการตีแปลงพื้นที่บนข้อมูลจาก google earth แล้วทำมาซ้อนทับกับผลที่ได้จากการจำแนก แล้วทำการประมวลผล เพื่อนับจำนวนจุดภาพที่มีความถูกต้องตรงกัน แล้วทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์

ผลการวิจัย

1. ผลการจำแนกแบบกำกับดูแลให้ความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 84.73
2. ผลการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ

2.1 การสุ่มเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ด้วยขนาดและการกระจาย โดยที่การเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก จำนวนมาก กระจายตัวครอบคลุมทั่วพื้นที่ให้ความถูกต้องสูงที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 75.74 รองลงมาคือ การเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ 1 พื้นที่ การเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ที่มีพื้นที่ขนาดเล็ก 1 พื้นที่ การเลือกพื้นกลุ่มตัวอย่างที่มีพื้นที่ขนาดเล็ก จำนวนจุดไม่มาก กระจายตัวทั่วพื้นที่ การเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ที่มีขนาดใหญ่ กระจายตัวไม่ครอบคลุมทั่วพื้นที่ และพื้นที่ที่มีขนาดเล็ก กระจายตัวไม่ครอบคลุมทั่วพื้นที่ โดยมีความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 72.55 67.40 63.73 56.62 49.26 ตามลำดับ

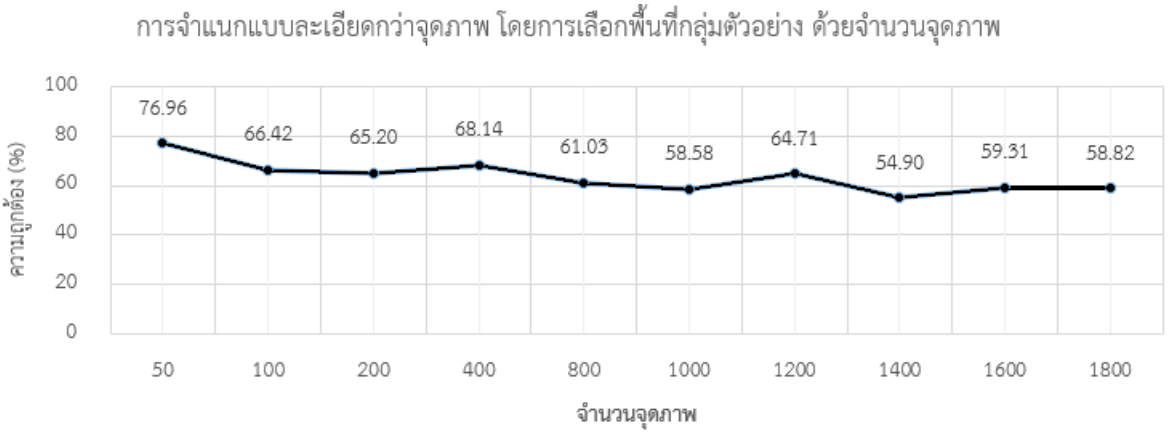
ดังภาพ 4



ภาพ 4 ความถูกต้องของการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ โดยการเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ด้วยขนาดและการกระจาย

2.2 การสุ่มเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่างด้วยจำนวน ได้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องสูงสุดคือ การเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 50 จุดภาพ มีความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 76.96 รองลงมาคือการเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 400 100 200 1200 800 1600 1800 1000 1400 มีความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 68.14 66.42 65.20 64.71 61.03 59.31 58.58 และ 54.90 ตามลำดับ

ดังภาพ 5



ภาพ 5 ความถูกต้องของการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ โดยการเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง ด้วยจำนวนจุดภาพ

2.3 การจัดกลุ่มแบนด์ ในการทำขั้นตอนนี้จะทำการวิจัยทั้งการจำแนกแบบกับดูแลและการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ ทำการจัดกลุ่มแบนด์ตั้ง 3-6 แบนด์ แล้วจึงนำข้อมูลนั้นมาทำการจำแนก ผลลัพธ์การจำแนกแบบกำกับดูแลพบว่า กลุ่มแบนด์ 23457 ให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องสูงสุด อยู่ที่ร้อยละ 86.41 และความถูกต้องของกลุ่มแบนด์อื่นๆ ได้ค่าความถูกต้องตามตาราง 2 โดยเรียงลำดับจากความถูกต้องมากไปน้อย และผลลัพธ์จากการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพพบว่า กลุ่มแบนด์ 236 ให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 94.55 และความถูกต้องของกลุ่มแบนด์อื่นๆ ได้ค่าความถูกต้องตามตาราง 3 โดยเรียงลำดับจากความถูกต้องมากไปน้อย

ตาราง 2 ความถูกต้องของการจำแนกแบบกำกับดูแลละเอียดกว่าด้วยการจัดกลุ่มแบนด์

ที่	กลุ่มแบนด์	ความถูกต้อง (ร้อยละ)
1	23457	86.41
2	3457	85.65
3	2456	85.33
4	3456	85.32
5	456	85.25
6	236	85.06

ตาราง 3 ความถูกต้องของการจำแนกแบบจุดภาพ ด้วยการจัดกลุ่มแบนด์

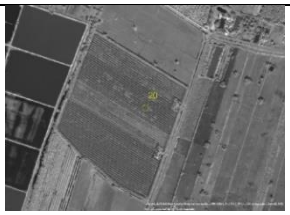
ที่	กลุ่มแบนด์	ความถูกต้อง (ร้อยละ)
1	236	94.55
2	346	92.93
3	3456	92.44
4	345	92.31
5	456	92.17
6	237	91,74

ที่	กลุ่มแบนด์	ความถูกต้อง (ร้อยละ)
7	234567	84.74
8	2347	84.52
9	247	84.17
10	246	84.16
11	34567	84.11
12	2346	84.05
13	4567	83.93
14	245	83.85
15	457	83.72
16	237	83.65
17	347	83.39
18	2345	82.96
19	235	82.14
20	345	81.97
21	346	81.17
22	467	77.06
23	567	70.94
24	234	68.23

ที่	กลุ่มแบนด์	ความถูกต้อง (ร้อยละ)
7	467	91.56
8	235	91.48
9	3457	91.31
10	4567	91.30
11	347	90.80
12	457	90.56
13	34567	90.48
14	2346	90.39
15	2347	90.07
16	246	89.60
17	567	89.57
18	247	89.51
19	234567	89.17
20	23456	88.91
21	23457	88.91
22	2345	88.60
23	245	87.93
24	234	86.76

ตาราง 4 การลงเก็บข้อมูลภาคสนาม

ลำดับ	ข้อมูลภาคสนาม	ข้อมูลดาวเทียม	Google earth
1			
2			

ลำดับ	ข้อมูลภาคสนาม	ข้อมูลดาวเทียม	Google earth
3			

ส่วนการจำแนกโดยการจัดกลุ่มแบนด์ของการจำแนกแบบกำกับดูแลกลุ่มแบนด์ที่ให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องที่ดีสุดคือ 23457 ให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องที่ดีที่สุด อยู่ที่ร้อยละ 86.41 กับการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ กลุ่มแบนด์ที่ให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องที่ดีที่สุดคือกลุ่มแบนด์ 236 ให้ความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 94.55 ซึ่งความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้คือความถูกต้องที่ดีที่สุดในการศึกษาในครั้งนี้ และการศึกษาของวิลาสลักษณ์ รอดโฉม (2546) ได้ทำการศึกษาการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพในการจำแนกพื้นที่ปลูกฝิ่น โดยการใช้ข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 7 ได้ผลลัพธ์คือการจำแนกแบบกำกับดูแลมีความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 72 และการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพมีความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 89 ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวมีผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับการศึกษาของคณะผู้วิจัยที่ใช้ข้อมูลดาวเทียม 8 โดยการเลือกใช้แบนด์ที่มีช่วงคลื่นเดียวกับข้อมูลดาวเทียมแลนด์เซท 7 ซึ่งมีผลลัพธ์ของการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพมีความถูกต้องสูงกว่าการจำแนกแบบกำกับดูแล แต่ในการศึกษาของคณะผู้วิจัยได้ทำการจัดกลุ่มแบนด์ เพื่อดูว่าการแบนด์แต่ละแบนด์ที่ใช้ในการศึกษามีผลต่อค่าความถูกต้องของผลลัพธ์หรือไม่ ซึ่งจากการศึกษาพบว่ากลุ่มแบนด์ที่ให้ผลลัพธ์ของการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพได้ที่สุดคือ กลุ่มแบนด์ 236 ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 94.55 ซึ่งผลลัพธ์ให้ความถูกต้องสูงกว่าการจำแนกโดยใช้จำนวนแบนด์เช่นเดียวกับการศึกษาของวิลาสลักษณ์โดยตรง จากการศึกษาจึงทำให้รู้ว่าการเลือกแบนด์ที่นำมาใช้ในการจำแนกมีผลทำให้ได้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาการเปรียบเทียบความถูกต้องของการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ โดยใช้ข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 8 เปรียบเทียบกับการจำแนกแบบกำกับดูแล บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร พบว่าการจำแนกแบบกำกับดูแล ที่นำข้อมูลการลงภาคสนามชุดที่ 1 มาใช้ในการเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่าง พบว่ามีผลลัพธ์ที่ถูกต้องที่ดีที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 84.73 ในการศึกษาความถูกต้องของการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพที่มีการสุ่มเลือกพื้นที่ตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก จำนวนจุดมาก กระจายตัวครอบคลุมทั่วพื้นที่ และการเลือกพื้นที่ตัวอย่างจำนวน 50 จุดภาพ ให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกที่ดีที่สุด โดยคิดเป็นต้องร้อยละ 75.74 และ 76.96 ตามลำดับ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ข้างต้นมีความสอดคล้องกับการศึกษาของกฤษดาพันธ์ แสงคำมา (2555) ในการศึกษาการเปรียบเทียบการจำแนกแบบกำกับดูแลและการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ เพื่อวิเคราะห์พื้นที่ปลูกยางพารา ซึ่งจากผลลัพธ์ที่ได้พบว่าการจำแนกพื้นที่ปลูกยางพาราด้วยการแบบกำกับดูแลสามารถตรวจหาพื้นที่ปลูกยางพาราได้แม่นยำกว่า คิดเป็นร้อยละ 73.59 ส่วนการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ มีความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 49.65 เนื่องด้วยพื้นที่ปลูกยางพาราและพื้นที่ปลูกอ้อยมีขนาดพื้นที่ขนาดใหญ่ จึงทำให้เกิดผลลัพธ์ดังกล่าว แต่ด้วยเปอร์เซ็นต์ผลลัพธ์ที่ได้นั้นจะเห็นค่าผลต่างของผลลัพธ์ได้ระหว่างของงานปัจจุบันกับของกฤษดาพันธ์ค่อนข้างจะแตกต่างกันมาก อาจจะเป็นผลสืบเนื่องมาจากกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องในครั้งนี้สามารถตรวจสอบพื้นที่ที่ใช้ในการเข้าถึงพื้นที่เพื่อ

ตรวจสอบความถูกต้องได้ทุกแปลงที่ใช้ในการตรวจสอบ แต่การศึกษาของกฤษดาพันธ์เองไม่สามารถที่จะทำการตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ที่อยู่บริเวณภูเขาและพื้นที่ป่าได้ จึงทำให้ค่าความถูกต้องมีความแตกต่างกันสูงเมื่อเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการจำแนกของงานวิจัยครั้งนี้

จากผลการศึกษาการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพที่มีการเลือกพื้นที่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 50 100 200 400 800 1000 1200 1400 1600 และ 1800 จุดภาพ ซึ่งพบว่าการเลือกพื้นที่จำนวน 50 จุดภาพให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 76.96 ซึ่งในผลการศึกษานี้จะตรงข้ามกับผลการศึกษาของ Kumar et.al (2008) ซึ่งทำการศึกษาการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ โดยการใช้ข้อมูลจากดาวเทียม Indian Remote Sensing Satellite ได้ทำการเลือกพื้นที่ตัวอย่างจำนวน 100 200 300 400 และ 500 จุดภาพ ซึ่งผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องที่ดีที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 86.53 จากการเลือกพื้นที่ตัวอย่างจำนวน 500 จุดภาพ จากผลลัพธ์นี้แสดงให้เห็นถึงความไม่สอดคล้องกับการศึกษาของผู้วิจัยที่ทำการเลือกพื้นที่ตัวอย่างจำนวนเพียง 50 จุดภาพ ก็ให้ความถูกต้องสูงสุดร้อยละ 76.96 ซึ่งความไม่สอดคล้องนี้แสดงให้เห็นความขัดแย้งของผลการจำแนกที่ได้ สาเหตุหนึ่งอาจจะมาจากการเลือกใช้ข้อมูลที่แตกต่างกัน การศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท 8 ที่มีความละเอียด 30 เมตร เลือกใช้ 6 แบนด์ในการศึกษาจากทั้งหมด 11 แบนด์ ส่วน Kumar et. al (2008) ใช้ข้อมูลจาก Hyperion EO1 ที่มีความละเอียดเชิงคลื่นสูงถึง 220 แบนด์ นอกจากนั้นอาจจะมาจากการเลือกใช้ข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องที่ Kumar et.al (2008) ได้เลือกใช้ข้อมูลคนละช่วงเวลา ซึ่งข้อมูล Hyperion EO1 ใช้ข้อมูลในช่วงเดือนเมษายน ปี 2005 ซึ่งเป็นช่วงหลังฤดูการเก็บเกี่ยวในการจำแนก และใช้ข้อมูล LISS-3 ใช้ในช่วงเดือนมีนาคม ปี 2005 ซึ่งเป็นช่วงใกล้ฤดูเก็บเกี่ยว ซึ่งความแตกต่างของระยะเวลาของข้อมูล ในขณะที่งานวิจัยนี้ได้เลือกพื้นที่ที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องจากการใช้ข้อมูลจากการลงเก็บข้อมูลภาคสนาม เพื่อคัดเลือกแปลงพื้นที่ปลูกอ้อยจาก google earth โดยจะเลือกแปลงที่ยังมีผลผลิตอยู่มาใช้ในการตรวจสอบความถูกต้อง โดยดูได้จากตัวอย่างพื้นที่การลงเก็บข้อมูลภาคสนามได้จากตาราง 4 ซึ่งเป็นการลงเก็บข้อมูลในช่วงเวลาใกล้เคียงกับข้อมูลดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษา เพื่อให้การตรวจสอบความถูกต้องมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากการศึกษาความถูกต้องของผลการจำแนกในครั้งนี้เป็นการตรวจสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่งเป็นการตรวจสอบว่าจุดภาพที่ได้จากการจำแนกเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยหรือไม่ แต่เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพเป็นการแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบสัดส่วนของพื้นที่ปลูกอ้อยต่อพื้นที่ทั้งหมดของจุดภาพ ซึ่งจะแสดงอยู่ในสัดส่วนตั้งแต่ร้อยละ 20 ถึงร้อยละ 100 ซึ่งไม่ได้ทำการตรวจสอบว่าจุดภาพที่ได้จากการจำแนกเป็นจุดภาพที่มีสัดส่วนของพื้นที่ปลูกอ้อยดังผลที่ได้จากการจำแนกจริงหรือไม่

2.งานวิจัยในครั้งนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบหาพื้นที่ที่มีการบุกรุกเพื่อทำการเกษตรอย่างผิดกฎหมาย หรือลักลอบการปลูกพืชอย่างผิดกฎหมาย เช่น การลักลอบปลูกฝิ่น กัญชา ในพื้นที่ขนาดเล็กหรือปลูกปะปนกับพืชชนิดอื่น

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎาพันธ์ แสงคำมา. (2555). การเปรียบเทียบการจำแนกข้อมูลแบบละเอียดกว่าจุดภาพและแบบกำกับดูแลด้วยดาวเทียมไทยโชต เพื่อวิเคราะห์พื้นที่ปลูกยางพารา. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่).

วิลาสลักษณ์ รอดโฉม. (2546). การใช้เทคนิคการจำแนกระดับละเอียดกว่าจุดภาพกับดาวเทียมแลนด์แซท7 เพื่อตรวจหาพื้นที่ฝิ่นขนาดเล็ก. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ).

Kumar A., Min H.A.. (2008). Some issues related with sub-pixel classification using Hyperion data. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 37, 249-254

Leica Geosystems. (2008). IMAGINE Subpixel classification Users Guide. Retrieved from http://web.pdx.edu/~nauna/SubpixelClassifier.pdf

Watanachaturaporn P., Arora M.K., and Varshney P.K. (2006). Sub-pixel land cover classification using support vector machines. The American Society for Photogrammetry& Remote Sensing 2006 Annual Conference. May 1-5 2006.