



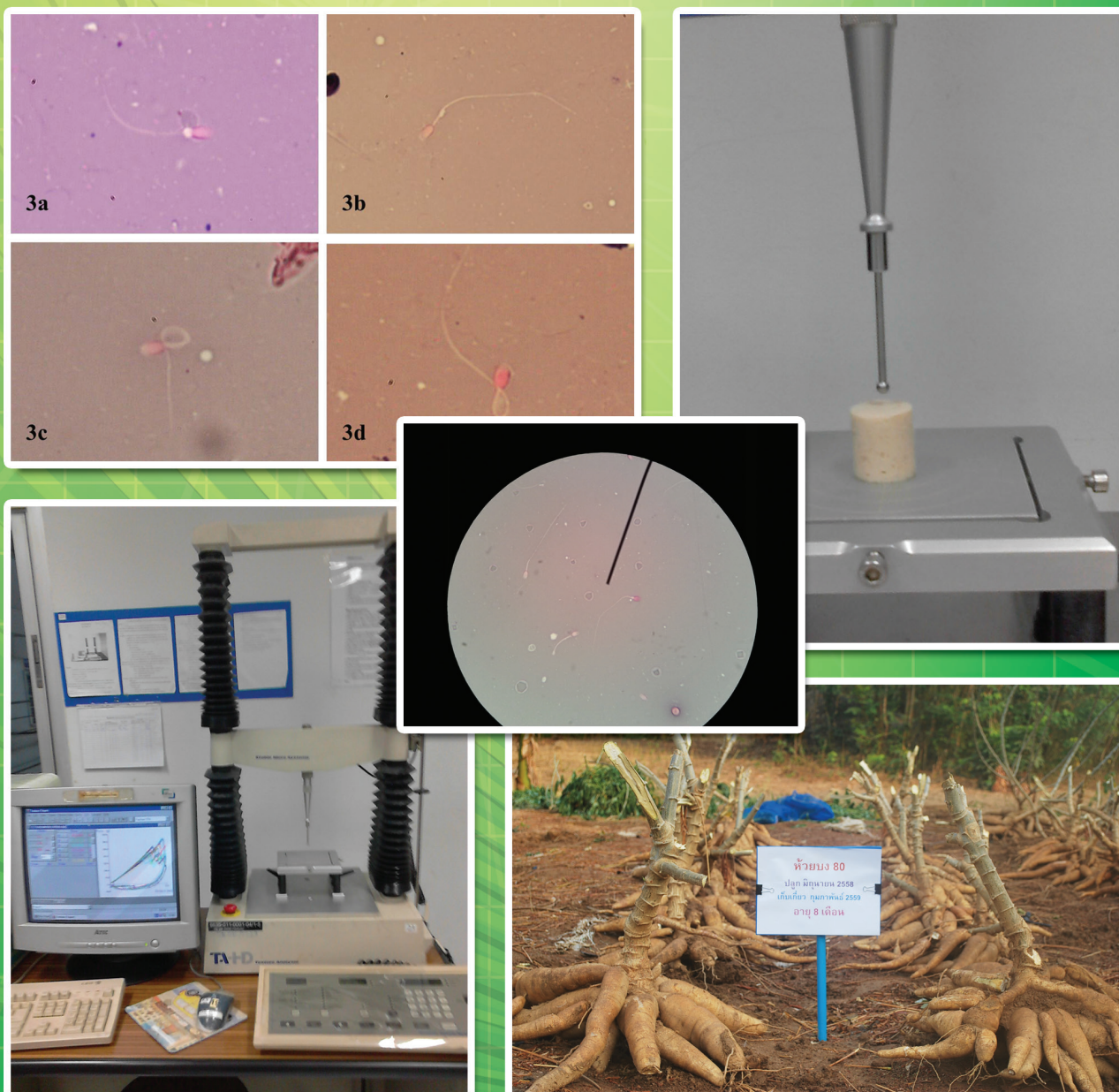
วารสารวิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

ISSN 1906-1889

Rajamangala University of Technology Tawan-ok Research Journal

ปีที่ 8 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2558 Vol.8 No.2 July - December 2015



วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

(RMUTTO RESEARCH JOURNAL)

ปีที่ 8 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2558

ผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Reviewer)

ศ.ดร.อุทัยรัตน์ ณ นคร	ศ.ดร.สมปอง เตชะโด	ศ.ดร.สนั่น จอกลอย
ศ.ดร.เสาวภา อังสุพานิช	ศ.อัมพิกา ไกรฤทธิ์	รศ.ดร.วิจิตรา แดงปรก
รศ.ดร.อมรรัตน์ มุขประเสริฐ	รศ.ดร.วราวุฒิ ครุสง	รศ.ดร.จำเริญ อ่อนทอง
รศ.ดร.มนทล จำเริญพฤษ	รศ.ดร.ดุสิต เวชกิจ	รศ.ดร.รังสฤษฎ์ กาวิตะ
รศ.ดร.วันชัย จันทร์ประเสริฐ	รศ.ดร.วัชรินทร์ ชื่นสุวรรณ	รศ.ดร.พรเทพ ถนบกแก้ว
รศ.ดร.อลงกลด แทนอมทอง	รศ.ดร.สมเกียรติ สายธนู	รศ.ดร.วิศิษฐ์พร สุขสมบัติ
รศ.ดร.วันวิศาข์ งามผ่องใส	รศ.ดร.เทอดชัย เวียร์ศิลป์	รศ.ดร.สุธีรา เตชะวงศ์เสถียร
รศ.ดร.สุวัจน์ ธีรอร	รศ.ดร.สมพงษ์ ดุลจินดาชาพร	รศ.ดร.วีรพงษ์ วุฒิพันธุ์ชัย
รศ.ดร.ยนต์ มุสิก	รศ.ดร.วารี เนื่องจำนงค์	รศ.ดร.จรรยาศักดิ์ จักษ์มณี
รศ.ดร.ประเทือง อุษาบริสุทธิ	รศ.ดร.อนุพันธ์ เทอดวงศ์รวกุล	รศ.ดร.สุรัชย์ รดาการ
รศ.ดร.ฉัตรชัย นิยมม	รศ.ดร.กฤษณม ภูมิภิตติพิชญ	รศ.ดร.วินัย กล้าจริง
รศ.น.สพ.ดร.สุวิชัย โรจนเสถียร	รศ.น.สพ.ดร.ธีระ รักความสุข	รศ.น.สพ.ชูชาติ กมลเลิศ
รศ.บัญญัติ บุญปลาวงศ์	รศ.มานิชญ์ กุลพฤษ	รศ.ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก
ผศ.ดร.มังกร สมสุด	ผศ.ดร.ธีรวัฒน์ ศรุตโยภาส	ผศ.ดร.ปราโมทย์ สฤษดิ์นิรันดร์
ผศ.ดร.ปราโมทย์ พรสุริยา	ผศ.ดร.เสกสม อาตมากร	ผศ.ดร.ศิริลักษณ์ ปฐวีรัตน์
ผศ.ดร.ปิตินันต์ กร้ามาตร	ผศ.ดร.ผดุงศักดิ์ วานิชขง	ผศ.ดร.วัชรพล ชยประเสริฐ
ผศ.ดร.ใจทิพย์ วานิชขง	ผศ.ดร.ถาวร ธีรเวชญาณ	ผศ.สพ.ญ.ทิพย์รัตน์ มุสิกะเรณู
ผศ.ภรต กุญชร ณ อยุธยา	ผศ.พรทิพย์ พรสุริยา	ดร.อำนวย เถาตระกูล
ดร.ภัทรุตม์ ทรรทรานนท์	ดร.วราทิพย์ ดลสุจิต	



วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

Rajamangala University of Technology Tawan-ok Research Journal

ปีที่ 8 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2558 Vol.8 No.2 July - December 2015

Institute of Research and Development

Rajamangala University of Technology Tawan-ok

<http://ird.rmutto.ac.th>

ISSN 1906-1889



วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

ผู้จัดพิมพ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

กำหนดการเผยแพร่

ตีพิมพ์ 2 ฉบับต่อปี และเผยแพร่ในเว็บไซต์ สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

การเผยแพร่

มอบให้ห้องสมุดหน่วยงานรัฐบาล สถาบันการศึกษาในประเทศ
และหน่วยงาน/บุคคลที่สนใจ

ข้อมูลติดต่อ

กองบรรณาธิการวารสารวิจัย

สำนักงานวารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

อาคารสำนักงานอธิการบดี ชั้น 5

เลขที่ 43 ม.6 ต.บางพระ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20110

โทร. 0-3835-8201 ต่อ 8508-8510

โทรสาร 0-3835-8142 <http://ird.rmutto.ac.th>

- ❖ บทความทุกเรื่องได้รับการตรวจความถูกต้องทางวิชาการโดยผู้ทรงคุณวุฒิ
- ❖ มีผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอกประจำกองบรรณาธิการมากกว่าร้อยละ 50
- ❖ มีบทความจากนักวิชาการและนักวิจัยภายนอกลงตีพิมพ์ทุกฉบับ
- ❖ ข้อความและบทความในวารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก เป็นแนวคิดของผู้เขียน ไม่ใช่ความคิดเห็นและความรับผิดชอบของคณะผู้จัดทำ บรรณาธิการ กองบรรณาธิการ และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
- ❖ กองบรรณาธิการไม่สงวนสิทธิ์การคัดลอก แต่ควรระบุแหล่งอ้างอิงจากวารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก



ชลกิจการพิมพ์

47 ถ.ศรีราชานคร 1 ต.ศรีราชา อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20110

โทร. 038-324711 E-mail : chonlakit555@hotmail.com

วารสารวิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

ปีที่ 8 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2558

Vol. 8 No. 2 July - December 2015

ISSN 1906-1889



เจ้าของ

สถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

ที่ปรึกษา

ศ.ดร.สิน พันธุ์พินิจ

ศ.ดร.อุทัยรัตน์ ณ นคร

ศ.อัมพิกา ไกรฤทธิ

รศ.ดร.ดุสิต เวชกิจ

รศ.ดร.จำเริญ อ่อนทอง

รศ.นสพ.ดร.สุวิชัย โรจน์เสถียร

รศ.ดร.สุธีรา เตชะวงศ์เสถียร

รศ.ดร.อมรรัตน์ มุขประเสริฐ

รศ.ดร.สมเกียรติ สายธนู

รศ.ดร.กฤษณม ภูมิภิตติพิชญ์

รศ.ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก

กองบรรณาธิการ

ศ.ดร.สิน พันธุ์พินิจ

ศ.ดร.อุทัยรัตน์ ณ นคร

ศ.ดร.เสาวภา อังสุพานิช

ศ.ดร.สนั่น จอกลอย

ศ.อัมพิกา ไกรฤทธิ

รศ.ดร.สมเกียรติ สายธนู

รศ.ดร.อมรรัตน์ มุขประเสริฐ

รศ.ดร.จำเริญ อ่อนทอง

รศ.นสพ.ดร.สุวิชัย โรจน์เสถียร

รศ.ดร.สุธีรา เตชะวงศ์เสถียร

รศ.ดร.ดุสิต เวชกิจ

รศ.ดร.วุฒิพงศ์ วุฒิพันธ์ชัย

รศ.ดร.สุวัจน์ ธัญรส

รศ.ดร.กฤษณม ภูมิภิตติพิชญ์

ม.เกษตรศาสตร์

ม.สงขลานครินทร์

ม.ขอนแก่น

ม.เกษตรศาสตร์

ม.ราชภัฏลำปาง

มจร.

ม.สงขลานครินทร์

ม.เชียงใหม่

ม.ขอนแก่น

ม.สุโขทัยธรรมาธิราช

ม.บูรพา

มทร.ศรีวิชัย

มทร.ธัญบุรี

บรรณาธิการ

ผศ.ดร.ปราโมทย์ พรสุริยา

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ผศ.พรทิพย์ พรสุริยา

รศ.ดร.สุธัญญา พรหมสมบูรณ์

ผลงานวิจัยหรือบทความที่ปรากฏในวารสารนี้เป็นแนวคิดและความรับผิดชอบของผู้เขียน ไม่ใช่แนวคิดของคณะผู้จัดทำ กองบรรณาธิการ ไม่สงวนสิทธิ์การคัดลอก แต่ควรระบุแหล่งอ้างอิงจาก วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ฉบับที่ 2 ปีที่ 8 (2558) จัดทำขึ้นโดยทีมงานชุดใหม่ จากการที่ทีมผู้บริหารของหน่วยงานผู้ที่รับผิดชอบในการจัดทำวารสาร (สถาบันวิจัยและพัฒนา) ชุดเก่าได้ครบวาระการบริหารงานลง และทีมผู้บริหารชุดใหม่ได้เข้ามาดำเนินการต่อ ดังนั้นในระยะแรกอาจมีปัญหาอุปสรรคบ้างบางประการซึ่งเป็นธรรมดาของการทำงาน อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร ทางวารสารวิจัยฯ ของเรายังคงรักษาซึ่งคุณภาพทางด้านวิชาการไว้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังได้มีการเพิ่มเติมในส่วนของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจอ่านบทความที่ตรงกับสาขาวิชาของบทความวิจัยมากยิ่งขึ้น ดังจะเห็นได้จากรายชื่อของผู้ทรงคุณวุฒิของวารสารวิจัยฉบับนี้

สำหรับบทความวิจัยที่ลงตีพิมพ์ในฉบับนี้มาจากหลากหลายสาขาวิชา และหลากหลายหน่วยงาน จึงขอเชิญชวนคณาจารย์และนักวิจัยที่สนใจได้ส่งบทความวิจัยมาลงตีพิมพ์เผยแพร่ ซึ่งในปัจจุบันมีความจำเป็นเป็นอย่างยิ่งสำหรับคณาจารย์ที่อยู่ในระดับอุดมศึกษาที่ต้องมีผลงานทางวิชาการตีพิมพ์เผยแพร่ โดยเฉพาะอาจารย์ประจำหลักสูตรที่ต้องเป็นไปตามเกณฑ์ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) หรือแม้แต่อาจารย์ทั่วไปที่ต้องการส่งผลงานวิชาการตีพิมพ์เผยแพร่เพื่อการขอตำแหน่งทางวิชาการ โดยในปี 2558 ทางวารสารวิจัยฯ ของเราได้รับการรับรองจากสภามหาวิทยาลัยฯ ให้บทความวิชาการที่ตีพิมพ์ในวารสารวิจัยฯ สามารถนำไปเป็นผลงานเพื่อยื่นขอตำแหน่งทางวิชาการได้ ตามเกณฑ์ของ ก.พ.อ. แม้ว่าในปี 2558 ทางวารสารของเราจะไม่สามารถดำเนินการยื่นส่งข้อมูลไปยัง Thai-Journal Citation Index (TCI) Centre ได้ทัน ถึงแม้ว่าในปีที่ผ่านมาทางวารสารวิจัยฯ จะอยู่ในฐานข้อมูล TCI กลุ่ม 1 แล้วก็ตาม เนื่องจากปัญหาอุปสรรคที่กล่าวมาแล้วในช่วงต้น โดยในปี 2559 ทางกองบรรณาธิการจะได้ดำเนินการยื่นขอเข้าไปอยู่ในฐานข้อมูล TCI ใหม่ได้ทันอย่างแน่นอน อย่างไรก็ตาม ทางวารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก มีค่าดัชนีอ้างอิงของวารสารไทยของปี 2557 (Thai Journal Impact Factors) สูงถึง 0.412 ซึ่งเป็นค่า impact factors ที่สูงมากเมื่อเทียบกับวารสารทางวิชาการด้วยกัน

สุดท้ายนี้ทางกองบรรณาธิการขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ตรวจอ่าน คณาจารย์และนักวิจัยที่ได้ส่งบทความวิจัยมาลงตีพิมพ์เผยแพร่ และผู้ที่เกี่ยวข้องในการจัดเตรียมต้นฉบับทุกท่าน จนทำให้วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออกฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ

ผศ. ดร. ปราโมทย์ พรสุริยา

บรรณาธิการ

วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

สารบัญ

หน้า

การเปรียบเทียบการจัดเรียงลำดับอาร์เอ็นเอนิวคลีโอไทด์ของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวในแมว ระหว่างโปรแกรมแพ็คเกจ QuasR และโปรแกรมแพ็คเกจ Rsubread.....	1
กาจ โชคชัยอุสาหะ และ ธนิตา สนั่นเมือง	
การคัดเลือกสายพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์.....	9
ธีระ สมทวง สกล ฉายศรี สุนีย์ โชตินิรนาท สุเมศ ทับเงิน นพศุล สมุทรทอง และ สุทัต แผลงกาย	
ผลของเพกทินเมทอกซิลต่ำและแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของแยมมะเดื่อฝรั่ง และคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ระหว่างเก็บรักษา.....	17
วรัญญา โนนม่วง และ สุภา พงษ์สำราญ	
การเปรียบเทียบคุณภาพเซลล์สุจิที่เก็บได้จากอวัยวะเมวบ้านในแต่ละฤดูกาลของประเทศไทย.....	28
ธนิตา สนั่นเมือง สุวารี ไซสาร พรหมพร กาญจนะ ภาดา เรือนสอน และ เอมอร โอฬารรัตน์มณี	
ผลของความสดต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของเนื้อปลาและเจลโปรตีนจากปลาอินทรี (<i>Scomberomorus commerson</i>) ระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็ง.....	35
ปริญญ์ ขวัญอ่อน พรหมทิพย์ สุวรรณสาครกุล นงนุช รักสกุลไทย และ จิราพร รุ่งเลิศเกรียงไกร	
การออกแบบสร้างและวิเคราะห์แม่แรงแบบอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้สติกเกิลยวเมตริกสำหรับยกรถยนต์.....	45
ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย	
การทดสอบพันธุ์ข้าวไร่ในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงสะเนียนจังหวัดน่าน.....	56
สุนทร มีพ้อ พิชัย สุพรไพบูลย์ พิกุล สุพรไพบูลย์ และ สรिता ปันมณี	
ผลของการใช้แบคทีเรีย <i>Bacillus</i> spp. เป็นโปรไบโอติกผสมอาหารในการเลี้ยงปลานิล	61
นัยนา เสนาศรี	
การทดสอบพันธุ์ข้าวไร่ (ข้าวเหนียว) ในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงโป่งคำจังหวัดน่าน.....	67
สุเมธ ติงวิไชย พิชัย สุพรไพบูลย์ พิกุล สุพรไพบูลย์ สรिता ปันมณี	

สารบัญ

	หน้า
เทคโนโลยีแบบผสมผสานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังในจังหวัดฉะเชิงเทรา.....	72
สุเมศ ทับเงิน กฤษณา ทิวาตรี ปณิธิ อยู่สุข	
การวิเคราะห์และปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องคุลิ่งโมดูลสำหรับผู้ควบคุม.....	82
ยุทธภูมิ โพธิ์อาศัย	
อัลตราไวโอเลตสเปกโทรสโกปีสำหรับการวัดกรดแอสคอบิกในเม็ดยาและผลไม้	
ด้วยสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต.....	92
สิริรัตน์ ลิคนันท์ และ สรรสนีย์ สีหาพงษ์	

การเปรียบเทียบการจัดเรียงลำดับอาร์เอ็นเอนิวคลีโอไทด์ของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว ในแมว ระหว่างโปรแกรมแพ็คเกจ QuasR และโปรแกรมแพ็คเกจ Rsubread Comparison of Feline Lymphoma RNA Sequencing Data Alignment Performed by QuasR and Rsubread Packages

กาจ โชคชัยอุสาหะ* และ ธนิดา สนั่นเมือง

Kaj Chokeshai-u-saha and Thanida Sananmuang

คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ ศรีราชา ชลบุรี

*ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ : kaj.chk@gmail.com หมายเลขโทรศัพท์ : 038-358137 ต่อ 102

บทคัดย่อ

การจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์กับจีโนมเป็นขั้นตอนในการระบุระดับการแสดงออกของยีนในเทคโนโลยีอาร์เอ็นเอซีควนซิง (RNA-sequencing) เนื่องจาก QuasR และ Rsubread เป็นโปรแกรมแพ็คเกจสาธารณะในไบโอคอนดักเตอร์ซึ่งนิยมใช้ในการวิเคราะห์จัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์ตัวอย่างกับจีโนมของมนุษย์และสัตว์ ผู้วิจัยทางด้านสุขภาพและการจัดการสัตว์จึงควรรู้จักและสามารถใช้งานโปรแกรมแพ็คเกจทั้งสองได้ การศึกษานี้เป็นการสาธิตการใช้งานและเปรียบเทียบโปรแกรมแพ็คเกจทั้งสองในการจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์ข้อมูลอาร์เอ็นเอซีควนของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวชนิดทีลิมโฟไซต์ของแมว โดยเปรียบเทียบขั้นตอนของการจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์ เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การจัดเรียงนิวคลีโอไทด์สำเร็จ และคุณภาพของข้อมูลหลังการจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์ ผลจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า QuasR ต้องการชุดคำสั่งในการปฏิบัติการ (2 ชุดคำสั่ง) น้อยกว่า Rsubread (4 ชุดคำสั่ง) ในขณะที่ Rsubread ใช้เวลาในการจัดเรียงนิวคลีโอไทด์ข้อมูลทั้งหมด (6 ชั่วโมง 22 นาที) น้อยกว่า QuasR (12 ชั่วโมง 56 นาที) และให้เปอร์เซ็นต์การจัดเรียงนิวคลีโอไทด์สำเร็จสูงกว่า (Rsubread – $89.21 \pm 0.20\%$ และ QuasR – $76.72 \pm 0.21\%$) ($p < 0.001$, Student-t-test) Rsubread จึงแสดงประสิทธิภาพสูงกว่า QuasR อย่างไรก็ตามผู้ใช้งานโปรแกรมควรคำนึงถึงลักษณะข้อมูลและการตั้งค่าพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์ ซึ่งสามารถส่งผลต่อเวลาและสัดส่วนการจัดเรียงนิวคลีโอไทด์สำเร็จด้วย

คำสำคัญ : การจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์กับจีโนม อาร์เอ็นเอซีควนซิง QuasR Rsubread

Abstract

Alignment of RNA-sequencing data is the process to map short sequences to genome in order to indicate expressions of target genes or exons. Since QuasR and Rsubread are well-known Bioconductor packages for animal RNA-sequencing alignment, all molecular researchers in animal health science should acknowledge the use of both packages. In this study, RNA-sequencing data of feline lymphoma cell lines were aligned with cat genome using QuasR and Rsubread packages with default settings. QuasR and Rsubread were compared in terms of analysis process, time requirement, percent alignment and processed data quality. The results implied QuasR as more user-friendly package than Rsubread due to its lesser instruction sets to process (2 instruction sets for QuasR and 3 instruction sets for Rsubread). On the contrary, Rsubread performed faster alignment (12 hours 56 minutes for QuasR and 6 hours 22 minutes for Rsubread) yet provide higher percent alignment

($p < 0.001$, Student-t-test) ($89.21 \pm 0.20\%$ for Rsubread and $76.72 \pm 0.21\%$ for QuasR). Though Rsubread outstanced QuasR in term of time and percent alignment, changes of data and parameter adjustment could greatly affect the alignment outcome. These should be always considered for further application of both packages.

Keywords : Alignment, RNA-sequencing, QuasR, Rsubread

1. บทนำ

นับตั้งแต่ความสำเร็จในการระบุลำดับนิวคลีโอไทด์จีโนมของมนุษย์ในปี ค.ศ. 2000 (Yamey, 2000) การศึกษาด้านจีโนมิกส์ (Genomics) เอ็กโซมิกส์ (Exomics) และทรานสคริปโตมิกส์ (Transcriptomics) ได้รับการพัฒนาสู่ยุคของการหาลำดับนิวคลีโอไทด์แบบไฮทรูพุท (high throughput sequencing) อย่างเต็มรูปแบบ เทคโนโลยี Next generation sequencing เป็นเทคโนโลยีการหาลำดับนิวคลีโอไทด์แบบไฮทรูพุท ที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ด้วยเทคโนโลยี Next generation sequencing เริ่มต้นจากการตัดสายดีเอ็นเอต้นแบบที่สนใจออกเป็นชิ้นส่วนดีเอ็นเอสายสั้นๆ ก่อนเชื่อมต่อชิ้นส่วนดีเอ็นเอชิ้นที่ได้กับนิวคลีโอไทด์ที่ทราบลำดับ (adaptor) เพื่อให้สามารถสังเคราะห์เพิ่มจำนวนดีเอ็นเอเหล่านั้นด้วยไพรเมอร์ที่จำเพาะกับ adaptor ได้โดยไม่ต้องทราบลำดับนิวคลีโอไทด์ในการออกแบบไพรเมอร์ ทำให้สามารถเพิ่มจำนวนนิวคลีโอไทด์ต้นแบบทั้งหมดสำหรับการวิเคราะห์หาลำดับได้พร้อมกัน ด้วยเหตุนี้เทคโนโลยี Next generation sequencing จึงสามารถให้ข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ปริมาณมากได้อย่างรวดเร็ว (Zhang, *et al.*, 2011)

ในปัจจุบันเทคโนโลยี Next generation sequencing ได้รับการประยุกต์ใช้สำหรับศึกษาอาร์เอ็นเอผ่านการจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์ของซีดีเอ็นเอ (cDNA) ซึ่งสังเคราะห์จากอาร์เอ็นเอ (RNA) ต้นแบบกับจีโนมเพื่อใช้ในการศึกษาการแสดงออกของยีนและเอกซอน (exon) ในสิ่งมีชีวิตหลากหลายชนิด การประยุกต์ใช้ เทคโนโลยี Next generation sequencing กับอาร์เอ็นเอก่อให้เกิดแขนงของการศึกษาอาร์เอ็นเอที่เรียกว่าอาร์เอ็นเอซีเควนซิง (RNA-sequencing) หรืออาร์เอ็นเอเซค (RNA-seq) จากหลักการที่กล่าวมาข้างต้นทำให้การจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์กับจีโนมเป็นหัวใจสำคัญของการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากอาร์เอ็นเอซีเควน เนื่องจากปริมาณสายซีดีเอ็นเอสายสั้นที่ได้รับการจัดเรียงกับยีน/เอกซอน จะแสดงถึงระดับการแสดงออกของแต่ละยีน/เอกซอนเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ในลำดับต่อไป (Guan, *et al.*, 2011; Xiao, *et al.*, 2011; Zhou, *et al.*, 2010)

การจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์กับจีโนมอาศัยการนำลำดับนิวคลีโอไทด์สายสั้นที่ได้จากการเพิ่มจำนวนหรือ reads ที่มีความยาวเฉลี่ย 30 ถึง 400 คู่เบส นิวคลีโอไทด์ ซึ่งมีความยาวแตกต่างกันตามชนิดของเทคโนโลยีที่ใช้มาจัดเรียง (Aligning sequencing) ให้ตรงกับลำดับนิวคลีโอไทด์ของจีโนมสิ่งมีชีวิตโดยอาศัยเครื่องมือทางชีวสารสนเทศที่เหมาะสม จากข้อจำกัดของเทคโนโลยีในการจัดวางลำดับนิวคลีโอไทด์สายสั้นดังกล่าวกับจีโนมของสิ่งมีชีวิต และความซับซ้อนของกลไกที่สิ่งมีชีวิตใช้ในการควบคุมการแสดงออกของยีนผ่านการเชื่อมต่อเอกซอนซึ่งเป็นลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ไม่ปรากฏต่อเนื่องกันบนจีโนมและยังมีรูปแบบที่หลากหลายในการประกอบกันเป็นสายอาร์เอ็นเอของยีนแต่ละยีน ทำให้เครื่องมือทางชีวสารสนเทศสำหรับการจัดเรียงและเชื่อมลำดับนิวคลีโอไทด์ได้รับการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องด้วยหลักการที่แตกต่างกันเพื่อให้ผลการนับลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้รับการจัดเรียงกับจีโนมถูกต้องและได้สัดส่วนการจัดเรียงสำเร็จมากที่สุด

ปริมาณข้อมูลอาร์เอ็นเอเซคของสัตว์หลากหลายชนิดในฐานะข้อมูลสาธารณะมีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้การวิเคราะห์ข้อมูลอาร์เอ็นเอเซคในสัตว์เข้ามามีบทบาทต่อการพัฒนางานวิจัยทางด้านสุขภาพและการจัดการสัตว์มากขึ้นตามลำดับ เนื่องจากการวิเคราะห์ข้อมูลอาร์เอ็นเอเซคที่เหมาะสมสามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ที่มีประโยชน์และยั่งยืน จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้วิจัยทางด้านสุขภาพและการจัดการสัตว์ควรเข้าใจหลักการจัดเรียง

ลำดับนิวคลีโอไทด์พื้นฐานและสามารถพิจารณาการใช้โปรแกรมสาธารณะสำเร็จรูปเพื่อการวิเคราะห์ดังกล่าวได้อย่างเหมาะสม เนื่องจาก ไบโอมคอนดัคเตอร์เป็นโครงการทางเทคโนโลยีชีวสารสนเทศที่มีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อพัฒนาโปรแกรมและฐานข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับยีนโดยใช้ภาษาคอมพิวเตอร์อาร์ (R) ซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติ (Gentleman, *et al.*, 2004) ด้วยเหตุนี้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลอาร์เอ็นเอเซคที่ได้รับการพัฒนาจากไบโอมคอนดัคเตอร์จึงมีจุดเด่นที่ใช้งานได้ง่าย เหมาะกับผู้ใช้งานที่มีไข่นักชีวสารสนเทศและมีพื้นฐานด้านการใช้ภาษาคอมพิวเตอร์จำกัด

ในปัจจุบันโปรแกรมแพ็คเกจสำหรับจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้จากข้อมูลอาร์เอ็นเอเซคที่ได้รับความนิยมของไบโอมคอนดัคเตอร์ ได้แก่ QuasR (Gaidatzis, *et al.*, 2014) และ Rsubread (Liao, *et al.*, 2013) อย่างไรก็ตามตัวอย่างการประยุกต์ใช้โปรแกรมทั้งสองในงานวิจัยทางด้านสุขภาพและการจัดการในสัตว์ยังมีอยู่จำกัด ทำให้ผู้วิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับสัตว์สูญเสียโอกาสในการใช้โปรแกรมสาธารณะดังกล่าว การศึกษาครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบการทำงานของโปรแกรม QuasR และ Rsubread ในการจัดเรียงข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์สายสั้นของข้อมูลอาร์เอ็นเอเซคของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวชนิดทีลิมโฟไซต์ในแมว (FeT-J cells) (Ertl and Klein, 2014) เพื่อสถิติการประยุกต์ใช้โปรแกรมทั้งสองกับข้อมูลอาร์เอ็นเอเซคในแมวและเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแต่ละโปรแกรมในแง่มุมต่างๆ อันจะก่อประโยชน์ต่อการพิจารณาเลือกใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์ข้อมูลอาร์เอ็นเอเซคต่อไปในอนาคต

2. วิธีการทดลอง

2.1 ระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

คอมพิวเตอร์ที่ใช้การวิเคราะห์มีหน่วยความจำประมวลผล (RAM) ขนาด 8GB และมีพื้นที่ว่างสำหรับบันทึกข้อมูล 10 GB ระบบไมโครโปรเซสเซอร์ที่ใช้คือ Intel Pentium V processor โดยทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ Bio-Linux-7 operating systems (OS) (Field, *et al.*, 2006)

2.2 ข้อมูลอาร์เอ็นเอเซคของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวชนิดทีลิมโฟไซต์ในแมว

ข้อมูลอาร์ซีควีนของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวชนิดทีลิมโฟไซต์ของแมวบ้าน (FeT-J cells) ที่ติดเชื้อไวรัสเอดส์และของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวกลุ่มควบคุม (Ertl and Klein, 2014) สามารถดาวน์โหลดได้จาก <http://www.ebi.ac.uk/arrayexpress> ภายใต้ accession number E-MTAB-2083 โดยรายละเอียดของการเตรียมเซลล์และข้อมูลระบุอยู่ใน Ertl and Klein (2014) โดยข้อมูลดังกล่าวได้จากการใช้เทคโนโลยี Genome Analyzer II (Illumina) ในการอ่านลำดับนิวคลีโอไทด์สายสั้นความยาว 37 bp โดยข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์สายสั้นของแต่ละตัวอย่างถูกดาวน์โหลดและเก็บไว้ด้วยรูปแบบไฟล์ชนิด fastq.gz (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 รายละเอียดของตัวอย่างข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์สายสั้นที่ใช้ในการทดลอง

รหัสประจำตัวอย่าง	ชื่อไฟล์ที่จัดเก็บ	การเตรียมเซลล์ก่อนสกัดอาร์เอ็นเอ
ERR371789	ERR371789.fastq.gz	เลี้ยง FeT-J cells 24 ชั่วโมง ในตัวทำลายไวรัส FIV
ERR 371790	ERR 371790.fastq.gz	เลี้ยง FeT-J cells 24 ชั่วโมง ในตัวทำลายไวรัส FIV
ERR 371791	ERR 371791.fastq.gz	เลี้ยง FeT-J cells 24 ชั่วโมง ในตัวทำลายไวรัส FIV
ERR 371792	ERR 371792.fastq.gz	เลี้ยง FeT-J cells 24 ชั่วโมง ในตัวทำลายไวรัส FIV
ERR 371793	ERR 371793.fastq.gz	เลี้ยง FeT-J cells 24 ชั่วโมง หลังติดเชื้อไวรัส FIV
ERR 371794	ERR 371794.fastq.gz	เลี้ยง FeT-J cells 24 ชั่วโมง หลังติดเชื้อไวรัส FIV
ERR 371795	ERR 371795.fastq.gz	เลี้ยง FeT-J cells 24 ชั่วโมง หลังติดเชื้อไวรัส FIV
ERR 371796	ERR 371796.fastq.gz	เลี้ยง FeT-J cells 24 ชั่วโมง หลังติดเชื้อไวรัส FIV

2.3 จีโนมของแมวบ้าน

จีโนมที่ใช้ในการระบุตำแหน่งในการทดลองครั้งนี้ คือ ซอฟต์แวร์แฟ้มของจีโนมแมวบ้านในรูปของแฟสตาไฟล์ (fasta file) (Felis_catus.Felis_catus_6.2.dna.sm.tooplevel.fa) ซึ่งได้จาก <http://www.ensembl.org/> ซึ่งสร้างโดย Ensembl gene annotation project (e170) Felis catus (cat, Felis_catus-6.2) โดยไฟล์ดังกล่าวสามารถดาวน์โหลดได้จาก <http://www.ensembl.org/>

2.4 โปรแกรม R โปรแกรมแพ็คเกจ QuasR โปรแกรมแพ็คเกจ Rsubread และโปรแกรม FastQC

โปรแกรม R เวอร์ชัน 2.15.1 ถูกใช้ในการศึกษาครั้งนี้ โดยสามารถดาวน์โหลดและติดตั้งโปรแกรม R ผ่าน CRAN (Comprehensive R Archive Network) ได้จาก <http://www.r-project.org/> แพ็คเกจ GenomicFeatures แพ็คเกจ QuasR และแพ็คเกจ Rsubread เป็นแพ็คเกจสาธารณะที่สามารถดาวน์โหลดได้จากไบโอคอนดักเตอร์ (<http://www.bioconductor.org/>) (Gentleman, *et al.*, 2004) สำหรับโปรแกรม FastQC สามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ของสถาบัน Babraham Bioinformatics Institutes (<http://www.bioinformatics.babraham.ac.uk/projects/fastqc/>)

2.5 การจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์กับจีโนมแมวโดย QuasR และ Rsubread

ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดขั้นตอนของการจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์กับจีโนมออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ การจัดเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่โปรแกรมแพ็คเกจสามารถใช้งานได้ การจัดเตรียมไฟล์จีโนมของแมวเพื่อใช้จัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์ การจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์ตัวอย่างกับจีโนม และการเขียนชุดคำสั่งเพื่อตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ลำดับนิวคลีโอไทด์ที่จัดเรียงกับจีโนมสำเร็จในแต่ละตัวอย่าง โดยขั้นตอนในการปฏิบัติการทั้งหมดแสดงในวิธีการใช้งานแพ็คเกจฉบับสั้น โดยคู่มือฉบับสั้นของ QuasR ดาวน์โหลดได้จาก <http://www.bioconductor.org/packages/release/bioc/vignettes/QuasR/inst/doc/QuasR.pdf> และคู่มือฉบับสั้นของ Rsubread ดาวน์โหลดจาก <http://www.bioconductor.org/packages/release/bioc/vignettes/Rsubread/inst/doc/Rsubread.pdf> โดย arguments ของคำสั่งที่ใช้ในแพ็คเกจต่างๆ ให้ใช้ค่าพื้นฐานตามที่แพ็คเกจแต่ละชนิดระบุทั้งหมด ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยการพิมพ์ '?' ตามด้วยคำสั่งที่ต้องการตรวจสอบ arguments เพื่อระบุค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในขั้นตอนต่างๆ

2.6 การตรวจสอบคุณภาพข้อมูลที่ได้จากการจัดเรียงนิวคลีโอไทด์กับจีโนม

ข้อมูลที่ได้จากการจัดเรียงนิวคลีโอไทด์กับจีโนมด้วยโปรแกรม QuasR และ Rsubread จะถูกบันทึกในรูปแบบ BAM (Binary version of Sequence Alignment/Map) BAM ไฟล์ที่ได้จากการจัดเรียงนิวคลีโอไทด์แต่ละตัวอย่างจะได้รับการประเมินคุณภาพด้วยโปรแกรม FastQC โดยโปรแกรมจะประเมินข้อมูลใน 12 ประเด็น ได้แก่ Basic Statistics, Per Base Sequence Quality, Per Sequence Quality Scores, Per Base Sequence Content, Per Sequence GC Content, Per Base N Content, Sequence Length, Distribution Duplicate Sequences, Overrepresented Sequences, Adapter Content, Kmer Content และ Per Tile Sequence Quality โดยสามารถอ่านวิธีการแปลผลการประเมินในแต่ละประเด็นได้เพิ่มเติมจาก <http://www.bioinformatics.babraham.ac.uk/projects/fastqc/>

3. ผลการทดลอง

3.1 ขั้นตอนการสั่งงานโปรแกรมรวมถึงระยะเวลาในการประมวลผลการจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์กับจีโนมระหว่างแพ็คเกจ QuasR และ Rsubread มีความแตกต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบขั้นตอนและระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมดในการประมวลผลการจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์กับจีโนมระหว่างแพ็คเกจ QuasR และ Rsubread พบว่าโปรแกรมแพ็คเกจ QuasR ต้องการชุดคำสั่งเพื่อครอบคลุมขั้นตอนการประมวลผลทั้งหมดน้อยกว่าโปรแกรมแพ็คเกจ Rsubread อย่างไรก็ตามระยะเวลาในการประมวลผลของ QuasR มากกว่า Rsubread ถึง 6 ชั่วโมง 34 นาที (ตารางที่ 2)

3.2 โปรแกรมแพ็คเกจ Rsubread ให้เปอร์เซ็นต์ลำดับนิวคลีโอไทด์ที่จัดเรียงกับจีโนมสำเร็จสูงกว่าแพ็คเกจ QuasR โดยที่คุณภาพข้อมูลหลังการจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์ด้วยแพ็คเกจทั้งสองไม่แตกต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบเครื่องมือ ค่าพารามิเตอร์ และช่วงเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์กับจีโนมสำเร็จระหว่างโปรแกรมแพ็คเกจ QuasR และ Rsubread พบว่าโปรแกรมแพ็คเกจทั้งสองใช้เครื่องมือทางชีวสารสนเทศที่แตกต่าง โดย QuasR ใช้ Bowtie ในขณะที่ Rsubread ใช้ subread อย่างไรก็ตามโปรแกรมทั้งสองมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์พื้นฐาน ได้แก่ Phred score cut-off ปริมาณตำแหน่งสูงสุดที่นิวคลีโอไทด์แต่ละเส้นจับกับจีโนมที่ถูกรายงาน ปริมาณนิวคลีโอไทด์ไม่เข้าคู่สูงสุดที่อนุญาตให้มีได้ และปริมาณนิวคลีโอไทด์ที่แทรกหรือหายไปสูงสุดที่อนุญาตให้มีได้เหมือนกันในโปรแกรมทั้งสอง (ตารางที่ 3) อย่างไรก็ตามแพ็คเกจ Rsubread ให้เปอร์เซ็นต์ลำดับนิวคลีโอไทด์ที่จัดเรียงกับจีโนมสำเร็จสูงกว่าแพ็คเกจ QuasR ($p < 0.001$, Student-t-test) (ตารางที่ 4) โดยที่ให้คุณภาพของข้อมูลหลังจัดเรียงสำเร็จไม่แตกต่างกัน เนื่องจากผลการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลทั้งหมดมีปริมาณมาก ณ ที่นี้จึงขอยกผลการตรวจสอบคุณภาพของตัวอย่างรหัส ERR371789 เพียงบางส่วน ดังแสดงในภาพที่ 1

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมและระยะเวลาในการประมวลผลระหว่างแพ็คเกจ QuasR และ Rsubread

ข้อพิจารณาเปรียบเทียบ	ชนิดโปรแกรมแพ็คเกจ	
	QuasR	Rsubread
ความต้องการการจัดเตรียมข้อมูลสำหรับโปรแกรมแพ็คเกจ	ต้องการ	ต้องการ
ความต้องการการจัดเตรียมไฟล์ genome index เฉพาะสำหรับโปรแกรมแพ็คเกจ จากไฟล์จีโนม	ไม่ต้องการ	ต้องการ
ความต้องการการเขียนชุดคำสั่งวน (loop) ให้ดำเนินการจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์ของแต่ละตัวอย่างกับจีโนม	ไม่ต้องการ	ต้องการ
ความต้องการการเขียนชุดคำสั่งเพื่อตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ลำดับนิวคลีโอไทด์ที่จัดเรียงกับจีโนมสำเร็จในแต่ละตัวอย่างภายหลัง	ไม่ต้องการ	ต้องการ
ความต้องการจำนวนขั้นตอนทั้งหมด	2	4
ระยะเวลาที่ใช้ในการประมวลผล	12 ชั่วโมง 56 นาที	6 ชั่วโมง 22 นาที

ตารางที่ 3 แสดงข้อเปรียบเทียบเครื่องมือและค่าพารามิเตอร์ระหว่างโปรแกรมแพ็คเกจ QuasR และ Rsubread

ข้อพิจารณาเปรียบเทียบ	ชนิดโปรแกรมแพ็คเกจ	
	QuasR	Rsubread
เครื่องมือทางชีวสารสนเทศที่ใช้	Bowtie	subread
Phred score cut-off	33	33
ปริมาณตำแหน่งสูงสุดที่นิวคลีโอไทด์แต่ละเส้นจับกับจีโนมที่ถูกรายงาน (maximal number of equally-best mapping locations)	1	1
ปริมาณนิวคลีโอไทด์ไม่เข้าคู่สูงสุดที่อนุญาตให้มีได้ (maximal mismatched bases)	3	3
ปริมาณนิวคลีโอไทด์ที่แทรกหรือหายไปสูงสุดที่อนุญาตให้มีได้ (maximal insertions/deletions)	5	5

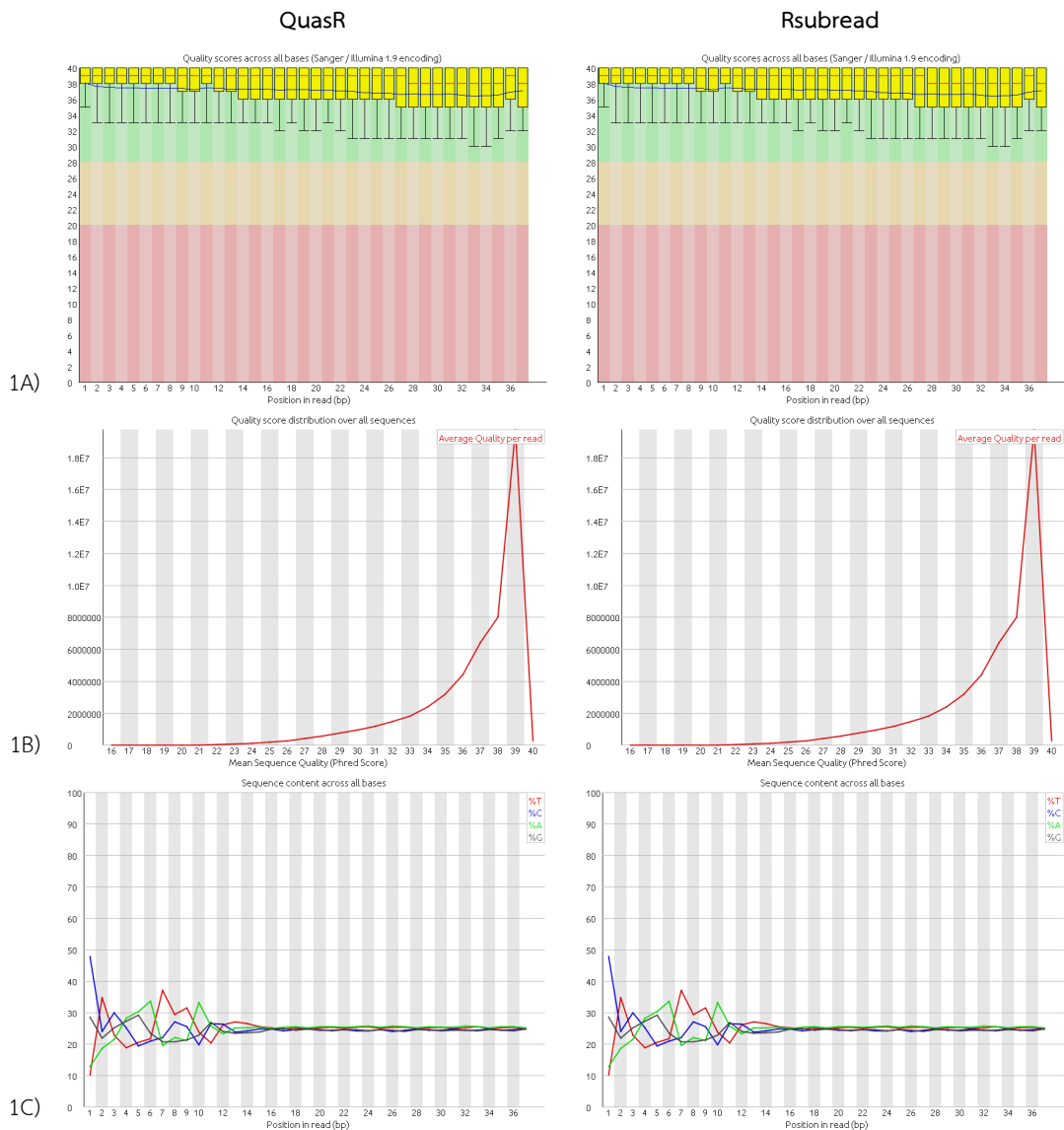
ตารางที่ 4 แสดงปริมาณลำดับนิวคลีโอไทด์ที่จัดเรียงกับจีโนมที่ได้จากโปรแกรมแพ็คเกจ QuasR และ Rsubread

ไฟล์ตัวอย่าง	จำนวนลำดับนิวคลีโอไทด์ทั้งหมด	จำนวนลำดับนิวคลีโอไทด์ที่จัดเรียงกับจีโนมสำเร็จ		เปอร์เซ็นต์ลำดับนิวคลีโอไทด์ที่จัดเรียงกับจีโนมสำเร็จ	
		QuasR	Rsubread	QuasR	Rsubread
ERR371789.fastq.gz	52542136	40366252	46950750	76.82644	89.35828
ERR 371790.fastq.gz	45147168	34615820	40326420	76.67329	89.32215
ERR 371791.fastq.gz	42296304	32478784	37557638	76.7887	88.7965
ERR 371792.fastq.gz	45552109	34885861	40644624	76.58451	89.22666
ERR 371793.fastq.gz	47351395	36548783	42323868	77.18629	89.38252
ERR 371794.fastq.gz	56196638	43040040	50181604	76.58828	89.29645
ERR 371795.fastq.gz	40486522	31002878	36041125	76.5758	89.02006
ERR 371796.fastq.gz	51444090	39389960	45925495	76.56848	89.27264
เฉลี่ยช่วงเปอร์เซ็นต์ลำดับนิวคลีโอไทด์ที่จัดเรียงกับจีโนม (Percent alignment) (mean±SD)				76.72±0.21	89.21±0.20

4. วิจารณ์ผลการทดลอง

แพ็คเกจ QuasR ใช้ Bowtie (Langmead, *et al.*, 2009) ซึ่งเป็นเครื่องมือทางชีวสารสนเทศในการจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์กับจีโนมโดยอาศัยการบ่งชี้ตำแหน่งในจีโนมด้วยวิธี BWT (Burrows-Wheeler space transformation) เพื่อลดพื้นที่หน่วยความจำที่ต้องใช้ในการปฏิบัติงาน ในขณะที่แพ็คเกจ Rsubread ใช้ Subread เป็นเครื่องมือทางชีวสารสนเทศในการจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์กับจีโนมโดยอาศัยวิธี seed-and-vote เพื่อให้สามารถจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์ได้อย่างรวดเร็ว (Liao, *et al.*, 2013) ผลจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าแพ็คเกจ QuasR มีจุดเด่นที่ความสะดวกในการใช้งานมากกว่า Rsubread เนื่องจากสามารถเขียนคำสั่งให้โปรแกรมสามารถจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์กับจีโนมครบทุกขั้นตอน โดยใช้คำสั่ง qAlign และไม่ต้องการการเขียนชุดคำสั่งวนเพื่อใช้งาน (ตารางที่ 2) นอกจากนี้ผลที่ได้จากคำสั่ง qAlign ยังจัดเก็บผลการวิเคราะห์ในรูปแบบโปรเจกต์ (qProject) ซึ่งสะดวกต่อการตรวจเปอร์เซ็นต์ของลำดับนิวคลีโอไทด์ที่จัดวางกับจีโนมสำเร็จ (Percent alignment) และการตรวจสอบคุณภาพ รวมถึงการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติในลำดับต่อไป

ผลจากการการจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์กับจีโนมแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมแพ็คเกจ Rsubread ใช้เวลาในการจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์น้อยกว่า QuasR (ตารางที่ 2) และให้ปริมาณลำดับนิวคลีโอไทด์ที่สามารถจัดเรียงกับจีโนมได้สำเร็จสูงกว่า QuasR อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4) โดยที่คุณภาพข้อมูลที่ได้หลังจากการจัดเรียงไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 1) ด้วยเหตุนี้โปรแกรมแพ็คเกจ Rsubread จึงมีประสิทธิภาพในการจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์มากกว่า QuasR ในการศึกษาครั้งนี้ อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ที่นำมาวิเคราะห์และค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในกระบวนการจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์กับจีโนมสามารถส่งผลต่อเวลาและปริมาณลำดับนิวคลีโอไทด์ที่สามารถจัดเรียงกับจีโนมได้สำเร็จได้ ดังนั้นความแตกต่างในประสิทธิภาพของโปรแกรมแพ็คเกจทั้งสองที่เกิดขึ้นในการศึกษาครั้งนี้จึงอยู่ภายใต้ข้อสรุปการใช้ค่าพารามิเตอร์พื้นฐานตามที่แพ็คเกจแต่ละชนิดระบุ ซึ่งเหมาะสมกับผู้ใช้โปรแกรมในระดับทั่วไป อย่างไรก็ตามผู้ใช้โปรแกรมจึงควรคำนึงถึงปัจจัยดังกล่าวประกอบการเลือกใช้งานโปรแกรมอย่างเหมาะสม และควรหมั่นตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของแพ็คเกจแต่ละชนิดอย่างสม่ำเสมอ เพื่อการใช้งานให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด



ภาพที่ 1 แสดงผลการประเมินคุณภาพของไฟล์ ERR371789 หลังผ่านการจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์กับจีโนมด้วยโปรแกรมแพ็คเกจ QuasR และ Rsubread แล้วบันทึกในรูปแบบของ Binary version of SAM file (BAM) โดยทำการเปรียบเทียบคุณภาพของนิวคลีโอไทด์แต่ละลำดับจากลำดับที่ 1 ถึงลำดับที่ 36 (1A) คุณภาพของลำดับนิวคลีโอไทด์ทุกเส้นที่ได้รับการเข้ากับจีโนมในรูปแบบ Phred-score (1B) และเปอร์เซ็นต์นิวคลีโอไทด์แต่ละชนิดจากลำดับที่ 1 ถึงลำดับที่ 36 (1C)

5. สรุปผลการทดลอง

โปรแกรมแพ็คเกจ QuasR มีจุดเด่นในเรื่องความสะดวกในการใช้งาน เนื่องจากต้องการชุดคำสั่งในการปฏิบัติการน้อยและไม่ต้องการการเขียนชุดคำสั่งในขณะที่ใช้โปรแกรมแพ็คเกจ Rsubread มีประสิทธิภาพในการจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์กับจีโนมได้รวดเร็วและให้เปอร์เซ็นต์การจัดเรียงนิวคลีโอไทด์สำเร็จสูงกว่า QuasR อย่างไรก็ตามผู้ใช้งานโปรแกรมพึงคำนึงถึงข้อมูลดิบที่นำมาวิเคราะห์และการตั้งค่าพารามิเตอร์ประกอบด้วยเสมอ

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปี 2558 จากเงินงบประมาณรายจ่าย (เงินรายได้) ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก เพื่อดำเนินงานโครงการวิจัยเรื่อง การเทียบเคียงคุณสมบัติของเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวเคลียสเดี่ยวระหว่างมนุษย์และสุกรผ่านการแสดงออกของจีโนมเพื่อประเมินการใช้สุกรสำหรับการศึกษาภูมิคุ้มกันทางการแพทย์

6. เอกสารอ้างอิง

- Ertl, R., and D. Klein. 2014. Transcriptional profiling of the host cell response to feline immunodeficiency virus infection. **Virol J.** 11: 52.
- Field, D., B. Tiwari, T. Booth, S. Houten, D. Swan, N. Bertrand, and M. Thurston. 2006. Open software for biologists: from famine to feast. **Nat Biotechnol** 24: 801-803.
- Gaidatzis, D., A. Lerch, F. Hahne and M.B. Stadler. 2014. QuasR: quantification and annotation of short reads in R. **Bioinformatics**.
- Gentleman, R.C., V.J. Carey, D.M. Bates, B. Bolstad, M. Dettling, S. Dudoit, B. Ellis, L. Gautier, Y. Ge and Gentry. 2004. Bioconductor: open software development for computational biology and bioinformatics. **Genome Biol.** 5: R80.
- Guan, D.G., J.Y. Liao, Z.H. Qu, Y. Zhang and L.H. Qu. 2011. mirExplorer: detecting microRNAs from genome and next generation sequencing data using the AdaBoost method with transition probability matrix and combined features. **RNA Biol.** 8: 922-934.
- Langmead, B., C. Trapnell, M. Pop and S.L. Salzberg. 2009. Ultrafast and memory-efficient alignment of short DNA sequences to the human genome. **Genome Biol.** 10: R25.
- Liao, Y., G.K. Smyth and W. Shi. 2013. The Subread aligner: fast, accurate and scalable read mapping by seed-and-vote. **Nucleic Acids Res.** 41: e108.
- Xiao, L., J. Zhang, P. Sirois, N. He and K. Li. 2011. A new strategy for next generation sequencing: merging the Sanger's method and the sequencing by synthesis through replacing extension. **J. Biomed Nanotechnol.** 7: 568-571.
- Yamey, G. 2000. Scientists unveil first draft of human genome. **BMJ** 321: 7.
- Zhang, W., J. Chen, Y. Yang, Y. Tang, J. Shang and B. Shen. 2011. A practical comparison of de novo genome assembly software tools for next-generation sequencing technologies. **PLoS One** 6: e17915.
- Zhou, X., L. Ren, Y. Li, M. Zhang, Y. Yu and J. Yu. 2010. The next-generation sequencing technology: a technology review and future perspective. **Sci China Life Sci.** 53: 44-57.

การคัดเลือกสายพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์

Selection of Cassava Leaves Clones to Use as Animal Feed

ธีระ สมหวัง¹ สกล ฉายศรี² สุนีย์ โชตินิรนาท³ สุเมศ ทับเงิน¹ นพศุล สมุทรทอง¹
และ สุทัศน์ แผลงกาย²

Teera Somwang¹ Sakon Chaiysri² Sunee Chotineeranat³ Sumed Tubngeon¹
Noppasool Samutthong¹ and Sutus Pleang-Kai²

¹ สถานีวิจัยเขาหินซ้อน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

² สถานีวิจัยลพบุรี คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

³ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Email address : ijstrs@ku.ac.th โทร. 086-0352122

บทคัดย่อ

การคัดเลือกสายพันธุ์มันสำปะหลังให้ผลผลิตและคุณภาพใบสูง จำนวน 20 พันธุ์โดยใช้พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 เป็นพันธุ์ตรวจสอบ ที่สถานีวิจัยเขาหินซ้อน จังหวัดฉะเชิงเทรา ในปี 2553 ใช้ระยะปลูก 100 x 100 เซนติเมตร เก็บข้อมูลเพื่อประกอบการคัดเลือกพันธุ์ 9 ลักษณะ คือ ผลผลิตน้ำหนักรากสด ผลผลิตน้ำหนักรากหว่าสด เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวสด เปอร์เซ็นต์โปรตีนในใบ ปริมาณไซยาไนด์ในใบ ดัชนีการเก็บเกี่ยว จำนวนใบย่อยต่อใบ จำนวนหัวต่อต้น และความสูงต้น ผลการทดลองพบว่า มีสายพันธุ์มันสำปะหลังที่ให้ผลผลิตและคุณภาพใบสูง จำนวน 5 สายพันธุ์ ที่คัดเลือกไว้เพื่อทดสอบต่อไปก่อนที่จะใช้เป็นพันธุ์แนะนำส่งเสริมให้เกษตรกรใช้เป็นพันธุ์ปลูก คือ สายพันธุ์ KUKM 005, KUKM 0019, KUKM 0031, KUKM 0045 และ KUKM 0060

คำสำคัญ: มันสำปะหลัง อาหารสัตว์

Abstract

Twenty clones of cassava were grown and selected for high yield and quality compared to KU 50 at Kaohinson Research Station, Chachoengsao province in 2012. Plant spacing was 100 x 100 cm. Nine traits that involved with yield and quality of cassava; fresh leaf yield, fresh root yield, percent root starch, percent leaf protein, leaf cyanide content, percent harvest index, number of foliage/leaf, number of root/plant, and plant height were investigated. The top 5 clones namely KUKM 005, KUKM 0019, KUKM 0031, KUKM 0045 and KUKM 0060 were selected for further yield trial before recommendation.

Key word: Cassava, Animal feed

1. บทนำ

ไขมันสำปะหลัง จะมีสารไซยาไนด์ซึ่งอยู่ในรูปของกรดไฮโดรไซยานิก (HCN) ซึ่งเกิดจากสารไซยาโนเจนิกไกลโคไซด์ เมื่อเซลล์ของมันสำปะหลังถูกทำลาย เช่น ถูกบด ถูกสับ จะทำให้เอนไซม์เข้ามาทำปฏิกิริยากับสารไซยาโนเจนิกไกลโคไซด์ ได้กรดไฮโดรไซยานิกออกมา สารไซยาโนเจนิก ไกลโคไซด์ มีอยู่หลายชนิด แต่ที่พบในมันสำปะหลังมีอยู่ 2 ชนิดคือ ไลนามาริน (linamarin) และ โลทอสตราลิน (lotaustralin) สร้างขึ้นในส่วนของไขมันสำปะหลัง แล้วลำเลียงไปเก็บยังส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลัง เช่น ที่ราก หรือ หัว เป็นต้น (Bediako *et al.*, 1981) และกรดไฮโดรไซยานิก ในบริเวณเปลือกของหัวจะพบมากที่สุด ประมาณ 150-1,110 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักสด รองลงมาคือ ใบ ประมาณ 83-878 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักสด และในเนื้อหัวมี ประมาณ 5-490 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนัก Bruijn (1971) ได้จัดลำดับความเป็นพิษของกรดไฮโดรไซยานิก 3 ระดับ ดังนี้คือ ระดับไม่เป็นพิษ มีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกน้อยกว่า 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักสด ระดับเป็นพิษปานกลาง มีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกน้อยกว่า 50-100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักสด และ ระดับเป็นพิษมาก (อันตราย) มีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกมากกว่า 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักสด ปริมาณกรดไฮโดรไซยานิก (มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักสด) ทั้งนี้ปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกจะแปรปรวนไปตามพันธุ์ และสภาพแวดล้อม ทั้งสภาพของดิน น้ำ และภูมิอากาศ ในบางพันธุ์ในสภาพแวดล้อมที่ต่างกันทำให้ปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกต่างกันถึง 4-5 เท่า และในสภาวะการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน และสภาวะขาดน้ำจะทำให้ปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกสูงขึ้น

ปริมาณกรดไฮโดรไซยานิก มีผลต่อมนุษย์และสัตว์ที่บริโภคเข้าไปคือ ถ้าปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกที่มีความเข้มข้นสูงจะเป็นพิษโดยไปยับยั้งขบวนการหายใจของเซลล์ของสิ่งมีชีวิต อาการเป็นพิษมักแสดงออกทางระบบประสาท ซึ่งพบมากในแทนซาเนีย และ ไนจีเรีย มีอาการเกี่ยวกับประสาทตา หู และการเคลื่อนไหว ตาพร่า ถึงบอด หูอื้อถึงหนวก และการเคลื่อนไหวตั้งแต่เข่าลงไปถึงข้อเท้าลำบากไม่มีแรงที่ขา พบมากในคนที่มีอายุ 40-60 ปีขึ้นไป พบควบคู่กับการบริโภคโปรตีนต่ำ นอกจากนี้ยังมีอาการของโรคคอหอยพอก เนื่องจากสารไทโอไซยาเนต (Thiocyanate) ซึ่งเปลี่ยนมาจากกรดไฮโดรไซยานิก ซึ่งสารนี้จะไปยับยั้งการนำไอโอดีนไปยังต่อมไทรอยด์ ทำให้มีอาการเหมือนขาดธาตุไอโอดีน วิธีการลดปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกทำได้โดยใช้ความร้อน เช่น การตากแดด อบ คั่ว หรือ ย่าง แต่สารที่ป็นต้นกำเนิดของกรดนี้ คือ ไซยาโนเจนิก ไกลโคไซด์ ไม่สลายตัวเมื่อถูกความร้อน (เจริญศักดิ์, 2546)

ไขมันสำปะหลังมีโปรตีน 18-24 % ใช้ทำอาหารสัตว์ทดแทนกากถั่วเหลืองได้ ซึ่งเจริญศักดิ์และคณะ (2535) ได้รายงานความแตกต่างของปริมาณโปรตีนในไขมันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวที่ 4 เดือนหลังปลูกในแปลงที่ปลูกระยะ 100 x 100 เมตร ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ที่พื้นที่สถานีวิจัยศรีราชาจะมีปริมาณโปรตีน 20.6-33.7 เปอร์เซ็นต์ แต่หากปลูกที่สถานีวิจัยระยองจะมีปริมาณโปรตีน 18.3-27.2 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ เจริญศักดิ์และคณะ (2534) ได้แนะนำการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 1 และระยอง 60 เพื่อตัดใบว่าระยะที่เหมาะสมที่ให้ผลผลิตใบสูงคือ 4 ครั้งทุกสามเดือน จะได้ผลผลิตดีกว่า 5 หรือ 6 ครั้ง การตากไขมันสำปะหลังให้แห้งด้วยแสงแดดลดปริมาณ HCN ได้ถึง 90% ผลดีของการใช้ไขมันสำปะหลังแห้งทำอาหารสัตว์ช่วยยืดอายุน้ำนมวัว และช่วยในระบบการย่อย เพิ่มคุณภาพน้ำนมด้วย (Wanapat, 2002; Limsila *et al.*, 2002)

เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่ในปัจจุบัน จะปลูกมันสำปะหลังเพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตหัวสดเป็นหลัก ซึ่งจะเก็บเกี่ยวได้ปีละครั้งเท่านั้น ดังนั้นการส่งเสริมให้เกษตรกรตัดใบมันสำปะหลังเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์จึงเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตให้เกษตรกรได้อีกทางหนึ่ง ในระหว่างการปลูกมันสำปะหลัง ที่ผ่านมามีงานวิจัยทดสอบพันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณโปรตีนในใบสูง มีไซยาไนด์ในใบต่ำเพื่อตัดใบเป็นอาหารสัตว์ แต่ยังคงให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลังอยู่ในระดับดี แต่หากมองในแง่ความคุ้มค่าสำหรับเกษตรกรในการตัดใบมันสำปะหลังควบคู่ไปกับการเก็บเกี่ยวผลผลิตหัวแล้ว ดังนั้นถ้าจะใช้ไขมันสำปะหลังเป็นอาหารของสัตว์ควรมุ่งเน้นปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำ และมีปริมาณโปรตีน

สูงเพื่อทดแทนอาหารสัตว์ที่มีราคาแพง และที่ผ่านมายังไม่มีรายงานการปรับปรุงพันธุ์ให้มีลักษณะดังกล่าวออกมา ดังนั้นทางโครงการฯ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อให้ได้พันธุ์ใหม่ที่ให้ผลผลิตและคุณภาพใบสูง ใช้ใบเป็นอาหารสัตว์ ส่งเสริมให้เกษตรกรนำไปปลูกต่อไป ทำให้มีรายได้สูงขึ้น

2. อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. พันธุ์มันสำปะหลังที่ได้จาก นายสกล ฉายศรี โครงการวิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังแบบยั่งยืน ศูนย์เกษตรเขตร้อนนานาชาติ (International Center for Tropical Agriculture; CIAT) และ ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
2. สารเคมี และ อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ กรดไฮโดรไซยานิค และโปรตีน
3. แปลงปลูกทดสอบพันธุ์มันสำปะหลังที่ สถานีวิจัยเขาคันทรง อ.พนมสารคาม จ.ฉะเชิงเทรา
4. วัสดุการเกษตร เช่น สารกำจัดวัชพืช ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์
5. อุปกรณ์ในการเก็บข้อมูล

วิธีการ

1. ปลูกมันสำปะหลังที่ได้จากการคัดเลือกในปี 2553 จำนวน 20 พันธุ์โดยแต่ละพันธุ์ ใช้ระยะปลูก 100 x 100 เซนติเมตร ใช้พันธุ์เกษตรกรศาสตร์ 50 เป็นพันธุ์ตรวจสอบในช่วงเดือนตุลาคม 2553 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ขนาดแปลงย่อยกว้าง 6 เมตร ยาว 10 เมตร
 2. ปฏิบัติดูแลรักษาแปลงทดลอง โดยการกำจัดวัชพืช ใส่ปุ๋ย ให้น้ำชลประทาน ตามระยะเวลาที่กำหนด
 3. เก็บข้อมูล 9 ลักษณะ คือ
 - ผลผลิตน้ำหนักใบสด เก็บข้อมูลน้ำหนักใบสดตั้งแต่ยอดลงมาประมาณ 20-30 เซนติเมตร จาก 45 ต้น/แปลงย่อย คิดเป็นกิโลกรัม/ไร่
 - เปอร์เซ็นต์โปรตีนในใบ ปริมาณไซยาไนด์ในใบ โดยการเก็บใบสดมันสำปะหลังในช่วงเช้าประมาณ 4.00-6.00 น. จำนวน 3-5 กิโลกรัม/แปลงย่อย เก็บใบสดตั้งแต่ยอดลงมาประมาณ 20 เซนติเมตร นำไปวิเคราะห์ที่ศูนย์พันธุ์วิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ จ.กรุงเทพมหานคร
 - จำนวนใบย่อยต่อใบ ที่อายุ 9 เดือน สุ่มเก็บข้อมูลจาก 10 ต้น/แปลงย่อย
 - ผลผลิตน้ำหนักหัวสด เก็บข้อมูลน้ำหนักหัวสด จาก 45 ต้น/แปลงย่อย คิดเป็นกิโลกรัม/ไร่
 - เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวสด เก็บข้อมูลจาก 45 ต้น/แปลงย่อย นำหัวมันสำปะหลังสดหั่นประมาณอย่างน้อย 5 กิโลกรัม โดยใช้เครื่อง Reimann sclae
 - ดัชนีการเก็บเกี่ยว = น้ำหนักรวมของหัว/น้ำหนักรวมทั้งหมด (ใบ ลำต้น กิ่ง เหง้า และหัว) เก็บข้อมูลจาก 45 ต้น/แปลงย่อย
 - จำนวนหัวต่อต้น เก็บข้อมูลจาก 45 ต้น/แปลงย่อย
 - ความสูงต้นที่อายุ 12 เดือน สุ่มเก็บข้อมูลความสูงจาก 10 ต้น/แปลงย่อย ที่ระดับต้นที่แตกออกจากท่อนพันธุ์จนถึงปลายยอด
- วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม IRRI stat. วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT

3. ผลและวิจารณ์

ผลการศึกษาเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์มันสำปะหลังให้ผลผลิตและคุณภาพใบสูง ในปี 2553/54 จำนวน 20 พันธุ์ โดยใช้พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 เป็นพันธุ์ตรวจสอบ แสดงใน Table 1 และ Table 2 ดังนี้

1. ผลผลิตน้ำหนักรากใบสด

สายพันธุ์ KUKM 0060 ให้ผลผลิตใบสดสูงที่สุดคือ 6,918 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ KU 50 ที่เกษตรกรนิยมปลูกในปัจจุบัน ซึ่งเป็นพันธุ์ตรวจสอบ อยู่ร้อยละ 65.18 รองลงมาคือ KUKM 0019, KUKM 005, และ KUKM 0037 ให้ผลผลิตใบสด 6,207, 5,922 และ 5,890 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งให้ผลผลิตใบสดมากกว่าพันธุ์ KU 50 ที่ให้ผลผลิตน้ำหนักรากใบสด 4,188 กิโลกรัม/ไร่ ส่วน สายพันธุ์ KUKM 0068 ให้ผลผลิตใบสดน้อยที่สุดคือ 3,953 กิโลกรัม/ไร่ (Table 1)

2. ผลผลิตน้ำหนักรากหัวสด

สายพันธุ์ KUKM 0045 ให้ผลผลิตหัวสดสูงที่สุดคือ 9,320 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ KU 50 ที่เกษตรกรนิยมปลูกในปัจจุบันอยู่ร้อยละ 36.39 รองลงมาคือ KUKM 0019, KUKM 005 และ KUKM 0060 ให้ผลผลิตหัวสด 9,307, 8,853 และ 8,774 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งให้ผลผลิตหัวสดมากกว่าพันธุ์ KU 50 ซึ่งให้ผลผลิตน้ำหนักรากหัวสด 6,833 กิโลกรัม/ไร่ ส่วน สายพันธุ์ KUKM 009 ให้ผลผลิตหัวสดน้อยที่สุดคือ 4,409 กิโลกรัม/ไร่ (Table 1)

3. เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวสด

สายพันธุ์ KUKM 0027 ให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงที่สุดคือ 30.90 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ KUKM 0044, KUKM 0025 และ KUKM 0031 ให้เปอร์เซ็นต์แป้ง 30.85, 30.10 และ 29.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งให้เปอร์เซ็นต์แป้งมากกว่าพันธุ์ KU 50 ซึ่งให้เปอร์เซ็นต์แป้ง 28.55 เปอร์เซ็นต์ ส่วน สายพันธุ์ KUKM 001 ให้เปอร์เซ็นต์แป้งน้อยที่สุดคือ 20.20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวสดของสายพันธุ์ทั้งหมดที่ให้ 27.12 เปอร์เซ็นต์ (Table 1)

4. เปอร์เซ็นต์โปรตีนในใบ

สายพันธุ์ KUKM 001 ให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนในใบสูงที่สุดคือ 30.50 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ KUKM 0011, KUKM 0031 และ KUKM 005 ให้เปอร์เซ็นต์โปรตีน 30.46, 29.76 และ 29.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนมากกว่าพันธุ์ KU 50 ซึ่งให้เปอร์เซ็นต์โปรตีน 25.67 เปอร์เซ็นต์ ส่วน สายพันธุ์ KUKM 001 ให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนน้อยที่สุดคือ 21.14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์โปรตีนในหัวสดของสายพันธุ์ทั้งหมดที่ให้ 26.68 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ เจริญศักดิ์และคณะ (2535) ได้รายงานความแตกต่างของปริมาณโปรตีนในใบมันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวที่ 4 เดือนหลังปลูกในแปลงที่ปลูกระยะ 100 x 100 เมตร ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ที่พื้นที่สถานีวิจัยศรีราชาจะมีปริมาณโปรตีน 20.6-33.7 เปอร์เซ็นต์ แต่หากปลูกที่สถานีวิจัยระยองจะมีปริมาณโปรตีน 18.3-27.2 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าสายพันธุ์ที่คัดเลือกก็มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนในใบสูงกว่าสายพันธุ์ที่มีการรับรองพันธุ์แล้วในปัจจุบัน

5. ปริมาณไซยาไนด์ในใบ

สายพันธุ์ KUKM 0027 ให้ปริมาณไซยาไนด์ในใบน้อยที่สุดคือ 192.23 มิลลิกรัม/กิโลกรัมใบสด รองลงมาคือ KUKM 0044, KUKM 005 และ KUKM 0060 ให้ปริมาณไซยาไนด์ในใบ 238.12, 246.92 และ 250.47 มิลลิกรัม/กิโลกรัมใบ ตามลำดับ ซึ่งให้ปริมาณไซยาไนด์ในใบน้อยกว่าพันธุ์ KU 50 ซึ่งให้ปริมาณไซยาไนด์มากที่สุดคือ 634.85 มิลลิกรัม/กิโลกรัมใบ ซึ่งมากกว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณไซยาไนด์ในใบของสายพันธุ์ทั้งหมดที่ให้ 347.62 มิลลิกรัม/กิโลกรัมใบ (Table 1)

6. ดัชนีการเก็บเกี่ยว

สายพันธุ์ KUKM 0045 ให้ดัชนีการเก็บเกี่ยวสูงที่สุดคือ 0.65 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ KUKM 0057, KUKM 0060 และ KUKM 005 ให้ดัชนีการเก็บเกี่ยว 0.64, 0.62 และ 0.62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งให้ดัชนีการเก็บเกี่ยวมากกว่าพันธุ์ KU 50 ซึ่งให้ดัชนีการเก็บเกี่ยว 0.55 เปอร์เซ็นต์ ส่วน สายพันธุ์ KUKM 009 ให้ดัชนีการเก็บเกี่ยวน้อยที่สุดคือ 0.47 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของดัชนีการเก็บเกี่ยวของสายพันธุ์ทั้งหมดที่ให้ 0.58 เปอร์เซ็นต์ (Table 2)

7. จำนวนใบย่อยต่อใบ

สายพันธุ์ KUKM 001, KUKM 0025 และ KUKM 0060 ให้ใบย่อยมากที่สุดคือ 6.5 ใบย่อย/ใบ รองลงมาคือ KUKM 0019, KUKM 0031, KUKM 005 ให้ใบย่อย 6.3, 6.2 และ 6.2 ใบย่อย/ใบ ตามลำดับ ซึ่งให้ใบย่อยมากกว่าพันธุ์ KU 50 ซึ่งให้ใบย่อย 5.3 ใบย่อย/ใบ ส่วน สายพันธุ์ KUKM 0024, KUKM 0027 และ KUKM 0036 ให้ใบย่อยน้อยที่สุดคือ 4.5 ใบย่อย/ใบ ซึ่งน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของใบย่อยของสายพันธุ์ทั้งหมดที่ให้ 5.5 ใบย่อย/ใบ (Table 2)

8. จำนวนหัวต่อต้น

สายพันธุ์ KUKM 0045 ให้จำนวนหัวต่อต้นมากที่สุดคือ 17.69 หัว/ต้น รองลงมาคือ KUKM 0060, KUKM 005 และ KUKM 0031 ให้จำนวนหัวต่อต้น 16.73, 15.48 และ 15.14 หัว/ต้น ตามลำดับ ซึ่งให้จำนวนหัวต่อต้นมากกว่าพันธุ์ KU 50 ซึ่งให้จำนวนหัวต่อต้น 11.15 หัว/ต้น ส่วน สายพันธุ์ KUKM 001 ให้จำนวนหัวต่อต้นน้อยที่สุดคือ 10.28 หัว/ต้น ซึ่งน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของจำนวนหัวต่อต้นของสายพันธุ์ทั้งหมดที่ให้ 12.94 หัว/ต้น (Table 2)

9. ความสูงลำต้น

สายพันธุ์ KUKM 0045 ให้ความสูงลำต้นมากที่สุดคือ 359.5 เซนติเมตร รองลงมาคือ KUKM 0030, KUKM 005 และ KUKM 0027 ให้ความสูงลำต้น 284.6, 264.5 และ 251.2 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งให้ความสูงลำต้นมากกว่าพันธุ์ KU 50 ซึ่งให้ความสูงลำต้น 208.6 เซนติเมตร ส่วน สายพันธุ์ KUKM 001 ให้ความสูงลำต้นน้อยที่สุดคือ 193.6 เซนติเมตร ซึ่งน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของความสูงลำต้นของสายพันธุ์ทั้งหมดที่ให้ 236.07 เซนติเมตร (Table 2)

จากผลการวิจัยจะใช้เกณฑ์ในการคัดเลือกพันธุ์โดยคำนึงถึงปัจจัยผลผลิตน้ำหนักใบสด(กิโกรัม/ไร่)เปอร์เซ็นต์โปรตีนในใบ (%) ปริมาณไซยาไนด์ในใบ (มิลลิกรัม/กิโกรัม) เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวสด (%) และผลผลิตน้ำหนักหัวสด (กิโกรัม/ไร่) เป็นหลัก รองลงมาคือปัจจัย ดัชนีการเก็บเกี่ยว จำนวนใบย่อยต่อใบ จำนวนหัวต่อต้น และความสูงต้น (เซนติเมตร) ซึ่งสามารถคัดเลือกสายพันธุ์มันสำปะหลังที่ให้ผลผลิตและคุณภาพใบสูง จำนวน 5 สายพันธุ์ ดังนี้คือ สายพันธุ์ KUKM 005, KUKM 0019, KUKM 0031, KUKM 0045 และ KUKM 0060

Table 1 Fresh leaf yield, fresh root yield, percent root starch, percent dry leaf protein, and cyanide content of KU 50 and 20 cassava clones tested at Kaohinson Research Station during 2010-2011.

Variety or Clones	Fresh leaf yield (kg/rai)	Fresh root yield (kg/rai)	percent root starch	percent dry leaf protein	Cyanide content of wet leaf weight (mg/kg)
KU 50	4,188qrs	6,833gh	28.55 gh	25.67 n	634.85 a
KUKM 001	4,520mnop	5,680 lm	20.20u	30.50 a	390.79efgh
KUKM 005	5,922c	8,853 c	27.30 lm	29.49 cd	246.92nopqr
KUKM 009	5,560gh	4,409s	28.10hij	26.73 jklm	400.02ef
KUKM 0011	4,707 m	5,191 r	23.60 s	30.46ab	394.87efg
KUKM 0019	6,207 b	9,307ab	27.40kl	29.02e	272.73lm
KUKM 0021	5,859cde	6,693hi	24.70opq	21.14 t	439.07 d
KUKM 0024	5,752defg	6,346j	29.04ef	24.60 pq	405.72e
KUKM 0025	4,422 nopq	6,960 g	30.10c	25.67 n	310.18 jk
KUKM 0027	4,956 kl	5,652lmo	30.90a	26.90 ijk	192.23 t
KUKM 0030	4,564mno	5,307 qr	26.75 n	28.35 f	311.26j
KUKM 0031	5,851cdef	8,142e	29.95 cd	29.76c	268.11lmno
KUKM 0036	5,524hij	6,693 hi	24.90 op	22.66rs	521.44 b
KUKM 0037	5,890 cd	5,467 mopq	28.35ghi	23.04r	263.39lmnop
KUKM 0038	4,372nopqr	5,973k	23.55st	26.76jkl	301.96 jkl
KUKM 0044	4,977 k	6,401ij	30.85 ab	25.03 op	238.12q rs
KUKM 0045	5,780cdefg	9,320a	28.75efg	28.04fg	283.17 l
KUKM 0057	4,287 pqrs	7,601f	27.85 jk	25.04o	361.69i
KUKM 0060	6,918a	8,774cd	29.20e	27.36 h	250.47mnopq
KUKM 0068	3,953 s	5,627lmop	25.10 o	27.04hij	463.88c
KUKM 0070	5,453hi	5,867 kl	24.65 opqr	27.28 hi	269.39lmn
MEAN	5,222	6,716	27.12	26.68	347.62
CV (%)	16.13	18.91	6.92	7.07	10.49
LSD (1 %)	248	256	0.48	0.43	23.10

Means followed by common letters are not significantly different at 1% level of probability by DMRT

Table 2 Harvest index, number of foliage/leaf, number of root/plant, and plant height of KU 50 and 20 cassava clones tested at Kaohinson Research Station during 2010-2011.

Variety and Clones	Harvest index (%)	Number of foliage/leaf	Number of roots /plant	Plant height (cm.)
KU 50	0.55 ghij	5.3 gh	11.15lmn	208.6klm
KUKM 001	0.55ghij	6.5a	10.28n	359.5a
KUKM 005	0.62 abcd	6.2bc	15.48bc	264.5c
KUKM 009	0.47k	6.0 cde	10.82 mn	249.8cde
KUKM 0011	0.55ghj	6.1bcd	14.38cdef	243.5defg
KUKM 0019	0.62abcd	6.3ab	14.84cde	248.5def
KUKM 0021	0.57efgh	4.7kl	13.33fgh	214.6ijkl
KUKM 0024	0.55ghij	4.5l	12.60hij	220.4hijkl
KUKM 0025	0.63abc	6.5a	12.42hijk	221.2hijkl
KUKM 0027	0.57efgh	4.5l	10.93lmn	251.2cd
KUKM 0030	0.56fghi	4.6kl	10.67mn	284.6b
KUKM 0031	0.61abcde	6.2bc	15.14cd	228.2ghi
KUKM 0036	0.58defg	4.5l	12.91ghi	233.2efgh
KUKM 0037	0.51jk	5.0ij	11.53jklmn	222.4hijkl
KUKM 0038	0.62abcd	5.0ij	11.44jklmn	223.6hijkl
KUKM 0044	0.60bcdef	6.0cde	11.11lmn	207.8lm
KUKM 0045	0.65a	5.8ef	17.69a	193.6m
KUKM 0057	0.64ab	4.8jk	14.13cdefg	223.8hijk
KUKM 0060	0.62abcd	6.5a	16.73ab	216.2ijkl
KUKM 0068	0.61abcde	5.2hi	11.91ijklm	217.6hijkl
KUKM 0070	0.56 fghi	5.0ij	12.27hijkl	224.8hij
MEAN	0.58	5.5g	12.94	236.07
CV (%)	9.17	4.96	7.41	13.05
LSD (1 %)	0.04	0.2	1.36	15.8

Means followed by common letters are not significantly different at 1% level of probability by DMRT

4. สรุปผลการทดลอง

ในการคัดเลือกสายพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อให้ผลผลิตและคุณภาพใบสูง ในปี 2553/54 พบว่า สายพันธุ์มันสำปะหลังที่ให้ผลผลิตและคุณภาพใบสูง จำนวน 5 สายพันธุ์คือ สายพันธุ์ KUKM 005, KUKM 0019, KUKM 0031, KUKM 0045 และ KUKM 0060 ซึ่งจะนำไปใช้ทดสอบเพื่อคัดเลือกเป็นพันธุ์แนะนำส่งเสริมให้เกษตรกรใช้เป็นพันธุ์ปลูกต่อไป

5. เอกสารอ้างอิง

- เจริญศักดิ์ โจนฤทธิ์พิเชษฐ์, วิจารย์ วิชชุกิจ, ไชยรัตน์ เพ็ชรชลาญวัฒน์. 2534. อิทธิพลของระยะปลูกและจำนวนครั้งในการตัดยอดที่มีต่อผลผลิตยอดแห้ง ปริมาณโปรตีน ผลผลิตหัวมันแห้ง และผลผลิตแป้งของมันสำปะหลัง. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 29 4-7 กุมภาพันธ์ 2534 หน้า 199-210.
- เจริญศักดิ์ โจนฤทธิ์พิเชษฐ์, วิจารย์ วิชชุกิจ, ไชยรัตน์ เพ็ชรชลาญวัฒน์. 2535. การคัดเลือกสายพันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณโปรตีนในใบสูง. รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 30 สาขาพืช 29 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2535 หน้า 13-16.
- เจริญศักดิ์ โจนฤทธิ์พิเชษฐ์. 2546. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับมันสำปะหลัง. เอกสารประกอบการฝึกอบรมโครงการพัฒนาศักยภาพการผลิตและการตลาดมันสำปะหลัง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 4-8 สิงหาคม 2546. 1-34 หน้า
- Bediako, M.K.B., B.A. Tapper and G.G. Pritchard. 1981. **Metabolism, synthetic site, and translocation of cyanogenic glycosides in cassava.** pp. 143-148. In: E.R. Terry, K.A. Oduro and F. Caveness(ed). Tropical root crops: research strategies for the 1980 S. IDRC, Ottawa.
- Bruijn, G.W. De. 1971. Etude du character cyanogenetique du manioc (*Manihot esculenta* Crantz). **Mededelingen Landbouwhogeschool** 71(13): 1-140.
- Limsila A., S. Tungsakul, W. Watananonta, A. Boosing, S. Pichitporn and R.H. Howeler. 2002. **Cassava Leaf Production Research in Thailand.** Paper presented at 7th Regional Workshop, Bangkok, Thailand. Oct 28-Nov 1, 2002 (in press)
- Wannapat M. 2002. **The Role of Cassava Hay as Animal Feed.** Paper presented at 7th Regional Workshop, held in Bangkok, Thailand. Oct 28-Nov 1, 2002 (in press)

ผลของเพกตินเมทอกซิลต่ำและแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของแยมมะเดื่อฝรั่ง และคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ระหว่างเก็บรักษา

Effect of low methoxyl pectin and calcium chloride on qualities of fig jam and microbiological quality during storage

วรัญญา โนนม่วง และ สุภร พงษ์สำราญ

Warunya Nonmuang and Suporn Pongsumran

สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี

E-mail: nwarunya@hotmail.co.th โทร. 086-4606716

บทคัดย่อ

มะเดื่อฝรั่งเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง นิยมนำมาแปรรูปโดยการอบแห้งและทำแยม ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการผลิตแยมมะเดื่อฝรั่งน้ำตาลต่ำโดยมุ่งเน้นที่จะศึกษาอิทธิพลของปริมาณเพกตินเมทอกซิลต่ำและแคลเซียมคลอไรด์ที่ส่งผลต่อคุณภาพของแยมมะเดื่อฝรั่ง และคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ระหว่างเก็บรักษา โดยผลิตแยมมะเดื่อฝรั่งที่ใช้ปริมาณเพกตินเมทอกซิลต่ำ 3 ระดับ คือร้อยละ 0.2 0.4 และ 0.6 และแคลเซียมคลอไรด์ 2 ระดับ คือร้อยละ 1 และ 2 พบว่าการเพิ่มปริมาณเพกตินเมทอกซิลต่ำส่งผลให้ค่าสี (L, a และ b) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้การเพิ่มปริมาณเพกตินเมทอกซิลต่ำและแคลเซียมคลอไรด์ส่งผลให้ค่า hardness, cohesiveness และ adhesiveness เพิ่มขึ้นด้วย แยมมะเดื่อฝรั่งที่ผลิตได้มีปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละของกรดซิตริก) อยู่ในช่วง 1.16 - 1.26 ค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 2.93 - 3.14 และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 44 - 45 องศาบริกซ์ ตามลำดับ เมื่อนำแยมมะเดื่อฝรั่งมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้บริโภคร่วม 30 คน ด้วยวิธี 9 - point Hedonic Scaling ในด้านสี กลิ่น การกระจายตัวของมะเดื่อฝรั่งในแยม การแผ่กระจายของแยมบนขนมปัง รสชาติ และความชอบรวม พบว่าผู้บริโภคร่วมคะแนนความชอบอยู่ในระดับเฉลี่ย ๆ ถึงชอบปานกลาง จากผลการทดลองสรุปได้ว่าแยมมะเดื่อฝรั่งที่ใช้เพกตินเมทอกซิลต่ำร้อยละ 0.6 และแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1 มีคุณภาพดีที่สุด สำหรับการตรวจสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของแยมมะเดื่อฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 6.5 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดรวมทั้งปริมาณยีสต์และราอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อเก็บไว้ในเวลา 2 วัน และ 2 สัปดาห์ ตามลำดับ

คำสำคัญ : แยมมะเดื่อฝรั่งน้ำตาลต่ำ เพกตินเมทอกซิลต่ำ แคลเซียมคลอไรด์

Abstract

Fig is a fruit with high nutritional value. Therefore, fig is very often processed, mostly by drying, and also into jams. This research focused on producing low sugar fig jam with the aim to study the effect of low methoxyl pectin at three levels (0.2, 0.4 and 0.6 %) and calcium chloride at two levels (1 and 2 %) on the qualities of fig jam and microbiological quality during storage. It was found that increasing low methoxyl pectin increased color values (L, a and b). Increasing low methoxyl pectin and calcium chloride increased hardness, cohesiveness and adhesiveness. Fig jam showed pH, total soluble solid (°Brix) and total acidity (% citric acid) in the range of 2.93 to 3.14, 44 to 45 and 1.16 to 1.26 respectively. Sensory evaluation on color, odor, dispersion of fig in jam, spreadability, taste and

overall liking were evaluated using 9-point Hedonic Scaling by 30 panelists. Liking scores showed indifferent to a moderate liking level. The results of this study showed that the fig jam made from 0.6 % low methoxyl pectin and 1 % calcium chloride was the best jam. Fig jam for microbial examination was stored at room temperature and at a temperature of 6.5°C and it was found that total microorganisms including the amount of yeast and mold were in the standard level when stored for 2 days and 2 weeks, respectively.

Keywords : low sugar fig jam, low methoxyl pectin, calcium chloride

1. บทนำ

มะเดื่อฝรั่งเป็นผลไม้เพื่อสุขภาพ 1 ใน 10 ของโลกที่มีประวัติมายาวนานนับพันปี มีจำหน่ายอยู่ทั่วโลก มะเดื่อฝรั่งสายพันธุ์ที่เหมาะสมในการปลูกเชิงการค้ามากที่สุด คือ มะเดื่อสายพันธุ์ญี่ปุ่น, ออสเตรเลีย และ บราวน์ทรูเกี สามารถปลูกได้ทั่วประเทศ ให้ผลผลิตได้ตลอดทั้งปี ผลมีขนาดใหญ่ (เท่ากับไข่ไก่) รสชาติหวาน (ทวีศักดิ์, 2556 ก) ด้านโภชนาการพบว่า มะเดื่อฝรั่งเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยธาตุโปแตสเซียม แคลเซียม มีวิตามินเอ, บี และ ซี นอกจากนี้ยังเป็นผลไม้ที่มีปริมาณไฟเบอร์สูงที่สุดชนิดหนึ่ง (2.9 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) เส้นใยในผลมะเดื่อฝรั่งจะมีทั้งที่ละลายและไม่ละลายน้ำ ซึ่งเส้นใยทั้ง 2 ชนิดนั้นล้วนแต่มีความสำคัญต่อสุขภาพ ที่สำคัญมะเดื่อฝรั่งมีธาตุโซเดียมต่ำมาก (1 มิลลิกรัมกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) และไม่มีคอเลสเตอรอล จึงเป็นผลไม้ที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยที่เป็นโรคความดันโลหิตสูงและมีปริมาณไขมันในเส้นเลือดสูง (ทวีศักดิ์, 2556 ข และ USDA Nutrient Database for Standard Reference¹⁸, 2005)

มะเดื่อฝรั่งถือเป็นผลไม้ที่มีอายุการเก็บรักษาสั้นและคงความสดได้น้อยหลังการเก็บเกี่ยว ดังนั้นจึงนิยมนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์โดยการทำให้แห้งและการทำแยม ทั้งนี้แยมที่วางจำหน่ายอยู่ทั่วไปเป็นแยมที่อาศัยการเกิดเจลจากเพกทินเมทอกซิลสูง (High methoxyl pectin; HMP) โดยมีสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดเจล คือ ปริมาณน้ำตาลร้อยละ 60-85 ปริมาณเพกทินร้อยละ 1.5 ขึ้นไป และค่าความเป็นกรดต่าง 2.9-3.1 (Rolin and Vries, 1990) ซึ่งจะเห็นได้ว่าต้องใช้น้ำตาลในส่วนผสมปริมาณค่อนข้างมาก และมีส่วนที่เป็นผลไม้ผสมอยู่เพียงเล็กน้อย แยมที่ผลิตจากเพกทินเมทอกซิลสูงจึงมีน้ำตาลสูงและคุณค่าทางอาหารค่อนข้างน้อย ซึ่งแนวโน้มการบริโภคอาหารในปัจจุบันพบว่าผู้บริโภคจะคำนึงถึงอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้น จึงมีการแนะนำให้ลดการใช้น้ำตาลซูโครสในอาหารให้น้อยลง เนื่องมาจากการบริโภคน้ำตาลซูโครสมากเกินไปจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคต่างๆ เช่น ฟันผุ มีไตรกลีเซอไรด์สูงในเลือด ลำไส้ใหญ่อุดตัน โรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคอ้วน โรคผิวหนังอักเสบ และมีผลเสียต่อการมองเห็น (ศิริลักษณ์, 2533) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงพยายามลดปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์แยมให้ต่ำลงด้วยการผลิตแยมจากเพกทินเมทอกซิลต่ำ (Low methoxyl pectin; LMP) ซึ่งสามารถเกิดเจลได้โดยใช้ปริมาณน้ำตาลเพียงเล็กน้อยหรือไม่ใช้เลย แต่ต้องมีไอออนของโลหะบางชนิดช่วยในการเกิดเจล เช่น แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ในกรณีที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เพิ่มขึ้นก็จะผลทำให้ได้เจลที่แข็งขึ้นด้วย และสามารถเกิดเจลได้ในช่วงความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 2.9-5.5 ซึ่งเป็นช่วงที่กว้างกว่าการเกิดเจลจากเพกทินเมทอกซิลสูง เจลที่ได้จะเป็นชนิด thermoreversible มีความอ่อนนุ่ม และยืดหยุ่นมากกว่าเจลจากเพกทินชนิดเมทอกซิลสูง (Rolin and Vries, 1990 และฐิติกานต์ และคณะ, 2555) การศึกษาเกี่ยวกับการใช้เพกทินเมทอกซิลต่ำในผลิตภัณฑ์แยมมีอยู่ค่อนข้างมากโดย Levaj *et al.* (2010) ทดลองผลิตแยมมะเดื่อฝรั่งโดยใช้เพกทินเมทอกซิลต่ำและมะเดื่อฝรั่งกวน พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบแยมมะเดื่อฝรั่งมากกว่ามะเดื่อฝรั่งกวน นราพร และ นัยทัศน์ (2543) ศึกษาลักษณะของเจลที่เหมาะสมจากสารชั้นเหนียว 4 ชนิด คือ เพกทินเมทอกซิลต่ำ แคปปา-คาร์ราจีแนน โลคัสบินกัม และโซเดียมอัลจิเนท พบว่าสารชั้นเหนียวที่สามารถให้ลักษณะเจลที่เหมาะสมในการทำแยม คือ เพกทินเมทอกซิลต่ำและแคปปา-คาร์ราจีแนน โดยการใช้เพกทินเมทอกซิลต่ำ ร้อยละ 0.7 ในสภาวะที่เหมาะสมประกอบด้วย แคลเซียมคลอไรด์ ร้อยละ 3 และน้ำตาลซูโครส 20 องศาบริกซ์ (ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย) หรือใช้แคปปา-คาร์รา

จีแนน ร้อยละ 0.6 ในสภาวะที่เหมาะสมประกอบด้วย แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 15 (ร้อยละของแคปปา-คาร์ราจีแนน) และน้ำตาลซูโครส 25 องศาบริกซ์ (ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย) ญาณสินิริ (2547) ศึกษาอิทธิพลของเพกทินเมทอกซิลต่ำและแคลเซียมคลอไรด์ต่อค่าความแข็งแรงของเจลในมาร์มาเลดส้มโอ พบว่าเมื่อความเข้มข้นของเพกทินเมทอกซิลต่ำเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกันกับความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ นั่นคือเมื่อความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน และ El-Nawawi & Heikalb (1995) ศึกษาสภาวะการเกิดเจลที่เหมาะสมจากการใช้เพกทินเมทอกซิลต่ำ โดยศึกษาในช่วง pH 3-3.6 เพกทินเมทอกซิลต่ำในช่วงร้อยละ 0.5-1.2 น้ำตาลซูโครสในช่วงร้อยละ 10-50 และแคลเซียม 15-100 มิลลิกรัมต่อกรัมเพกทิน พบว่าที่ pH 3 หรือ 3.6 การใช้เพกทินเมทอกซิลต่ำร้อยละ 1 น้ำตาลซูโครสร้อยละ 20 หรือ 30 และปริมาณแคลเซียม 35 หรือ 45 มิลลิกรัมต่อกรัมเพกทินจะได้เจลที่มีความแข็งแรง ไม่เกิดการแยกตัวของของเหลวออกจากเจล

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาอิทธิพลของปริมาณเพกทินเมทอกซิลต่ำและแคลเซียมคลอไรด์ที่ส่งผลต่อคุณภาพของแยมมะเดื่อฝรั่ง รวมถึงศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ของแยมมะเดื่อฝรั่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและแช่เย็น เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์แยมน้ำตาลต่ำและมีคุณค่ามากขึ้นจากการใช้ผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเป็นส่วนประกอบในการผลิต

2. วิธีการศึกษา

2.1 ศึกษาคุณภาพทางเคมีและกายภาพของมะเดื่อฝรั่ง

นำมะเดื่อฝรั่งพันธุ์ญี่ปุ่นผลสุกมาล้างทำความสะอาด แยกส่วนเนื้อมาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพดังนี้

2.1.1 วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) (AOAC, 2000)

2.1.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (AOAC, 2000)

2.1.3 ปริมาณกรดทั้งหมดคิดเป็นร้อยละเทียบกับกรดซิตริก (AOAC, 2000)

2.1.4 วัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี (Color Meter ZE-2000 / NIPPON) วัดด้วยระบบ Hunter ค่าที่วัด ได้แก่ ค่า L (ค่าความสว่างมีค่า 0-100 โดย 0 หมายถึง วัดภูมิความสว่างสีดำ, 100 หมายถึง วัดภูมิความสว่างสีขาว) a (+ หมายถึง วัดภูมิสีออกแดง, - หมายถึง วัดภูมิสีออกเขียว) และ b (+ หมายถึงวัดภูมิสีออกเหลือง, - หมายถึงวัดภูมิสีออกน้ำเงิน) โดยทำการวัด 3 ซ้ำ

2.2 ศึกษาผลของปริมาณเพกทินเมทอกซิลต่ำและแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของแยมมะเดื่อฝรั่ง

ผลิตแยมมะเดื่อฝรั่ง 6 สิ่งทดลอง โดยใช้ส่วนผสมดังตารางที่ 1 นำมะเดื่อฝรั่งมาล้างให้สะอาด ผ่านผลมะเดื่อออกเป็น 4 ส่วน ปอกเปลือกออก นำส่วนเนื้อมาใช้ในการทำแยม ซึ่งส่วนผสมดังตารางที่ 1 นำเนื้อมะเดื่อฝรั่งมาผสมกับน้ำปั่นด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้าความเร็วระดับ 1 เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นเทใส่กระโถงเหลือง ให้ความร้อน คนเบาๆ 2 นาที แบ่งน้ำตาลส่วนหนึ่งออกมาผสมกับเพกทินเมทอกซิลต่ำในสัดส่วนน้ำตาลต่อเพกทินเท่ากับ 5:1 คนให้เข้ากัน แล้วค่อยๆ เทใส่ในกระโถงเหลือง จากนั้นเติมน้ำตาลส่วนที่เหลือจนหมด ตามด้วยกรดซิตริกและแคลเซียมคลอไรด์ ระหว่างการเติมส่วนผสมให้คนเบาๆ ตลอดเวลา การเติมส่วนผสมทั้งหมดใช้เวลาประมาณ 5-6 นาที วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้โดยใช้ Hand Refractometer ให้อยู่ในช่วง 44-45 องศาบริกซ์ แล้วบรรจุใส่ขวดแก้วที่ผ่านการฆ่าเชื้อในขณะที่ยังร้อนอยู่ นำแยมมะเดื่อฝรั่งทั้ง 6 สิ่งทดลองมาตรวจสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสตามวิธีการในข้อ 2.3, 2.4 และ 2.5 ตามลำดับ

2.3 การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ

2.3.1 ค่าสี วัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี (Color Meter ZE-2000 / NIPPON) เช่นเดียวกับข้อ 1.4

2.3.2 ค่าเนื้อสัมผัส ค่าที่วัดได้แก่ hardness (g force) cohesiveness และ adhesiveness (g force) โดยเตรียมตัวอย่างแยมมะเดื่อฝรั่งใส่ในถ้วยพลาสติกประมาณ 100 กรัม จากนั้นนำตัวอย่างมาวัดด้วยเครื่อง The Stable Micro Systems TA.XT plus โดยใช้หัววัดชนิด stainless steel P/5 cylinder probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร กดลงบริเวณกลางตัวอย่าง (pre-test speed: 5.0 mm/s, test speed: 2 mm/s, post-test speed: 10 mm/s, trigger force: 20 g, load cell: 5.0±0.1 kg) (Singh et al., 2009) โดยทำการวัด 3 ซ้ำ

ตารางที่ 1 ส่วนผสมในการผลิตแยมมะเดื่อฝรั่ง

สิ่งทดลอง	LMP (ร้อยละ)	CaCl ₂ (ร้อยละ)	น้ำ (ร้อยละ)	เนื้อมะเดื่อฝรั่ง (ร้อยละ)	น้ำตาล (ร้อยละ)	กรดซิตริก (ร้อยละ)
1	0.2	1	37.8	30	30	1
2	0.4	1	37.6	30	30	1
3	0.6	1	37.4	30	30	1
4	0.2	2	36.8	30	30	1
5	0.4	2	36.6	30	30	1
6	0.6	2	36.4	30	30	1

2.4 การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี

2.4.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) (AOAC, 2000)

2.4.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (AOAC, 2000)

2.4.3 ปริมาณกรดทั้งหมดคิดเป็นร้อยละเทียบกับกรดซิตริก (AOAC, 2000)

2.5 การตรวจสอบคุณภาพประสาทสัมผัส

ทดสอบความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ การกระจายตัวของเนื้อมะเดื่อฝรั่งในแยม การแผ่กระจายของแยมบนขนมปัง และความชอบรวม ตัวอย่างจะถูกเสนอพร้อมทั้งขนมปัง โดยทดสอบกับผู้บริโภคที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ด้วยวิธี 9 - point Hedonic Scaling (1= ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด) เพื่อคัดเลือกสิ่งทดลองที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด

2.6 ศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ของแยมมะเดื่อฝรั่งระหว่างการเก็บรักษา

นำสิ่งทดลองที่ดีที่สุดจากการศึกษาในข้อ 2. (แยมมะเดื่อฝรั่งสิ่งทดลองที่ 3 ซึ่งใช้เพกทินเมทอกซิลต่ำร้อยละ 0.6 และแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1) มาศึกษาคุณภาพด้านจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องโดยตรวจในวันที่ 0, 1, 2 และ 3 และที่อุณหภูมิ 6.5 องศาเซลเซียส ตรวจในสัปดาห์ที่ 0, 1, 2 และ 3 โดยตรวจปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ตามวิธี AOAC (2000)

2.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ 3x2 Factorial in Completely Randomized Design (CRD) โดยศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณเพกทินเมทอกซิลต่ำ (LMP) 3 ระดับ คือร้อยละ 0.2, 0.4 และ 0.6 โดยน้ำหนักของวัตถุดิบทั้งหมด และ ปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl₂) 2 ระดับ คือร้อยละ 1 และ 2 โดยน้ำหนักของวัตถุดิบทั้งหมด ทดสอบตัวอย่างละ 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของมะเดื่อฝรั่ง

เมื่อนำมะเดื่อฝรั่งมาล้างทำความสะอาดแล้วแยกเอาส่วนเนื้อมาตรวจสอบคุณภาพ พบว่ามะเดื่อฝรั่งมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 4.93 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 14 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ เทียบกับกรดซิตริก) 0.014 และจากการวัดค่าสีพบว่า เนื้อมะเดื่อฝรั่งมีค่า L, a และ b เท่ากับ 16.17, 1.54 และ 4.39 ตามลำดับ ผลที่ได้มีความแตกต่างจากการทดลองของ Levaj et al. (2010) ซึ่งรายงานไว้ว่ามะเดื่อฝรั่งมี pH อยู่ในช่วง 4.50 - 4.82 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 18.5 - 23 องศาบริกซ์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสายพันธุ์ของมะเดื่อฝรั่งและพื้นที่ปลูกที่แตกต่างกัน โดยในงานวิจัยนี้ใช้มะเดื่อฝรั่งพันธุ์ญี่ปุ่นที่ปลูกในประเทศไทย สำหรับมะเดื่อฝรั่งที่ใช้ในการทดลองของ Levaj et al. (2010) เป็นมะเดื่อฝรั่งที่ไม่ระบุสายพันธุ์จากสาธารณรัฐโครเอเชีย

3.2 ผลของปริมาณเพกทินเมทอกซิลต่ำและแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของแยมมะเดื่อฝรั่ง

การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของแยมมะเดื่อฝรั่งด้านสีได้ผลดังตารางที่ 2 แยมมะเดื่อฝรั่งมีค่า L (ความสว่าง) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อปริมาณเพกทินเมทอกซิลต่ำเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.2 ถึง 0.6 ค่า a (สีแดง) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณเพกทินเมทอกซิลต่ำจากร้อยละ 0.2 เป็น 0.4 โดยค่า b (สีเหลือง) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณเพกทินเมทอกซิลต่ำจากร้อยละ 0.2 เป็นร้อยละ 0.6 การเพิ่มปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ไม่มีผลต่อค่า L และ b ของแยมมะเดื่อฝรั่ง แต่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่า a โดยการเพิ่มขึ้นของค่า L จะทำให้แยมมีความสว่างมากขึ้น และการเพิ่มขึ้นของค่า a และ b จะส่งผลให้มองเห็นสีของแยมมะเดื่อฝรั่งซึ่งมีสีส้มปรากฏสีเข้มขึ้น สีของแยมมะเดื่อฝรั่งแสดงดังภาพที่ 1

ตารางที่ 2 ค่าสีของผลิตภัณฑ์แยมมะเดื่อฝรั่ง

ค่าสี	% LMP	% CaCl ₂		เฉลี่ย
		1	2	
L	0.2	13.84±0.08	13.44±0.16	13.64 ^c ±0.12
	0.4	14.23±0.05	14.65±0.23	14.44 ^b ±0.14
	0.6	15.56±0.05	15.32±0.24	15.44 ^a ±0.15
	เฉลี่ย	14.54 ^A ±0.06	14.47 ^A ±0.21	14.51±0.14
a	0.2	9.27±0.19	9.62±0.34	9.45 ^b ±0.27
	0.4	10.30±0.09	10.45±0.32	10.38 ^a ±0.21
	0.6	10.16±0.03	10.40±0.06	10.28 ^a ±0.05
	เฉลี่ย	9.91 ^B ±0.10	10.16 ^A ±0.24	10.01±0.17
b	0.2	9.47±0.07	9.67±0.19	9.57 ^c ±0.13
	0.4	9.73±0.21	9.74±0.03	9.74 ^{bc} ±0.12
	0.6	9.86±0.09	10.07±0.21	9.97 ^{ab} ±0.15
	เฉลี่ย	9.63 ^A ±0.12	9.83 ^A ±0.14	9.73±0.13

หมายเหตุ ^{a-c} ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{A-B} ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

0.2% LMP, 1% CaCl_2 0.4% LMP, 1% CaCl_2 0.6% LMP, 1% CaCl_2 0.2% LMP, 2% CaCl_2 0.4% LMP, 2% CaCl_2 0.6% LMP, 2% CaCl_2

ภาพที่ 1 ผลผลิตของเยลลี่แอมะเต็ฟรัง

ค่าเนื้อสัมผัสของเยลลี่แอมะเต็ฟรังจากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณแคลเซียมคลอไรด์มีผลทำให้ค่า hardness (ความแข็ง) ค่า cohesiveness (การเกาะตัว) และ ค่า adhesiveness (การเกาะติด) เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ($p \leq 0.05$) โดยการเพิ่มปริมาณเพกตินเมทอกซิลต่ำและแคลเซียมคลอไรด์จะส่งผลให้ค่า hardness (ความแข็ง) ของเยลลี่แอมะเต็ฟรังสูงขึ้น ทั้งนี้เป็นผลมาจาก Ca^{2+} สามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบเพกตินเกิดปฏิกิริยา crosslink ระหว่างหมู่คาร์บอกซิลบนสาย polygalacturonides และประจุของ Ca^{2+} โดย Ca^{2+} จะทำหน้าที่ดึงหมู่ carboxyl บนสาย polygalacturonides สายหนึ่ง ให้จับกับหมู่คาร์บอกซิลของสาย polygalacturonides อีกสายหนึ่ง เกิดโครงสร้างที่เรียกว่า egg-box model ซึ่งเป็นสารประกอบแคลเซียมเพกเตตที่ไม่ละลายน้ำ (May, 1999) ดังนั้นถ้าใช้เพกตินชนิดเมทอกซิลต่ำและแคลเซียมคลอไรด์ปริมาณมาก ความแข็งของเยลลี่จะมากตามไปด้วย ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองผลิตผลิตภัณฑ์ทาขนมปังจากแครอทสูตรลดน้ำตาลของ จิตติกานต์ และคณะ (2555) และผลการทดลองนี้ยังสอดคล้องกับการพัฒนาเยลลี่มั่งคุดแคลอรีต่ำผสมเปลือกมังคุดของ Apirattananusorn (2011) ซึ่งพบว่าการใช้แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 ให้ลักษณะของเจลที่ดีและมีความแข็งแรงของเจลสูงกว่าการใช้แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 2 นอกจากนี้ปริมาณเพกตินเมทอกซิลต่ำที่สูงขึ้นยังส่งผลให้ค่า cohesiveness (การเกาะตัว) และ adhesiveness (การเกาะติด) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สังเกตได้จากเยลลี่จะเกาะตัวกันแน่น และลักษณะของการเกาะติดมีมากขึ้น ส่งผลให้การกระจายตัวบนขนมปังเป็นไปได้ยากขึ้น

ผลการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของเยลลี่แอมะเต็ฟรังได้ผลดังตารางที่ 4 ปริมาณแคลเซียมคลอไรด์และเพกตินชนิดเมทอกซิลต่ำไม่มีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดของเยลลี่แอมะเต็ฟรัง ($p > 0.05$) แต่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) โดยปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละของกรดซิตริก) อยู่ในช่วง 1.16 - 1.26 pH อยู่ในช่วง 2.93 - 3.14 และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 44 - 45 องศาบริกซ์ จะเห็นได้ว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของเยลลี่แอมะเต็ฟรังอยู่ในช่วงที่เหมาะสมในการเกิดเจล ซึ่ง pH ที่เหมาะสมในการเกิดเจลของเพกตินเมทอกซิลต่ำ คือ 2.9-5.5 (Rolin and Vries, 1990 และจิตติกานต์ และคณะ, 2555)

ตารางที่ 3 ค่าเนื้อสัมผัสของแยมมะเดื่อฝรั่ง

ค่าสี	% LMP	% CaCl ₂		เฉลี่ย
		1	2	
Hardness (g force)	0.2	11.53±2.06	12.69±0.71	12.1 ^c ±1.39
	0.4	16.88±3.15	24.58±2.85	20.73 ^b ±3.00
	0.6	36.06±4.12	40.74±6.89	37.52 ^a ±5.51
	เฉลี่ย	21.46 ^B ±3.11	26.00 ^A ±3.48	23.73±3.30
Cohesiveness	0.2	0.35±0.01	0.38±0.01	0.37 ^a ±0.01
	0.4	0.37±0.03	0.38±0.07	0.38 ^a ±0.05
	0.6	0.38±0.03	0.40±0.01	0.39 ^a ±0.02
	เฉลี่ย	0.37 ^B ±0.03	0.39 ^A ±0.03	0.38±0.03
Adhesiveness	0.2	5.98±0.62	7.86±0.52	6.92 ^c ±0.57
	0.4	9.25±2.40	10.61±2.17	9.93 ^{bc} ±2.29
	0.6	9.02±4.04	16.44±0.77	12.73 ^{ab} ±2.41
	เฉลี่ย	8.08 ^B ±2.36	11.64 ^A ±1.15	9.86±1.76

หมายเหตุ ^{a-c} ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{A-B} ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการตรวจสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของแยมมะเดื่อฝรั่งดังตารางที่ 5 พบว่าคะแนนความชอบในด้านสี การกระจายตัวของเนื้อมะเดื่อฝรั่งในแยม การแผ่กระจายของแยมบนขนมปัง รสชาติ และความชอบรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง คะแนนอยู่ในช่วง 6.17 - 6.83, 6.10 - 6.80, 6.07 - 6.90, 5.53 - 6.97 และ 6.13 - 7.23 ตามลำดับ โดยคะแนนในด้านกลิ่นอยู่ในระดับเฉยๆ ถึงชอบเล็กน้อย คะแนนอยู่ในช่วง 5.53 - 6.20

จากผลการทดลองพบว่าแยมมะเดื่อฝรั่งที่ใช้เพกทินเมทอกซิลต่ำร้อยละ 0.2, 0.4 และ 0.6 ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1 และแยมมะเดื่อฝรั่งที่ใช้เพกทินเมทอกซิลต่ำร้อยละ 0.4 ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 2 ได้รับคะแนนความชอบรวมสูง (6.60 - 7.23) โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ผู้วิจัยจึงได้ใช้คุณภาพทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสมาพิจารณาพร้อมกับคะแนนความชอบรวมในแต่ละสิ่งทดลองด้วย โดยแยมที่ใช้เพกทินเมทอกซิลต่ำร้อยละ 0.6 ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1 มีค่า hardness สูงกว่าแยมสิ่งทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีไม่แข็งหรือเหลวจนเกินไป ส่งผลให้แยมสิ่งทดลองนี้ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดในด้านการกระจายตัวของเนื้อมะเดื่อฝรั่งในแยมและการแผ่กระจายของแยมบนขนมปังจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังนั้นจึงเลือกแยมมะเดื่อฝรั่งที่ใช้เพกทินเมทอกซิลต่ำร้อยละ 0.6 และแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1 มาใช้ในการศึกษาคุณภาพของแยมมะเดื่อฝรั่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 6.5 องศาเซลเซียสต่อไป

ตารางที่ 4 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์แยมมะเดื่อฝรั่ง

ค่าสี	% LMP	% CaCl ₂		เฉลี่ย
		1	2	
pH	0.2	3.12±0.02	2.93±0.02	3.03 ^{bc} ±0.02
	0.4	2.94±0.05	2.97±0.02	2.96 ^c ±0.04
	0.6	3.14±0.02	2.95± 0.03	3.05 ^{ab} ±0.02
	เฉลี่ย	3.07 ^A ±0.03	2.95 ^B ±0.02	3.01±0.02
TSS (องศาบริกซ์)	0.2	44.67±0.58	44.17±0.29	44.42 ^{bc} ±0.44
	0.4	44.50±0.50	44.00±0.00	44.25 ^c ±0.25
	0.6	45.00±0.00	44.83±0.29	44.92 ^{ab} ±0.15
	เฉลี่ย	44.72 ^A ±0.36	44.33 ^B ±0.19	44.53±0.28
ปริมาณกรด ทั้งหมด (ร้อยละของ กรดซิตริก)	0.2	1.26±0.03	1.18±0.09	1.22 ^a ±0.06
	0.4	1.20±0.02	1.16±0.12	1.18 ^a ±0.07
	0.6	1.20±0.05	1.18±0.03	1.19 ^a ±0.04
	เฉลี่ย	1.22 ^A ±0.03	1.17 ^A ±0.08	1.20±0.06

หมายเหตุ ^{a-c} ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{A-B} ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของแยมมะเดื่อฝรั่งระหว่างการเก็บรักษา

จากการนำแยมมะเดื่อฝรั่งที่ใช้เพกทินเมทอกซิลต่ำร้อยละ 0.6 และแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1 มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 6.5 องศาเซลเซียส แล้วสุ่มตัวอย่างออกมาตรวจสอบคุณภาพด้านจุลินทรีย์ได้ผลดังนี้

สำหรับผลการตรวจสอบคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของแยมมะเดื่อฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ตารางที่ 6) ไม่พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในเวลา 2 วัน โดยในวันที่ 3 พบจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐาน (1.1×10^5 โคโลนีต่อกรัม) ซึ่งมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแยมกำหนดให้มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) สำหรับการตรวจปริมาณยีสต์และรา ให้ผลการตรวจสอบลักษณะเดียวกับการหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดคือ ไม่พบยีสต์และราในเวลา 2 วัน โดยในวันที่ 3 พบปริมาณยีสต์และราเกินมาตรฐาน (1.8×10^3 โคโลนีต่อกรัม) ซึ่งมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแยมกำหนดให้มีปริมาณยีสต์และราไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547)

การตรวจสอบคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของแยมมะเดื่อฝรั่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6.5 องศาเซลเซียส ได้ผลดังตารางที่ 7 พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (1.1×10^3 โคโลนีต่อกรัม) และปริมาณยีสต์และรา (1.0×10^2 โคโลนีต่อกรัม) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน 2 สัปดาห์ โดยในสัปดาห์ที่ 3 พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (1.8×10^4 โคโลนีต่อกรัม) รวมถึงปริมาณยีสต์และรา (3.7×10^2 โคโลนีต่อกรัม) เกินมาตรฐาน จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการเก็บรักษาแยมมะเดื่อฝรั่งไว้ที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 6.5 องศาเซลเซียส ไม่ควรเก็บไว้นานเกิน 2 วัน และ 2 สัปดาห์ ตามลำดับ ทั้งนี้การใช้วัตถุกันเสียที่อนุญาตให้ใช้ได้ตามที่กฎหมายกำหนด เช่น กรดซอร์บิก โซเดียมเบนโซเอต (กระทรวงสาธารณสุข, 2543) เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาให้กับแยมได้

ตารางที่ 5 การประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แยมมะเดื่อฝรั่ง

สิ่งทดลอง	คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส					ความชอบรวม
	สี	กลิ่น	การกระจายตัวของเนื้อมะเดื่อฝรั่ง ^{ns}	การแผ่กระจายของแยมบนขนมปัง	รสชาติ	
0.2% LMP, 1% CaCl ₂	6.60 ^{ab} ±1.28	6.13 ^{ab} ±1.36	6.47±1.63	6.37 ^{abc} ±1.69	6.60 ^{ab} ±1.35	6.60 ^{ab} ±1.69
0.4% LMP, 1% CaCl ₂	6.83 ^a ±1.34	6.20 ^a ±1.40	6.60±1.30	6.87 ^{ab} ±1.43	6.97 ^a ±1.45	7.10 ^a ±1.12
0.6% LMP, 1% CaCl ₂	6.77 ^a ±1.33	5.93 ^{abc} ±1.53	6.80±1.45	6.90 ^a ±1.54	6.80 ^{ab} ±1.24	7.23 ^a ±1.14
0.2% LMP, 2% CaCl ₂	6.17 ^b ±1.39	5.53 ^c ±1.53	6.43±1.33	6.23 ^{bc} ±1.45	5.53 ^c ±1.83	6.20 ^b ±1.83
0.4% LMP, 2% CaCl ₂	6.33 ^{ab} ±1.21	5.60 ^{bc} ±1.33	6.50±1.46	6.77 ^{ab} ±1.22	6.13 ^{bc} ±1.59	6.67 ^{ab} ±1.42
0.6% LMP, 2% CaCl ₂	6.60 ^{ab} ±1.30	5.53 ^c ±1.70	6.10±1.56	6.07 ^c ±1.62	5.57 ^c ±1.49	6.13 ^b ±1.80

หมายเหตุ ^{a-c} ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 6 ปริมาณจุลินทรีย์ในแยมมะเดื่อฝรั่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

การเก็บรักษา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	จำนวนยีสต์และรา (CFU/g)
0	ไม่พบ	ไม่พบ
1	ไม่พบ	ไม่พบ
2	ไม่พบ	ไม่พบ
3	1.1×10^5	1.8×10^3

ตารางที่ 7 ปริมาณจุลินทรีย์ในเยลลี่ผลไม้ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6.5 องศาเซลเซียส

การเก็บรักษา (สัปดาห์)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	จำนวนยีสต์และรา (CFU/g)
0	ไม่พบ	ไม่พบ
1	1.0×10^3	1.0×10^1
2	1.1×10^3	1.0×10^2
3	1.8×10^4	3.7×10^2

4. สรุป

การศึกษาค้นคว้าของปริมาณเพกตินเมทอกซิลต่ำและแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของเยลลี่ผลไม้ พบว่าปริมาณเพกตินเมทอกซิลต่ำและแคลเซียมคลอไรด์มีผลต่อคุณภาพของเยลลี่ผลไม้ โดยการเพิ่มปริมาณเพกตินเมทอกซิลต่ำส่งผลให้เยลลี่ผลไม้มีสีส้มปรากฏสีเข้มขึ้นเล็กน้อย ในด้านเนื้อสัมผัสการเพิ่มปริมาณเพกตินเมทอกซิลต่ำและแคลเซียมคลอไรด์ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของเยลลี่แข็งขึ้น การเกาะตัวและการเกาะติดของเยลลี่มากขึ้น ค่าคะแนนความชอบในด้านสี การกระจายตัวของเนื้อเยลลี่ผลไม้ในเยลลี่ การแผ่กระจายของเยลลี่บนขนมปังรสชาติ และความชอบรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง และในด้านกลิ่นอยู่ในระดับเฉยๆ ถึงชอบเล็กน้อย ทั้งนี้เยลลี่ผลไม้ที่ใช้เพกตินเมทอกซิลต่ำร้อยละ 0.6 และแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1 เป็นเยลลี่ที่มีคุณภาพดีที่สุด เมื่อนำมาตรวจสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษา พบว่าสามารถเก็บรักษาเยลลี่ผลไม้ที่อุณหภูมิห้องได้เป็นเวลา 2 วัน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6.5 องศาเซลเซียสได้เป็นเวลา 2 สัปดาห์ โดยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดรวมทั้งปริมาณยีสต์และราในเยลลี่ผลไม้ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเยลลี่

5. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยในครั้งนี้ ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก และขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหารสำหรับอุปกรณ์ และสถานที่ทำการศึกษาค้นคว้าวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข. 2543. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 213) พ.ศ. 2543 เยลลี่ และมาร์มาเลด ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท.
- ญาณินสิริ ถิ่นนคร. 2547. การพัฒนาผลิตภัณฑ์มาร์มาเลดส้มโอพลังงานต่ำ. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ฐิติกานต์ สุขศรี อนุวัตร แจ่มชัด และกมลวรรณ แจ่มชัด. 2555. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังจากแครอทสูตรลดน้ำตาล. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. (หน้า 370-378) กรุงเทพฯ.
- ทวีศักดิ์ ชัยเรืองยศ. 2556 ก. การสร้างสวนไม้ผลแปลกและหายาก. ชมรมเผยแพร่ความรู้ทางการเกษตร. บริษัทศรีเมืองการพิมพ์ จำกัด.

- ทวีศักดิ์ ชัยเรืองยศ. 2556 ข. มะเดื่อฝรั่ง. เดลินิวส์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.dailynews.co.th/Content/agriculture/189284> (วันที่ค้นข้อมูล : 13/12/2013)
- นราพร เขาวนวิทย์ และนัยทัศน์ ภูศรีนัย. 2543. การทำแยมแคลอรี่ต่ำ. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, สำนักงาน. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแยม (มผช.342/2547) กระทรวงอุตสาหกรรม.
- ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2533. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารบำบัดโรค. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- AOAC. 2000. **Official methods of analysis**. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Maryland, USA.
- Apirattananusorn, S. 2011. Development of Low Calorie Mangosteen Jam Supplemented with Rind of Mangosteen. **KKU Res J.** 16(7): 825-834.
- El-Nawawi, S.A. & Heikalb, Y.A. 1995. Factor affecting the production of low-ester pectin gel. **Carbohydrate Polymer.** 26(3): 189-193.
- Levaj, B., Bunic, N., Verica Dragovic-Uzelac, V. & Kovacevic, D.B. 2010. Gel Strength and Sensory Attributes of Fig (*Ficus carica*) Jams and Preserves as Influenced by Ripeness. **Journal of Food Science.** 75(2): 120-124.
- May, C. D. 1999. Pectin. In A. Imerson. (Editor), **Thickening and Gelling Agent for Food**. (pp. 230-260). A Chapman & Hall Food Science Book. Aspen Publishers, Inc., Maryland.
- Rolin, C. & Vries, J. D. 1990. **Pectin**. In P. Harris (Editor). *Food Gel*. (pp. 79-119). Galliard Ltd., Great Britain.
- Singh, S., Jain, S., Singh, S.P., and Singh, D. 2009. Quality changes in fruit jams from combination of different fruit pulps. **Journal of Food Processing and Preservation.** 33: 41-57.
- USDA Nutrient Database for Standard Reference 18. 2005. **Figs**. Available Source: http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl (Access 20/10/2005)

การเปรียบเทียบคุณภาพเซลล์อสุจิที่เก็บได้จากอวัยวะเพศแมวบ้านในแต่ละฤดูกาล ของประเทศไทย

The comparison of sperm quality derived from domestic cat testes among seasons in Thailand

ธนิดา สนั่นเมือง* สุวารี ไชสาร พรรณพร กาญจนะ ปาดา เรือนสอน และ
เอมอร โอฬารรัตน์มณี

Thanida Sananmuang*, Suwaree Khaisan, Panporn Kanjana, Pada Ruansorn and
Em-on Olanratmanee

คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ ศรีราชา ชลบุรี 20110

* E-mail: t.sananmuang@gmail.com โทร. 038-358137

บทคัดย่อ

คุณภาพตั้งต้นของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางการสืบพันธุ์เพื่อการอนุรักษ์สัตว์ป่าตระกูลแมว การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของฤดูกาลในประเทศไทยต่อคุณภาพเซลล์อสุจิที่เก็บจากอวัยวะเพศแมวบ้าน เพื่อใช้เป็นต้นแบบในการศึกษาสำหรับสัตว์ป่าตระกูลแมว โดยทำการเปรียบเทียบคุณภาพของเซลล์อสุจิที่เก็บได้จากอวัยวะเพศในแมวบ้านที่อาศัยอยู่ในเขตจังหวัดชลบุรีระหว่างช่วงฤดูฝน (เดือนมิถุนายนถึงกันยายน) ช่วงฤดูหนาว (เดือนตุลาคมถึงมกราคม) และช่วงฤดูร้อน (เดือนกุมภาพันธ์ถึงพฤษภาคม) เป็นระยะเวลา 1 ปี ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2556 ถึงเดือนพฤษภาคม 2557 คุณภาพเซลล์อสุจิประเมินจากความเข้มข้นของอสุจิ อัตราการมีชีวิตรอด และลักษณะรูปร่างผิดปกติของเซลล์ จากผลการศึกษพบว่าอสุจิที่เก็บจากอวัยวะเพศมีอัตราการมีชีวิตรอดสูงสุดในฤดูหนาวเมื่อเปรียบเทียบกับจากฤดูฝนและฤดูร้อนอย่างมีนัยสำคัญ (ร้อยละ 85.47 ± 1.81 , 74.20 ± 2.21 และ 73.13 ± 1.61 , ตามลำดับ) ในทางตรงกันข้ามอสุจิมีรูปร่างผิดปกติสูงสุดในฤดูร้อนเมื่อเปรียบเทียบกับฤดูฝนและฤดูหนาวอย่างมีนัยสำคัญ (ร้อยละ 64.48 ± 1.47 , 52.43 ± 1.89 และ 50.50 ± 1.38 , ตามลำดับ) กล่าวโดยสรุปได้ว่าฤดูหนาวอสุจิของแมวบ้านที่เก็บจากอวัยวะเพศมีคุณภาพดีที่สุดเนื่องจากมีอัตราการรอดชีวิตสูงสุดในขณะที่ฤดูร้อนอสุจิแมวบ้านมีคุณภาพต่ำที่สุดเนื่องจากมีความผิดปกติของรูปร่างอสุจิมากที่สุด ทั้งนี้อุณหภูมิที่สูงในช่วงฤดูร้อนน่าจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการสร้างอสุจิทำให้อสุจิที่เก็บในช่วงฤดูร้อนมีรูปร่างที่ผิดปกติไปและยังส่งผลต่ออัตราการรอดชีวิตของอสุจิอีกด้วย

คำสำคัญ: ฤดูกาล เซลล์อสุจิ อวัยวะเพศ แมวบ้าน ประเทศไทย

Abstract

Sperm quality is considered an important factor affecting the success of assisted reproductive technologies application in wild felid species. This study aimed to compare the quality of testicular sperm among rainy (June-September), winter (October-January) and summer (February-May) seasons in Thailand using domestic cat as a model for wild cat application. The testes were collected from ovariectomized cats from local hospitals in Chonburi province for 1 year during June 2012 – May 2013. The quality of testicular sperm was determined from sperm concentration, viability rate and abnormal sperm morphology. The result demonstrated that the viability rate of testicular cat

sperm was highest during winter season compared to rainy and summer season (% viability: 85.47 ± 1.81 , 74.20 ± 2.21 and 73.13 ± 1.61 , $p < 0.05$, respectively), while the abnormal sperm morphology was highest during summer season compared to rainy and winter season (% abnormal sperm morphology: 64.48 ± 1.47 , 52.43 ± 1.89 and 50.50 ± 1.38 , $p < 0.05$, respectively). In conclusion, testicular cat sperm collected during winter season had highest quality due to the highest viability rate. In contrast, sperm quality of cat testes was lowest in summer season owing to the highest abnormal sperm morphology. This should be due to high temperature during summer season affecting the spermatogenesis by which contributing to abnormal sperm morphology and decreasing sperm viability.

Keywords: Season, Sperm, Testis, Domestic cat, Thailand.

1. บทนำ

แมวบ้านถูกนำมาใช้เป็นต้นแบบในการศึกษาระบบสืบพันธุ์ของสัตว์ป่าตระกูลแมวที่ใกล้สูญพันธุ์เพื่อนำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีทางการสืบพันธุ์เพื่อการอนุรักษ์ เนื่องจากแมวบ้านมีสรีระวิทยาที่ใกล้เคียงแมวป่าและสามารถเก็บตัวอย่างได้ง่าย คุณภาพตั้งต้นของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่ออัตราความสำเร็จในการผลิตลูกแมวป่าด้วยเทคโนโลยีทางการสืบพันธุ์ ปัจจุบันพบว่าคุณภาพน้ำเชื้อที่ด้อยคุณภาพของแมวป่าเป็นอุปสรรคสำคัญอย่างยิ่งในการผลิตลูกสัตว์ด้วยเทคโนโลยีทางการสืบพันธุ์ (Thuwanut *et al.*, 2013)

อันตะเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่ในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้หรือเซลล์อสุจิ หากกระบวนการสร้างเซลล์อสุจิสูญเสียไปหรือมีความผิดปกติก็จะทำให้น้ำเชื้อที่เก็บได้นั้นด้อยคุณภาพลง (Franca *et al.*, 2003) คุณภาพของน้ำเชื้อที่ด้อยสามารถเกิดได้จากหลายปัจจัย อิทธิพลของสิ่งแวดล้อมเป็นปัจจัยหนึ่งที่สามารถส่งผลกระทบต่อกระบวนการสร้างอสุจิได้ในสัตว์หลายชนิด (Koonjaenak *et al.*, 2007; Nunez-Favre *et al.*, 2012; Suriyasomboon *et al.*, 2005) ในพ่อสุกรที่เลี้ยงในบริเวณที่มีอุณหภูมิและความชื้นที่สูงจะพบว่าน้ำเชื้อที่รีดเก็บได้มีอสุจิรูปร่างผิดปกติเป็นจำนวนมาก (Suriyasomboon *et al.*, 2005) และมีปริมาณน้ำเชื้อลดลงซึ่งแสดงถึงการสร้างเซลล์อสุจิที่ลดลง (Cameron and Blackshaw, 1980; Suriyasomboon *et al.*, 2004) นอกจากนี้การศึกษาในโคและกระบือที่เลี้ยงในประเทศไทยพบว่าน้ำเชื้อมีการผลิตน้อยและมีความผิดปกติของรูปร่างอสุจิมากในช่วงฤดูร้อน (Brito *et al.*, 2002) และฤดูที่มีความชื้นสูง (Koonjaenak *et al.*, 2007)

ในสัตว์ตระกูลแมวนั้นยังไม่พบรายงานถึงอิทธิพลจากอุณหภูมิหรือความชื้นต่อคุณภาพของเซลล์อสุจิ แต่พบรายงานในประเทศเซเชนนาเกี่ยวกับอิทธิพลของช่วงความยาวแสงต่อการสร้างเซลล์อสุจิในแมวบ้าน โดยพบว่าในฤดูกาลที่มีช่วงความยาวแสงนานจะมีคุณภาพของเซลล์อสุจิที่เก็บจากอันตะแมวสูงกว่าฤดูกาลที่มีช่วงความยาวแสงน้อย แสดงถึงอิทธิพลของฤดูกาลต่อการสร้างเซลล์อสุจิและรูปร่างเซลล์อสุจิที่เก็บได้จากอันตะแมว (Axner and Linde-Forsberg, 2007; Blottner and Jewgenow, 2007; Stornelli *et al.*, 2009)

ในประเทศไทยนั้นยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับผลของปัจจัยแวดล้อมในแต่ละฤดูกาลต่อคุณภาพอสุจิแมวบ้านที่เก็บจากอันตะ ทั้งนี้ภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกันอย่างมากระหว่างประเทศเซเชนนาและประเทศเซร่อน ทำให้ผลการศึกษาอิทธิพลของฤดูกาลต่อคุณภาพอสุจิแมวอาจมีความแตกต่างกัน (Chemineau *et al.*, 2008; Malpoux *et al.*, 2001) การศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาครั้งแรกในประเทศไทยที่มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพอสุจิแมวที่เก็บจากอันตะในแต่ละฤดูกาลของประเทศไทย เพื่อใช้เป็นต้นแบบสำหรับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางการสืบพันธุ์สำหรับการอนุรักษ์สัตว์ป่าตระกูลแมวในอนาคตต่อไป

2. วิธีการศึกษา

2.1 เปรียบเทียบปัจจัยแวดล้อมระหว่างฤดูกาล

ทำการเปรียบเทียบปัจจัยแวดล้อมได้แก่ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย และช่วงความยาวแสงในแต่ละฤดูกาลคือฤดูฝน (เดือนมิถุนายน-กันยายน) ฤดูหนาว (ตุลาคม-มกราคม) และ ฤดูร้อน (กุมภาพันธ์-พฤษภาคม) เป็นระยะเวลา 1 ปี ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2556 ถึงเดือนพฤษภาคม 2557 โดยนำข้อมูลมาจากสมาคมดาราศาสตร์ไทย (The Thai astronomical society) และกรมอุตุนิยมวิทยา (Thai Meteorological Department) ผลการวิเคราะห์นำเสนอในรูปของค่าเฉลี่ย $\pm$ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (mean $\pm$ standard error of sample mean) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละพารามิเตอร์ระหว่างฤดูกาลใช้สถิติการวิเคราะห์ด้วย One-way ANOVA และ Tukey's multiple comparison test ค่า P-value ที่น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มการศึกษา

2.2 เปรียบเทียบคุณภาพเซลล์อสุจิที่เก็บจากอวัยวะระหว่างฤดูกาล

กลุ่มการศึกษาคือแมวบ้านที่มีน้ำหนัก 2.5 กิโลกรัมขึ้นไปและเลี้ยงปล่อยให้สัมผัสสิ่งแวดล้อมภายนอกตลอดเวลา ทำการเก็บตัวอย่างอวัยวะแมวจำนวน 53 ตัวที่มารับการผ่าตัดทำหมันที่โรงพยาบาลสัตว์ แขนงตัวอย่างในน้ำเกลือและเก็บที่ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลาไม่เกิน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาศึกษาวิเคราะห์แยกกลุ่มอวัยวะข้างซ้ายและขวา ค่าที่ได้จากอวัยวะทั้งสองข้างจะถูกนำมาหาค่าเฉลี่ยสำหรับตัวอย่างนั้นๆ และใช้สำหรับเป็นตัวแทนวิเคราะห์ต่อไป ตัวอย่างอวัยวะจะถูกนำมาล้างในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ จากนั้นทำการแยกเอาเฉพาะส่วนเนื้ออวัยวะภายในมาตัดย่อยและกรองเอาส่วนเฉพาะของเหลวมาทำการศึกษาความเข้มข้นของเซลล์อสุจิ อัตราการมีชีวิตรอด และลักษณะรูปร่างผิดปกติของเซลล์อสุจิ ข้อมูลนำเสนอในรูปของค่าเฉลี่ย $\pm$ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (mean $\pm$ standard error of sample mean) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละพารามิเตอร์ระหว่างฤดูกาลวิเคราะห์ด้วย One-way ANOVA และ Tukey's multiple comparison test ค่า P-value ที่น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.2.1 การตรวจอัตราการรอดชีวิตของอสุจิ (Viability rate)

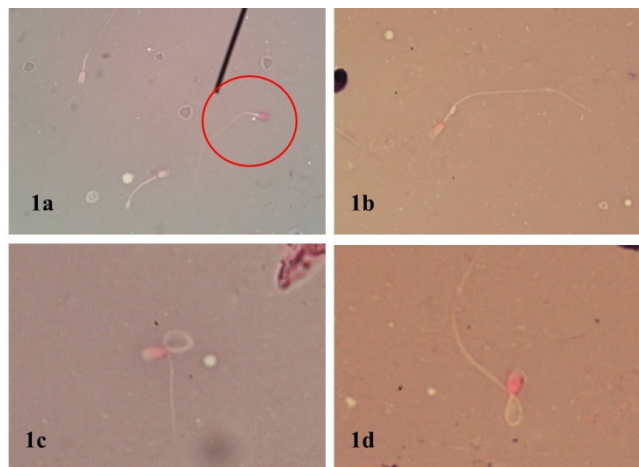
ทำการหยดสี eosin-nigrosin 1 หยดและสารละลายตัวอย่าง 1 หยดบนสไลด์กระจก จากนั้นผสมให้เข้ากันแล้วจึงทำการสเมียร์เป็นแผ่นฟิล์มบางๆ ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งแล้วจึงนำไปส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ อสุจิที่ตายจะย้อมติดสีแดงเข้มในขณะที่อสุจิที่มีชีวิตจะย้อมไม่ติดสี เนื่องจากสี eosin ไม่สามารถแทรกซึมผ่านผนังเซลล์อสุจิที่มีชีวิตได้ทำให้ไม่ติดสี แต่ตัวอสุจิที่ตายสี eosin สามารถแทรกซึมผ่านเข้าไปได้ทำให้ติดสีแดง (ภาพที่ 1a) ทั้งนี้จำนวนอสุจิทั้งสิ้น 200 ตัว จากนั้นคำนวณเป็นร้อยละตัวมีชีวิต

2.2.2 การตรวจความเข้มข้นของอสุจิ (Sperm concentration)

ทำการเจือจางสารละลายตัวอย่างในสารละลายฟอร์มาลีน (Formal saline) ในสัดส่วน 1 : 10 จากนั้นหยดสารละลายตัวอย่างที่เจือจางแล้วลงบนสไลด์นับเม็ดเลือด (hemocytometer) แล้วปิดทับด้วยแผ่นกระจกบางที่มามีพร้อมสไลด์ ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 2 นาที เพื่อให้ตัวอสุจิหยุดลอยจะทำให้นับได้ง่ายขึ้น ทำการนับตัวอสุจิในตารางของสไลด์นับเม็ดเลือดผ่านกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย $\times 100$ เท่า

2.2.3 การตรวจรูปร่างผิดปกติของอสุจิ (Abnormal sperm morphology)

ทำการตรวจความผิดปกติของรูปร่างตัวอสุจิโดยการย้อมสี eosin-nigrosin จากนั้นนำมาส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่ กำลังขยาย $\times 100$ เท่า ทำการนับจำนวนตัวอสุจิทั้งหมด 200 ตัวเพื่อประเมินความผิดปกติส่วนหางและทำการนับอสุจิจำนวน 500 ตัวเพื่อประเมินความผิดปกติส่วนหัว จากนั้นคำนวณเป็นร้อยละความผิดปกติส่วนหัวและความผิดปกติส่วนหางแยกกัน



ภาพที่ 1 แสดงอสุจิตัวตายที่ติดสีแดง (วงกลม, 1a) จากการย้อมสี eosin-nigrosin และรูปร่างผิดปกติของอสุจิ ได้แก่ หยดน้ำด้านล่าง (1b), หางโค้ง (1c) และ หางงอ (1d)

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 เปรียบเทียบปัจจัยแวดล้อมระหว่างฤดูกาล

ผลการศึกษาพบว่าฤดูร้อนจะมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยมากกว่าฤดูฝนและฤดูหนาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ฤดูฝนมีความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ยและช่วงความยาวแสงมากกว่าฤดูหนาวและฤดูร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนฤดูหนาวจะมีพารามิเตอร์ทุกตัวต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับฤดูกาลอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 1)

3.2 เปรียบเทียบคุณภาพอสุจิที่เก็บจากอณูทะเลบ้านในแต่ละฤดูกาล

ผลการศึกษาจากตัวอย่างจำนวนทั้งสิ้น 53 ตัว (ช่วงฤดูฝนจำนวน 15 ตัวอย่าง ฤดูหนาว 18 ตัวอย่าง และฤดูร้อนจำนวน 20 ตัวอย่าง) พบว่าฤดูหนาวอสุจิมีอัตราการรอดชีวิตสูงสุดเมื่อเทียบกับฤดูฝนและฤดูร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่อสุจิมีรูปร่างผิดปกติมากที่สุดเมื่อเทียบกับฤดูฝนและฤดูหนาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2) โดยพบว่าในช่วงฤดูร้อนมีร้อยละของอสุจิที่มีรูปร่างหางผิดปกติแบบมีหยดน้ำด้านล่าง (distal droplet) หางงอ (bent tail) และหางโค้ง (coil tail) และมีหัวรูปร่างและขนาดผิดปกติ (giant/broad/round/small head) สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับฤดูกาลอื่น ในขณะที่ช่วงฤดูฝนจะพบว่ามีร้อยละของอสุจิที่มีรูปร่างหัวผิดปกติแบบอะแบกเซียล (abaxial head) สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับฤดูกาลอื่น (ตารางที่ 3, ภาพที่ 1b-1d)

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบปัจจัยแวดล้อมระหว่างฤดูกาล ข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย $\pm$ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

พารามิเตอร์	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน
ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ย (ร้อยละ)	91.33 $\pm$ 0.67 ^a	81.98 $\pm$ 1.08 ^b	86.14 $\pm$ 0.47 ^c
อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	32.98 $\pm$ 0.13 ^a	31.37 $\pm$ 0.21 ^b	34.17 $\pm$ 0.18 ^c
ช่วงความยาวแสง (ชั่วโมง)	12.37 $\pm$ 0.02 ^a	11.33 $\pm$ 0.01 ^b	12.02 $\pm$ 0.04 ^c

ตัวอักษรที่ต่างกันเหนือตัวเลขแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบคุณภาพเซลล์อสุจิที่เก็บจากอณฑะระหว่างระหว่างฤดูกาล ข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย $\pm$ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

พารามิเตอร์	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน
ความเข้มข้นอสุจิ (ล้านตัวต่อมิลลิเมตร)	4.23 $\pm$ 0.76	8.44 $\pm$ 2.51	4.37 $\pm$ 0.65
อัตราการมีชีวิต (ร้อยละ)	74.20 $\pm$ 2.21 ^{ac}	85.47 $\pm$ 1.81 ^b	73.13 $\pm$ 1.61 ^c
รูปร่างอสุจิที่ผิดปกติ (ร้อยละ)	52.43 $\pm$ 1.89 ^{ab}	50.50 $\pm$ 1.38 ^b	64.48 $\pm$ 1.47 ^c

ตัวอักษรที่แตกต่างกันเหนือตัวเลขแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากผลการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของอสุจิที่เก็บจากอณฑะแมวบ้านที่เลี้ยงในประเทศไทยในแต่ละฤดูกาลพบว่าความเข้มข้นและอัตราการเคลื่อนที่ของอสุจิที่เก็บได้ไม่มีความแตกต่างกัน แต่พบว่าอสุจิมีความผิดปกติของรูปร่างมากที่สุดในช่วงฤดูร้อน ในขณะที่อสุจิมีอัตราการรอดชีวิตสูงที่สุดในช่วงฤดูหนาว ทั้งนี้อุณหภูมิที่สูงในช่วงฤดูร้อนน่าจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพอสุจิที่เก็บได้ เนื่องจากฤดูร้อนของประเทศไทยเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับฤดูกาลอื่น ในขณะที่ฤดูหนาวเป็นช่วงที่มีความชื้น อุณหภูมิ และช่วงความยาวแสงต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับฤดูกาลอื่น อุณหภูมิที่สูงในช่วงฤดูร้อนจึงอาจส่งผลกระทบต่อกระบวนการสร้างอสุจิจึงทำให้มีเซลล์รูปร่างผิดปกติจำนวนมากและมีอัตราการตายที่สูง สอดคล้องกับรายงานในพอสูกร (Suriyasomboon *et al.*, 2005) และพอกระบือ (Koonjaenak *et al.*, 2007) ที่มีรายงานว่า มีคุณภาพน้ำเชื้อด้อยลงในช่วงฤดูที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง โดยพบรูปร่างผิดปกติของอสุจิมากขึ้นและปริมาณการผลิตน้ำเชื้อลดลง นอกจากนี้การศึกษานี้ยังพบว่าในช่วงฤดูฝนนั้น อสุจิที่เก็บจากอณฑะมีร้อยละของอสุจิที่มีรูปร่างหัวผิดปกติแบบอะแบกเซียลในปริมาณที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับฤดูกาลอื่น แสดงให้เห็นว่านอกจากอุณหภูมิที่สูงในช่วงฤดูร้อน ความชื้นที่สูงในช่วงฤดูฝนยังอาจส่งผลกระทบต่อความผิดปกติของรูปร่างอสุจิในแมวบ้านได้เช่นกัน อย่างไรก็ตามจากการศึกษานี้พบว่าความยาวช่วงแสงที่แตกต่างกันในแต่ละฤดูกาลไม่ใช่ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพอสุจิแมวบ้านเหมือนในประเทศเขตร้อน

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบรูปร่างผิดปกติของเซลล์อสุจิที่มาจากอณฑะ ระหว่างฤดูกาล ข้อมูลแสดงในรูปของค่าเฉลี่ย $\pm$ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

พารามิเตอร์	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน
หยดน้ำด้านบนหาง (Proximal droplet)	10.20 $\pm$ 1.32	8.83 $\pm$ 1.38	8.00 $\pm$ 1.40
หยดน้ำด้านล่างหาง (Distal droplet)	2.23 $\pm$ 0.59 ^a	3.89 $\pm$ 0.69 ^a	9.83 $\pm$ 2.21 ^b
หางงอ (Bent tail)	10.83 $\pm$ 1.69 ^a	11.06 $\pm$ 1.22 ^a	31.90 $\pm$ 1.76 ^b
หางโค้ง (Coil tail)	2.67 $\pm$ 0.80 ^a	1.94 $\pm$ 0.44 ^a	13.00 $\pm$ 3.00 ^b
รูปร่างและขนาดหัวผิดปกติ (giant/broad/round/small head)	26.07 $\pm$ 2.31 ^a	31.72 $\pm$ 2.07 ^a	42.63 $\pm$ 1.47 ^b
รูปร่างหัวแบบอะแบกเซียล (Abaxial head)	2.57 $\pm$ 0.53 ^a	0.89 $\pm$ 0.28 ^b	0.10 $\pm$ 0.07 ^b

ตัวอักษรที่แตกต่างกันเหนือตัวเลขแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4. สรุปผล

คุณภาพอสุจิที่เก็บจากอณฑะแมวบ้านที่เลี้ยงในประเทศไทยมีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล โดยพบว่าอสุจิมีคุณภาพสูงที่สุดในฤดูหนาวเนื่องจากมีอัตราการมีชีวิตรอดสูงที่สุด ในทางตรงกันข้ามอสุจิมีคุณภาพด้อยที่สุดในช่วงฤดูร้อนเนื่องจากมีรูปร่างผิดปกติสูงที่สุด ทั้งนี้อุณหภูมิที่สูงในช่วงฤดูร้อนน่าจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้มีความผิดปกติของกระบวนการสร้างอสุจิภายในอณฑะทำให้พบอัตราการตายและความผิดปกติของรูปร่างอสุจิในปริมาณที่สูง อย่างไรก็ตามแสงสว่างไม่ใช่ปัจจัยที่มีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพอสุจิแมวบ้านในประเทศไทยเช่นเดียวกับในประเทศเขตร้อนที่แสงสว่างเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อคุณภาพของอสุจิในแมวบ้าน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโรงพยาบาลสัตว์เมืองชลสัตว์รักษ์และโรงพยาบาลสัตว์เพื่อนสัตว์เลี้ยงสำหรับความอนุเคราะห์ตัวอย่างอณฑะแมวและขอขอบคุณเงินทุนสนับสนุนงานวิจัยงบประมาณรายจ่าย (เงินรายได้) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออกสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- Axner, E. and Linde-Forsberg, C. 2007. Sperm morphology in the domestic cat, and its relation with fertility: a retrospective study. **Reprod Domest Anim** 42 : 282-291.
- Brito, L.F., Silva, A.E., Rodrigues, L.H., Vieira, F.V., Deragon, L.A. and Kastelic, J.P. 2002. Effects of environmental factors, age and genotype on sperm production and semen quality in *Bos indicus* and *Bos taurus* AI bulls in Brazil. **Animal reproduction science** 70 : 181-190.
- Blottner, S. and Jewgenow, K. 2007. Moderate seasonality in testis function of domestic cat. **Reprod Domest Anim.** 42 : 536-540.
- Cameron, R.D. and Blackshaw, A.W. 1980. The effect of elevated ambient temperature on spermatogenesis in the boar. **Journal of reproduction and fertility** 59 : 173-179.
- Chemineau, P., Guillaume, D., Migaud, M., Thiery, J.C., Pellicer-Rubio, M.T. and Malpoux, B. 2008. Seasonality of reproduction in mammals: intimate regulatory mechanisms and practical implications. **Reprod Domest Anim.** 43(2) : 40-47.
- Franca, L.R. and Godinho, C.L. 2003. Testis morphometry, seminiferous epithelium cycle length, and daily sperm production in domestic cats (*Felis catus*). **Biol Reprod.** 68 : 1554-1561.
- Koonjaenak, S., Chanatinart, V., Aiumlamai, S., Pinyopumimintr, T. and Rodriguez-Martinez, H. 2007. Seasonal variation in semen quality of swamp buffalo bulls (*Bubalus bubalis*) in Thailand. **Asian journal of andrology** 9 : 92-101.
- Malpoux, B., Migaud, M., Tricoire, H. and Chemineau, P. 2001. Biology of mammalian photoperiodism and the critical role of the pineal gland and melatonin. **J Biol Rhythms** 16 : 336-347.
- Nunez-Favre, R., Bonaura, M.C., Tittarelli, C.M., Mansilla-Hermann, D., de la Sota, R.L. and Stornelli, M.A. 2012. Effect of natural photoperiod on epididymal sperm quality and testosterone serum concentration in domestic cat (*Felis silvestris catus*). **Reprod Domest Anim** 47(6) : 232-234.

- Stornelli, M.A., Reyna, J.C., Stornelli, M.C., Nunez Favre, R., Savignone, C.A., Tittarelli, C.M. and de la Sota, R.L. 2009. Seasonal changes in testicular cell morphology in domestic male cats (*Felis catus*). **Reprod Domest Anim** 44(2) : 287-290.
- Suriyasomboon, A., Lundeheim, N., Kunavongkrit, A. and Einarsson, S. 2005. Effect of temperature and humidity on sperm morphology in duroc boars under different housing systems in Thailand. **The Journal of veterinary medical science / the Japanese Society of Veterinary Science** 67 : 777-785.
- Suriyasomboon, A., Kunavongkrit, A., Lundeheim, N. and Einarsson, S. 2004. Effect of temperature and humidity on sperm production in Duroc boars under different housing systems in Thailand. **Livest. Prod. Sci.** 89 : 19-31.
- Thuwanut, P., Srisuwatanasagul, S., Wongbandue, G., Tanpradit, N., Thongpakdee, A., Tongthainan, D., Manee-In, S. and Chatdarong, K. 2013. Sperm quality and the morphology of cryopreserved testicular tissues recovered post-mortem from diverse wild species. **Cryobiology** 67 : 244-247.

ผลของความสดต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของเนื้อปลาและเจลโปรตีนจากปลาอินทรี
(*Scomberomorus commerson*) ระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็ง
Effect of freshness on physicochemical properties of flesh
and protein gel from Spanish mackerel (*Scomberomorus commerson*)
during iced storage

ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน¹, พรณทิพย์ สุวรรณสาครกุล², นงนุช รักสกุลไทย³, จิราพร รุ่งเลิศเกรียงไกร³

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จังหวัดชลบุรี 20110 email: patiyut_kw@rmutto.ac.th

²กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง กรุงเทพฯ 10900

³ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์เจลขึ้นรูปจากเนื้อปลาอินทรีบด (*Scomberomorus commerson*) เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค เนื่องจากมีเนื้อสัมผัสเฉพาะตัว ในกระบวนการแปรรูปโดยทั่วไปผู้ผลิตไม่ได้คำนึงถึงความสดของปลาอินทรี ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อคุณภาพของเจลโปรตีน ดังนั้นการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความสดต่อคุณภาพทางเคมีและคุณภาพทางกายภาพของเจลโปรตีนปลาอินทรี โดยการทดลองเก็บปลาอินทรีบรรจุในถุงโพลีเอทิลีนและดองในน้ำแข็งเป็นเวลา 10 วัน และสุ่มมาตรวจสอบคุณภาพทุก 2 วัน ผลการทดลองพบว่า ในระหว่างการเก็บรักษา ค่าดัชนีความสดของเนื้อปลาอินทรีเพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 23 คะแนน ค่า K เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 22.49 เป็นร้อยละ 82.56 และ total volatile base nitrogen (TVB-N) เพิ่มขึ้นจาก 12.47 mg/100 g เป็น 20.59 mg/100 g ส่วนค่าการละลายของโปรตีน ค่า pH และปริมาณความชื้น มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ส่วนสมบัติทางกายภาพของเจลโปรตีน ค่า breaking force และ gel strength ของเจลปลาอินทรีลดลงในวันที่ 8 และ 10 ของการเก็บรักษา

คำสำคัญ: ปลาอินทรี ความสด ผลิตภัณฑ์เจลขึ้นรูป

Abstract

Restructured products from minced Spanish Mackerel (*Scomberomorus commerson*) mince, are favored among the consumers due to its unique texture. In traditional process, the freshness of fish flesh used for making the products is not well-considered, so it can affect the gel quality. To clarify this problem, this study was conducted, aiming to investigate the effect of freshness on physicochemical properties of flesh and protein gel of Spanish Mackerel during 10 days of iced storage. Whole fish was individually packed in a polyethylene bag, stored in ice and taken every 2 days for quality determination. During storage, the quality index increased from 0 to 23, % K-value increased from 22.49% to 82.56% and TVB-N increased from 12.47 to 20.59 mg/100 g. The negligible changes were observed on pH, protein solubility and moisture content, as well as a decrease in breaking force and gel strength was found after 8 and 10 days of storage time.

Keywords: Spanish mackerel, freshness, restructured products

1. บทนำ

ปลาอินทรี (Spanish mackerel) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Scomberomorus commerson* มีชื่อเรียกตามภาษาถิ่นคือ ปลาอินทรีบั้ง จัดเป็นปลาที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจซึ่งมีชุกชุมในน่านน้ำของประเทศไทย (Collette and Nauen, 1983) ผลิตภัณฑ์เจลขึ้นรูปที่ทำจากปลาอินทรีได้แก่ ลูกชิ้นปลา ทอหมกย่าง (แจรงอน) ทอดมัน และเส้นปลาสดผลิตภัณฑ์เหล่านี้ตลาดมีความต้องการสูงและเป็นที่รู้จักของบุคคลโดยทั่วไป เนื่องจากมีลักษณะทางเนื้อสัมผัสที่เฉพาะและผู้บริโภคพึงพอใจซึ่งลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นปัจจัยหลักในการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เจลปลาขึ้นรูป หากในกระบวนการผลิตใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสยืดหยุ่นที่ดี (Lee *et al.*, 1992) ปลาแต่ละชนิดจะให้เจลโปรตีนที่มีคุณภาพที่แตกต่างกัน เนื่องจากโปรตีนในปลาแต่ละชนิดมีปริมาณไม่เท่ากันโดยเฉพาะโปรตีนไมโอซินเส้นหนักซึ่งเป็นตัวทำให้ความแข็งแรงและความหนาแน่นของเจลแตกต่างกัน ทั้งนี้ความสดของปลายังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความสามารถในการเกิดเจลที่ดี (Lee, 1986) ความแข็งแรงของเจลโปรตีนจะลดลงเมื่อความสดของปลาลดลง (Noguchi, 1982) จากการทดลองของ Yean (1993) พบว่าเจลโปรตีนจากปลาทรายแดงที่ผ่านการดองน้ำแข็งไว้นานกว่า 2 วัน จะมีความแข็งแรงต่ำกว่าเจลโปรตีนของปลาทรายแดงสด และคุณภาพของเจลโปรตีนจะไม่เป็นที่ยอมรับเมื่อใช้ปลาทรายแดงที่ผ่านการเก็บไว้นานกว่า 4 วัน ทั้งนี้ Hsu (1990) พบว่าปลาที่มีความสดสูงจะทำให้ผลผลิตสูงขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อความสดของปลาลดลงกิจกรรมของเอนไซม์ทรานส์กลูทามิเนสจะลดลง (Ashie and Lanier, 2000) ทั้งนี้ความสดของปลาจะลดลงตามระยะเวลาและสภาพการเก็บ Benjakul *et al.* (2002) พบว่าการสูญเสียสมบัติการเกิดเจลขึ้นกับชนิดของปลา จากการเปรียบเทียบปลาตาหวานหนังหนา (*Priacanthus tayenus*) กับปลาตาหวานหนังบาง (*Priacanthus macracanthus*) ระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็ง พบว่าปลาตาหวานหนังบางมีการย่อยสลายตัวเองสูงกว่าปลาตาหวานหนังหนา และการตัดหัวควักไส้สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงต่างๆ รวมทั้งชะลอการสูญเสียกิจกรรมของเอนไซม์ ATPase ซึ่งสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งบอกการสูญเสียสภาพธรรมชาติของไมโอซินเส้นหนัก Ishikawa *et al.* (1977) ผลิตเจลคามาโบโกะจากปลาซาร์ดินซึ่งเก็บรักษาไว้ในน้ำแข็งสดเป็นระยะเวลา 0, 1 และ 2 วัน พบว่าเจลคามาโบโกะจากปลาสดให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงสุด และได้รับคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงสุด Benjakul *et al.* (2003) พบว่าในปลาปากคม เจลของเนื้อปลาสดมีความขาวลดลงและความแข็งแรงของเจลลดลงเมื่อใช้ปลาที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นระยะเวลานานขึ้น และการตัดหัวควักไส้มีผลต่อการเน่าเสียของเนื้อปลา โดยเนื้อปลาจากปลาทั้งตัวมีปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมดและปริมาณไตรเมทิลเอมีนสูงกว่าปลาที่ผ่านการตัดหัวควักไส้ เนื่องจากการย่อยสลายของกล้ามเนื้อโดยเอนไซม์และจุลินทรีย์จากเครื่องในและเหงือก และการรีดิวซ์ไตรเมทิลเอมีนออกไซด์ (TMAO) ไปเป็นไตรเมทิลเอมีน (TMA) ทำให้เกิดกลิ่นคาวและกลิ่นเหม็นเน่า ทั้งนี้จากการสำรวจพบว่าผู้ประกอบการการแปรรูปผลิตภัณฑ์เจลขึ้นรูปจากปลาอินทรีไม่ได้คำนึงถึงคุณภาพด้านความสดของปลามากนัก โดยกล่าวอ้างว่าปลาที่มีความสดน้อยจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น ดังนั้นการทดลองนี้จึงได้มีการศึกษาเกี่ยวกับความสดของปลาอินทรีมีผลต่อคุณภาพทางเคมีและคุณภาพทางเนื้อสัมผัสของเจลโปรตีน ซึ่งผลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้จะเป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ซึ่งเป็นประโยชน์ในการนำไปส่งเสริมการแปรรูปและปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากปลาอินทรีและในการผลิตเชิงอุตสาหกรรมในอนาคต

2. วิธีการทดลอง

วัตถุดิบ ปลาอินทรี ขนาดความยาวจากหัวถึงหางประมาณ 8-9 นิ้ว จับได้จากอ่าวไทย จากท่าเรือจังหวัดชลบุรี ซึ่งจับและดองน้ำแข็งมาแล้วประมาณ 24-36 ชั่วโมง ขนส่งโดยการดองน้ำแข็ง อัตราส่วนปลาต่อน้ำแข็ง 1 ต่อ 2 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) ในกล่องโฟม ภายในเวลา 3-4 ชั่วโมง แล้วนำมาทดลองทันที

การเตรียมปลา นำปลามาล้าง แล้วบรรจุปลาแต่ละตัวในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน จากนั้นบรรจุในกล่องโฟม พร้อมทั้งเจาะรูระบายน้ำจากการละลายของน้ำแข็งอยู่ด้านล่าง บรรจุปลาต่อน้ำแข็งในอัตราส่วน 1 ต่อ 2 (น้ำหนักต่อ

น้ำหนัก) เติมน้ำแข็งทุกวันให้ได้ปริมาณตามน้ำหนักที่หายไป วางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง สุ่มตัวอย่างปลาทุก 2 วันเป็นระยะเวลา 10 วัน โดยในแต่ละครั้งจะสุ่มปลาลงใต้อีกก่อนหลังให้เป็นไปโดยการสุ่ม เพื่อลดความผันแปร

การตรวจประเมินคุณภาพความสดของปลาทางประสาทสัมผัสและการสร้างดัชนีความสด การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบที่มีความคุ้นเคยการประเมินคุณภาพความสดของสัตว์น้ำ จำนวน 10 คน ตรวจประเมินคุณภาพความสด โดยการดมกลิ่น การสัมผัสตัวปลา พร้อมทั้งบรรยายลักษณะที่พบตามส่วนต่างๆ ของปลาทั้งหมด 6 ลักษณะคือ ตา เหงือก ลำตัว ครีบ ลักษณะเนื้อภายใน และอวัยวะภายใน จากนั้นนำผลที่ได้มากำหนดดัชนีความสด ตามวิธีการของ Botta (1995) ซึ่งตัวแปรที่มีลักษณะสดมากที่สุดมีค่าคะแนนเป็น 0 และการเปลี่ยนแปลงตามระดับการเสื่อมเสียมีค่าคะแนน < 3 ผลรวมที่ได้จากแต่ละคุณลักษณะคือค่าดัชนีความสด โดยปลาที่มีความสดมากจะมีคะแนนดัชนีความสดเป็น 0 หลังจากนั้นประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาตามดัชนีคุณภาพที่ได้

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของเนื้อปลาอินทรี การวิเคราะห์ค่า K โดยวิธี ion exchange chromatography ตามวิธีการ MFRD (1992) การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ตามวิธีการของ Lanier (1992) โดยการนำเนื้อปลา 10 กรัม เติมน้ำกลั่นปลอดคาร์บอนไดออกไซด์ 90 มิลลิลิตร ปั่นผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำมาวัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH มิเตอร์ (Metrohm รุ่น 744) การละลายของโปรตีน ตามวิธีการของ Noguchi and Matsumoto (1970) ปริมาณความชื้น ตามวิธีการ A.O.A.C. (2000)

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของเนื้อปลาอินทรี ความแข็งแรงของเจล โดยนำปลามาล้างด้วยน้ำสะอาด ตัดหัวและหาง จากนั้นควักไส้เครื่องในออกแล้วล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง ใช้มีดแล่แยกเนื้อออกจากกระดูก ก้างและหนัง จากนั้นนำมาเตรียมเจลโปรตีนโดยตัดแปลงจากวิธีการของ Suwansakornkul *et al.* (1993) โดยนำเนื้อปลาสับผสมเกลือร้อยละ 2.5 ของเนื้อปลา และปรับความชื้นให้ได้ร้อยละ 90 โดยใช้ น้ำแข็ง ผสมให้เข้ากันในเครื่องสับผสมเป็นเวลา 5 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนเป็นเนื้อเดียวกันได้เป็นโซลนาโซลที่ได้บรรจุในแท่งโลหะปลอดสนิมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm ยาว 25 mm ห่อและมัดหัวท้ายให้แน่นด้วยฟิล์มพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์นาโซลที่เตรียมแล้วไปให้ความร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Memmert รุ่น 350) แบบขั้นตอนเดียว (single heating) นาโซลมาบ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที (ปฏิกิริยา และคณะ, 2552) จากนั้นทำให้เย็นทันทีโดยการแช่ในน้ำเย็นที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที นำเจลที่ได้เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การวิเคราะห์คุณภาพของเจล นำเจลโปรตีนที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นตัดให้ผิวหน้าเรียบมีขนาดความสูง 25 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร นำตัวอย่างออกจากแท่งโลหะและนำไปวิเคราะห์การทดสอบการต้านการเจาะทะลุ (punch test) โดยใช้เครื่องทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analyzer รุ่น TA-XTZ) ทดสอบโดยใช้หัวทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร กดลงในตัวอย่างเป็นระยะทางร้อยละ 70 ของความสูง ในรูปแบบการกดครั้งเดียว (one bite) ความเร็วในการเจาะทะลุ 50mm/min ค่าที่ได้ออกมาเป็นค่า breaking force (g) และค่า breaking distance (mm) นำค่าทั้งสองมาคำนวณหา ค่า gel strength (g.cm) ตัดแปลงจากวิธีการของ MFRD (1992) คือ $\text{gel strength (g.cm)} = \text{breaking force (g)} \times \text{breaking distance (mm)}$ โดย gel strength คือค่าความแข็งแรงของเจล หมายถึงการต้านทานของเจลเมื่อมีแรงมากกระทำโดยการเจาะทะลุ (g.cm) breaking force คือความแข็งแรง หมายถึง แรงที่ใช้ในการกระทำเพื่อให้เจลเกิดการเปลี่ยนตำแหน่งหรือขนาดหรือเกิดการบิดเบี้ยวภายในเจล (g) และ breaking distance คือ ระยะการเปลี่ยนรูปร่าง หมายถึง ระยะทางที่ทำให้เจลเกิดการเปลี่ยนตำแหน่งหรือเกิดการบิดเบี้ยวภายในเจล (mm)

การวิเคราะห์ทางสถิติ วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป irrstat

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ผลการตรวจประเมินคุณภาพความสดของปลาตามดัชนีความสด

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการมอง การสัมผัส และการดมกลิ่น ของปลาอินทรี โดยสังเกตการเปลี่ยนแปลงลักษณะของส่วนต่างๆ ของปลาทั้งหมด 6 ส่วน คือ ตา เหงือก ลำตัว ครีบ ลักษณะเนื้อภายใน และอวัยวะภายใน ตามลำดับจากความเสื่อมเลี่ยนน้อยไปหามาก ตลอดระยะเวลาที่แช่ในน้ำแข็ง พบว่าปลาอินทรีมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะต่างๆ อย่างรวดเร็ว ตลอดระยะเวลา 10 วัน (ไม่มีการแสดงข้อมูลในที่นี้) ทั้งนี้เนื่องจากเกิดการย่อยสลายของสารประกอบนิวคลีโอไทด์ และสารประกอบไนโตรเจนได้รวดเร็ว ทำให้ปลาอินทรีมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางเสื่อมเสียได้เร็ว

การสร้างดัชนีความสดของปลาอินทรี เมื่อนำผลการติดตามการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาทั้งหมด 6 ลักษณะ มากำหนดเป็นคะแนนตามวิธีของ Botta (1995) โดยตัวแปรที่มีลักษณะสดมากที่สุดมีระดับคะแนนเป็น 0 และคะแนนจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามระดับการเสื่อมเลี่ยนมีคะแนนคะแนนสูงสุดไม่มากกว่า 3 จะได้ดัชนีความสด ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 1 กลิ่นเนื้อมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดได้คะแนน 1 คะแนน ส่วนอวัยวะที่มีการเปลี่ยนแปลงช้าที่สุดคือตา ลำตัว เนื้อ และท้อง ได้คะแนน 2 คะแนน และอวัยวะที่มีการเปลี่ยนแปลงเร็วที่สุดคือเหงือก ได้คะแนน 3 คะแนน มีคะแนนรวมทั้งสิ้น 27 คะแนน คะแนนรวมทั้งหมดที่ได้คือค่าดัชนีความสดค่าดัชนีความสดน้อยแสดงว่าปลามีความสดมาก ซึ่งดัชนีความสดของปลาแต่ละชนิดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของปลา เช่น Huidobro *et al.* (2000) ได้พัฒนาดัชนีความสดทางประสาทสัมผัสของปลา Gilthead seabream (*Sparus aurata*) โดยการเก็บในน้ำแข็ง ได้คะแนนดัชนีความสดทางประสาทสัมผัส 15 คะแนน ในขณะที่ Baixas-Nogueras *et al.* (2004) ได้คะแนนความสดทางประสาทสัมผัสของปลา Mediterranean hake (*Merluccius merluccius*) 19 คะแนน ซึ่งใช้เกณฑ์การสร้างดัชนีความสดเหมือนกัน ค่าที่ได้แสดงให้เห็นว่าปลาที่มีการเสื่อมเลี่ยนเร็วจะมีค่าดัชนีความสดทางประสาทสัมผัสต่ำกว่าปลาที่มีการเสื่อมเลี่ยนช้า

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาอินทรีตามดัชนีความสด เมื่อเก็บรักษาปลาในน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในแต่ละช่วงเวลาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสตามค่าดัชนีความสด คะแนนการเสื่อมเลี่ยนของปลาอินทรีจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจาก 0 คะแนนไปเป็น 23 คะแนนในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา โดยไม่สามารถแยกเป็นช่วงได้ (ภาพที่ 1ก) ดังนั้นค่า K จึงสามารถใช้เป็นดัชนีบอกความสดของปลาอินทรีได้

ตารางที่ 1 การจัดชั้นระดับคุณภาพความสดของปลาอินทรีที่เก็บรักษาในน้ำแข็ง

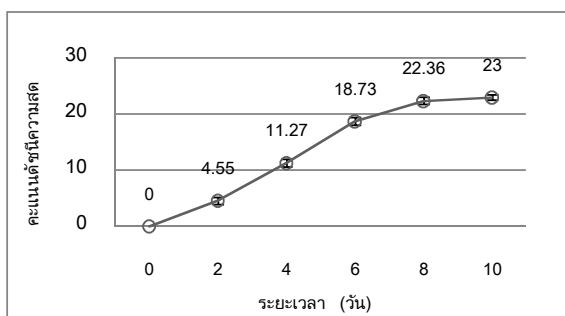
องค์ประกอบ	คุณลักษณะ	ลักษณะ	คะแนน	คะแนนเต็ม
ตา	สี	ใส ไม่มีสี	0	4
		ขุ่น	1	
		สีส้มแดง	2	
	ความคงรูป	คงรูป หนุนต่ง	0	
		แบนราบ	1	
		สูญเสียรูปร่าง	2	
เหงือก	สี	สีชมพู	0	
		สีแดง	1	
		สีแดงออกน้ำตาล	2	
		สีน้ำตาล	3	
	เมือก	ใส	0	
		สีเขียวใส	1	
		สีเขียวขุ่น หนืด	2	

ตารางที่ 1 (ต่อ)

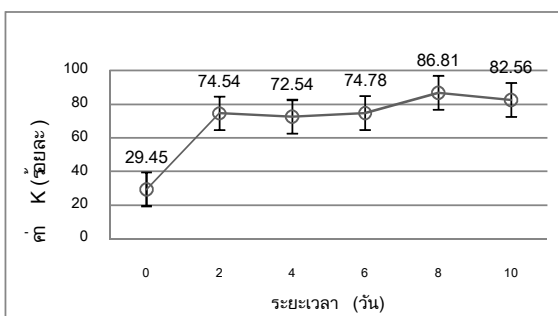
องค์ประกอบ	คุณลักษณะ	ลักษณะ	คะแนน	คะแนนเต็ม
	กลิ่น	กลิ่นสดใหม่ กลิ่นสาหร่ายทะเล	0	7
		กลิ่นคาว	1	
		กลิ่นเหม็น	2	
ลำตัว	ผิวหนัง	สีเทา ดำ มันวาว	0	5
		สีเทา ซีด ไม่มีความมันวาว	1	
	ความยืดหยุ่น	ยืดหยุ่น	0	
		การคืนตัวช้า	1	
		ไม่คืนตัว	2	
	ครีบก	สมบูรณ์	0	
		ปริแตก	1	
ขาด	2			
เนื้อ	สี	สีเทาออกฟ้า โปร่งแสง เรียบมัน	0	5
		สีเทาออกชมพู โปร่งแสง เรียบมัน	1	
		สีเทาออกน้ำตาล ปริแยกออกจากกัน	2	
	กลิ่น	กลิ่นสดใหม่ กลิ่นสาหร่ายทะเล	0	
		กลิ่นคาว	1	
	ความยืดหยุ่น	มีความยืดหยุ่น	0	
		นิ่ม คืนตัวเล็กน้อย	1	
นิ่ม ไม่คืนตัว		2		
ท้อง	ผนังท้อง	คงรูป	0	6
		ปริแตก	1	
		แตก เห็นกระดูก และอวัยวะภายใน	2	
	อวัยวะภายใน	แน่น มีสีตามธรรมชาติ	0	
		สีออกน้ำตาล ไม่แน่น	1	
		สีน้ำตาล แตกบางส่วน มีคราบน้ำดี	2	
	กลิ่น	กลิ่นสดใหม่ กลิ่นทะเล	0	
		กลิ่น คาว	1	
		กลิ่นเหม็น	2	
ค่าดัชนีความสด (คะแนนเต็ม)				27

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของเนื้อปลาอินทรี

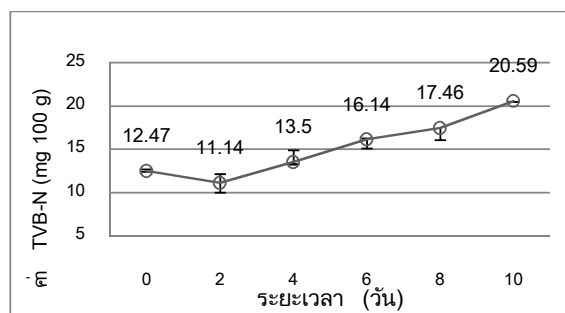
ค่า K มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจากวันแรกคือร้อยละ 29.45 ถึงวันที่ 2 ร้อยละ 74.54 ของอายุการเก็บรักษา หลังจากนั้นจะคงที่ในช่วง 72.54-86.81 (ภาพที่ 1ข) ซึ่งค่า K ของปลาอินทรีจะมีการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วทั้งนี้อัตราการเปลี่ยนแปลงค่า K ขึ้นกับชนิดของปลา เช่น สมุธ (2528) รายงานว่าค่า K ของปลาสาวยที่เก็บรักษาในน้ำแข็งมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาโดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 10.59-46.97 ส่วนในปลาสาวยโมง สุญญาพิพร (2551) พบว่าค่า K ของปลาสาวยโมงที่เก็บรักษาโดยการดองน้ำแข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากเริ่มต้นร้อยละ 19.20 จนถึงร้อยละ 52.93 ในวันที่ 19 ของการเก็บรักษา และจากการศึกษาของ Alasalvar *et al.* (2002) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลา sea bream ที่มาจากการเลี้ยงโดยการดองในน้ำแข็ง พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่า K ของปลาหมึกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจากการทดลองแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่า K ของปลาอินทรี และดัชนีความสดมีค่าไปในทางเดียวกัน



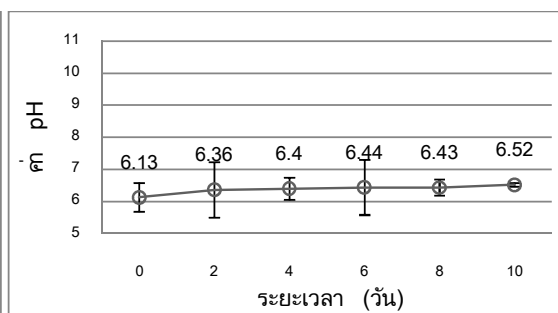
ก



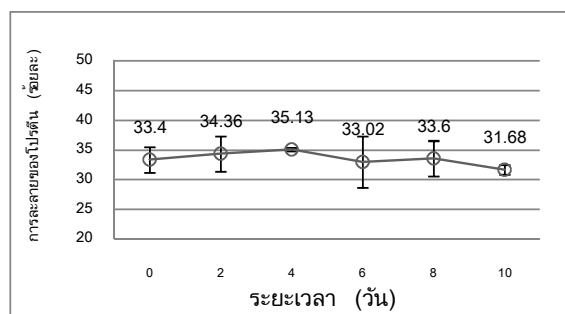
ข



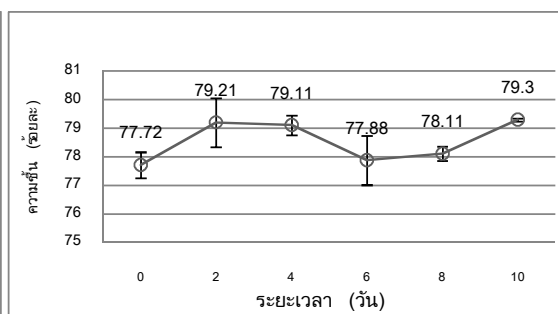
ค



ง



จ



ฉ

ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลาอินทรีระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็ง

ก. คะแนนดัชนีความสดจากการประเมินทางประสาทสัมผัส

ข. การเปลี่ยนแปลงค่า K

ค. การเปลี่ยนแปลงค่า TVB-N

ง. การเปลี่ยนแปลงค่า pH

จ. การละลายของโปรตีน

ฉ. การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้น

หมายเหตุ แสดงเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Φ)

ค่า TVB-N ได้จากการวัดสารที่เกิดจากการสลายตัวของสารประกอบไนโตรเจนจากการย่อยสลายของเอนไซม์ภายในอวัยวะของปลาและจุลินทรีย์ (สุทธวัฒน์, 2549) จากการทดลองพบว่าเนื้อปลาอินทรีมีการเปลี่ยนแปลงค่า TVB-N ในอัตราที่รวดเร็ว (ภาพที่ 1ก) อาจเนื่องจากอวัยวะภายในของปลาอินทรีมีการย่อยสลายตัวอย่างรวดเร็ว (จากการสังเกตการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางประสาทสัมผัส) ดังนั้นจึงทำให้เอนไซม์ย่อยสลายสารประกอบไนโตรเจนในตัวปลาได้ในปริมาณที่สูง จึงทำให้ค่า TVB-N เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจาก 12.47 mg/100 g ไปเป็น 20.59 mg/100 g ในวันที่ 10 ของ

การเก็บรักษา ทั้งนี้อัตราการย่อยสลายของสารประกอบไนโตรเจนที่ส่งผลต่อค่า TVB-N ขึ้นอยู่กับชนิดของปลา เช่นจากการทดลองของ Chytiri *et al.* (2004) ได้เก็บรักษาปลา Rainbow trout ทั้งตัวและเนื้อปลาแลในน้ำแข็งพบว่าการเปลี่ยนแปลงค่า TVB-N ของการเก็บรักษาปลาทั้งสองลักษณะไม่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยมีค่าอยู่ในช่วง 14.11-20.16 mg/100 g และ 18.11-26.06 mg/100 g ตามลำดับ แสงไทยและคณะ (2531) รายงานว่าค่า TVB-N ของปลากะพงขาวที่เก็บรักษาโดยการดองในน้ำแข็งเป็นเวลา 25 วัน มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา

ค่า pH โดยทั่วไปหลังจากสัตว์น้ำตายในช่วงแรกค่า pH ในเนื้อของสัตว์น้ำจะเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ลดลงซึ่งเกิดจากปริมาณกรดแล็กติกที่เพิ่มขึ้นจากกระบวนการไกลโคไลซิส (สุทรวัดน์, 2549) จากการทดลองพบว่าเนื้อปลาอินทรีมีค่า pH อยู่ในช่วง 6.13-6.52 (ภาพที่ 1ง) ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็ง เนื่องจากค่า pH มีผลต่อเนื้อสัมผัสของเนื้อปลา หากเนื้อปลามีค่า pH ที่ต่ำลงจะทำให้เนื้อสัมผัสของเนื้อปลาเหนียว และหากเนื้อปลามีค่า pH สูงขึ้นจะทำให้เนื้อปลานิ่ม (สุทรวัดน์, 2549) จากการทดลองของ Kyrana and Lougovis (2002) พบว่าค่า pH ในปลา European seabass (*Dicentrarchus labrax*) ที่เก็บรักษาโดยการดองน้ำแข็งจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณด่างที่ระเหยได้ที่เกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์ในตัวปลาหรือเอนไซม์จากจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของสัตว์น้ำขึ้นอยู่กับอัตราการปลดปล่อยฟอสเฟตและแอมโมเนียในกระบวนการสลาย ATP และสมบัติการเป็นบัฟเฟอร์ของเนื้อปลาด้วย (Pacheco-Aguilar *et al.*, 2000) ด้วยสาเหตุดังกล่าวนี้เองจึงทำให้เนื้อปลาอินทรีมีการเปลี่ยนแปลงค่า pH น้อยมาก ถึงแม้ว่าค่า TVB-N มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

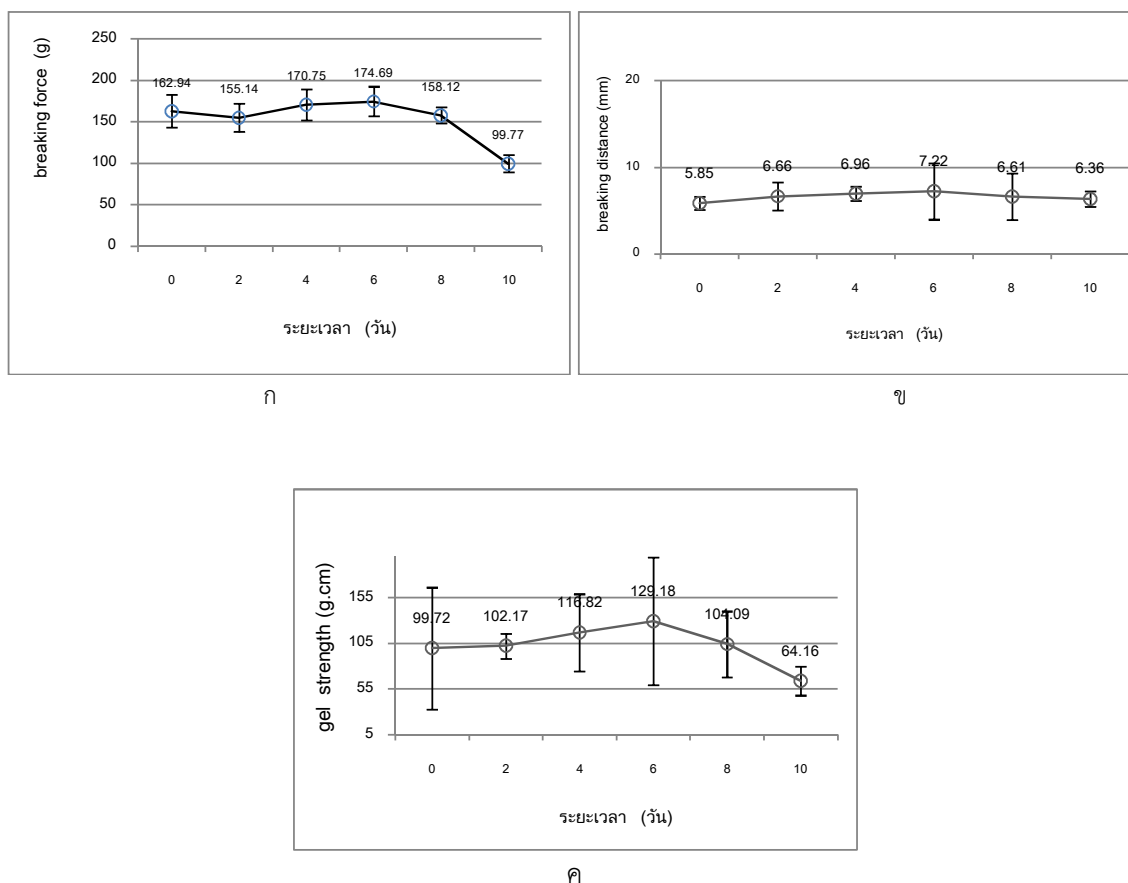
การละลายของโปรตีน เป็นการบอถึงการเสียดสภาพของโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ หากการละลายของโปรตีนต่ำแสดงว่าปลามีความสดลดลง ในช่วงท้ายของการเก็บรักษาพบว่าสมบัติการละลายยังคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก โดยค่าการละลายของโปรตีนในเนื้อของปลาอินทรีอยู่ในช่วงร้อยละ 31.68-35.13 จากน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 1จ) ซึ่งไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นจึงส่งผลให้คุณภาพของเจลโปรตีนจากเนื้อปลาอินทรีมีคุณภาพคงเดิมเมื่อใช้ปลาที่มีความสดต่ำเนื่องจากสมบัติการละลายของโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ไม่เปลี่ยนแปลง

ปริมาณความชื้น เนื้อปลาอินทรีมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก โดยเนื้อของปลาอินทรี อยู่ระหว่างร้อยละ 77.72-79.30 (ภาพที่ 1ด) แสดงให้เห็นว่าโปรตีนของเนื้อปลาอินทรียังมีคุณภาพดีจึงสามารถอุ้มน้ำไว้ในเนื้อปลาได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลของการละลายของโปรตีนที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของเจลโปรตีนเนื้อปลาอินทรี

การทดสอบค่าเนื้อสัมผัสของเจลโปรตีนปลาอินทรีที่เก็บรักษาในช่วงต่างๆ เป็นเวลา 10 วัน (ภาพที่ 2) ให้ผลดังนี้คือค่า breaking force, breaking distance และ gel strength มีค่าเริ่มต้นคือ 162.94 g, 5.85 mm และ 99.72 g.cm ตามลำดับ โดยค่า breaking distance มีแนวโน้มคงที่ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ในขณะที่ค่า breaking force และ gel strength มีแนวโน้มคงที่ในช่วงต้น และลดลงในวันที่ 8 และ 10 และมีค่า breaking force, breaking distance และ gel strength ในวันสุดท้ายมีค่าเป็น 99.77 g, 6.36 mm และ 64.16 g.cm ตามลำดับ

เมื่อเก็บรักษาปลาในน้ำแข็งคุณภาพความสดทางประสาทสัมผัสของปลาอินทรีจะเสื่อมเสียอย่างรวดเร็ว ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับค่า K และค่า TVB-N ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเช่นกัน และค่าลักษณะทางเนื้อสัมผัสของเจลโปรตีนปลาอินทรีคือค่า breaking force และค่า gel strength และค่ามีแนวโน้มลดลงในวันที่ 8 และ 10 ของการเก็บรักษาส่วนค่า pH ความชื้น และการละลายของโปรตีนมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงค่า breaking force (ก) breaking distance (ข) และค่า gel strength (ค) ของเจลโปรตีนปลาอินทรีระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็ง

หมายเหตุ แสดงเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Φ)

4. สรุปผล

ระยะเวลาการเก็บรักษาปลาอินทรีโดยการเก็บในน้ำแข็งมีผลต่อคุณภาพความสดของปลาอินทรี โดยดัชนีความสดของปลาจะเพิ่มขึ้น (คุณภาพทางประสาทสัมผัสลดลง) ตามระยะเวลาการเก็บรักษา และการเก็บรักษาในน้ำแข็งยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีคือ ค่า K และค่า TVB-N ซึ่งเป็นค่าที่ใช้บ่งบอกการเสื่อมเสียของสัตว์น้ำซึ่งเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วส่งผลต่อสมบัติทางลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลโปรตีนคือค่า breaking force และค่า gel strength ลดลงในวันที่ 8 และ 10 ส่วนค่า pH การละลายของโปรตีน และ ความชื้นของปลาอินทรีมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ดังนั้นคุณภาพความสดของปลาอินทรีจึงส่งผลต่อคุณภาพของเจลโปรตีนปลาคือเมื่อความสดลดลงคุณภาพของเจลโปรตีนจะลดลงตามคุณภาพความสดของปลาอินทรี

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- ปญฺญูทฺธ ขวัญอ่อนน, จิราพร รุ่งเลิศเกรียงไกร, นงนุชรักสกุลไทย และ พรรณทิพย์ สุวรรณสาครกุล. 2552. ผลของระดับความร้อนต่อลักษณะของเจลปลาอินทรี. **วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก**. 2: 7-11.
- สุญานีพร ตูลยพงศ์รักษ์. 2551. ดัชนีความสด สมบัติการเกิดเจลและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการแช่เยือกแข็ง-ละลายน้ำแข็งซ้ำของปลาสวายโม่ง (*Pangasius sp.*). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุทธวัฒน์ เบญจกุล. 2549. ซูริมิ: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อปลาสด. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.
- สุเมธสุพิชฌาย์. 2528. การตรวจวัดความสดของปลาสวายทางประสาทสัมผัสและเคมี (เควาลู), น. 232-238. ใน **รายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี 2528 กรมประมง**. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- Alasalvar, C., K.D.A. Taylor and F. Shahidi. 2002. Comparative quality assessment of cultured and wild sea bream (*Sparusaurata*) stored in ice. **J. Agric. Food Chem.** 50: 2039-2045.
- A.O.A.C. 2000. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 27th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia.
- Baixas-Nogeras, S., S. Bover-Cid, T. Veciana-Nogues, M.L. Nunes and M.C. Vidal-Carou. 2003. Development of a quality index method to evaluate freshness in Mediterranean Hake (*Merlucciusmerluccius*). **J. Food Sci.** 68(3): 1067-1071.
- Benjakul, S., W. Visessanguan and J. Tueksuban. 2003. Changes in Physicochemical properties and gel-forming ability of lizardfish (*Sauridatumbil*) during post-mortem storage in ice. **Food Chem.** 80 : 535-594.
- Benjakul, S., W. Visessanguan, S. Riebroy, S. Ishizaki and M. Tanaka. 2002. Gel-forming properties of surimi produced from bigeye snapper, *Priacanthustayenus* and *P. macracanthus*, stored in ice. **J. Sci. Food Agric.** 82: 1442.
- Botta J.R. 1995. **Evaluation of Seafood Freshness Quality**. New York: VCH Publishers, Inc. 1,800 p.
- Chytiri, S., I. Chouliara., I.N. Savvaids and M.G. Kontominas. 2004. Microbiological, Chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aquacultured rainbow trout. **Food Microbiology**. 21(2): 157-165.
- Collette, B.B. and C.E. Nauen. 1983. **FAO Species Catalogue**. Vol. 2.Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. Rome. FAO Fish.Synop. 125(2):137 p.
- Grigorakis, K., K.D.A. Taylor and M.N. Alexis. 2003. Seasonal patterns of spoilage of iced stored cultured gilthead sea bream (*Sparusaurata*). **Food Chemistry**. 81: 263-268.
- Hsu C.K. and B. H.Chiang. 2002.Effects of water, oil, starch, calcium carbonate and titanium dioxide on the colour and texture of threadfin and hairtailsurimi gels. **Int. J. Food Sci. Technol.** 37: 387-393.
- Huidobro A., A. Pastor, M. Tejada. 2000. Quality index method developed for raw gilthead seabream (*Sparusaurata*). **J. Food Sci.** 65(7): 1202-1205.
- Ishikawa, N., H. Nakamura and Y. Fujii. 1977. Cited by Suzuki, T. 1981. **Fish and Krill Protein Processing Technology**. Applied Science Publishers Ltd. London. 260 p.

- Kyran, V.R. and V.P. Lougovois. 2002. Sensory, chemical and microbiological assessment of farm-raised European seabass (*Dicentrarchus labrax*) stored in melting ice. **Int. J. Food Sci. Technol.** 37:319-328.
- Lanier, T.C. 1992. Measurement of surimi composition and functional properties, pp. 123-163. *In* T.C. Lanier and C.M. Lee, eds. **Surimi Technology**. Marcel DekkerInc, New York.
- Lee, C.M. 1986. Surimi manufacturing and fabrication of surimi-based product. **Food Technol.** 40: 115-124.
- Lee M.C., M.C. Wu and M. Okada. 1992. Ingredient and formulation technology for surimi-based products, pp. 273-302. *In* T.C. Lanier and C.M. Lee, eds. **Surimi Technology**. Mercel Dekker Inc. New York:
- MFRD. 1992. **Laboratory Manual on Analytical Methods and Products**. Marine fisheries research department, southeast asian fisheries development center. Singapore.
- Noguchi, S.F. 1982. Science of frozen surimi I, II and III. *In* Practical Technical Handbook for Kneaded Seafood, **NipponShokuhimKeizai-sha**, Tokyo, pp. 40-62.
- Noguchi, S., J.J.Matsumoto. 1970. Studies on the control of the denaturation of the fish muscle protein during frozen storage-I. Preventive effect of Naglutamate. **Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.** 36(10): 1078-1087.
- Pacheo-Aguilar, R., M.E. Lugo-Sanchez and M.R. Robles-Burgueno. 2000. Postmortem biochemical characteristic of Monterey sardine muscle at 0 °C. **J. Food Sci.** 65:40-47.
- Suwansakornkul P., Y. Itoh., S. Harra and A. Obatake. 1993. The gel-forming characteristic of lizardfish. **Nippon SuisanGakkaishi.** 59: 1029-1047.
- Yean, Y. S. 1993. The quality of surimi made from threadfin bream stored on ice for different periods. **Inter.J. Food Sci. and Tech.** 28(4): 343-346.

การออกแบบสร้างและวิเคราะห์แม่แรงแบบเอ็กซ์ลิฟท์โดยใช้สลักเกลียวเมตริก สำหรับยกรถยนต์

Design, Construction and Analysis of X-Lift Jack by Using Metric Bolt for Lifting Car

ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย

Chanchai Wiroomritichai

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพฯ 10160

โทร. 02-4570068 ต่อ 5121 โทรสาร 02-4570068 E-mail : chanchai@siam.edu

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบ สร้างและวิเคราะห์แม่แรงแบบเอ็กซ์ลิฟท์โดยใช้สลักเกลียวเมตริก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 mm ระยะพิทช์ 2 mm ซึ่งเป็นวัสดุที่มีจำหน่ายทั่วไปภายในประเทศ โดยนำมาประยุกต์เป็นองค์ประกอบหลักของแม่แรงที่ออกแบบ เพื่อทดแทนสกรูส่งกำลังขนาด 13 mm ระยะพิทช์ 3 mm ซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศ และทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SolidWorks เพื่อศึกษาค่าโมเมนต์บิดสูงสุดของสกรูส่งกำลังและสลักเกลียวเมตริกในการยกรถยนต์ ค่าความปลอดภัยของสกรูส่งกำลังของแม่แรงมาตรฐาน และค่าความปลอดภัยของสลักเกลียวเมตริกของแม่แรงที่ออกแบบผลจากการวิเคราะห์พบว่าโมเมนต์บิดสูงสุดที่ใช้ในการหมุนสกรูส่งกำลังของแม่แรงมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2,385.73 N.mm และโมเมนต์บิดสูงสุดที่ใช้ในการหมุนสลักเกลียวเมตริกของแม่แรงที่ออกแบบมีค่าเท่ากับ 2,407.04 N.mm ค่าความปลอดภัยของสกรูส่งกำลังของแม่แรงมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 12.06 และค่าความปลอดภัยของสลักเกลียวเมตริกของแม่แรงที่ออกแบบมีค่าเท่ากับ 24.49

คำสำคัญ: การออกแบบ สร้าง วิเคราะห์ แม่แรงแบบเอ็กซ์ลิฟท์ สลักเกลียวเมตริก

Abstract

This research has designed, constructed and analyzed an x-lift jack by using metric bolt with 14 mm diameter and 2 mm pitch. The metric bolt made of local material available in Thailand was applied to be the main component of the jack in order to replace the 13 mm diameter and 3 mm pitch power screw which has to be imported. The material was analyzed by SolidWorks software to study the maximum torque of power screw and metric bolt in car lift. The analysis result for the safety of power screw of standard car jack and the safety of metric bolt of the designed jack showed that the maximum torque in the rotation power screw of the standard jack was equal to 2,407.04 N.mm. The safety of power screw of standard car jack was equal to 12.06 and the safety of metric bolt of the designed jack was equal to 24.49.

Keywords: Design, Construction, Analysis, X-Lift Jack, Metric Bolt

1. บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่สำคัญ เกี่ยวกับอุปกรณ์ที่จำเป็นประจำรถยนต์ คือแม่แรงมาตรฐานที่ติดมากับรถยนต์โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสกรูส่งกำลังเท่ากับ 13 mm ระยะพิทช์ 3 mm ซึ่งจากขนาดวัสดุดังกล่าว จำเป็นต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศเพื่อนำมาเป็นส่วนประกอบในการสร้างแม่แรง และนอกเหนือจากนี้ แม่แรงที่ใช้กับรถยนต์โดยส่วนใหญ่จะนำเข้ามาจากบริษัทต่างประเทศเป็นจำนวนมาก เพื่อตอบสนองต่อกลุ่มผู้ใช้รถยนต์ที่มีจำนวนมากขึ้น เนื่องจากมีโครงการรถยนต์คันแรกให้กับประชาชนชาวไทย ซึ่งส่งผลให้มีการใช้รถยนต์ทั่วประเทศมีจำนวน 36,213,927 คัน (กรมการขนส่ง, 2558) ส่งผลให้ผู้วิจัยตระหนักถึงความสำคัญของแม่แรงที่เป็นอุปกรณ์สำคัญประจำรถยนต์

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงทำการออกแบบ สร้างและวิเคราะห์โมเมนต์บิดสูงสุด ค่าความปลอดภัยสกรูส่งกำลัง และสลักเกลียวเมตริกของแม่แรงที่ออกแบบเทียบกับแม่แรงมาตรฐาน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SolidWorks และทำการสร้างแม่แรงโดยชิ้นส่วนต่างๆ ทั้งหมดที่นำมาใช้ในการสร้างแม่แรง มีจำหน่ายทั่วไปภายในประเทศ เพื่อทดแทนการนำเข้าแม่แรงจากต่างประเทศ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อออกแบบแม่แรงและสร้างแม่แรงจำนวน 1 ชุด
- 2.2 เพื่อศึกษาค่าโมเมนต์บิดสูงสุดของแม่แรงที่ออกแบบเปรียบเทียบกับแม่แรงมาตรฐานที่ติดมากับรถยนต์
- 2.3 เพื่อศึกษาค่าความปลอดภัยของสลักเกลียวเมตริกของแม่แรงที่ออกแบบเปรียบเทียบกับสกรูส่งกำลังของแม่แรงมาตรฐานที่ติดมากับรถยนต์

3. ขอบเขตของงานวิจัย

- 3.1 แม่แรงมาตรฐานที่ติดมากับรถยนต์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสกรูส่งกำลังเท่ากับ 13 mm ระยะพิทช์ 3 mm
- 3.2 แม่แรงที่ได้ออกแบบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสลักเกลียวเมตริกเท่ากับ 14 mm ระยะพิทช์ 2 mm
- 3.3 รถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นรถยนต์ที่นั่งส่วนบุคคลน้ำหนัก 1,200 กิโลกรัม

4. งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

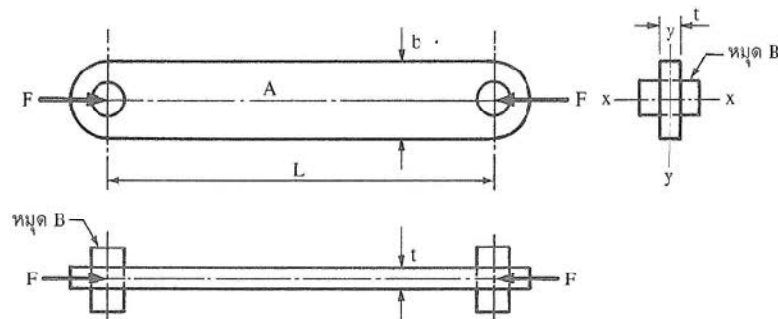
โกเมท และคณะ (2549) ได้ทำการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ยกรถยนต์ ที่มีขนาดเล็กและสามารถเคลื่อนย้ายได้ที่มีขนาดมิติโดยรวมที่ ความกว้าง × ความยาว × ความสูงที่ 1,300 mm × 1,900 mm × 130 mm ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญคือ ชุดโครงสร้างอุปกรณ์ กลไกสำหรับยก แผ่นยก ระบบสำหรับการยก ระบบควบคุมการทำงาน โดยชุดส่งกำลัง และกลไกการเคลื่อนที่จะเป็นกลไกที่ส่งกำลังมาจากระบบนิวเมติก โดยใช้ความดันลมที่ 7.5 บาร์ เป็นต้น กำลังขับเคลื่อนการยกรถยนต์ที่มีน้ำหนักประมาณ 1,300 กิโลกรัม เพื่ออำนวยความสะดวก ในการตรวจสอบและการบำรุงรักษาระบบเบรก ระบบรองรับน้ำหนัก การเปลี่ยนล้อและยางของรถยนต์ ผลการทดลองอุปกรณ์ยกรถยนต์ พบว่าสามารถใช้งานได้ดี เป็นที่น่าพอใจและมีประสิทธิภาพตามสมควร

คณาภท และคณะ (2554) ได้ทำการสร้างแม่แรงยกรถยนต์ โดยใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลังให้สามารถเคลื่อนที่ขึ้นและลง โดยใช้มอเตอร์เป็นกำลังอัดน้ำมันไฮดรอลิกเข้าไปยังกระบอกสูบ แล้วใช้สวิตช์ปิด เปิด เป็นตัวควบคุม เพื่อแก้ไข

ปัญหาเกี่ยวกับยางรถยนต์ เนื่องจากสภาพของยางหรือเกิดการรั่วซึมของยาง ผลการทดลอง สามารถยกรถยนต์ขนาดเล็กได้รวดเร็วและปลอดภัย

4.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

4.2.1 การรับแรงกดของพื้นที่หน้าตัดของชิ้นต่อโยง (วรวิทย์ และชาญ, 2556)



ภาพที่ 1 ชิ้นส่วนต่อโยงรับแรงกด

พิจารณาจากภาพที่ 1 พบว่าการโค้งงอรอบแกน y-y จะเป็นลักษณะของเสาแบบ CC (Clamped) ที่ปลายยึดแน่นทั้งสองข้าง ทั้งนี้เพราะปลายที่สวมอยู่ในหมุดไม่สามารถจะโค้งขึ้นได้ แต่การโค้งงอรอบแกน x-x ปลายเสาหมุนรอบหมุดได้ ดังนั้นจึงเป็นลักษณะของเสาแบบ SS (Simply Supported) เป็นปลายยึดแบบธรรมดา

$$\text{การโค้งงอในแนวแกน x-x} \quad k = \frac{b}{\sqrt{12}} \quad (1)$$

$$F = \frac{\pi^2 E A b^2}{12 N L^2} \quad (2)$$

$$\frac{L_e}{k} = \frac{\sqrt{12} L}{b} \quad (3)$$

$$\text{การโค้งงอรอบแกน y-y} \quad F = \frac{\pi^2 E A t^2}{3 N L^2} \quad (4)$$

$$\frac{L_e}{k} = \frac{\sqrt{12} L}{2 t} \quad (5)$$

การคำนวณหาแรงกดที่กระทำกับชิ้นต่อโยงของแม่แรงให้ใช้สูตรพาราโบลา (Parabolic Formula)

$$F = \frac{\sigma_y A}{N} \left[1 - \frac{\sigma_y (L_e/k)^2}{4 \pi^2 E} \right] \quad (6)$$

โดยที่ F	คือ	แรงกดหน่วย N
σ_y	คือ	ความต้านแรงดึงคราก (Yield Strength) หน่วย N/mm ²
A	คือ	พื้นที่หน้าตัด หน่วย mm ²
N	คือ	ค่าความปลอดภัยของชิ้นงาน

L_e	คือ	ความยาวสมมูล (Equivalent Length) หน่วย mm.
L	คือ	ความยาวของชิ้นงาน mm.
k	คือ	รัศมีไจเรชั่น
E	คือ	โมดูลัสความยืดหยุ่น หน่วย GN/m ²
$\frac{L_e}{k}$	คือ	อัตราส่วนความเพียว มีค่าประมาณ $40 < L_e/k \leq 115$

4.2.2 การคำนวณขนาดของสลักเกลียว

$$\sigma_{td} = \frac{F}{A_s} \quad (7)$$

$$\sigma_{td} = \frac{\sigma_y}{N} \quad (8)$$

$$(8) = (9) \frac{\sigma_y}{N} = \frac{F}{A_s} \quad (9)$$

โดยที่ σ_{td}	คือ	ความเค้นออกแบบ หน่วย N/mm ²
A_s	คือ	พื้นที่รับความเค้น หน่วย mm ²

ตารางที่ 1 ค่าความปลอดภัย (N)

ชนิดของแรง	เกลียวเหนียวและโลหะเหนียว		เกลียวหล่อและโลหะเปราะ
	N_y	N_u	N_u
แรงอยู่นิ่ง	1.5-2	3-4	5-6
แรงชั่วทิศทางเดียวหรือแรงกระแทกเล็กน้อย	3	6	7-8
แรงชั่วสองทิศทางหรือแรงกระแทกเล็กน้อย	4	8	10-12
แรงกระแทกอย่างหนัก	5-7	10-15	15-20

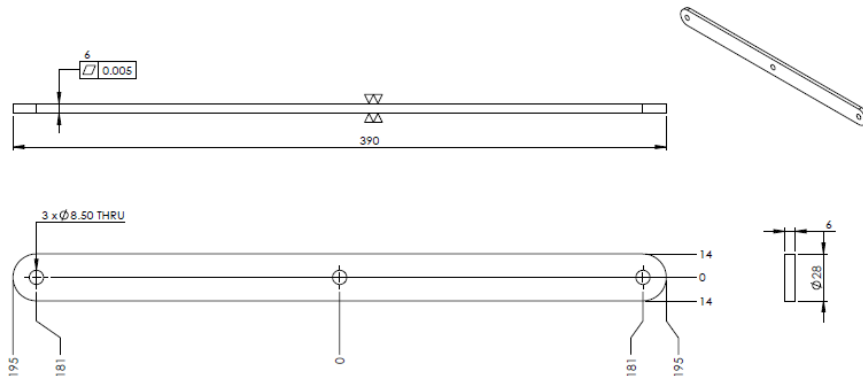
ตารางที่ 2 มาตรฐานสลักเกลียวเมตริก

Size	Coarse Pitch Threads	
Designation	Pitch (mm/thread)	Tensile Stress Area (mm ²)
M4	1.0	13.452
M6	1.0	22.484
M8	1.25	40.581
M10	1.5	63.981
M12	2.0	102.63
M14	2.0	162.30
M16	2.0	169.74
M16	2.5	237.79

ที่มา : Standard Metric and USA Bolt Shank Dimensions (2558)

5. วิธีดำเนินการวิจัย

5.1 ทำการออกแบบชิ้นส่วนที่เป็นองค์ประกอบหลักของแม่แรงคือ ชิ้นต่อโยงแบบเอ็กซีลลิพท์และสลักเกลียวเมตริก ในการออกแบบ กำหนดให้ชิ้นต่อโยง มีความหนา (t) = 6 mm. ความกว้าง (b) = 28 mm. ความยาวของ (L) = 181 mm. คำนวณการรับแรงกดของพื้นที่หน้าตัดของชิ้นต่อโยง เพื่อนำไปคำนวณหาขนาดของสลักเกลียวเมตริก



ภาพที่ 2 ขนาดของชิ้นส่วนเอ็กซีลลิพท์

$$\text{การโค้งรอบแกน x-x} \quad \frac{L_e}{k} = \frac{\sqrt{12}L}{b} = \frac{\sqrt{12} \times 181}{28} = 22.39$$

$$\text{การโค้งรอบแกน y-y} \quad \frac{L_e}{k} = \frac{\sqrt{12} \times 181}{2t} = \frac{\sqrt{12} \times 181}{2 \times 6} = 52.25$$

เนื่องจาก อัตราส่วนความเพียว $40 < L_e/k \leq 115$ ใช้สูตรพาราโบลา (Parabolic Formula) Solid Works Material Steel ASTM A36 Steel (Yield Strength) : $\sigma_y = 250 \text{ N/mm}^2$ โมดูลัสความยืดหยุ่นของ Carbon Steel : $E = 207 \text{ Gpa}$ พื้นที่หน้าตัดของชิ้นต่อโยง: $A = bt = 28 \times 6 = 168 \text{ mm}^2$

$$F = \frac{\sigma_y A}{N} \left[1 - \frac{\sigma_y (L_e/k)^2}{4\pi^2 E} \right] = \frac{(250)(168)}{3} \left[1 - \frac{(250)(52.25)^2}{4\pi^2 (207000)} \right]$$

$$F = 12830.74 \text{ N} (1283.07 \text{ kg})$$

คำนวณหาขนาดของสลักเกลียวเมตริก

$$\frac{\sigma_y}{N} = \frac{F}{A_s}, \quad \frac{250}{3} = \frac{12830.07}{A_s}$$

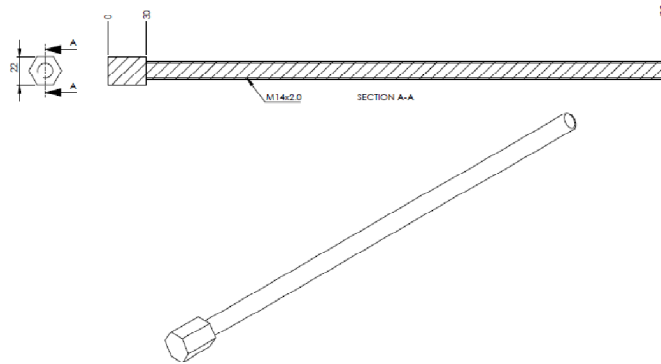
พื้นที่รับความเค้น: $A_s = 153.97 \text{ mm}^2$

จากตารางที่ 2 เกลียวเมตริกแบบมาตรฐานระหว่างประเทศ เกลียวละเอียด เลือกใช้ M14x2.0

5.2 ทำการสร้างแบบและประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ ของแม่แรงที่ออกแบบด้วยโปรแกรม SolidWorks

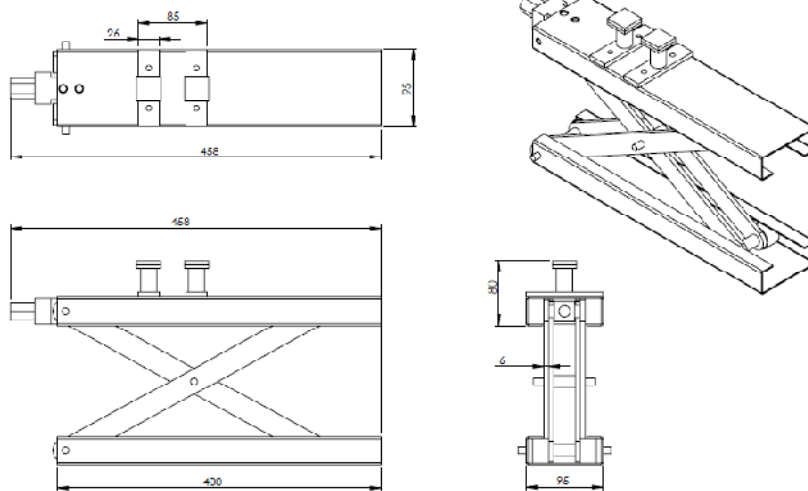
5.2.1 แบบของชิ้นต่อโยงของแม่แรงที่ออกแบบ ความกว้าง 28 mm. ความหนา 6 mm. ความยาว 181 mm.

5.2.2 แบบของสลักเกลียวเมตริกของแม่แรงที่ออกแบบขนาด M14 ระยะพิตช์ 2.0 mm. ความยาว 430 mm.



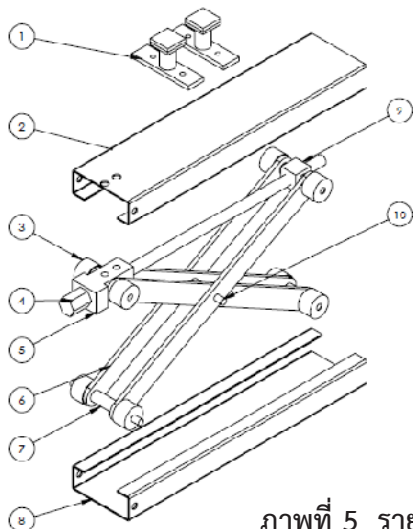
ภาพที่ 3 สลักเกลียวเมตริก

5.2.3 ทำการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ของแม่แรงที่ออกแบบ ด้วยโปรแกรม SolidWorks



ภาพที่ 4 แม่แรงแบบเอ็กซ์ลิฟท์

5.2.4 รายละเอียดส่วนประกอบของแม่แรงแบบเอ็กซ์ลิฟท์



PART LIST				
ITEM	PART NAME	SIZE	MATERIAL	QTY.
1.	Lifter Support		SS-400	2
2.	Top Plate		SS-400	1
3.	Roller		SS-400	4
4.	Screw	M14x2.0	SS-400	1
5.	Screw Support		SS-400	1
6.	Cross Arm		SS-400	2
7.	Cross Arm Support-1		SS-400	1
8.	Down Plate		SS-400	1
9.	Cross Arm Support-2		SS-400	1
10.	Cross Arm Support-3		SS-400	1

ภาพที่ 5 รายละเอียดของแม่แรงแบบเอ็กซ์ลิฟท์

5.3 ทำการสร้างแม่แรงแบบแอกซ์ลิฟท์ขึ้นจริง เพื่อทดสอบการยกรถยนต์



ภาพที่ 6 แม่แรงแบบแอกซ์ลิฟท์

5.4 ทำการทดสอบแม่แรงแบบแอกซ์ลิฟท์ที่สร้างขึ้นจริง เพื่อทำการยกรถยนต์ที่มีน้ำหนัก 1200 kg



ภาพที่ 7 การใช้แม่แรงแบบแอกซ์ลิฟท์ยกรถยนต์

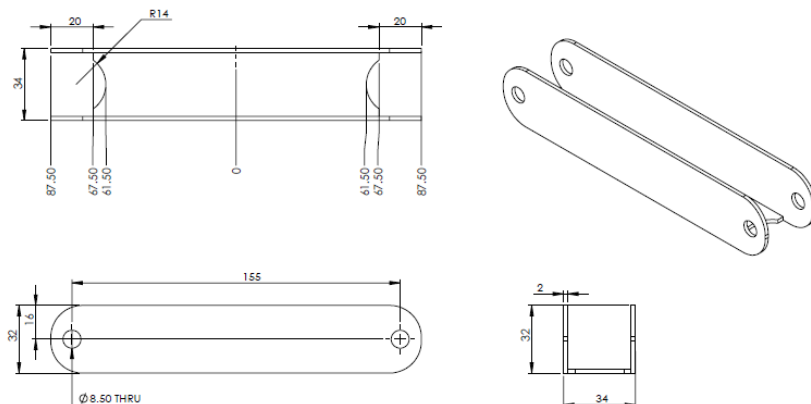
5.5 ทำการเขียนแบบแม่แรงมาตรฐานที่ติดมากับรถยนต์ ด้วยโปรแกรม SolidWorks

5.5.1 กำหนดแม่แรงมาตรฐานที่ติดมากับรถยนต์เพื่อสร้างแบบ ซึ่งสามารถใช้ยกรถยนต์ที่มีน้ำหนัก 1,200 กิโลกรัมได้ โดยเป็นที่นิยมใช้กันทั่วไป



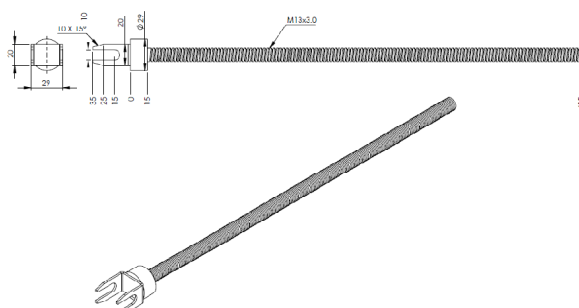
ภาพที่ 8 แม่แรงมาตรฐานที่ติดมากับรถยนต์

5.5.2 ทำการสร้างแบบของชิ้นต่อโยงของแม่แรงมาตรฐาน ความกว้าง 32 mm. ความหนา 2 mm. ความยาว 155 mm.



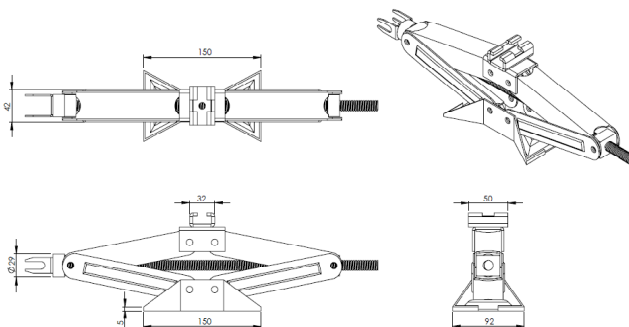
ภาพที่ 9 ชิ้นต่อโยงของแม่แรงที่ออกแบบ

5.5.3 ทำการสร้างแบบสกรูส่งกำลังของแม่แรงมาตรฐาน ขนาด M13 ระยะพิตช์ 3 mm. ความยาว 415 mm.



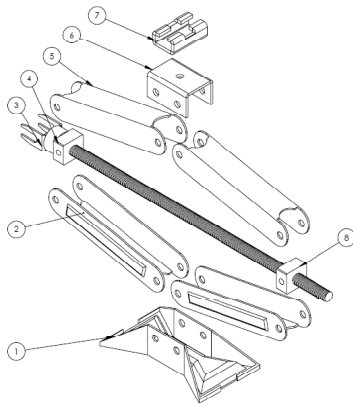
ภาพที่ 10 สกรูส่งกำลังของแม่แรงมาตรฐาน

5.5.4 ทำการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ของแม่แรงมาตรฐาน ด้วยโปรแกรม SolidWorks



ภาพที่ 11 แบบแม่แรงมาตรฐาน

5.5.5 รายละเอียดส่วนประกอบของแม่แรงมาตรฐาน



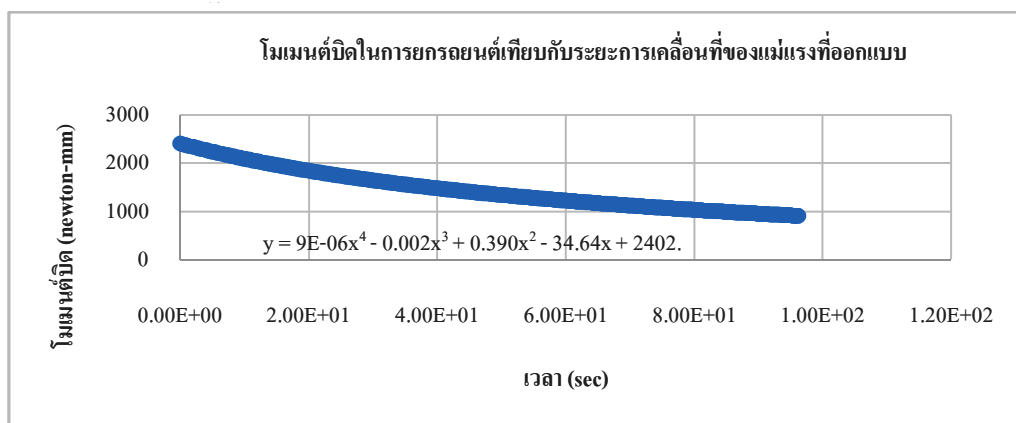
PART LIST				
ITEM	PART NAME	SIZE	MATERIAL	QTY.
1.	Base		SS400	1
2.	Link-1		SS400	2
3.	Screw	M13x3.0	SS400	1
4.	Screw Support-1		SS400	1
5.	Link-2		SS400	2
6.	Top Plate		SS400	1
7.	Lift Support		SS400	1
8.	Screw Support-2		SS400	1

ภาพที่ 12 ส่วนประกอบต่างๆ ของแม่แรงมาตรฐาน

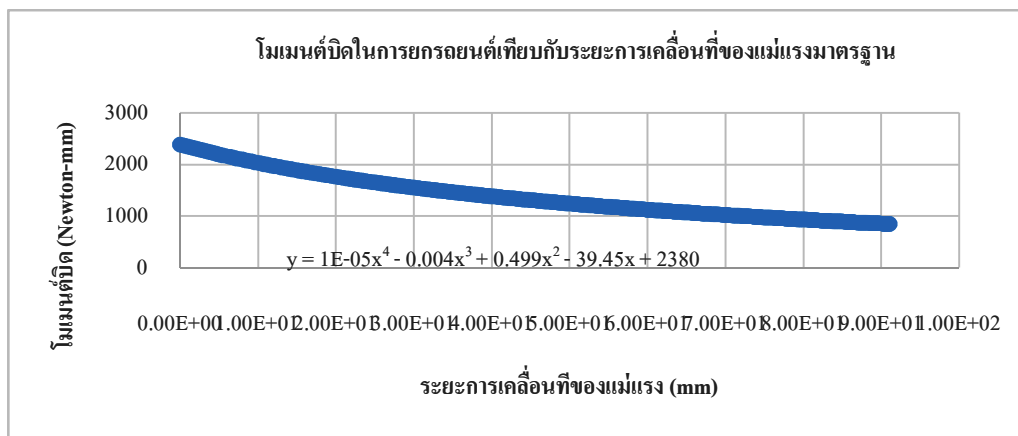
5.6 ทำการวิเคราะห์แม่แรงมาตรฐานที่ติดมากับรถยนต์ เปรียบเทียบกับแม่แรงที่ออกแบบ โดยใช้แบบแม่แรงมาตรฐานและแบบแม่แรงที่ออกแบบที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม SolidWorks ทำการวิเคราะห์ค่าโมเมนต์บิดสูงสุดของแม่แรงมาตรฐานและแม่แรงที่ออกแบบด้วยโปรแกรม SolidWorks Motion แล้วนำค่าโมเมนต์บิดสูงสุดที่ได้ไปวิเคราะห์ต่อ เพื่อค่าความปลอดภัยของสกรูส่งกำลังของแม่แรงมาตรฐานที่ติดมากับรถยนต์ เปรียบเทียบกับสลักเกลียวเมตริก ของแม่แรงที่ออกแบบ ด้วยโปรแกรม SolidWorks

6. ผลการวิจัย

6.1 จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SolidWorks Motion พบว่า โมเมนต์บิดสูงสุดที่ใช้ในการยกรถยนต์เทียบกับระยะทางการเคลื่อนที่ของแม่แรงที่ออกแบบมีค่าเท่ากับ 2,407.042 Nmm. และโมเมนต์บิดสูงสุดที่ใช้ในการยกรถยนต์เทียบกับระยะทางการเคลื่อนที่ของแม่แรงมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2,385.734 Nmm

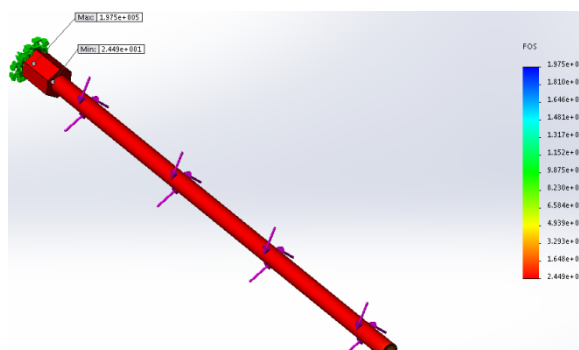


ภาพที่ 13 กราฟโมเมนต์บิดในการยกรถยนต์เทียบกับระยะการเคลื่อนที่ของแม่แรงที่ออกแบบ



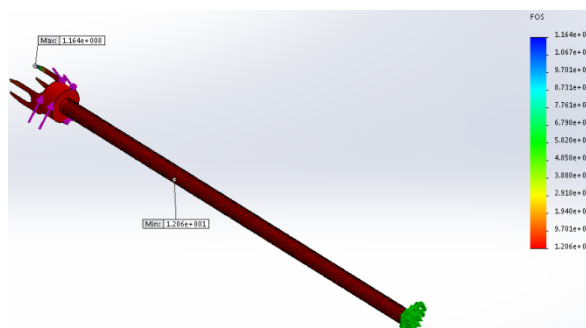
ภาพที่ 14 กราฟโมเมนต์บิดในการยกรถยนต์เทียบกับระยะการเคลื่อนที่ของแม่แรงมาตรฐาน

6.2 จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SolidWorks Simulation โดยนำค่าโมเมนต์บิดสูงสุดที่ใช้ในการยกรถยนต์ของแม่แรงที่ออกแบบมีค่าเท่ากับ 2,407.042 Nmm. ไปวิเคราะห์ต่อได้ค่าความปลอดภัยของสลักเกลียวเมตริกของแม่แรงที่ออกแบบเท่ากับ 24.49



ภาพที่ 15 ค่าความปลอดภัยของแม่แรงที่ออกแบบ

6.3 จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SolidWorks Simulation โดยนำค่าโมเมนต์บิดสูงสุดที่ใช้ในการยกรถยนต์ของแม่แรงมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2,385.734 Nmm. ไปวิเคราะห์ต่อ ได้ค่าความปลอดภัยของสกรูส่งกำลังของแม่แรงมาตรฐานเท่ากับ 12.06



ภาพที่ 16 ค่าความปลอดภัยของแม่แรงมาตรฐาน

7. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SolidWorks พบว่าโมเมนต์บิดสูงสุดที่ใช้ในการหมุนสกรูส่งกำลังของแม่แรงมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2,385.73 N.mm และโมเมนต์บิดสูงสุดที่ใช้ในการหมุนสลักเกลียวเมตริกของแม่แรงที่ออกแบบมีค่าเท่ากับ 2,407.042 N.mm ส่งผลให้แม่แรงที่ออกแบบใช้โมเมนต์บิดใกล้เคียงกับแม่แรงมาตรฐานต่างกันเพียง 21.31 N.mm และค่าความปลอดภัยของสกรูส่งกำลังของแม่แรงมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 12.06 และค่าความปลอดภัยของสลักเกลียวเมตริกของแม่แรงที่ออกแบบมีค่าเท่ากับ 24.49 ส่งผลให้สลักเกลียวเมตริกของแม่แรงที่ออกแบบมีค่าความปลอดภัยมากกว่าสกรูส่งกำลังของแม่แรงมาตรฐานประมาณ 2 เท่า

ดังนั้น แม่แรงที่ออกแบบใช้โมเมนต์บิดใกล้เคียงกับแม่แรงมาตรฐานในการยกรถยนต์และมีค่าความปลอดภัยมากกว่า 2 เท่า

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้โปรแกรม SolidWorks และนักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องการสร้างแม่แรงจริง เพื่อทดสอบยกรถยนต์

9. บรรณานุกรม

- กรมการขนส่งทางบก. 2558. **จำนวนรถจดทะเบียน (สะสม)**. [online]. เข้าถึงจาก http://apps.dlt.go.th/statistics_web/statistics.html
- โกเมท มณีนิล และคณะ. 2549. **อุปกรณ์ยกรถยนต์**. ปริญญาานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิตภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- คณาภัท หลำรอด และคณะ. 2554. **แม่แรงยกรถยนต์โดยใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลัง**. ปริญญาานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- วรวิทย์ อึ้งภากรณ์ และ ชชาญ ถนัดงาน. 2556. **การออกแบบเครื่องจักรกล 1**. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- Standard Metric and USA Bolt Shank Dimensions. 2558. **มาตรฐานสลักเกลียวเมตริก**. [online]. เข้าถึงจาก <http://euler9.tripod.com/bolt-database/23.html>

การทดสอบพันธุ์ข้าวไร่ในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงสะเนียนจังหวัดน่าน

Yield Trial of Upland Rice (*Oryza sativa* L.) in the Expansion Royal Project Sanian Area, Nan Province

สุนทร มีพอ^{1/*} พิชัย สุรพรไพบูลย์^{2/} พิกุล สุรพรไพบูลย์^{2/} สริตา ปันมณี^{1/}

Sunthorn meepor^{1/*} Pichai Surapornpiboon^{2/} Pikul Surapornpiboon^{2/}
Sarita Pinmanee^{1/}

^{1/} สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) 65 หมู่ 1 ถนนสุเทพ ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

^{1/} Highland Research and Development Institute (Public Organization) 65 Moo 1 Suthep Road, Suthep Subdistrict, Muang District, Chiang Mai 50200

^{2/} คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน 55000

^{2/} Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Nan.

Phupiang District, Nan 55000

* E-mail: meepor5518@hotmail.com

บทคัดย่อ

การทดสอบพันธุ์ข้าวไร่ในพื้นที่ของโครงการขยายผลโครงการหลวงสะเนียน ตำบลสะเนียน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2557 เพื่อหาพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสำหรับแนะนำแก่เกษตรกรในพื้นที่โดยปลูกข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองชนิดข้าวเจ้าจำนวน 19 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เปี้ยวยังใจ, เปี้ยวละคุงใจ, เปี้ยวย่าน, เปี้ยวจุก, ข้าวแม่แจ, ข้าวศูนย์, เปี้ยวจี้ยัง, ข้าวเอสพีที, ข้าวเกษตร, เปี้ยวกวด, เปี้ยวแปะ, เปี้ยวเจีย, ข้าวคั่ว, ข้าวใบง, ข้าวตรัย, เปี้ยวช, ข้าวดำน้ำพัน, ข้าวดำห้วยปุก และข้าวปึกห้วยปุก เปรียบเทียบกับพันธุ์ลีซอ ซึ่งเป็นพันธุ์รับรองจากกรมวิชาการเกษตรวางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ ทำ 4 ซ้ำ ผลการทดลองพบว่าพันธุ์ข้าวไร่ทั้ง 20 พันธุ์ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยทั้ง 20 พันธุ์ให้ผลผลิตเฉลี่ย 471.67 กิโลกรัมต่อไร่ แต่เกษตรกรในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงสะเนียนควรเลือกใช้พันธุ์ลีซอ เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ โดยให้ผลผลิต 566.00 กิโลกรัมต่อไร่

คำสำคัญ: การทดสอบพันธุ์, ข้าวไร่, พื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงสะเนียน, น่าน

Abstract

Yield trial of upland rice was studied in the Expansion Royal Project Sanian Area at Sanian sub-district, Mueang district, Nan province during June to October 2014. This study aimed to select high yield varieties for suggesting to the farmers in this area. Nineteen local upland rice varieties (non glutinous rice) including Baew Yang Jai, Baew La Khug Ngok, Baew Yaan, Baew Ji Kue, Mae Jae, Khao Soon, Baew Ji Yang, SPT, Khoa Kaset, Baew Kuad, Baew Peir, Baew Jia, Khao Kao, Khoa Bai Bong, Khoa Trai, Baew Chi, Khoa Dum Num Pan, Khoa Dum Hau Pook and Khoa Pea Hau Pook were planted to compare with Lee Saw, a certificated variety from Department of Agriculture. Randomized complete block design (RCBD) was laid out with 4 replications. The results showed that the yield of 20 varieties were not significant difference ($P > 0.05$) and gave mean yield of 471.67 kilograms per rai. However, the farmer in the Expansion Royal Project Sanian Area should be planted Lee Saw variety because it

showed tendency of higher yield than the other varieties and gave the yields of 566.00 kilograms per rai.

Keywords: yield trial, upland rice, the Expansion Royal Project Sanian Area, Nan

1. บทนำ

โครงการขยายผลโครงการหลวงสะเนียน เป็นหน่วยงานหนึ่งของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) มีพื้นที่รับผิดชอบครอบคลุม 4 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านละเห้ายา หมู่ที่ 10, บ้านห้วยเฮือ หมู่ที่ 11, บ้านห้วยระพี หมู่ที่ 15 และบ้านสมุนใหม่ หมู่ที่ 16 ภูมิประเทศของพื้นที่เป็นที่ราบตามไหล่เขา ระดับความสูง 320-400 เมตรจากระดับน้ำทะเล มีพื้นที่ปลูกข้าวไร่ประมาณ 5,000 ไร่ (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง, 2557) โดยผลผลิตข้าวที่ได้ผันแปรไปตามปริมาณน้ำฝนในแต่ละปี (มิ่งสรรพ และคณะ, 2548) แม้ว่าข้าวที่ปลูกบนพื้นที่สูงจะไม่มีผลผลิตทางเศรษฐกิจของประเทศ แต่เกษตรกรกลุ่มชาติพันธุ์ต่างๆ ในพื้นที่มีความจำเป็นต้องปลูกข้าวไว้บริโภค เพราะข้าวเป็นอาหารหลักที่สำคัญ และมีความผูกพันกับขนบธรรมเนียมประเพณี ความมั่นคงทางเศรษฐกิจของครัวเรือนและชุมชน (กลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคเหนือตอนบน, 2553) ดังนั้น เป้าหมายหนึ่งของโครงการขยายผล คือ การทำให้ชุมชนมีความมั่นคงด้านอาหารโดยเฉพาะข้าว ซึ่งในการผลิตข้าวไร่บนพื้นที่สูงนั้น พันธุ์ข้าวเป็นสิ่งจำเป็น เพราะกระบวนการผลิตข้าวบนพื้นที่สูงมีปัจจัยสำคัญในการผลิตเพียง พันธุ์ข้าว ดิน และปริมาณน้ำฝน ส่วนปัจจัยอื่นๆ เช่น ปุ๋ย และสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชมีการใช้น้อยมาก ดังนั้นพันธุ์ข้าวที่เกษตรกรใช้ปลูกจึงต้องเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงและสามารถปรับตัวได้ดีกับสภาพแวดล้อมของท้องถิ่น (กลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคเหนือตอนบน, 2553) แต่เนื่องจากพันธุ์ข้าวไร่ที่เกษตรกรปลูกนั้นมีหลากหลายพันธุ์ จึงได้ทำการทดสอบพันธุ์ข้าวไร่ เพื่อหาพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสำหรับแนะนำแก่เกษตรกรในพื้นที่

2. วิธีการวิจัย

ปลูกข้าวไร่ในพื้นที่ของโครงการขยายผลโครงการหลวงสะเนียนตำบลสะเนียน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2557 โดยปลูกข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองชนิดข้าวเจ้าที่เกษตรกรในพื้นที่นิยมปลูกจำนวน 19 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เบ็ญยั้งใจ, เบ็ญละคุงใจ, เบ็ญย่าน, เบ็ญจิกู, ข้าวแม่แจ, ข้าวศูนย์, เบ็ญจั้ง, ข้าวเอสพีที, ข้าวเกษตร, เบ็ญกวด, เบ็ญแปะ, เบ็ญเจีย, ข้าวคั่ว, ข้าวใบง, ข้าวตรัย, เบ็ญช, ข้าวดำน้ำพัน, ข้าวดำห้วยปุกและข้าวปึกห้วยปุก เปรียบเทียบกับพันธุ์ลือ ซึ่งเป็นพันธุ์รับรองจากกรมวิชาการเกษตรวางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) ทำ 4 ซ้ำ โดยปลูกข้าวไร่พันธุ์ละ 6 แถว ยาวแถวละ 4 เมตร ก่อนปลูกเตรียมพื้นที่ด้วยการตากถางวัชพืชแล้วเผา และปลูกในช่วงกลางเดือนมิถุนายน เมื่อดินมีความชื้นเหมาะสม โดยกระทุ้งดินให้เป็นหลุมแล้วหยอดเมล็ดในอัตรา 7-9 เมล็ดต่อหลุม ใช้ระยะปลูก 25 X 25 เซนติเมตร เมื่อต้นข้าวงอกแล้วจึงถอนให้เหลือ 3 ต้นต่อหลุมหลังจากปลูก 25 วันทำการกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และเมื่อต้นข้าวมีอายุ 60 วันหลังปลูกทำการกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ด้วยปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการป้องกันกำจัดศัตรูพืชอื่นๆ ปฏิบัติตามความจำเป็นด้วยวิธีการที่เหมาะสมเมื่อพบว่ามีกระบาดของศัตรูพืชข้อมูลที่บ้านทัก ได้แก่ อายุออกรวง, อายุสุกแก่, ความสูงของต้น, จำนวนหน่อตอก, จำนวนรวงตอก, จำนวนเมล็ดต่อรวง, น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิต

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test และวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับองค์ประกอบของผลผลิต ตามวิธีของ Gomez and Gomez (1984)

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ตารางที่ 1 ผลผลิต องค์ประกอบของผลผลิต และลักษณะทางพืชไร่อื่นๆ จากการทดสอบพันธุ์ข้าวไรซ์ชนิดข้าวเจ้าในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงสะเนียน จังหวัดน่าน

พันธุ์ข้าวไร่	อายุ ออกรวง (วัน)	อายุ สุกแก่ (วัน)	ความสูง ต้น (เซนติเมตร)	จำนวนหน่อ ต่อกอ (หน่อ)	จำนวน รวงต่อกอ (รวง)	จำนวน เมล็ดต่อรวง (เมล็ด)	น้ำหนัก 1000 เมล็ด (กรัม)	ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)
1. เบี้ยยังใจ	87.0 ^a	120.0 ^{ab}	140.35	7.8	7.0	140.4 ^{bc}	34.27 ^{d-g}	524.00
2. เบี้ยวละคูโก้ง	87.3 ^a	119.5 ^{ab}	127.00	7.9	7.1	139.1 ^{bc}	29.23 ^{fg}	462.00
3. เบี้ยว่าน	87.3 ^a	120.3 ^{ab}	131.85	7.9	7.1	128.3 ^{bcd}	37.48 ^{b-f}	440.00
4. เบี้ยวจุก	86.0 ^a	119.5 ^{ab}	144.80	8.1	6.9	137.2 ^{bcd}	29.49 ^{fg}	520.80
5. ข้าวแม่แจ	85.0 ^a	121.0 ^{ab}	149.55	8.3	7.5	125.1 ^{bcd}	39.93 ^{b-e}	528.00
6. ข้าวศูนย์	87.3 ^a	119.5 ^{ab}	126.80	8.1	7.3	135.3 ^{bcd}	37.14 ^{b-f}	444.00
7. เบี้ยวจั้ง	86.5 ^a	120.0 ^{ab}	152.90	7.8	7.4	112.8 ^{cd}	37.05 ^{b-d}	454.00
8. ข้าวเอสพีที	72.8 ^b	104.0 ^c	137.65	7.8	7.1	131.6 ^{bcd}	41.30 ^{bcd}	394.40
9. ข้าวเกษตร	88.3 ^a	120.3 ^{ab}	114.40	8.2	6.8	129.3 ^{bcd}	31.57 ^{fg}	462.40
10. เบี้ยวกวัด	86.3 ^a	118.8 ^{ab}	125.90	7.8	7.1	125.5 ^{bcd}	34.34 ^{d-g}	400.20
11. เบี้ยวแปะ	88.0 ^a	121.5 ^{ab}	128.70	7.7	6.4	127.0 ^{bcd}	31.83 ^{efg}	470.00
12. เบี้ยวเจีย	87.8 ^a	120.3 ^{ab}	139.60	8.2	7.1	144.5 ^b	33.25 ^{d-g}	414.00
13. ข้าวคั่ว	89.5 ^a	123.5 ^a	136.25	8.1	7.1	136.3 ^{bcd}	44.17 ^{ab}	488.00
14. ข้าวใบบง	84.5 ^a	117.3 ^{ab}	133.05	8.1	7.2	140.0 ^{bc}	49.91 ^a	480.00
15. ข้าวตรัย	87.0 ^a	119.3 ^b	136.05	8.1	7.0	143.6 ^b	37.15 ^{b-f}	556.00
16. เบี้ยวชี	86.8 ^a	119.5 ^{ab}	131.75	8.1	7.1	112.6 ^{cd}	42.85 ^{abc}	476.00
17. ข้าวดำน้ำพัน	87.5 ^a	120.3 ^{ab}	141.25	7.7	6.8	183.4 ^a	33.50 ^{d-g}	450.00
18. ข้าวดำห้วยปุก	86.5 ^a	119.5 ^{ab}	136.20	7.6	6.2	111.4 ^{cd}	29.76 ^{fg}	482.00
19. ข้าวปึกห้วยปุก	87.5 ^a	120.0 ^{ab}	125.50	7.7	6.6	109.3 ^d	27.60 ^g	421.60
20. ลิซอ (พันธุ์เปรียบเทียบ)	86.3 ^a	119.8 ^{ab}	123.25	8.2	7.4	138.5 ^{bcd}	35.25 ^{c-g}	566.00
เฉลี่ย	86.2	119.2	134.14	7.9	7.0	132.5	35.9	471.67
F-test	**	**	ns	ns	ns	**	**	ns
CV (%)	3.14	2.22	10.82	8.14	8.16	11.89	12.23	23.43

ns = ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และ ** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

ตัวอักษรที่กำกับค่าเฉลี่ยในสมมุติเดียวกัน แตกต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

จากผลการทดลอง (ตารางที่ 1) เมื่อพิจารณาผลผลิตของข้าวไร่พบว่า พันธุ์ข้าวไร่ทั้ง 20 พันธุ์ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยให้ผลผลิตเฉลี่ย 471.67 กิโลกรัมต่อไร่ แต่พันธุ์ลิซอซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบกับมีแนวโน้มที่จะให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ คือ ให้ผลผลิต 566.00 กิโลกรัมต่อไร่ สอดคล้องกับผลการทดสอบพันธุ์ข้าวไร่ทั้ง 20 พันธุ์ในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงแม่จริมจังหวัดน่าน ที่พบว่าพันธุ์ข้าวไร่ส่วนใหญ่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากพันธุ์ลิซออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่พันธุ์ลิซอและพันธุ์ข้าวตรัยมีแนวโน้มจะให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ โดยทั้ง 2 พันธุ์ให้ผลผลิต 584.00 กิโลกรัมต่อไร่ ยกเว้นพันธุ์ข้าวเกษตรพันธุ์ข้าวแม่แจและพันธุ์ข้าวดำน้ำพันที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์ลิซออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยทั้ง 3 พันธุ์ให้

ผลผลิต 408.00, 390.00 และ 352.00 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ (พิชัย และคณะ, 2558) ซึ่งเมื่อพิจารณาองค์ประกอบของผลผลิต คือ จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด และลักษณะทางพืชไร่อื่นๆ ได้แก่ อายุออกรวง อายุสุกแก่ ความสูงของต้น และจำนวนหน่อต่อกอ พบว่าพันธุ์ข้าวไร่ทั้ง 20 พันธุ์มีความแปรปรวนในลักษณะต่างๆ ยกเว้นลักษณะความสูงของต้น จำนวนหน่อต่อกอ และจำนวนรวงต่อกอ แสดงให้เห็นว่า พันธุ์ข้าวไร่ทั้ง 20 พันธุ์นี้สามารถเจริญเติบโตและปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงสะเนียงได้แตกต่างกัน แต่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตไม่ต่างกัน ซึ่งสาเหตุที่พันธุ์ข้าวไร่ทั้ง 20 พันธุ์ให้ผลผลิตไม่ต่างกันแม้ว่าจะมีองค์ประกอบของผลผลิต คือ จำนวนเมล็ดต่อรวงและน้ำหนัก 1,000 เมล็ดต่างกัน ($P < 0.01$) เนื่องจากพันธุ์ข้าวไร่ส่วนใหญ่มีจำนวนเมล็ดต่อรวงและน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ไม่แตกต่างจากพันธุ์สีซออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.01$) เช่น พันธุ์ข้าวเอสพีทีซึ่งมีแนวโน้มที่จะให้ผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์อื่นๆ แต่เมื่อพิจารณาจำนวนเมล็ดต่อรวงและน้ำหนัก 1,000 เมล็ด พบว่า มีองค์ประกอบของผลผลิตทั้งสองลักษณะนี้ไม่แตกต่างจากพันธุ์สีซออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.01$) นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับองค์ประกอบของผลผลิตพบว่า ผลผลิตไม่มีสหสัมพันธ์กับองค์ประกอบของผลผลิต ($P > 0.05$) (ตารางที่ 2) แสดงว่า การเพิ่มหรือลดลงของจำนวนเมล็ดต่อรวงในพันธุ์ข้าวไร่แต่ละพันธุ์นั้นสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของน้ำหนัก 1,000 เมล็ด จึงทำให้ผลผลิตของข้าวไร่ทั้ง 20 พันธุ์นี้ไม่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นไปตามกฎเกณฑ์ของ Grafius (Adam, 1967) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากลักษณะทางพืชไร่อื่นๆ พบว่าพันธุ์ข้าวไร่ทุกพันธุ์มีความสูงของต้นและแตกกอไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) คือ มีความสูงของต้นโดยเฉลี่ย 134.14 เซนติเมตร และแตกกอโดยเฉลี่ย 7.9 หน่อต่อกอ ส่วนอายุออกรวงและอายุสุกแก่นั้น พันธุ์ข้าวไร่ส่วนใหญ่มีอายุออกรวงและอายุสุกแก่ไม่ต่างจากพันธุ์สีซออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.01$) ยกเว้นพันธุ์ข้าวเอสพีทีเท่านั้นที่มีอายุออกรวงและอายุสุกแก่เร็วกว่าพันธุ์สีซออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยมีอายุออกดอก 72.8 วัน และอายุสุกแก่ 104.0 วัน ขณะที่พันธุ์สีซอมีอายุออกดอก 86.3 วัน และอายุสุกแก่ 119.8 วัน ดังนั้นจากผลจากการทดลองจึงชี้ให้เห็นว่า การปลูกข้าวไร่ในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงสะเนียง เกษตรกรควรเลือกใช้พันธุ์สีซอ เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ แม้ว่าจะมีอายุออกรวงและอายุสุกแก่ยาวกว่าพันธุ์เอสพีทีก็ตาม

ตารางที่ 2 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับองค์ประกอบของผลผลิตจากการทดสอบพันธุ์ข้าวไร่ชนิดข้าวเจ้าในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงสะเนียง จังหวัดน่าน

ลักษณะ	จำนวนรวงต่อกอ	จำนวนเมล็ดต่อรวง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด
จำนวนเมล็ดต่อรวง	0.0948 ^{ns}		
น้ำหนัก 1,000 เมล็ด	0.3303**	0.0649 ^{ns}	
ผลผลิต	0.1572 ^{ns}	0.1666 ^{ns}	0.0501 ^{ns}

^{ns} = ไม่มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

** = มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

4. สรุป

การทดสอบพันธุ์ข้าวไร่ในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงสะเนียง จังหวัดน่าน พบว่าพันธุ์ข้าวไร่ชนิดข้าวเจ้าทั้ง 20 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เปี้ยวยังใจ, เปี้ยวละคุงไ้ก, เปี้ยวย่าน, เปี้ยวจิ๋ว, ข้าวแม่แจ้, ข้าวศูนย์, เปี้ยวจิยัง, ข้าวเอสพีที, ข้าวเกษตร, เปี้ยวกวด, เปี้ยวแปะ, เปี้ยวเจีย, ข้าวคั่ว, ข้าวโบบง, ข้าวตรัย, เปี้ยวชิ, ข้าวดำน้ำพัน, ข้าวดำห้วยปุก, ข้าวปึกห้วยปุก และสีซอ มีศักยภาพในการให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อปลูกในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงสะเนียงโดยทั้ง 20 พันธุ์ให้ผลผลิตเฉลี่ย 471.67 กิโลกรัมต่อไร่ แต่พันธุ์สีซอเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกรใช้ปลูกในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงสะเนียง เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ โดยให้ผลผลิต 566.00 กิโลกรัมต่อไร่

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณสำหรับการวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคเหนือตอนบน. 2553. เทคโนโลยีการทำนาขั้นบันไดบนพื้นที่สูง. เชียงใหม่ : เอ.พี.คอม.
- พิชัย สุรพร ไพบูลย์ พิกุลสุรพรไพบูลย์ สุนทร มีพอ และสรिता ปันมณี. 2558. การทดสอบผลผลิตพันธุ์ข้าวไรในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงแม่จริมจังหวัดน่าน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 23(5) : 818-824.
- มิ่งสรรพ ขาวสะอาด อัครพงศ์ อันทอง นรินทร์ พันธุ์เขียว สกาวเดือน ลิเลือน นิमित นิमितเกียรติไกร และไพรัช พิบูลย์รุ่งโรจน์. 2548. รายงานการวิจัยเรื่องการประเมินมูลค่าภูมิปัญญาไทย: กรณีศึกษาพันธุ์กรรมข้าวพื้นเมือง. เชียงใหม่ : สถาบันวิจัยสังคม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง. ม.ป.ป. ข้อมูลพื้นฐานโครงการขยายผลโครงการหลวงสะเนียน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน. [online]. เข้าถึงจาก: www.hrdi.or.th/hrdi2/dmdocuments/artical/areaextend/sanean.pdf : 25 พฤษภาคม 2557.
- Adams, M.W. 1967. Basic of yield component compensation in crop plants with special references to the field bean (*Phaseolus vulgaris*). *Crop Sci.* 7: 505-510.
- Gomez, K.A. and A.A. Gomez. 1984. *Statistical Procedures for Agricultural Research*. New York : John Wiley and Sons, Inc.

ผลของการใช้แบคทีเรีย *Bacillus* spp. เป็นโปรไบโอติกผสมอาหาร ในการเลี้ยงปลานิล

Effect of *Bacillus* spp. as Probiotic in Feed on Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Culture

นัยนา เสนาศรี

Naiyana Senasri

คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร จังหวัดสกลนคร

E-mail : naiyananok@hotmail.com

บทคัดย่อ

การทดลองใช้แบคทีเรีย *Bacillus* spp. เป็นโปรไบโอติกผสมอาหารในการเลี้ยงปลานิล มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของปลานิล โดยทำการเลี้ยงปลานิลน้ำหนักเริ่มต้น 12.20-15.50 กรัมต่อตัว เลี้ยงในถังไฟเบอร์ขนาด 250 ลิตร โดยใช้ *Bacillus* spp. ในระดับประมาณเชื้อ 3.0×10^7 CFU/g ผสมกับอาหารเม็ดสำเร็จรูปในปริมาณที่แตกต่างกัน คือ 0, 1, 3 และ 5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เป็นระยะเวลา 30 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) ทำ 3 ซ้ำ พบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และอัตราการเจริญเติบโต ในชุดทดลองที่ใช้แบคทีเรีย *Bacillus* spp. ปริมาณ 3 กรัม ให้ผลดีที่สุด โดยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 9.21 ± 1.15 กรัมต่อตัว อัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 2.68 ± 0.04 กรัมต่อวัน ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับชุดทดลองอื่นๆ ส่วนอัตราการรอดตายไม่มีความแตกต่างทางสถิติในแต่ละชุดทดลอง ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ พบว่า อุณหภูมิของน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ไนโตรเจนในเตรท และแอมโมเนีย ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

คำสำคัญ : แบคทีเรีย บาซิลลัส โปรไบโอติก ปลานิล

Abstract

The using of *Bacillus* spp. as probiotic in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture was conducted to examine on weight gain, growth rate and survival rate of Nile Tilapia. Nile tilapia with initial weight of 12.20-15.50 g./fish was cultured in 250 liters fiber tanks for the experiment. The 3.0×10^7 CFU/g of *Bacillus* spp. with the concentration of 0, 1, 3 and 5 grams per 1 kilogram of commercial fish food were used to feed Nile tilapia for 30 days. They were laid out in completely randomized design with 3 replications. The results showed that the concentration of 3 g/kg was the best treatment in increasing weight gain of 9.21 ± 1.15 g/fish and growth rate of 2.68 ± 0.04 g/day, which was significantly different ($P < 0.05$) from other treatments. Whereas, there was no significant difference in survival rate. Analyses of water quality were found that water temperature was significantly different ($P < 0.05$) among treatments. There were no significant differences found in water pH, dissolved oxygen, nitrite, nitrate and ammonia. It was signified that treatments did not affect water quality for Nile tilapia culture.

Keywords : bacteria, *Bacillus* spp., Probiotic, Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

1. บทนำ

ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) เป็นปลาที่นิยมบริโภคของประชาชน เพราะมีรสชาติดี ตลาดมีความต้องการสูง ทั้งบริโภคในครัวเรือน ขายตามท้องตลาด ร้านอาหาร และภัตตาคาร อีกทั้งยังมีการนำปลานิลมาแปรรูปเพื่อจำหน่ายในหลายๆ รูปแบบ เช่น การทำปลานิลแดดเดียว การทำปลาเค็ม ปลาจุก ปลากรอบ เป็นต้น และเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยมีมูลค่าผลผลิตต่อปีสูงสุดในบรรดาสัตว์น้ำจืดทั้งหมด เนื่องจากเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย ขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว เป็นที่ต้องการทั้งตลาดในและต่างประเทศสูง (กรมประมง, 2550) ดังนั้นจึงได้มีการส่งเสริมการเพาะเลี้ยงปลานิลและพัฒนาระบบการเพาะเลี้ยงเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มากขึ้นด้วยวิธีการต่างๆ และวิธีที่กำลังได้รับความนิยมอีกวิธีหนึ่งคือการประยุกต์ใช้โปรไบโอติกมาใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Gatesoupe, 1999; Gomes-Gil *et al.*, 2000)

การใช้โปรไบโอติกเสริมในอาหารสัตว์น้ำ จะเป็นการช่วยรักษาระดับความสมดุลของจำนวนแบคทีเรียในทางเดินอาหาร ทำให้ตัวอ่อนของสัตว์น้ำมีอัตราการรอดชีวิต และผลผลิตจากสัตว์น้ำเพิ่มมากขึ้น (Villamil *et al.*, 2003) ปัจจุบันมีการนำแบคทีเรียสกุล *Bacillus* spp. มาใช้เป็นโปรไบโอติกกันมาก เนื่องจากเป็นแบคทีเรียที่มีโครงสร้างของสปอร์ทนความร้อนได้ดี อีกทั้งสามารถสร้างสารยับยั้งจุลินทรีย์ชนิดอื่น รวมทั้งผลิตเอนไซม์ได้หลายชนิดที่เป็นประโยชน์ต่อการย่อยอาหารและการเติบโต นอกจากนี้ยังสามารถผลิตได้ปริมาณมาก ง่ายต่อการเก็บรักษาและการขนส่ง (Green *et al.*, 1999; Nicholson *et al.*, 2000; Oggioni *et al.*, 2003; Van Rijn *et al.*, 1995) นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาการใช้แบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* spp. เป็นโปรไบโอติกที่มีต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และปริมาณเชื้อไวรัสโอในกุ้งขาวแวนนาไม โดยยุทธพลและนงนุช (2554) พบว่า น้ำหนักและอัตราการรอดตายกุ้งที่ได้รับอาหารผสมโปรไบโอติก มากกว่าชุดควบคุมที่ไม่ใส่ *Bacillus* spp. ($P < 0.05$)

ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงต้องการศึกษาประสิทธิภาพของแบคทีเรีย *Bacillus* spp. เป็นโปรไบโอติกผสมลงในอาหารต่อการเจริญเติบโต และอัตราการรอดของปลานิล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตในด้านธุรกิจปลานิลให้มากขึ้น

2. วิธีดำเนินการ

การวางแผนการทดลอง

การศึกษามูลของแบคทีเรีย *Bacillus* spp. เป็นโปรไบโอติกผสมในอาหารต่อการเลี้ยงปลานิล วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) เป็น 4 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำๆ ละ 25 ตัว คือ

ชุดการทดลองที่ 1 อาหารที่ไม่มีการผสมโปรไบโอติก (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 อาหารที่ผสมโปรไบโอติก *Bacillus* spp. 1 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

ชุดการทดลองที่ 3 อาหารที่ผสมโปรไบโอติก *Bacillus* spp. 3 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

ชุดการทดลองที่ 4 อาหารที่ผสมโปรไบโอติก *Bacillus* spp. 5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

การเตรียมอาหาร

โปรไบโอติกที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ในรูปผงที่ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท เค เอ็ม พี ไบโอเทค จำกัด ซึ่งประกอบไปด้วย *Bacillus* 2 สายพันธุ์ ได้แก่ *Bacillus subtilis* และ *Bacillus licheniformis* ในระดับประมาณเชื้อ 3.0×10^7 CFU/g ผสมกับอาหารเม็ดปลากินเนื้อ โดยแบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง คือ ชุดควบคุม และชุดการทดลองที่ผสมโปรไบโอติกความเข้มข้น 0, 1, 3 และ 5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม การผสมโปรไบโอติกลงในอาหารโดยใช้น้ำมันปลา 5 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรอาหาร สำหรับอาหารชุดควบคุมใช้อาหารเคลือบด้วย

น้ำมันปลาเพียงอย่างเดียว และให้อาหารให้แห้งเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำลูกปลาที่ได้จากฟาร์มเอกชนที่มีน้ำหนักเริ่มต้นที่ 12.20-15.50 กรัมต่อตัว มาเลี้ยงปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในถังไฟเบอร์ขนาด 500 ลิตร เป็นระยะเวลา 7 วัน ก่อนนำมาใช้ในการทดลอง

วิธีการทดลอง

สุ่มลูกปลานิลลงในถังเลี้ยง 250 ลิตร ที่เติมน้ำในปริมาตร 150 ลิตร จำนวน 12 ถัง แต่ละถังใช้ลูกปลานิลจำนวน 25 ตัว และให้อาหารตามที่กำหนดในแผนการทดลอง โดยให้ปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อมื้อ วันละ 2 ครั้ง (ที่เวลา 8.30 และ 16.00 น.) และเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 7 วัน โดยดูดน้ำออก 50 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นเติมน้ำเพื่อทดแทนและปรับปริมาตรให้เท่าเดิม

การบันทึกการทดลอง

บันทึกผลการทดลอง โดยทำการสุ่มจับปลาจำนวน 15 ตัวต่อถัง ของแต่ละซ้ำในชุดการทดลอง เมื่อเริ่มต้นการทดลองและทุกๆ 7 วัน จนกระทั่งครบ 30 วัน นำลูกปลานิลมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก เพื่อหาน้ำหนักตัวเฉลี่ย (กรัมต่อตัว) น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (กรัมต่อตัว) และคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอด จากสูตรดังนี้

$$1) \text{ อัตราการเจริญเติบโต} = \frac{\ln(\text{น้ำหนักสุดท้าย}) - \ln(\text{น้ำหนักเริ่มต้น})}{\text{ระยะเวลาการทดลอง (วัน)}} \times 100$$

$$2) \text{ อัตราการรอดตาย} = \frac{\text{จำนวนที่เหลือรอด (ตัว/บ่อ)}}{\text{จำนวนเมื่อเริ่มต้น (ตัว/บ่อ)}} \times 100$$

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way-ANOVA) ของค่าการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายของปลานิล และค่าคุณภาพน้ำ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป และหาความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธี Duncan's new multiple range test

3. ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการทดลองการใช้แบคทีเรีย *Bacillus* spp. เป็นโปรไบโอติกผสมในอาหารต่อการเลี้ยงปลานิลในปริมาณที่แตกต่างกัน คือ 0, 1, 3 และ 5 กรัม พบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยและอัตราการเจริญเติบโต ของปลานิลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Table 1 และ 2) โดยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยของชุดทดลองที่ใช้แบคทีเรีย *Bacillus* spp. ปริมาณ 3 กรัม ให้ผลดีที่สุด มีค่าเท่ากับ 9.21 ± 1.15 กรัมต่อตัว อัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 2.68 ± 0.04 กรัมต่อวัน ส่วนอัตราการรอดตายไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับชุดทดลองอื่นๆ (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ นิตยา และคณะ (2549) ได้ศึกษาเรื่อง การใช้จุลินทรีย์โปรไบโอติกในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius) พบว่า การใช้จุลินทรีย์โปรไบโอติกชนิด *B. subtilis* และ *B. licheniformis* ที่ 3 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม มีผลในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันของกุ้งกุลาดำได้เป็นที่น่าพอใจ โดยควรให้จุลินทรีย์ดังกล่าวอย่างต่อเนื่องในระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

Table 1 Weight gain of Nile tilapia at 30 days after feeding (Mean±SD)

Conc. of <i>Bacillus</i> spp. (g/kg)	Initial weight (g/fish)	Final weight (g/fish)	Weight gain (g/fish)
0	14.40±1.13	18.40±0.76 ^c	5.17±0.56 ^b
1	14.40±0.53	19.57±0.27 ^b	5.60±0.26 ^b
3	12.80±1.10	23.61±0.69 ^a	9.21±1.15 ^a
5	14.06±0.63	19.73±0.47 ^b	5.67±1.09 ^b

* Mean values with different superscripts in the same column were significantly different ($P<0.05$).

Table 2 Growth and survival rate of Nile tilapia at 30 days after feeding (Mean±SD)

Number of <i>Bacillus</i> spp. (g/feed 1 kg)	Growth rate (g/ each)	Survival rate (%)
0	2.36±0.05 ^{bc}	88.00±2.00
1	2.29±0.01 ^c	89.00±3.60
3	2.68±0.04 ^a	92.00±2.51
5	2.39±0.05 ^b	89.00±1.15

* Mean values with different superscripts in the same column were significantly different ($P<0.05$).

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ พบว่า อุณหภูมิของน้ำในชุดทดลองที่ใช้แบคทีเรีย *Bacillus* spp. 0 และ 1 กรัม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) มีค่าเท่ากับ 25.20±0.02 และ 25.80±0.04 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกับชุดทดลองที่ใช้ แบคทีเรีย *Bacillus* spp. 3 และ 5 กรัม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 25.66±0.11 และ 25.60±0.20 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ไนโตรเจน ไนเตรท และแอมโมเนีย ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 3) ในทุกชุดการทดลอง อาจจะเป็นผลจากตลอดระยะเวลา การทดลองมีการให้ออกซิเจนในการเลี้ยง ซึ่งเป็นการช่วยเพิ่มออกซิเจนในน้ำ เพราะถ้าค่าออกซิเจนในน้ำลดลงจะส่งผล ต่อการเพิ่มขึ้นของค่าแอมโมเนียในน้ำ ซึ่งเป็นปัญหาหลักสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และแบคทีเรีย *Bacillus* spp. สามารถทำงานได้ทั้งสภาวะที่มีออกซิเจนหรือไม่มีออกซิเจนเลยก็ได้ จึงเหมาะสำหรับนำมาช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ ฟุ้งบ่อ ซึ่งจะช่วยลดปริมาณแอมโมเนียและไนโตรเจนได้ในน้ำได้ (ธวัชชัย, 2550)

Table 3 Water quality in fiber tank culturing of Nile tilapia at 30 days after feeding (Mean±SD).

Parameters	Water quality			
	<i>Bacillus</i> spp. 0 g/feed 1 kg	<i>Bacillus</i> spp. 1 g/feed 1 kg	<i>Bacillus</i> spp. 3 g/feed 1 kg	<i>Bacillus</i> spp. 5 g/feed 1 kg
Temperature (C°)	25.20±0.02 ^b	25.80±0.04 ^a	25.66±0.11 ^{ab}	25.60±0.20 ^{ab}
pH	6.84±0.01	6.92±0.05	7.05±0.51	7.00±0.17
O ₂ (mg/L)	6.40±1.21	6.76±1.00	6.16±0.64	7.06±1.19
Nitrite (mg/L)	0.03±0.01	0.03±0.00	0.03±0.00	0.03±0.00
Nitrate (mg/L)	11.00±3.00	14.33±8.96	12.33±8.38	14.83±10.68
Total ammonia nitrogen (mg/L)	1.60±0.59	1.85±0.40	1.06±0.16	1.85±0.33

* Mean values with different superscripts in the same row were significantly different ($P<0.05$)

4. สรุป

ผลของโปรไบโอติกที่ผสมลงในอาหารต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอด พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปลาไนที่ได้รับอาหารผสม *Bacillus* spp. มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยและอัตราการเจริญเติบโตมากกว่าปลาไนที่ไม่ได้รับอาหารผสมโปรไบโอติก และ *Bacillus* spp. ที่ใช้ผสมอาหารที่ 3 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้ในการเลี้ยงปลาไน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร ที่เอื้ออำนวยความสะดวกในการทำการวิจัย และขอขอบคุณบริษัท เค เอ็ม พี ไบโอเทค จำกัด ที่ให้การสนับสนุนผลิตภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus* spp. ชนิดผงของบริษัทในการทำการวิจัยครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง. 2550. การเพาะเลี้ยงปลาไนในบ่อดิน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://gms.oae.go.th/Z_Show.asp?ArticleID [14 พฤศจิกายน 2557]
- รัชชัย สันติกุล. 2550. หนังสือพิมพ์เทคโนโลยีชาวบ้าน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.nicaonline.com/webboard/index.php?topic=5677.0> [14 พฤศจิกายน 2557]
- ยุทธพล คงกระจำ และ นงนุช เลหาะวิสุทธิ. 2554. การใช้แบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* spp. เป็นโปรไบโอติกที่มีต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และปริมาณเชื้อไวรัสในกุ้งขาวแวนนาไม. ใน เรื่องเติมการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49: สาขาประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ, หน้า 400-407
- Gatesoupe, F. J. 1999. The use of probiotics in aquaculture. *Aquaculture*. 180: 147-165.

- Gomes-Gil, B., A. Roque, and J.F. Turnbull. 2000. The use and selection of probiotic bacteria for use in the culture of larval aquatic organisms. **Aquaculture**. 191: 259-270.
- Green, D.H., P.R. Wakeley, A. Page, A. Barnes, L. Baccigalupi, E. Ricca and S.M. Cutting. 1999. Characterization of two *Bacillus* probiotics. **Appl. Environ. Microbiol.** 65: 4288-4291.
- Nicholson, W.L., N. Munakata, G. Horneck, H.J. Melosh and P. Setlow. 2000. Resistance of endospores to extreme terrestrial and extraterrestrial environments. **Microbiol. Mol. Biol.** 64: 548-572.
- Oggioni, M.R., A. Ciabattini, A.M. Cuppone and G. Pozzi. 2003. *Bacillus* spores for vaccine delivery. **Vaccine**. 21: 96-101
- Van Rijn, J., N. Fonarev and B. Berkowitz. 1995. Anaerobic treatment of fish culture effluents: digestion of fish feed and release of volatile fatty acids. **Aquaculture**. 33: 9-20.
- Villamil, L., A. Figueras., M. Planas and B. Novoa. 2003. Control of *Vibrio alginolyticus* in artemia culture by treatment with bacterial probiotic. **Aquaculture** 219: 43-56.

การทดสอบพันธุ์ข้าวไร่ (ข้าวเหนียว) ในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงโป่งคำ จังหวัดน่าน

Yield Trial of Upland Rice (*Oryza sativa* L. var. *glutinosa*) at Pongkum, Nan Province

สุเมธ ตีระวิไชย^{1*} พิชัย สุรพรไพบูลย์² พิกุล สุรพรไพบูลย์² สรिता ปันมณี¹

¹ สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) 65 ม.1 ถ.สุเทพ ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

² คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน อ.ภูเพียง จ. น่าน 55000

E-mail: vigo1014@hotmail.co.th โทร. 0892654675

บทคัดย่อ

การทดสอบพันธุ์ข้าวไร่ (ข้าวเหนียว) ในพื้นที่ของโครงการขยายผลโครงการหลวงโป่งคำ ตำบลดู่พงษ์ อำเภอสันติสุข จังหวัดน่าน ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2557 เพื่อหาพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับปลูกในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงโป่งคำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) ทำ 4 ซ้ำ ใช้พันธุ์ข้าวไร่พื้นเมือง (ข้าวเหนียว) 19 พันธุ์ ปลูกทดสอบเปรียบเทียบกับพันธุ์ข้าวแม่จัน ซึ่งเป็นพันธุ์รับรองจากกรมวิชาการเกษตร ผลการทดลองพบว่า พันธุ์ข้าวไร่ทั้ง 20 พันธุ์มีศักยภาพในการให้ผลผลิตเมื่อปลูกในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงโป่งคำไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยทั้ง 20 พันธุ์นี้ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3.12 ตันต่อเฮกตาร์ พันธุ์ข้าวแม่จันซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบให้ผลผลิต 2.84 ตันต่อเฮกตาร์

คำสำคัญ: การทดสอบพันธุ์, ข้าวไร่, ข้าวเหนียว, จังหวัดน่าน, พันธุ์ข้าวแม่จัน

Abstract

Yield trial of upland rice (glutinous rice) was studied in the Expansion Royal Project Area namely Pongkumat Duphongsubdistrict, Santisukdistrict, Nan province. This study aimed to rice varietal selection for yield and adaptability in the environment of Pongkum Area. Nineteen local upland rice varieties (glutinous rice) were planted with Sew Mae Jan, a certificated variety from Department of Agriculture during June to October 2014 growing season. Randomized complete block design (RCBD) was laid out with 4 replications. The results showed that the yield of whole varieties were not significant ($P > 0.05$) and gave mean yield of 3.12 tons per hectare. While check variety, Sew Mae Jan gave the yields of 2.84 tons per hectare. This study indicated that they performed in the same yield potential for Pongkum Area.

Keywords: Nan, *Oryza sativa* L. var. *glutinosa*, Sew Mae Jan, upland rice, yield trial

1. บทนำ

โครงการขยายผลโครงการหลวงโป่งคำ เป็นหน่วยงานหนึ่งของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) มีพื้นที่รับผิดชอบครอบคลุม 6 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านดอนดู่พงษ์ บ้านต้นผึ้ง บ้านโป่งคำ บ้านน้ำไธสง บ้านนาเลา และบ้านศรีบุญเรือง ตำบลดู่พงษ์ อำเภอสันติสุขจังหวัดน่าน ภูมิประเทศส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นภูเขาเป็นเนินภูเขาสูงมากกว่าที่ราบ มีระดับความสูงตั้งแต่ 250-550 เมตร อุณหภูมิจะอยู่ในช่วง 15-30 องศาเซลเซียส แต่ในบางครั้ง ในฤดูหนาวอุณหภูมิจะ

ลดลงถึง 5 องศาเซลเซียส ซึ่งจะหนาวเย็นมากพอสมควร น้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 700-1,100 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งเป้าหมายหนึ่งของโครงการขยายผลฯ ที่ดำเนินการในพื้นที่ก็คือ การทำให้ชุมชนมีความมั่นคงด้านอาหารโดยเฉพาะข้าวอย่างยั่งยืน (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง, ม.ป.ป.) แต่ในการผลิตข้าวไร่นั้น พันธุ์ข้าวเป็นสิ่งที่จำเป็นในการผลิตข้าวบนที่สูงเป็นอย่างยิ่ง กระบวนการผลิตข้าวบนพื้นที่สูงมีปัจจัยสำคัญในการผลิตเพียง พันธุ์ข้าว ดิน และปริมาณน้ำฝน ส่วนปัจจัยอื่นๆ เช่น ปุ๋ย สารเคมี มีการใช้น้อยมาก ดังนั้นพันธุ์ข้าวที่เกษตรกรใช้ปลูกจึงต้องเป็นพันธุ์ที่สามารถปรับตัวได้ดีกับสภาพแวดล้อมของท้องถิ่น (กลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคเหนือตอนบน, 2553) และเนื่องจากพันธุ์ข้าวไร่ประเภทข้าวเหนียวที่เกษตรกรปลูกนั้นมีหลากหลายพันธุ์ จึงได้ทำการทดสอบพันธุ์ข้าวไร่ประเภทข้าวเหนียว เพื่อหาพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับปลูกในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงโป่งคำ

2. วิธีการทดลอง

ทำการปลูกข้าวไร่ในพื้นที่ของโครงการขยายผลโครงการหลวงโป่งคำตำบลดู่พงษ์ อำเภอสันติสุข จังหวัดน่าน ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2557 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) ทำ 4 ซ้ำ ประกอบด้วยพันธุ์ข้าวไร่พื้นเมืองประเภทข้าวเหนียวที่เกษตรกรในพื้นที่นิยมปลูกจำนวน 19 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ข้าวเบลาชานควร พันธุ์ข้าวเหนียวแดง พันธุ์ข้าวเหนียวศูนย์ พันธุ์ข้าวเหนียวดำน้ำพัน พันธุ์ข้าวชีวมัตใหญ่ พันธุ์ข้าวเหนียวแดงน้ำพัน พันธุ์ข้าวเหนียวดำละแบ๋ยา พันธุ์ข้าวเบลาชียงตอน พันธุ์ข้าวปึก พันธุ์ข้าวเหนียวดำตอ พันธุ์ข้าวเหนียวแดงกุ่ม่วง พันธุ์ข้าวแพร่สวรรค์ พันธุ์ข้าวเหนียวดำเม็ดยาว พันธุ์ข้าวขาว พันธุ์ข้าวคุณ พันธุ์ข้าวเหนียวดำเม็ดสั้น พันธุ์ข้าวเหนียวดำใบดำ พันธุ์ข้าวเปี้ยวตั้งแป๊ะ และพันธุ์ข้าวเหนียวดำใบเขียว ปลูกเปรียบเทียบกับพันธุ์ข้าวชีวมัจฉา ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ได้รับการรับรองจากกรมวิชาการเกษตร โดยเริ่มปลูกในช่วงกลางเดือนมิถุนายน เมื่อดินมีความชื้นเหมาะสม ก่อนปลูกทำการเตรียมพื้นที่ตามกรรมวิธีของกลุ่มเกษตรกรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ จากนั้นจึงปลูกข้าวไร่พันธุ์ละ 6 แถว ยาวแถวละ 4 เมตร ด้วยวิธีการกระทุ้งดินให้เป็นหลุมแล้วหยอดเมล็ดในอัตรา 7-9 เมล็ดต่อหลุม ใช้ระยะปลูก 25 X 25 เซนติเมตร เมื่อต้นข้าวงอกแล้วจึงถอนให้เหลือเพียง 3 ต้นต่อหลุมหลังจากปลูก 25 วัน ทำการกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และเมื่อต้นข้าวมีอายุ 60 วันหลังปลูกทำการกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ด้วยปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการป้องกันกำจัดศัตรูพืชอื่นๆ จะปฏิบัติตามความจำเป็นด้วยวิธีการที่เหมาะสมเมื่อพบว่ามีการระบาดของศัตรูพืช ข้อมูลที่บันทึก ได้แก่ อายุออกรวง อายุสุกแก่ ความสูงของต้น จำนวนหน่อตอกอ จำนวนรวงตอกอ จำนวนเมล็ดตอรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิต

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ และหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ตามวิธีของ Gomez and Gomez (1984)

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

จากผลการทดลอง (ตารางที่ 1) เมื่อพิจารณาผลผลิตของข้าวไร่พบว่า พันธุ์ข้าวไร่ทั้ง 20 พันธุ์ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยให้ผลผลิตเฉลี่ย 3.12 ตันต่อเฮกตาร์ ในขณะที่พันธุ์ชีวมัจฉาซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบกับผลผลิต 2.84 ตันต่อเฮกตาร์ ซึ่งเมื่อพิจารณาองค์ประกอบของผลผลิต คือ จำนวนรวงตอกอ จำนวนเมล็ดตอรวง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด และลักษณะทางพืชไร่อื่นๆ ได้แก่ อายุออกรวง อายุสุกแก่ ความสูงของต้น และจำนวนหน่อตอกอ พบว่าพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์ข้าวไร่ทั้ง 20 พันธุ์มีความแปรปรวนในลักษณะต่างๆ แสดงให้เห็นว่า พันธุ์ข้าวไร่ทั้ง 20 พันธุ์นี้สามารถเจริญเติบโตและปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงโป่งคำได้

แตกต่างกัน แต่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน ซึ่งสาเหตุที่พันธุ์ข้าวไร่ทั้ง 20 พันธุ์ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันแม้ว่าจะมีองค์ประกอบของผลผลิต คือ จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวงและน้ำหนัก 1,000 เมล็ดที่แตกต่างกัน ($P < 0.01$) เนื่องจากผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับองค์ประกอบของผลผลิต (ไม่ได้แสดงผลการวิเคราะห์ไว้ในตาราง) พบว่า ผลผลิตไม่มีสหสัมพันธ์กับองค์ประกอบของผลผลิต ($P > 0.05$) นั้นแสดงว่า สาเหตุที่ทำให้พันธุ์ข้าวไร่ทั้ง 20 พันธุ์ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน เป็นผลเนื่องมาจากการเพิ่มหรือลดลงขององค์ประกอบของผลผลิตแต่ละตัวนั้น เป็นไปในลักษณะที่สมดุลกัน ซึ่งเป็นไปตามกฎเกณฑ์ของ Grafius (Adam, 1967) จากผลการทดลองจึงแสดงให้เห็นว่า พันธุ์ข้าวไร่ทั้ง 20 พันธุ์มีศักยภาพในการให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน เมื่อปลูกในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงโป่งคำ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาลักษณะทางพืชไร่อื่นๆ ได้แก่ อายุออกรวง อายุสุกแก่ ความสูงของต้น และจำนวนต้นต่อกอของพันธุ์ข้าวไร่อื่น ๆ เปรียบเทียบกับพันธุ์ข้าวไร่แม่จัน พบว่าพันธุ์ข้าวไร่แต่ละพันธุ์นั้นจะมีลักษณะประจำพันธุ์ที่แตกต่างกัน เมื่อเจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมของพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงโป่งคำ โดยพันธุ์ข้าวไร่ส่วนใหญ่มีอายุออกรวงไม่แตกต่างจากพันธุ์ข้าวไร่แม่จัน แต่จะมีอายุสุกแก่ที่ยาวกว่า มีลักษณะลำต้นสูง แต่แตกกอน้อยกว่าพันธุ์ข้าวไร่แม่จัน ซึ่งพันธุ์ข้าวไร่แม่จันมีลักษณะประจำพันธุ์ คือ มีอายุออกรวง 85.5 วัน อายุสุกแก่ 108.8 วัน ความสูงของต้น 109.1 เซนติเมตร และจำนวนต้นต่อกอ 16.2 ต้น

4. สรุป

การทดสอบพันธุ์ข้าวไร่ (ข้าวเหนียว) ในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงโป่งคำ จังหวัดน่าน พบว่าพันธุ์ข้าวไร่ประเภทข้าวเหนียวทั้ง 20 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ข้าวเบลาลาแซนควร พันธุ์ข้าวเหนียวแดง พันธุ์ข้าวเหนียวศูนย์ พันธุ์ข้าวเหนียวดำน้ำพัน พันธุ์ข้าวเหนียวเม็ดใหญ่ พันธุ์ข้าวเหนียวแดงน้ำพัน พันธุ์ข้าวเหนียวดำละแบ๋ยา พันธุ์ข้าวเบลาลาแซนควร พันธุ์ข้าวปัก พันธุ์ข้าวเหนียวดำดอ พันธุ์ข้าวเหนียวแดงกุ่ม่วง พันธุ์ข้าวแพร่สวรรค์ พันธุ์ข้าวเหนียวดำเม็ดยาว พันธุ์ข้าวขาว พันธุ์ข้าวคุณ พันธุ์ข้าวเหนียวดำเม็ดสั้น พันธุ์ข้าวเหนียวดำใบดำ พันธุ์ข้าวเขี้ยวตั้งแป๊ะ พันธุ์ข้าวเหนียวดำใบเขียว และพันธุ์ข้าวเหนียวแม่จันมีศักยภาพในการให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อปลูกในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงโป่งคำ โดยทั้ง 20 พันธุ์ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3.12 ตันต่อเฮกตาร์ ในขณะที่พันธุ์ข้าวไร่แม่จันซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบให้ผลผลิต 2.84 ตันต่อเฮกตาร์

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณสำหรับการวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคเหนือตอนบน. 2553. เทคโนโลยีการทำนาขั้นบันไดบนพื้นที่สูง. เอ.พี.คอม, เชียงใหม่. 82 น.
- สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง. ม.ป.ป. ข้อมูลพื้นฐานโครงการขยายผลโครงการหลวงโป่งคำ อำเภอสันติสุข จังหวัดน่าน. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: www.eherb.hrdi.or.th/pdf/suntisook.pdf (25 พฤษภาคม 2557).
- Adams, M.W. 1967. Basic of yield component compensation in crop plants with special references to the field bean (*Phaseolus vulgaris*). *Crop Sci.* 7: 505-510.
- Gomez, K.A. and A.A. Gomez. 1984. *Statistical Procedures for Agricultural Research*. John Wiley and Sons, Inc., New York. 680 p.

ตารางที่ 1 ผลผลิต องค์ประกอบของผลผลิตและลักษณะทางพืชไร่อื่น ๆ จากการเปรียบเทียบพันธุ์ข้าวไร่ (ข้าวนาหยา) ในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงโป่งคำ จังหวัดน่าน

พันธุ์ข้าวไร่	อายุ		ความสูง ของต้น (เซนติเมตร)	จำนวนหน่อ		จำนวนรวง	จำนวนเมล็ด (เมล็ด)	น้ำหนัก 1,000เมล็ด (กรัม)	ผลผลิต (ตัน/เฮกตาร์)
	ออกรวง (วัน)	อายุ สุกแก่ (วัน)		ตอกอ (หน่อ)	ตอกอ (รวง)				
1. ข้าวเบลาซานดร	91.3 ^{a-f}	120.0 ^{a-e}	127.00 ^{cde}	9.7 ^{b-f}	9.7 ^{b-f}	159.9 ^a	35.50 ^{cde}		3.43
2. ข้าวนาหยาแดง	85.0 ^{e-g}	113.8 ^{d-g}	123.70 ^{d-g}	8.0 ^f	8.0 ^f	113.0 ^{bc}	33.00 ^{dh}		2.93
3.ข้าวนาหยาบุญ	87.0 ^{c-g}	121.3 ^{a-e}	106.80 ⁱ	11.2 ^{bcd}	11.2 ^{bcd}	112.5 ^{bc}	31.50 ^{ei}		2.72
4.ข้าวนาหยาดำน้ำพัน	83.8 ^{fg}	117.5 ^{b-f}	116.00 ^{fi}	9.5 ^{b-f}	9.5 ^{b-f}	116.2 ^{bc}	31.25 ^{fi}		3.23
5.ข้าวนาหยาโตใหญ่	91.3 ^{a-f}	119.0 ^{a-e}	125.40 ^{c-f}	11.1 ^{b-e}	11.0 ^{b-e}	129.0 ^{bc}	33.25 ^{dh}		3.44
6.ข้าวนาหยาแดงน้ำพัน	81.3 ^g	109.3 ^{fg}	128.55 ^{b-e}	8.6 ^{ef}	8.6 ^{ef}	121.4 ^{bc}	43.50 ^a		3.34
7.ข้าวนาหยาดำทะเลบ้ายา	92.0 ^{a-e}	125.8 ^{ab}	111.10 ^{hi}	9.5 ^{b-f}	9.5 ^{b-f}	120.4 ^{bc}	37.75 ^{bc}		3.29
8.ข้าวนาหยาเขียวตอง	88.8 ^{b-g}	113.8 ^{d-g}	120.70 ^{eh}	8.0 ^f	8.0 ^f	116.7 ^{bc}	41.00 ^{ab}		2.64
9.ข้าวก๊าก	86.0 ^{d-g}	114.8 ^{d-g}	123.30 ^{d-g}	10.4 ^{b-f}	10.4 ^{b-f}	105.3 ^c	34.50 ^{c-g}		3.06
10.ข้าวนาหยาดำตอ	81.3 ^g	113.3 ^{e-g}	114.40 ^{ghi}	9.8 ^{b-f}	9.8 ^{b-f}	111.6 ^{bc}	29.00 ⁱ		3.26
11.ข้าวนาหยาแดงกิม่วง	91.8 ^{a-e}	120.5 ^{a-e}	131.10 ^{bcd}	10.7 ^{b-e}	10.7 ^{b-e}	123.8 ^{bc}	35.00 ^{c-f}		2.97
12.ข้าวนาพรสวรรค์	90.0 ^{a-f}	121.5 ^{a-e}	121.10 ^{efg}	11.8 ^b	11.8 ^b	127.0 ^{bc}	33.00 ^{dh}		3.17
13.ข้าวนาหยาดำเม็ดยาว	97.3 ^a	124.8 ^{abc}	106.40 ⁱ	9.0 ^{c-f}	9.0 ^{c-f}	126.3 ^{bc}	36.00 ^{cd}		3.47
14. ข้าวขาว	96.3 ^{ab}	126.8 ^a	131.40 ^{bcd}	11.7 ^b	11.7 ^b	105.2 ^c	30.00 ^{hi}		2.97
15. ข้าวดุน	93.8 ^{abc}	122.0 ^{a-d}	120.20 ^{eh}	10.0 ^{b-f}	10.0 ^{b-f}	116.3 ^{bc}	30.25 ^{hi}		3.21
16.ข้าวนาหยาดำเม็ดสั้น	91.8 ^{a-e}	125.0 ^{ab}	138.20 ^{ab}	8.9 ^{c-f}	8.9 ^{c-f}	131.3 ^{abc}	30.50 ^{ghi}		2.89
17.ข้าวนาหยาดำใบดำ	93.0 ^{a-d}	121.0 ^{a-e}	134.10 ^{abc}	9.0 ^{c-f}	9.0 ^{c-f}	132.5 ^{abc}	33.25 ^{dh}		2.97
18.ข้าวนาเบียดังเป๊ะ	85.5 ^{d-g}	116.3 ^{c-g}	116.10 ^{fi}	11.4 ^{bc}	11.4 ^{bc}	113.4 ^{bc}	43.00 ^a		3.07

ตารางที่ 1 (ต่อ)

พันธุ์ข้าวไร่	อายุ ออกรวง (วัน)	อายุ สุกแก่ (วัน)	ความสูง ของต้น (เซนติเมตร)	จำนวนหน่อ ตอก (หน่อ)	จำนวนรวง ตอก (รวง)	จำนวนเมล็ด ต่อรวง (เมล็ด)	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)	ผลผลิต (ตัน/เฮกตาร์)
19.ข้าวเหนียวดำใบเขียว	93.8 ^{abc}	124.3 ^{abc}	143.80 ^a	8.7 ^{def}	8.7 ^{def}	115.4 ^{bc}	29.25 ^{hi}	3.42
20.ข้าวเจ้าแม่เงิน (พันธุ์เปรี้ยบเทียบ)	85.5 ^{d-g}	108.8 ^g	109.10 ⁱ	16.2 ^a	16.2 ^a	118.0 ^{ab}	23.50 ^j	2.84
Mean	89.3	119.0	122.40	10.1	10.1	121.6	33.70	3.12
F-test ¹	**	**	**	**	**	**	**	ns
CV (%)	4.54	3.84	4.31	13.51	13.51	12.49	6.62	24.98

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

ค่าเฉลี่ยแต่ละคอลัมน์ ตัวอักษรที่กำกับต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

เทคโนโลยีแบบผสมผสานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต มันสำปะหลังในจังหวัดฉะเชิงเทรา

Integrated Technology for Improving Efficiency to Cassava Production in Chachoengsao Province

สุเมต ทับเงิน^{1*} กฤษณา ทิวาตรี² ปฏิวดี อยู่สุข²

Sumet Tabngeon^{1*} Kritsana Tiwatri² Patiwat Yusuk²

¹ สถานีวิจัยเขาหินซ้อน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.ฉะเชิงเทรา 24120

² ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 2, กรมพัฒนาที่ดิน

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จ.ฉะเชิงเทรา 24120.

E-mail address: suskutt165@gmail.com. 086-0981157

บทคัดย่อ

ศึกษาการใช้เทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตแบบผสมผสาน ณ สถานีวิจัยเขาหินซ้อน อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 4 ซ้ำ เริ่มทำการทดลองเดือน มิถุนายน 2557 และเก็บเกี่ยวเดือนกุมภาพันธ์ 2558 ปัจจัยทดลองคือมันสำปะหลัง 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และห้วยบง 80 ปลูกลงโดยใช้เทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตแบบผสมผสานโดยมีวิธีการดังต่อไปนี้ 1. ตัดยอดที่แตกออกจากท่อนพันธุ์ จำนวน 1 ครั้ง ที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 60 เซนติเมตร 2. ให้น้ำแบบน้ำหยดผิวดินโดยรักษาระดับแรงดันน้ำในดินให้อยู่ระหว่าง -0.1 ถึง -0.4 บาร์ 3. ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ที่อายุ 15 วัน และ 45 วัน หลังการปลูก จำนวน 2 ครั้งๆ ละ 30 กรัม/ต้น (63.96 กิโลกรัม/ไร่) 4. ใส่ปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 1 กิโลกรัม/ต้น (1,066 กิโลกรัม/ไร่) ผลการทดลองพบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ให้ค่าเฉลี่ยความสูงของทรงต้น ผลผลิตหัวสด และค่าดัชนีเก็บเกี่ยว 293.19 เซนติเมตร, 9,687.28 กิโลกรัม/ไร่ และ 0.59 ตามลำดับ สูงกว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 โดยให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 270.46 เซนติเมตร, 8,583.97 กิโลกรัม/ไร่ และ 0.55 ตามลำดับ ส่วนปริมาณแป้งในหัวสด (เปอร์เซ็นต์แป้ง) มันสำปะหลังทั้ง 2 พันธุ์ให้ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันโดยพันธุ์ห้วยบง 80 และ เกษตรศาสตร์ 50 ให้ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 25.85 และ 25.72 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลผลิตหัวแห้ง พบว่ามีความแตกต่างระหว่างพันธุ์โดยพันธุ์ห้วยบง 80 ให้ผลผลิตหัวแห้ง 3,209.50 กิโลกรัม/ไร่ มากกว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (2,865.67 กิโลกรัม/ไร่) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ : มันสำปะหลัง, ปุ๋ยเคมี, ปุ๋ยมูลไก่

Abstract

Study of integrated technology for cassava were experimented at Kao Hin son Research station, Phanomsarakam District, Chachoengsao Province. The experiment was laid out as randomize complete block design with 4 replications, during June 2014 - February 2015. Two cassava varieties, Kasetsart 50 and Huay Bong 80, were use as treatments. Both varieties were use integrated crop improving technology, which had 4 applications; 1) top-shoot cutting, 0.60-meter height once time, 2) irrigated with surface drip irrigation, remaining soil matric potential between -0.1 to 0.4 bars all, 3) applied with 15-15-15 chemical fertilizer, 30 g plant⁻¹ time⁻¹ (63.96 kg rai⁻¹ time⁻¹) on 15 and 45 days after planting, 4) chicken manure 1 kg plant⁻¹, applied to soil before planting (1,066 kg rai⁻¹). Growth and yield (plant

height, fresh and dry weight of tuber, harvest index and percent of starch) were compared between two cassava varieties. The results showed that Huay Bong 80 variety gave plant height, fresh weight of tuber and harvest index (293.16 cm, 9,687.28 kg rai⁻¹ and 0.59, respectively) higher than Kasetsart 50 variety (270.46 cm, 8,583.97 kg rai⁻¹ and 0.55), respectively. Starch percentages of Huay Bong 80 and Kasetsart 50 were not significantly different (25.85 and 25.72 percent, respectively). For dry root yield, Huay Bong 80 significantly had more dry root yield than Kasetsart 50 (3209.50 and 2,865.67 kg/rai, respectively).

Keywords : cassava , chemical fertilizer(CF), chicken manure (CM)

1. บทนำ

การศึกษาและวิจัยมันสำปะหลังได้มีการดำเนินงานมาตั้งแต่ปี 2516 โดย สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร, ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรมส่งเสริมการเกษตร และกรมพัฒนาที่ดิน มีผลงานวิจัยออกสู่สายตาสาธารณชนเป็นจำนวนมากพร้อมทั้งจัดทำเอกสารเผยแพร่วิชาการ ตำราเรียน เพื่อให้เกษตรกร นักวิชาการ นิสิต และนักศึกษา สามารถนำไปใช้อ้างอิง หรือประโยชน์ในการประกอบอาชีพ โดยพระราชบัญญัติ (2558) ได้รายงานสถานการณ์การผลิตและการค้ามันสำปะหลัง ฤดูกาลผลิต 2557/58 ไทยมีพื้นที่เพาะปลูกจำนวน 8,836 ล้านไร่สูงสุดในรอบ 10 ปี จากเดิมที่สำรวจในปี 2548/2549 ซึ่งมีพื้นที่จำนวน 6,693 ล้านไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 3.536 ตัน/ไร่ โดยมีผลผลิตเฉลี่ยใกล้เคียงกับเมื่อ 10 ปีที่ผ่านมาคือ 3.37 ตันต่อไร่ จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นสะท้อนให้เห็นว่าไทยเรามุ่งเน้นการขยายพื้นที่การเพาะปลูก มากกว่าที่จะแก้ไขปัญหาวิธีการเพิ่มผลผลิต ดังนั้นจึงควรนำข้อมูลหรืองานวิจัยต่างๆ ที่เผยแพร่กลับมาสังเคราะห์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังของไทย มากกว่าการเพิ่มจำนวนหรือขยายพื้นที่การเพาะปลูก อันเป็นการสร้างความยั่งยืนให้กับอุตสาหกรรมการค้ามันสำปะหลังของไทย ซึ่งแนวทางที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าวข้างต้นในการที่จะเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังคือ การใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ปริมาณที่เหมาะสม หรือตามค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชในดินของแปลงนั้นๆ เช่น ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 หรือ 15-7-18 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก อัตราระหว่าง 1-3 ตัน/ไร่ (ปิยะ และคณะ, 2542) และพบว่ามันสำปะหลังต้องการปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม สัดส่วนของธาตุอาหารเท่ากับ 2 : 1 : 2 ซึ่งดินร่วนเหนียว ดินร่วนทราย ใช้อัตรา 70 กิโลกรัม/ไร่ และดินทราย ใช้ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ (Howeler, 1991b) ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยหมักมูลสัตว์ต่างๆ) ให้แก่ดินมีผล ช่วยให้ลดความหนาแน่นรวมของดิน ทำให้ดินเกิดเม็ดดิน และเพิ่มความจุในการอุ้มน้ำ แต่ต้องใช้น้ำจำนวนมาก (จรรยา และถวิล, 2520) มันสำปะหลังเป็นพืชทนทานต่อฤดูแล้ง สามารถปลูกได้ในเขตพื้นที่ ที่มีปริมาณน้ำฝนตกต่ำกว่า 800 มิลลิเมตร/ปี มีช่วงฤดูแล้งนาน 4-6 เดือน แต่การเจริญเติบโตและผลผลิตจะลดลงเมื่ออยู่ในสภาพแล้งติดต่อกันยาวนาน การลดลงของผลผลิตขึ้นอยู่กับช่วงระยะเวลาของการเจริญเติบโต ถ้าขาดน้ำในช่วง 1-5 เดือนหลังปลูก ซึ่งเป็นระยะตั้งแต่ปลูก การออกราก แตกใบและพัฒนา การสะสมอาหารในหัว การขาดน้ำในระยะนี้อย่างน้อยที่สุด 2 เดือน ทำให้ผลผลิตลดลง 32-60 เปอร์เซ็นต์ (Connor *et al*, 1981) การปลูกในสภาพที่มีฝนตกกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอตลอดฤดูการเพาะปลูก มีผลทำให้ผลผลิตของมันสำปะหลังสูงสุด Nayar *et al*. (1993) พบว่าการปลูกมันสำปะหลังในสภาพพายุฝนธรรมชาติ การตกกระจายตัวของน้ำฝนสม่ำเสมอ ทำให้ผลผลิตเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก เดิมจำนวน 3.3 ตันต่อไร่ เป็นจำนวน 6.4 ตันต่อไร่ ซึ่งสอดคล้องกับ Cox (1985) ถ้ามันสำปะหลังช่วงอายุที่ 1-3 เดือน และ 3-5 เดือน หลังการเพาะปลูกขาดน้ำหรือสภาพแล้ง ทำให้ผลผลิตเฉลี่ยลดลงอยู่ระหว่าง 55.5 - 61.1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการขาดน้ำในช่วงฤดูแล้งที่ติดต่อกันเป็นระยะเวลา 6 เดือนคือ ช่วงเดือนพฤษภาคม-ถึงเดือนเมษายน มันสำปะหลังจะชะงักการเจริญเติบโต ดังนั้นถ้ามีการให้น้ำเสริมในช่วงดังกล่าว หรือฝนทิ้งช่วงติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้มันสำปะหลังสามารถเจริญเติบโต และสะสมอาหารในหัวได้อย่างต่อเนื่อง ประกอบกับเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดเชิงเทรานิยมปลูกมันสำปะหลัง

ช่วงปลายฝนคือ เดือนตุลาคม-ถึงเดือนธันวาคม ซึ่งช่วงอายุดังกล่าวเป็นระยะที่มันสำปะหลัง กำลังเจริญเติบโต พัฒนา ด้านลำต้น ใบ และหัว (พงษ์ศักดิ์, 2548; Lorenzi, 1978) ส่วนดิเรก และคณะ (2543) กล่าวว่า มันสำปะหลังมีความ ต้องการน้ำตลอดฤดูกาลเพาะปลูก ในปริมาณตั้งแต่ 1,200-1,600 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ หรือ 75.00 - 100.00 ซม. และในช่วงของระยะเวลาดังกล่าว Howeler and Cadavid (1983) พบว่าอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดของมันสำปะหลัง คือ อายุ 3-5 เดือน หลังการเพาะปลูก โดยการวัดการกระจายน้ำหนักแห้งในรูปเศรษฐศาสตร์คือ ค่าสัดส่วนระหว่าง ผลผลิตทางชีวภาพ (ทั้งต้น) กับผลผลิตทางเศรษฐกิจ (หัว) ซึ่งเรียกว่า ดัชนีการเก็บเกี่ยว (Harvest index) ค่านี้จะ บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของการผลิตมันสำปะหลังพันธุ์นั้นๆ จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นยังคงไม่เพียงพอ สำหรับการเพิ่มศักยภาพการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังของเกษตรกรไทย การเพิ่มจำนวนพื้นที่ใบ เพื่อการสังเคราะห์แสง การเพิ่ม อายุใบโดยการตัดยอดจากกิ่ง (แขนง) ที่แตกออกจากท่อนพันธุ์ เพื่อเพิ่มจำนวนกิ่ง (แขนง) นับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง ที่จะช่วยให้มันสำปะหลังมีความสามารถในการที่จะสะสมอาหารที่หัวได้มากขึ้นโดยการเพิ่มจำนวนยอด (number of active apices) ซึ่งจำนวนใบที่ปลูกสร้างขึ้นต่อยอด (number of leaves per apex) ขนาดใบ (leaf size) และอายุใบ (leaf life) ซึ่งพันธุ์แต่ละพันธุ์และสภาพแวดล้อมมีผลต่อโดยตรงต่อการพัฒนาของพื้นที่ใบ (Velkamp, 1985) และดัชนี พื้นที่ใบก็มีความสัมพันธ์ต่ออัตราการเพิ่มจำนวนหัว (ราก) ซึ่งดัชนีพื้นที่ใบที่ให้อัตราการเพิ่มจำนวนหัว (ราก) สูงสุดอยู่ ระหว่าง 3.0-3.5 (Cock *et al.*, 1979) มันสำปะหลังเมื่อมีอายุระหว่าง 120-150 วันหลังปลูก จะให้ค่าดัชนีพื้นที่ใบ ประมาณ 3.0 ซึ่งการรักษาดัชนีพื้นที่ใบให้ได้ระดับ 3.-3.5 เป็นระยะเวลานาน จะส่งผลให้มันสำปะหลังให้ผลผลิตสูงสุด (Cock. *et al.*, 1979 ; Velkamp,1985)

งานทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลของการใช้เทคโนโลยีแบบผสมผสาน (การเพิ่มจำนวนกิ่ง การให้น้ำ การใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์) ต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 และพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 เพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังต่อหน่วยพื้นที่การเพาะปลูกให้สูงขึ้นในสภาพดิน ร่วนปนทรายของจังหวัดฉะเชิงเทราต่อไป

2. วิธีการทดลอง

การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ โดยมีขนาดแปลงย่อย 9 x 6 ตารางเมตร พื้นที่เก็บเกี่ยว 4.5 x 4 ตารางเมตร อายุการเก็บเกี่ยวที่ 9 เดือน ใช้ระยะปลูก อัตรา 1.00 x 1.50 เมตร

เทคโนโลยีแบบผสมผสาน

1. คัดขนาดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ย 2 เซนติเมตรและความยาวของ ท่อนพันธุ์เฉลี่ย 30 เซนติเมตร โดยตัดส่วนโคนที่แก่และส่วนปลายลำต้นทิ้ง
2. ใส่ปุ๋ย ครั้งแรกที่อายุ 15 วัน อัตรา 30 กรัมต่อต้น โรยรอบทรงพุ่มแล้วใช้จอบพรวนดินกลบรอบทรงพุ่ม ครั้งที่ 2 ที่อายุ 45 วัน อัตรา 30 กรัมต่อต้น ร่วมปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 1.00 กิโลกรัมต่อต้น โรยรอบทรงพุ่มแล้วพรวนกลบ
3. ติดตั้งเครื่อง Tensiometer จำนวน 2 จุดๆ ละ 2 เครื่อง โดยชุดหลุมฝังที่ความลึก 2 ระดับคือ 30 (ดิน ชั้นบน) และ 55 เซนติเมตร (ดินชั้นล่าง) ฝังกึ่งกลางระหว่างแถวปลูกของมันสำปะหลัง
4. วางระบบน้ำและให้น้ำ ให้น้ำตามค่าแรงดันน้ำของดิน (Soil matric potential) ที่ได้จาก Tensiometer โดยให้น้ำเมื่อแรงดันน้ำของดินต่ำกว่า -0.4 บาร์ (ที่ระดับ 30 เซนติเมตร) และหยุดให้น้ำเมื่อแรงดันน้ำของดินที่ระดับ 30 เซนติเมตรสูงกว่า -0.1 บาร์ อัตราที่ให้น้ำ/ครั้ง
5. วัดความสูงจากพื้นดินถึงปลายยอดของลำต้นหลัก ความยาว 60 เซนติเมตร ตัดยอดแขนงที่แตกออกจาก ท่อนพันธุ์ เพื่อบังคับให้แตกตาข้างเพิ่มจำนวนแขนงต่อต้น โดยตัดครั้งเดียว

การบันทึกข้อมูล

ข้อมูลดิน: เก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินในแปลงทดลอง ค่า pH, ความต้องการปูน (Line Requirement), เนื้อดิน, ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (%) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ppm.) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ppm.)

ข้อมูลพืช: นับจำนวนการแตกกิ่งแขนงต่อต้น, วัดความสูงทรงต้น โดยวัดจากระดับผิวดินถึงปลายยอดของลำต้นหลัก สุ่มจำนวน 9 ต้นต่อแปลงย่อย, น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน (ต้น, ใบ, เถา) ซึ่งน้ำหนักสดทั้งหมดโดยแยกส่วนของแต่ละวิธีการ, ผลผลิตหัวสด โดยชั่งน้ำหนักหัวสดทั้งหมด ของแต่ละวิธีการ จำนวนหัวต่อต้น น้ำหนักหัวสดกิโลกรัมต่อต้น จำนวนหัวต่อไร่ น้ำหนักหัวสดกิโลกรัมไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด (เปอร์เซ็นต์แป้ง) น้ำหนักหัวแห้งกิโลกรัมต่อไร่

$$\text{หาค่าดัชนีการเก็บเกี่ยว} = \frac{\text{ผลผลิตเศรษฐกิจ} \times 100}{\text{ผลผลิตชีวภาพ}}$$

การให้น้ำ

1. ให้น้ำแบบหยดน้ำหยด (Drip Irrigation) โดยมีช่องรับน้ำระยะ 20 เซนติเมตร อัตราการไหล 2.7 ลิตรต่อชั่วโมง

2. การกำหนดอัตราการให้น้ำแต่ละครั้ง อ่านค่าจาก Vacuum gauge ของเครื่อง Tensiometer ตัวที่ 1 (ฝังที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร) อ่านค่าได้ -0.4 bar และนำค่าเฉลี่ย ET (มม./วัน) เป็นตัวเลขาหนดการให้น้ำต่อครั้ง

3. หาคความชื้นในดิน ตัวอย่างละ 300 กรัม ซึ่งน้ำหนักดินก่อนอบ-หลังอบ เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดิน อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 15 ชม. เพื่อนำมาประกอบการให้น้ำในมันสำปะหลัง

ปลูกเมื่อ วันที่ 22 มิถุนายน 2557 เก็บเกี่ยว วันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2558 ณ สถานีวิจัยเขาคันทรง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.พนมสารคาม จ.ฉะเชิงเทรา

3. ผลการทดลอง

การเจริญเติบโต

การใช้เทคโนโลยีแบบผสมผสาน ไม่ทำให้มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 และเกษตรศาสตร์ 50 มีค่าเฉลี่ยความสูงของต้นแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่าพันธุ์ห้วยบง 80 และเกษตรศาสตร์ 50 ให้ค่าเฉลี่ยความสูงของต้น 293.19 และ 270.46 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

จำนวนแขนงต่อต้น

จำนวนแขนงต่อต้น หมายถึง จำนวนกิ่ง (แขนง) ที่แตกออกจากท่อนพันธุ์ ในกรณีที่ไม่มีการตัดต้น การเพิ่มจำนวนกิ่ง (แขนง) คือ การตัดแขนงที่แตกออกจากท่อนพันธุ์ โดยตัดที่ความสูงจากระดับพื้นดิน มีความยาวเฉลี่ยที่ 60 ซม. ผลของการตัดยอดเพื่อเพิ่มจำนวนแขนงต่อต้น ไม่มีผลทำให้จำนวนกิ่ง (แขนง) ของมันสำปะหลังทั้ง 2 พันธุ์แตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่า พันธุ์ห้วยบง 80 และเกษตรศาสตร์ 50 ให้ค่าเฉลี่ยจำนวนกิ่ง (แขนง) 4.80 และ 4.46 กิ่ง (แขนง) ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

จำนวนหัวสดต่อไร่

มันสำปะหลังทั้ง 2 พันธุ์ ให้จำนวนหัวสดต่อไร่ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่า พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และพันธุ์ห้วยบง 80 มีค่าเฉลี่ยจำนวนหัวสดต่อไร่เท่ากับ 19,449 และ 19,387 หัวต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ผลผลิตหัวสด (กิโลกรัมต่อไร่)

มันสำปะหลังทั้ง 2 พันธุ์ ให้ผลผลิตหัวสด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 และเกษตรศาสตร์ 50 ให้ค่าเฉลี่ยผลผลิตหัวสด เท่ากับ 9,687.28 และ 8,583.97 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

น้ำหนักแห้งส่วนหัว (กิโกรัมต่อไร่)

เทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตแบบผสมผสาน มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยผลผลิตหัวแห้งของมันสำปะหลังทั้ง 2 พันธุ์แตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่าพันธุ์ห้วยบง 80 ให้ค่าเฉลี่ยผลผลิตหัวแห้งสูงสุดเท่ากับ 3,209.50 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ให้ค่าเฉลี่ยผลผลิตหัวแห้งเท่ากับ 2,865.67 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 1)

ปริมาณแป้งในหัวสด (เปอร์เซ็นต์แป้ง)

ปริมาณแป้งในหัวสด ของมันสำปะหลังทั้ง 2 พันธุ์ที่ใช้เทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตแบบผสมผสาน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยพบ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และห้วยบง 80 ให้ค่าเฉลี่ยปริมาณแป้งในหัวสด เท่ากับ 25.85 และ 25.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ค่าดัชนีเก็บเกี่ยว (HI)

การใช้เทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตแบบผสมผสาน ไม่มีผลทำให้มันสำปะหลังทั้ง 2 พันธุ์ให้ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 และพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ให้ค่าดัชนีเก็บเกี่ยว เท่ากับ 0.59 และ 0.55 (ตารางที่ 1)

4. วิจารณ์

ใบเป็นแหล่งผลิตอาหารที่สำคัญที่สุดของพืช และปัจจัยที่สำคัญและควบคุมการเจริญเติบโตของใบคือ แสง ทั้งความเข้มและช่วงแสงต่างมีอิทธิพลต่อขนาดและอายุใบ ส่วนอุณหภูมิส่งผลให้ใบพืชกว้างและขยายตัวมากขึ้นถ้าได้รับอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งปริมาณพื้นที่ใบหรือค่า leaf area index สำหรับมันสำปะหลังมีความสำคัญมาก เป็นปัจจัยที่จำกัดการเจริญเติบโต การเพิ่มค่า leaf area index จะช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต ในทำนองเดียวกันการเพิ่มจำนวนกิ่ง (แขนง) เป็นการเพิ่มพื้นที่ใบเพื่อรับแสงของมันสำปะหลัง ซึ่งสอดคล้องกับการสังเคราะห์แสงสุทธิที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มันสำปะหลังมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มมากขึ้น (CIAT, 1973) อิทธิพลของธาตุ N, P และ K โดยไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตทางใบ ลำต้น และการเพิ่มพื้นที่ใบ ฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบของอินทรีย์สาร ที่มีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์แป้งและการเคลื่อนย้ายน้ำตาล ร่วมกับโพแทสเซียมและแมกนีเซียม ส่วนธาตุโพแทสเซียม มีบทบาทเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์และสลาย (metabolism) การเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตจากใบและลำต้นไปที่ราก (Malavolta *et al.*, 1954) และมันสำปะหลังเป็นพืชที่มีความต้องการโพแทสเซียมในปริมาณที่มาก ส่วนการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารต่ำและค่อยๆ สลายตัวปลดปล่อยธาตุอาหารให้กับพืชอย่างช้าๆ แต่มีคุณสมบัติในการปรับปรุงบำรุงดิน ทำให้ดินโปร่ง ร่วนซุยระบายน้ำและถ่ายเทอากาศได้ดี รากพืชสามารถชอนไชไปหาธาตุอาหารได้ง่ายขึ้น (ทัศนีย์ และประทีป, 2551) ดังนั้นการใช้เทคโนโลยีแบบผสมผสานในการทดลองนี้ให้ผลผลิตหัวสดสูงกว่าวิธีการทั่วไปซึ่งมีรายงานว่าพันธุ์ห้วยบง 80 และพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ให้ผลผลิต 5.5 และ 5.4 ตันต่อไร่ ตามลำดับ (มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2558)

5. สรุปผลการทดลอง

การใช้เทคโนโลยีแบบผสมผสานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง 2 พันธุ์ พบว่ามันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ให้ค่าเฉลี่ยความสูงของลำต้นสูงกว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 โดยให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 293.19 ผลผลิตหัวสด (กิโลกรัมต่อไร่) และน้ำหนักแห้งส่วนหัว (กิโกรัมต่อไร่) มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ให้ค่าสูงสุด 9,687.28 และ 3,209.50 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด พันธุ์ห้วยบง 80 และ เกษตรศาสตร์ 50 ให้ค่าเฉลี่ยปริมาณแป้งไม่แตกต่างกันทั้ง 2 พันธุ์ ค่าดัชนีเก็บเกี่ยว มันสำปะหลังทั้ง 2 พันธุ์ให้ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวไม่แตกต่างกันโดยพันธุ์ห้วยบง 80 มีแนวโน้มในการให้ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวสูงสุด เท่ากับ 0.59

6. เอกสารอ้างอิง

- จรรยา อัมเมกมล และ ถวิล ครุฑกุล. 2520. การทำให้เกิดเม็ดดินในชุดกำแพงแสน. **วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร** 10 : 499-508
- ดิเรก ทองอร่าม, วิทยา ก่อตั้งสกุล, นาวิ จิระชีวี และ อธิสสุนทร นันทกิจ. 2545. การออกแบบและเทคโนโลยีการให้น้ำแก่พืช. **เคหการเกษตร, ห้างหุ้นส่วนจำกัดมิตรเกษตรการตลาดและโฆษณา** 19/27 ถนนงามวงศ์วาน แขวงจตุจักร กรุงเทพฯ 10900. 470 น.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และประทีป วีระพัฒนนิรันดร์. 2551. **ธรรมชาติของดินและปุ๋ย คู่มือสำหรับการเกษตรยุคใหม่**. หจก. กร ศรีเอชั่น, กรุงเทพฯ.
- ประชาชาติธุรกิจ. 2558. **มันสำปะหลังอาเซียนจ่อแข่งไทยจุดอ่อน 10 ปี ผลผลิตนิ่งแถมพึ่งพาดตลาดจีน**. 14 ต.ค. 2557 บริษัท มติชน จำกัด (มหาชน) 12 ถนนเทศบาลนฤมาล หมู่บ้านประชานิเวศ 1 แขวงลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
- ปิยะ ดวงพัตรา, วิจารณ์ วิชชกิจ, เจริญศักดิ์ โจรนฤทธิพิเชษฐ์, ปิยะวุฒิ พูลสงวน, จำลอง เจียม จำนรรจา, เอ็จ สโรบล และวัชรลี เลิศมงคล. 2542. ดินและปุ๋ยมันสำปะหลัง. **เอกสารเผยแพร่วิชาการโครงการเพื่อบรรเทาผลกระทบทางสังคมเนื่องจากวิกฤตการณ์ทางเศรษฐกิจ** ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ฉบับที่ 2). 25 น.
- พงษ์ศักดิ์ ชลธนะสวัสดิ์. 2548. **ข้อควรรู้ในการให้น้ำพืช**. ภาควิชาเกษตรกลวิธาน. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.
- มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย. 2558. **มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 4/2558. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- CIAT. 1973. **Annual Report**. Cali, Columbia: Centro International Tropical.
- Cock, J.H., D. Franklin, G. Sandoval and P. Juri. 1979. The ideal cassava plant for maximum yield. **Crop Science** 19 : 271-279.
- Connor, D.J., J.H. Cock and G.E. Parra. 1991. Responses of cassava to watershortage. III. Stomatal control of plant water status. **Field Crops Res.** (4) : 297-311
- Cox, J.H. 1985. **Cassava : A basic energy source in the tropics**. In cassava: Research Production and Utilization. CIAT, Cali, Columbia. pp. 1-29.
- Howeler, R. H. and L. F. Cadavid. 1983. Accumulation and Distribution of dry matter and Nutrients during a 12 month growth cycle of cassava. **Field Crops Research** 7 : 123-139
- Lorenzi, J.O. 1978. **Absorcao de macronutrientes e acumulacao de material seca duascultivares De mandioca**. MSc Thesis, Universidade de Sao Paulo, Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz., Piracicaba, Brazil. 92 pp.
- Malavolta, E. et al. 1955. Estados sobre a limentacao mineral da mandioca (*Manihot utilissima* Pohl). Mineral nutrients of cassava (*Manihot utilissima* Pohl). *Anais da Escola Superior de Agriculture. Luiz de Queiroz*. 11: 21-40.
- Nayar, T.V.R., S. Kabeerathumma, V.P. Potty and C.R. Mohankumar. 1993. **Recent Progress in cassava agromony research in India**. In R.H. Howler (Ed.). *Breeding, Research and Technology Transfer in Asia*. Proceeding of the 4th Regional Worksshop held in Trivandrum, Kerala, Nov 2-6, 1993. pp. 61-83
- Veltkamp, H. J. 1985a. Canopy characteristics of different cassava cultivars. **Agriculture University Wageningen Paper** 85 : 62-72.

ตารางที่ 1 องค์ประกอบผลผลิตของการใช้เทคโนโลยีแบบผสมผสานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง 2 พันธุ์ในเขตพื้นที่ฉะเชิงเทรา (พันธุ์ห้วยบง 80 และเกษตรศาสตร์ 50)

พันธุ์	ความสูง (เซนติเมตร)	จำนวนกิ่ง(แขนง) (ต่อต้น)	จำนวนหัว (หัว/ไร่)	ผลผลิตหัวสด (กิโลกรัม/ไร่)	ผลผลิตหัวแห้ง (กิโลกรัม/ไร่)	ปริมาณแป้ง (%)	ดัชนีเก็บเกี่ยว (HI)
ห้วยบง 80	293.19	4.80	19,387	9,687.28	3,209.50 ^A	25.85	0.59
เกษตรศาสตร์ 50	270.46	4.46	19,449	8,583.97	2,865.67 ^B	25.72	0.55
F-test	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
CV (%)	4.1	18.6	9.2	8.2	4.1	2.1	4.8

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามการวิเคราะห์แบบ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 1 หาปริมาณการใช้น้ำของมีนสำปะหลังโดยเฉลี่ยของจังหวัดฉะเชิงเทราตั้งแต่ปี 2557 ถึงปี 2558
(ใช้ ETp สถานีอุตุนิยมวิทยาฉะเชิงเทรา สำหรับปีอ้างอิงใช้ อ้อย (Kc) เป็นตัวแทนมีนสำปะหลัง)

ข้อมูล	ปี 2557							ปี 2558		ผลรวม (มม.)	เฉลี่ย
	มีย.	กค.	สค.	กย.	ตค.	พย.	ธค.	มค.	กพ.		
ช่วงการเจริญเติบโต	1 ²	2	2	3	3	3	4	4	4	-	-
	5.00	5.10	4.30	4.50	4.20	4.30	4.60	4.90	7.80	44.7	4.96
Kc	1.18	1.13	1.03	0.85	0.65	0.53	0.50	0.63	0.83	7.33	0.81
ET (มม./วัน) (mm./day)	5.90	5.76	4.43	3.82	2.73	2.28	2.30	3.21	4.06	34.49	3.83
ET (มม./เดือน)	177.00	178.56	137.33	114.60	84.63	68.40	71.30	99.51	113.68	1,045.01	116.11
ปริมาณน้ำฝน(มม.)	182.3	129.9	80.9	160.4	234.5	105.2	0	2.3	43.1	-	-
จำนวนวันที่ฝนตก	10	8	11	10	13	5	0	1	2	-	-

หมายเหตุ ¹ หมายเลข 1-4 ระยะการพัฒนาของมีนสำปะหลัง (1) ระยะออกรากและแตกกิ่งจากท่อนพันธุ์ (2) ระยะการพัฒนาใบและรากสะสมอาหาร (3) ระยะการพัฒนาของลำต้นและใบ (4) ระยะการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตจากใบลำต้นเก็บสะสมแป้งที่ราก(หัว)สูงสุด

² วันปลูกเดือนมิถุนายน 2557 เก็บเกี่ยว 12 กุมภาพันธ์ 2558

³ * = ปรับค่าทศนิยม 2 ตำแหน่งตามค่า Kc (สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช) , ตัวเลขสีแดงระยะเวลาการปลูกมีนสำปะหลัง

⁴ การคำนวณความต้องการน้ำของมีนสำปะหลังใช้ สมการ $ET = ETp \times Kc$

$ET =$ ปริมาณการใช้น้ำของพืช, $ETp =$ ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง

$Kc =$ สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

ที่มา : สถานีอุตุนิยมวิทยาฉะเชิงเทรา; ดิเรก และคณะ (2545) ; Lorenzi (1978)

ตารางผนวกที่ 2 ข้อมูลคุณสมบัติทางเคมีของดินในแปลงทดลอง

ค่า pH	4.9
¹ ความต้องการปูน(Line Requirement)	-
- Kg. CaCO ₃ ()	600
- ปูนขาว (กิโลกรัมต่อไร่)	468
- ปูนมาร์ล (กิโลกรัมต่อไร่)	720
- หินปูนบด (กิโลกรัมต่อไร่)	900
- โดโลไมท์ (กิโลกรัมต่อไร่)	654
เนื้อดิน	ร่วนทราย
ปริมาณอินทรีย์วัตถุ(%)	0.82
ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์(ppm.)	5.94
ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์(ppm.)	49.58

¹ เลือกใช้ปูนชนิดใดชนิดหนึ่ง

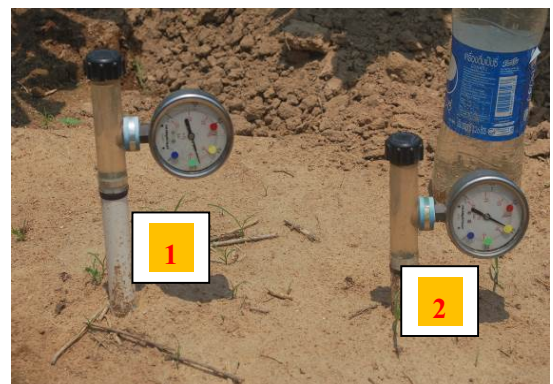


ภาพผนวกที่ 1 ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) รายเดือนและจำนวนวัน/เดือน ตั้งแต่วันที่เพาะปลูกถึงวันที่เก็บเกี่ยว (เดือนมิถุนายน 2557 – เดือนกุมภาพันธ์ 2558)

แหล่งที่มา : โครงการจัดหาแหล่งน้ำสำรองกลุ่มน้ำโจน (2558)



ภาพผนวกที่ 2 การให้น้ำแบบน้ำหยด (Drip Tape ระยะช่องรับน้ำหยด 20 เซนติเมตร)



ภาพผนวกที่ 3 ค่าที่อ่านจากเครื่องวัดแรงดึง
ความชื้นได้ที่ 0 ทั้ง 2 ระดับ
(ฝังลึกที่ระดับ 30-55 เซนติเมตร)
ดินอิมตัวด้วยน้ำ

1 = ฝังลึกที่ระดับ 55 เซนติเมตร
(75 % ของความลึกราก)
2 = ฝังลึกที่ระดับ 30 เซนติเมตร
(25 % ของความลึกราก)

หมายเหตุ ความลึกราก (adventitious root) ของมันสำปะหลังที่ปลูกลงจากท่อนพันธุ์ มีความลึกประมาณ 40-50 เซนติเมตร



ภาพผนวกที่ 4 การเก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 9 เดือน

การวิเคราะห์และปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็นตู้ควบคุม

An Analysis and Improvement of The Performance of A Cooling Module for Electrical Control Cabinets

ยุทธภูมิ โพธิ์อาศัย

Yuttapoom Phoarsai

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

Email: kokokla1989@gmail.com โทร. 0804541011

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและสร้างห้องทดสอบประสิทธิภาพแบบสอบเทียบ (Calibrated calorimeter room) เพื่อวิเคราะห์และปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็นตู้ควบคุมต้นแบบ จากการทดสอบที่อุณหภูมิแห้งของอากาศเข้าคอยล์เย็นของเครื่องทำความเย็นตู้ควบคุมมีค่าประมาณ 35°C และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 40% RH และอุณหภูมิแห้งของอากาศเข้าคอยล์ร้อนของเครื่องทำความเย็นตู้ควบคุมมีค่าประมาณ 35°C และ 40°C ตามลำดับ พบว่า ความสามารถในการทำความเย็นที่วัดจากอัตราส่วนระหว่างความร้อนที่ป้อนให้กับห้องควบคุมสภาวะภายในกับค่าอัตราส่วนความร้อนสัมผัสของคอยล์เย็นของเครื่องทำความเย็นตู้ควบคุม และการวัดด้วยวิธีไซโครเมตริกของอากาศมีค่าต่างกันประมาณ 5.24 และ 5.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อทำการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยการเปลี่ยนพัดลมคอยล์เย็นให้มีอัตราไหลเพิ่มขึ้นจาก 207.75 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงเป็น 258.55 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงพบว่า ที่สภาวะการทดสอบดังกล่าว ค่าของอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานเฉลี่ยที่วัดทั้งสองวิธีมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 4.87 และ 18.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

คำสำคัญ: เครื่องทำความเย็นตู้ควบคุม ห้องทดสอบประสิทธิภาพ การปรับปรุงประสิทธิภาพ

ABSTRACT

This research had designed and built a calibrated calorimeter room in order to analyze and improve the cooling module efficiency. The experimental result at 35°C DB, 40% RH of the return air of the cooling coil of the cooling module, and 35°C DB and 40°C DB of the return outdoor air of the cooling module, found that cooling capacity values, as measured by the ratio between the heat input into the indoor room to the cooling coil sensible heat ratio of the cooling coil of the cooling module and by the psychrometric method of air which flowed through the cooling coil of the cooling module were about 5.24% and 5.38% respectively, which were different from each other. Improvement of the performance by increasing evaporator fan flow rate from 207.75 m³/h to 258.55 m³/h was found that, at the test conditions as mentioned above, the average ratio of energy efficiency as measured by both methods, increased approximately 4.87 and 18.06 %, respectively.

Keywords : cooling module, calorimeter room, efficiency Improvement

1. บทนำ

เครื่องปรับอากาศเป็นเครื่องปรับอากาศที่ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้อุปกรณ์ทางไฟฟ้าหรือชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ภายในตู้ควบคุม เช่น อุปกรณ์ทางไฟฟ้าหรือชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ภายในตู้ควบคุมชนิด PLC (Programmable Logic Controller) และตู้ควบคุมการจ่ายไฟฟ้าชนิด MDB (Main Distribution Board) เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์ทางไฟฟ้าหรือชิ้นส่วนทางอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เป็นส่วนสำคัญในการควบคุมและประมวลผลการทำงานโดยปกติแล้วภายในตู้ควบคุมจะมีความร้อนที่เกิดจากอุปกรณ์ทางไฟฟ้าหรือชิ้นส่วนทางอิเล็กทรอนิกส์โดยเฉพาะตู้ควบคุมที่ใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีความร้อนที่เกิดจากเครื่องจักรภายในโรงงานอุตสาหกรรม รวมถึงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยที่มีลักษณะร้อนชื้น ทำให้อุณหภูมิของอากาศภายในและภายนอกตู้ควบคุมมีค่าสูง ส่งผลให้อุปกรณ์ทางไฟฟ้าหรือชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ภายในตู้ควบคุมเกิดความเสียหาย ทำให้การทำงานของเครื่องจักรเกิดการหยุดชะงักและเสียหายได้ ดังนั้นผู้ประกอบการโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทยส่วนใหญ่จึงได้นำเครื่องทำความเย็นมาใช้ในการระบายความร้อนให้กับตู้ควบคุมของเครื่องจักรต่างๆ เช่น ตู้ควบคุมการทำงานของหม้อไอน้ำ ตู้ควบคุมการทำงานของเครื่องจักร CNC เป็นต้น

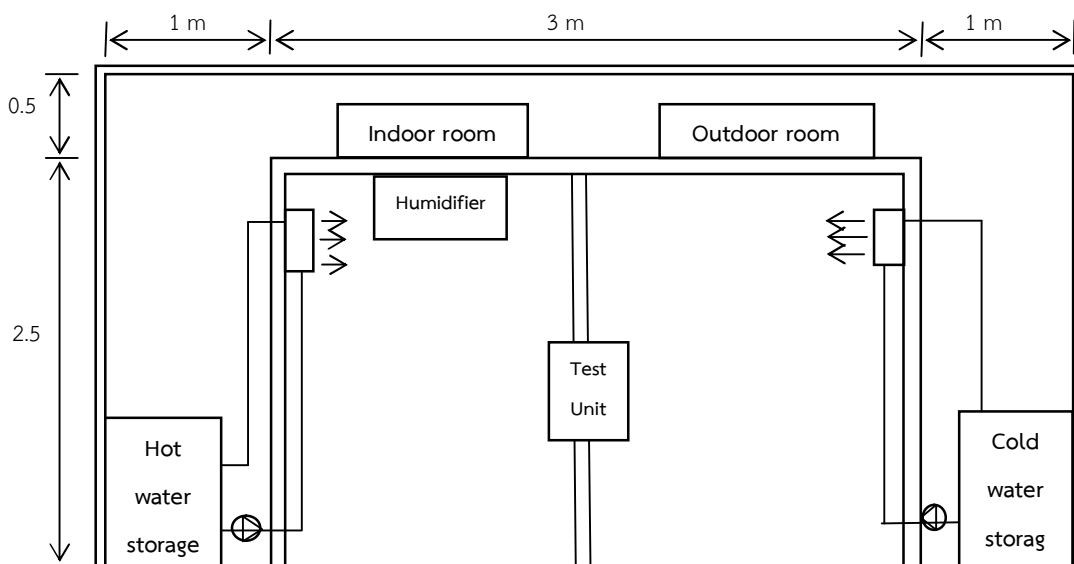
เนื่องจากผู้ผลิตเครื่องทำความเย็นที่ทำการผลิตตามเครื่องต้นแบบที่นำเข้ามาจากต่างประเทศโดยไม่มีการวิเคราะห์และทดสอบประสิทธิภาพนั้น จะทำให้ผู้ผลิตไม่สามารถวิเคราะห์และพัฒนาประสิทธิภาพได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพซึ่งเป็นค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องทำความเย็นต้นแบบ โดยทำการออกแบบและสร้างห้องทดสอบแบบวัดความร้อนแบบสอบเทียบ (Calibrated calorimeter room) โดยอาศัยทฤษฎีการทดสอบเดียวกันกับการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนตามมาตรฐาน ASHRAE Standard 16-1983 (Rugg and Dunntesting, 1994; ASHRAE, 2009) รวมถึงทำการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็นให้มีประสิทธิภาพที่เหมาะสมกับความต้องการของผู้ใช้

2. วิธีการทดลอง

การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็นจะทำการทำตรวจวัดค่าต่างๆ ที่จำเป็นในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ โดยทำการออกแบบและสร้างห้องทดสอบเพื่อทำการทดสอบและวิเคราะห์ประสิทธิภาพและสภาวะการทำงานของเครื่องทำความเย็นเพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงประสิทธิภาพ

2.1 ออกแบบและสร้างห้องทดสอบ

การออกแบบห้องทดสอบประสิทธิภาพ (Calorimeter room) ได้ศึกษาข้อมูลการออกแบบห้องทดสอบประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศจาก ASHRAE Standard 16-1983 ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบห้องทดสอบที่วัดความร้อนแบบสอบเทียบ (Calibrated calorimeter room) ซึ่งส่วนประกอบและอุปกรณ์ต่างๆ ได้แสดงโดยสังเขปดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างห้องทดสอบประสิทธิภาพ

ภายในห้องควบคุมสภาวะอากาศภายในดังแสดงในภาพที่ 2 (Indoor room) ได้ติดตั้งชุดคอยล์ร้อนสำหรับน้ำร้อนที่ผลิตจากฮีตเตอร์ภายในถังเก็บน้ำเพื่อใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับไหลทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นสำหรับอุณหภูมิของอากาศแห้งเข้าคอยล์เย็นเครื่องทำความเย็นสามารถควบคุมด้วยอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ถูกควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์ด้วยชุด PID Controller นอกจากนี้ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเข้าเครื่องทำความเย็นสามารถควบคุมด้วยเครื่องควบคุมความชื้น (Humidifier)

ภายในห้องควบคุมสภาวะอากาศภายนอก (Outdoor room) ได้ติดตั้งชุดคอยล์สำหรับน้ำเย็นที่ผลิตจากชุดเครื่องทำน้ำเย็นเพื่อใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนที่คายออกจากคอนเดนเซอร์ของเครื่องทำความเย็นและใช้ในการควบคุมอุณหภูมิของอากาศเข้าคอนเดนเซอร์ของเครื่องทำความเย็นดังแสดงในภาพที่ 3 นอกจากนี้ห้องควบคุมสภาวะอากาศภายในและภายนอก ได้ติดตั้งฉนวนชนิด Polyurethane foam หนา 12.7 เซนติเมตร เพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อนไหลผ่านผนังสู่สภาวะอากาศภายนอก



ภาพที่ 2 การติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือวัดในห้องควบคุมสภาวะอากาศภายใน



ภาพที่ 3 การติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือวัดในห้องควบคุมสภาวะอากาศภายนอก

2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลอง

อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลองสำหรับห้องควบคุมสภาวะอากาศภายในและภายนอกประกอบด้วย

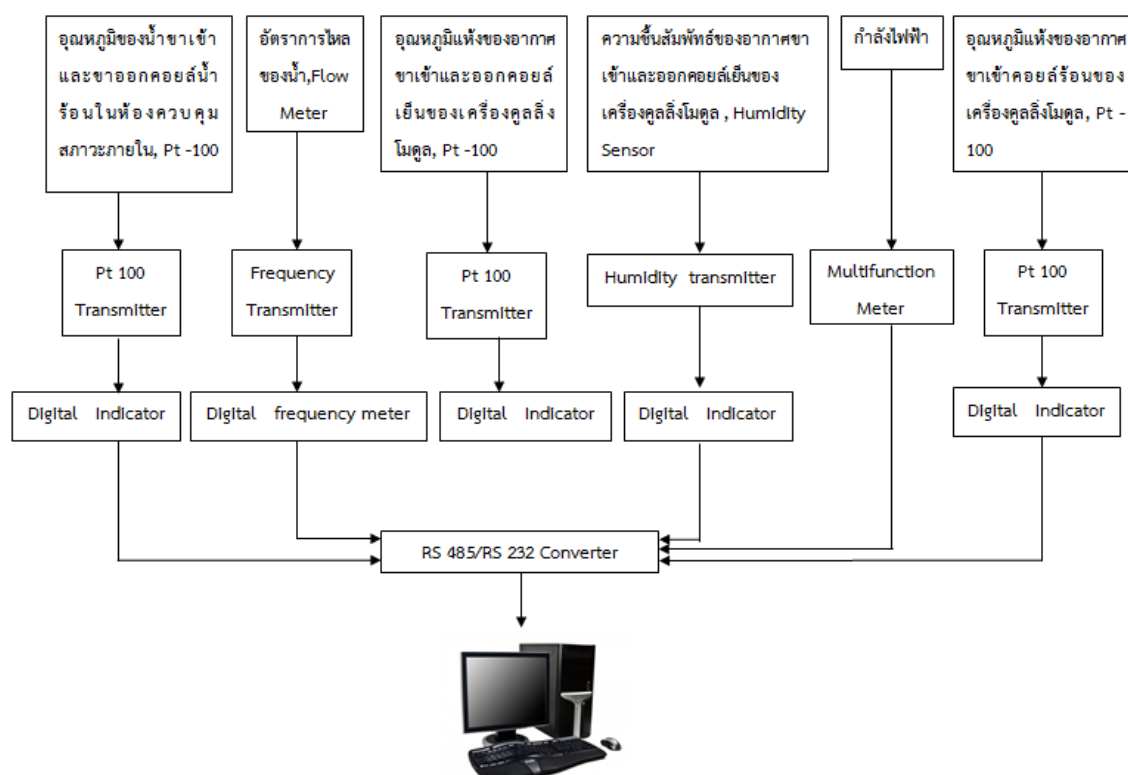
- 1) ชุดคอยล์น้ำร้อน (locally fabricated)
- 2) ชุดคอยล์น้ำเย็น (locally fabricated)
- 3) ถังน้ำขนาด 100 ลิตร (locally fabricated)
- 4) ปั๊มน้ำ ยี่ห้อ Grundfos จากบริษัท กรุนด์ฟอส ประเทศไทย จำกัด ช่วงอัตราการไหล 0.15-13.0 GPM สามารถใช้กับอุณหภูมิและความดันสูงสุดที่ 190 F, 150 Psi ตามลำดับ 151.4 Pulse/gallon
- 5) Temperature sensor ชนิด Pt-100 รุ่น TSP-08 (วัดอุณหภูมิของน้ำ) และ รุ่น TSP-10 (วัดอุณหภูมิของอากาศ) จากบริษัท ไพรมัส จำกัด สามารถวัดอุณหภูมิในช่วง -200 ถึง 400°C และค่าความผิดพลาด $\pm 0.55^{\circ}\text{C}$
- 6) ฮีตเตอร์แท่ง (Cartridge heater) รุ่น CH-01 จากบริษัท ไพรมัส จำกัด
- 7) ชุดเครื่องทำน้ำเย็นขนาดทำความเย็น (locally fabricated)
- 8) Digital PID temperature controller รุ่น REM-96 จากบริษัท ไพรมัส จำกัด , Sensitivity 0.5 mSec ความละเอียด 0.25% of F.S. 4 digit
- 9) Digital refrigeration temperature controller รุ่น DEF-01 จากบริษัท ไพรมัส จำกัด ช่วงการทำงาน $-25^{\circ}\text{C} - 85^{\circ}\text{C}$
- 10) Digital indicating with alarm รุ่น TIM-94-4CH จากบริษัท ไพรมัส จำกัด
- 11) Digital frequency meter with alarm รุ่น TFM-94 จากบริษัท ไพรมัส จำกัด
- 12) อุปกรณ์วัดความชื้น (Humidity sensor) รุ่น HM-Series จากบริษัท ไพรมัส จำกัด ความแม่นยำ $\pm 0.2\% \text{Rh}$ (10-90 %Rh)
- 13) อุปกรณ์เพิ่มความชื้น (Humidifier) (locally fabricated)
- 14) Multifunction meter รุ่น KM-07 จากบริษัท ไพรมัส จำกัด
- 15) เครื่องควบแน่นโมดูลที่ใช้ในการทดสอบรุ่น PE-2700 พิกัดทำความเย็น 2700 Btu/hr จากบริษัท ไพรมัส จำกัด
- 16) เครื่องมือวัดความเร็ว Turbine anemometer รุ่น CENTER-330 , ช่วงการวัด 0.6-20 m/s, ความแม่นยำ $\pm(2.5\% \text{rdg} + 0.2 \text{m/s})$

2.3 การดำเนินการทดสอบ

เนื่องจากยังไม่มีมาตรฐานการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องคลุมลิ้งโมดูล ดังนั้นในการทดสอบจะทำการทดสอบที่สภาวะการใช้งานจริงของเครื่องคลุมลิ้งโมดูล ซึ่งสภาวะการใช้งานจริงของเครื่องคลุมลิ้งโมดูลภายในตู้ควบคุมหรือพื้นที่ปรับอากาศ มีอุณหภูมิอากาศแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ก่อนเข้าคอยล์เย็นของคลุมลิ้งโมดูล 35°C , 40%Rh สำหรับอุณหภูมิอากาศภายนอกจะควบคุมให้อุณหภูมิอากาศเข้าคอนเดนเซอร์ของคลุมลิ้งโมดูลมีค่าประมาณ 35°C และ 40°C ตามลำดับ เพื่อสังเกตผลกระทบเนื่องจากอุณหภูมิอากาศภายนอกต่อประสิทธิภาพของเครื่องคลุมลิ้งโมดูล

เมื่อสภาวะของห้องควบคุมอากาศภายในและภายนอกอยู่ในสภาวะคงที่ตามสภาวะที่กำหนดไว้ ทำการบันทึกค่าต่างๆ ตามเซนเซอร์ที่ได้ติดตั้งไว้ประมาณ 30 นาที ซึ่งแสดงดังแผนผังในภาพที่ 4 ค่าที่ได้จากเซนเซอร์จะถูกแปลงสัญญาณด้วย Transmitter ให้อยู่ในสัญญาณมาตรฐาน โดยเซนเซอร์ทั้งหมดจะส่งสัญญาณไปที่หน้าจอแสดงผลและส่งสัญญาณแบบ 4-20 mA ยกเว้น Pt -100 จะส่งสัญญาณเป็นแบบความต้านทาน จากนั้นสัญญาณจากหน้าจอแสดงผลจะถูกส่งเป็นสัญญาณ RS-485 เข้าสู่เครื่องแปลงสัญญาณกลายเป็น RS-232 (USB) เชื่อมเข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อเก็บข้อมูลในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ

อัตราไหลเฉลี่ยของลมเย็นของเครื่องคลุมลิ้งโมดูลสามารถวัดโดยใช้เครื่องมือวัดอัตราการไหล Turbine Anemometer ที่หน้าตัดขาออกของลมเย็นของเครื่องคลุมลิ้งโมดูล โดยที่การวัดหลายๆ จุด ทั่วๆ หน้าตัดแล้วหาค่าเฉลี่ยออกมา



ภาพที่ 4 แผนผังการบันทึกผลของตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ

2.4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

ในการหาความสามารถการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นสามารถหาได้ 2 วิธีคือ หาได้จากอัตราส่วนระหว่างปริมาณความร้อนสัมผัสของคอยล์เย็นต่อค่าอัตราส่วนความร้อนสัมผัสของคอยล์เย็นดังความสัมพันธ์ในสมการที่ 1

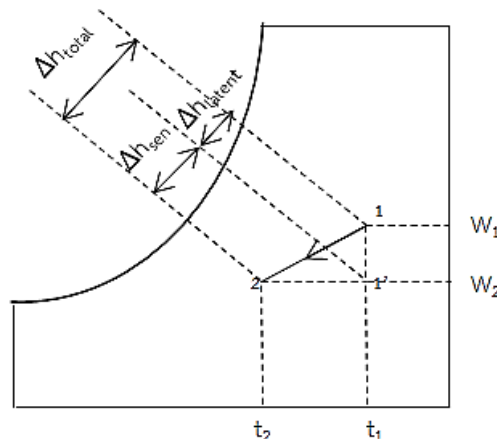
$$\dot{Q}_{\text{cooling}} = \frac{\dot{Q}_{\text{sensible}}}{\text{CSHR}} \quad (1)$$

โดยที่	$\dot{Q}_{\text{cooling}}$	คือความสามารถการทำความเย็นของคอยล์เย็น, Btu/hr
	$\dot{Q}_{\text{sensible}}$	คือปริมาณความร้อนสัมผัสของคอยล์เย็น, Btu/hr
	CSHR	คืออัตราส่วนความร้อนสัมผัสของคอยล์เย็น (Coil sensible heat ratio, CSHR)

เนื่องจากห้องทดสอบมีการติดตั้งฉนวนหนา 12.7 เซนติเมตร และมีการป้องกันการรั่วไหลของอากาศจากห้องทดสอบสู่อากาศภายนอก ดังนั้นปริมาณความร้อนสัมผัสของคอยล์ของเครื่องทำความเย็นสามารถหาได้จากอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความร้อนของชุดแลกเปลี่ยนความร้อนภายในห้องควบคุมสภาวะอากาศภายในดังความสัมพันธ์ในสมการที่ 2

$$\dot{Q}_{\text{sensible}} = \dot{m}_w C_{pw} \Delta T \quad (2)$$

โดยที่	$\dot{Q}_{\text{sensible}}$	คืออัตราการเปลี่ยนแปลงความร้อนของน้ำร้อน, kW
	$\dot{m}_w$	คืออัตราการไหลของน้ำ, kg/s
	C_{pw}	คือความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ kJ/kg.K
	ΔT	คือผลต่างอุณหภูมิของน้ำเข้าออกชุดแลกเปลี่ยนความร้อน °C



ภาพที่ 5 กระบวนการทำความเย็นและลดความชื้นบนไซโครเมตริกชาร์ท

ในภาพที่ 5 แสดงกระบวนการทำความเย็นและลดความชื้นบนไซโครเมตริกชาร์ท ซึ่งค่าอัตราส่วนความร้อนสัมผัสของคอยล์เย็น (Coil sensible heat ratio, CSHR) สามารถหาได้จากอัตราส่วนระหว่างความร้อนสัมผัสของอากาศต่อผลรวมความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงของอากาศ หาได้จากความสัมพันธ์ดังสมการที่ 3

$$\text{CSHR} = \frac{\Delta h_{\text{sen}}}{\Delta h_{\text{total}}} \quad (3)$$

โดยที่	CSHR	คืออัตราส่วนความร้อนสัมผัสของคอยล์เย็น
	Δh_{sen}	คือผลต่างของค่าความร้อนสัมผัสของอากาศ, kJ/kg
	Δh_{total}	คือผลต่างของค่าความร้อนของอากาศรวม, kJ/kg

สำหรับการหาความสามารถการทำความเย็นด้วยวิธีที่ 2 หาด้วยวิธีไซโครเมตริกด้านอากาศดังความสัมพันธ์ในสมการที่ 4

$$\dot{Q}_{cooling} = \dot{m}_{air} \Delta h_{total} \quad (4)$$

สมการคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของอากาศสามารถศึกษาได้จาก ASHRAE handbook ซึ่งจะแสดงดังต่อไปนี้

ค่าความร้อนของอากาศหรือค่าเอนทัลปีของอากาศ สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ดังสมการที่ 5

$$h = 1.006t + W(2501 + 1.805t) \quad (5)$$

โดยที่	h	คือค่าความร้อนของอากาศ, kJ/kg
	t	คืออุณหภูมิแห้งของอากาศ, °C
	W	คือความชื้นจำเพาะของอากาศ, kg _w /kg _a

ความชื้นจำเพาะของอากาศสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ดังสมการที่ 6

$$W = 0.622 P_w / (P - P_w) \quad (6)$$

โดยที่	P_w	คือความดันย่อยของไอน้ำในอากาศ, Pa
	P	คือความดันบรรยากาศ, Pa
	W	คืออัตราส่วนความชื้นของอากาศ, kg _w /kg _a

ความดันย่อยของไอน้ำในอากาศสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ดังสมการที่ 7

$$P_w = (\%RH/100) \times P_{ws} \quad (7)$$

ความดันไอน้ำอิ่มตัวในอากาศ (P_{ws}) ช่วงอุณหภูมิแห้งของอากาศ 0-200°C สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ดังสมการที่ 8

$$P_{ws} = e^{\left(\frac{C_1}{T} + C_2 + C_3 T + C_4 T^2 + C_5 T^3 + C_6 \ln T\right)} \quad (8)$$

โดยที่	$C_1 = -5.8002206 \times 10^3$,	$C_2 = 1.3914993$,	$C_3 = -4.8640239 \times 10^{-2}$,	$C_4 = 4.1764768 \times 10^{-5}$
	$C_5 = -1.4452093 \times 10^{-8}$,	$C_6 = 6.5459673$,	T คืออุณหภูมิแห้งของอากาศ, K	

สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER) เป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็น ซึ่งสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ดังสมการที่ 9

$$EER = \frac{\dot{Q}_{cooling}}{\text{Power Input}}, \left(\frac{\text{Btu/hr}}{\text{Watt}} \right) \quad (9)$$

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลการทดลองเบื้องต้น

จากการทดสอบเครื่องปรับอากาศแบบ พบว่าปริมาณความสามารถการทำความเย็นและค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ที่วิเคราะห์ในวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 มีค่าต่างกันประมาณ 5.24% และ 5.38% ที่อุณหภูมิอากาศภายนอกมีค่าประมาณ 35°C และ 40°C ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการขีดความสามารถการทำความเย็นที่วัดได้นอกจากนี้สามารถสังเกตได้ว่าค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) จะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิภายนอกมีค่าเพิ่มสูงขึ้นซึ่งสอดคล้องตามงานวิจัยของ Motta and Domanski (2000)

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพที่อุณหภูมิอากาศภายนอกเท่ากับ 35°C

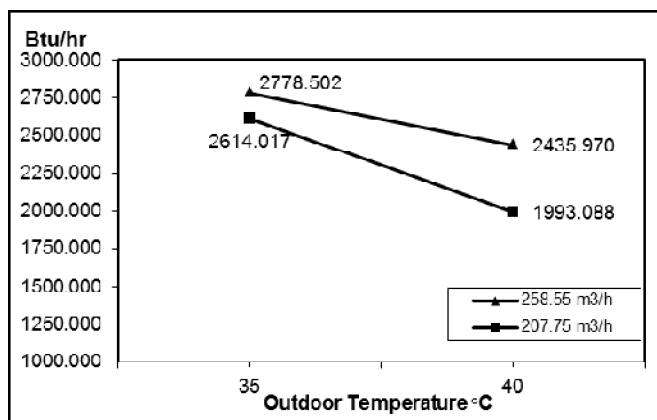
Outdoor Temperature at 35 °C			
วิธีการวัด	Cooling load,Btu/hr	Watt	EER,Btu/(Watt.hr)
1	2680.80	669.98	4.00
2	2547.23	669.98	3.80
ผลต่าง	5.24		5.24

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพที่อุณหภูมิอากาศภายนอกเท่ากับ 40°C

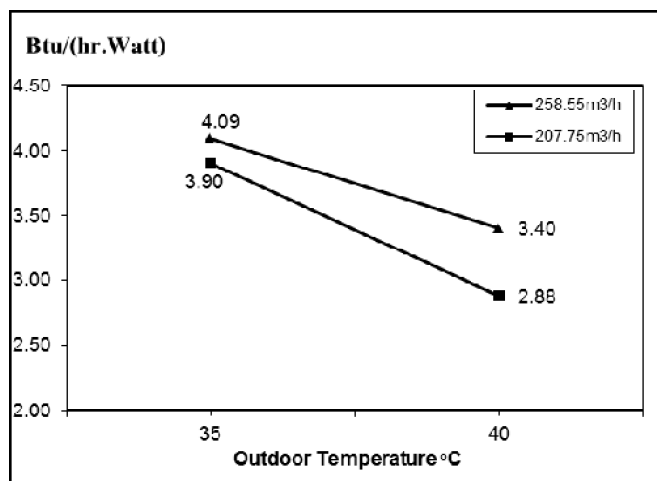
Outdoor Temperature at 40 °C			
วิธีการวัด	Cooling load,Btu/hr	Watt	EER,Btu/(Watt.hr)
1	1940.90	691.71	2.81
2	2045.28	691.71	2.96
ผลต่าง	5.38		5.38

3.2 การปรับปรุงประสิทธิภาพ

ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ ได้ทำการเพิ่มความสามารถการทำความเย็นด้วยการเพิ่มอัตราไหลของฟัดลมคอยล์เย็นเพื่อเพิ่มความสามารถการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งในการเพิ่มอัตราไหลของฟัดลมคอยล์เย็นต้องพิจารณาอัตราการไหลกับอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานที่เหมาะสม มนต์ศักดิ์ และ อักษา (2556)



ภาพที่ 6 การเปรียบเทียบขีดความสามารถทำความเย็นเฉลี่ยก่อนและหลังปรับปรุง



ภาพที่ 7 การเปรียบเทียบอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานก่อนและหลังปรับปรุง

จากการทดสอบที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ของเครื่องทำความเย็นโมดูลมีค่าประมาณ 35°C และ 40°C ตามลำดับ พบว่า เมื่อเปลี่ยนพัดลมคอยล์เย็นให้มีอัตราไหลเพิ่มขึ้นจาก 207.75 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เป็น 258.55 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นโมดูลเฉลี่ยจากการวัดทั้งสองวิธีมีค่าเพิ่มขึ้น 6.29% และ 22.22% ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 6 และค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 4.87% และ 18.06% ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ของเครื่องทำความเย็นโมดูลมีค่าประมาณ 35°C และ 40°C ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 7

3.3 อภิปรายผล

จากผลการทดสอบเบื้องต้นในตารางที่ 1 และ 2 พบว่า ผลต่างของความสามารถทำความเย็นที่วัดด้วยวิธีที่ 1 และ 2 มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งผลต่างของความสามารถทำความเย็นทั้งสองวิธี ขึ้นอยู่กับวิธีการวัดขีดความสามารถทำความเย็นด้านลมเย็นของเครื่องทำความเย็น (วิธีไซโครเมตริก) โดยเฉพาะวิธีการวัดอัตราไหลของลมเย็น ควรมีการติดตั้งเซนเซอร์วัดอัตราไหลกระจายทั่วๆ พื้นที่หน้าตัดที่ลมเย็นไหลออก ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือวัดอัตราไหลแบบ Turbine Anemometer วัดแต่ละจุดที่หน้าตัดของลมเย็น ดังนั้นความแม่นยำในการวัดจะขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้วัดด้วย

จากผลการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยการเพิ่มอัตราไหลของพัดลมคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศ พบว่า อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งในเพิ่มอัตราไหลของพัดลมคอยล์เย็นต้องพิจารณาอัตราการไหลของพัดลมกับอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานเนื่องจากถ้าใช้พัดลมที่มีอัตราการไหลเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้กำลังไฟฟ้าของพัดลมคอยล์เย็นมีค่าเพิ่มขึ้น รวมถึงควรพิจารณาถึงขนาด housing ที่สามารถติดตั้งพัดลมคอยล์เย็นได้อย่างเหมาะสม ซึ่งในงานวิจัยนี้มีข้อจำกัดของขนาด housing ของพัดลมคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศ ทำให้ไม่สามารถใช้พัดลมที่มีอัตราไหลมากกว่า 258.55 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

สำหรับห้องทดสอบประสิทธิภาพในงานวิจัยนี้มีข้อดีคือ สามารถใช้วิธีการวัดความสามารถในการทำความเย็นได้ทั้งสองแบบ ซึ่งจะทำให้ผลการทดลองมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น ส่วนข้อเสีย คือ วิธีการวัดอัตราไหลของลมเย็นของเครื่องปรับอากาศต้องมีเทคนิคและความชำนาญเพื่อให้ได้ผลที่แม่นยำ

4. สรุป

ห้องทดสอบประสิทธิภาพที่ได้ออกแบบในงานวิจัยนี้สามารถวัดความสามารถในการทำความเย็นได้ทั้งสองวิธี ซึ่งจากผลการทดลองเบื้องต้น ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก่อนเข้าคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศมีค่าประมาณ 35°C และ 40%Rh และที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศก่อนเข้าคอยล์ร้อนมีค่าประมาณ 35°C และ 40°C ตามลำดับ พบว่า ความสามารถการทำความเย็นทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นห้องทดสอบที่ได้ออกแบบนั้นสามารถใช้ทดสอบและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศได้

เมื่อทำการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยการเปลี่ยนพัดลมคอยล์เย็นให้มีอัตราไหลเพิ่มขึ้นจาก 207.75 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงเป็น 258.55 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง พบว่า ที่สภาวะการทดสอบดังกล่าว ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานที่วัดจากทั้งสองวิธีมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 4.87% และ 18.06% ตามลำดับ

5. เอกสารอ้างอิง

- มนต์ศักดิ์ พิมสาร และ อักขา ทองคำ. 2556. การศึกษาการเพิ่มอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 27.
- ASHRAE. 2001. **ASHRAE Fundamentals Handbook SI**. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers.
- ASHRAE. 2009. **ASHRAE Standard 16-1983-Method of Testing for Rating Room Air Conditioners and Packaged Terminal Air Conditioners**. Atlanta : American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers.
- Motta, Y. and A. Domanski. 2000. **Performance of R-22 and Its Alternatives Working at High Outdoor Temperatures**. International Refrigeration Conference. Purdue University.
- Rugg, S. M. and W. E. Dunntesting. 1994. **Design, Testing and Validation of a Room Air Conditioner Test Facility**. Master of Science. University of Illinois at Urbana Champaign.

อัลตราไวโอเลตสเปกโทรสโกปีสำหรับการวัดกรดแอสคอบิกในเม็ดยา
และผลไม้สดด้วยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต
Ultraviolet Spectrophotometric for Determination of Ascorbic Acid
in Pharmaceutical Tablets and Carambola Fruit
by Sodium Thiosulfate Solution

สิริรัตน์ ลิสนันท์* และ สรรสนีย์ สีหาพงษ์

Sireerat Lisnund* and Sansanee Srihaphong

คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา

E-mail : insireerat@gmail.com

บทคัดย่อ

วิตามินซี หรือ กรดแอสคอบิกเป็นสารที่จำเป็นและต้องการสำหรับรักษาสุขภาพ อัลตราไวโอเลตสเปกโทรสโกปีเป็นวิธีที่มีความเร็ว ง่าย มีความไวต่อการวิเคราะห์สูง และไม่ต้องการวิธีการสกัด สำหรับการตรวจหากรดแอสคอบิกในเม็ดยาและผลไม้พื้นเมืองไทย (มะเฟือง) ด้วยโซเดียมไธโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0.04% เพื่อเป็นบัฟเฟอร์ช่วยลดการสลายตัวของกรดแอสคอบิกเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำเป็นสารละลาย ผลการศึกษาตามกฎของเบียร์พบว่ามีความเข้มข้นกรดแอสคอบิก 5×10^{-6} ถึง 50×10^{-6} mol/dm³ ที่ 265 นาโนเมตร สมการช่วงความเป็นเส้นตรง $y = 0.0154x + 0.0129$ ค่าสัมประสิทธิ์ของการถดถอย (R^2) 0.9923 ค่าการคืนกลับของกรดแอสคอบิกที่เติมลงในเม็ดยาวิตามินซี 2 ยี่ห้อ ให้ค่าอยู่ในช่วงที่ดี (100.35-101.35%) วิธีนี้ยังประยุกต์ใช้สำหรับการวัดกรดแอสคอบิกในมะเฟืองซึ่งเป็นผลไม้พื้นเมืองไทยได้ผลดี

คำสำคัญ : อัลตราไวโอเลตสเปกโทรสโกปี กรดแอสคอบิก เม็ดยา มะเฟือง

Abstract

Vitamin C or ascorbic acid is important for health maintenance. Ultraviolet spectrophotometry is a fast, simple, sensitive and not required an extraction procedure method for the determination of ascorbic acid in pharmaceutically prepared tablet and local Thai fruit (carambola, *Averrhoa carambola*). The 0.04% sodium thiosulfate ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0.04% as buffer was used for reducing the ascorbic acid degradation when compared with aqueous solution. Results on Beer's law showed that the ascorbic acid concentration ranged 5×10^{-6} to 50×10^{-6} mol/dm³, at 265 nm with the equation of the linear calibration curve: $y = 0.0154x + 0.0129$, $R^2 = 0.9923$. The recovery of ascorbic acid added to the 2 brand vitamin C tablets were given a good range (100.35-101.35%). Moreover, the proposed procedure was applied for the determination of ascorbic acid in star fruit that are local Thai fruit with good result.

Keyword : Ultraviolet Spectrophotometry, Ascorbic Acid, Pharmaceutical Tablets, Star fruit

1. บทนำ

วิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid) เป็นวิตามินที่ละลายในน้ำ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) และเป็นวิตามินที่จำเป็นต่อร่างกายมนุษย์แต่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้ ประโยชน์ของกรดแอสคอร์บิกได้แก่ ช่วยสร้างภูมิคุ้มกันและลดภูมิแพ้ ช่วยให้เกิดสมดุลสารในปฏิกิริยาต่างๆ ในร่างกายเพื่อป้องกันโรค (Padayatty *et al.*, 2013; Vanderslice, and Higgs 1991) เนื่องจากร่างกายมนุษย์ไม่สามารถสังเคราะห์กรดแอสคอร์บิกเองได้ จึงต้องบริโภคอาหารที่มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกสูงอยู่เสมอ เพื่อป้องกันการขาดวิตามินซี วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณกรดแอสคอร์บิก ในตัวอย่างอาหาร เช่น การไทเทรชัน กับ 2,6 Dichlorophenol-indophenol เป็นวิธีมาตรฐาน AOAC ที่นิยมใช้กัน อย่างแพร่หลายโดยอาศัยจุดยุติเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีชมพู (AOAC, 1980; Favell, 1998) การไทเทรตกับไอโอดีน โดยใช้น้ำแข็งเป็นอินดิเคเตอร์ จุดยุติเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินเข้ม (Suntornsuka *et al.*, 2002) ข้อด้อยของการไทเทรชันคือ ไม่สามารถวิเคราะห์ได้กับสารตัวอย่างที่มีสีเนื่องจากสังเกตจุดยุติได้ยาก และในสารตัวอย่างจากธรรมชาติอาจมีสารตัวอื่นที่ทำปฏิกิริยากับไทเทรนต์แทนกรดแอสคอร์บิก ตัวอย่างเช่น สารหมู่ไทออล (Thiol) หรือ หมู่ซัลไฟต์ (Sulphite) ทำปฏิกิริยากับสี Indophenol แทนกรดแอสคอร์บิก หรือสารตัวอย่างที่มีเหล็ก (II) เจือปนจะเกิดสารประกอบเชิงซ้อน กับน้ำแข็ง เป็นต้น นอกจากการไทเทรชันแล้ว วิธีทางเคมีไฟฟ้าสามารถใช้วัดปริมาณวิตามินซีได้เนื่องจากวิตามินซีถูก ออกซิไดซ์ไปเป็นดีไฮโดรแอสคอเบต จากนั้นตรวจนับจำนวนอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นได้ที่พื้นผิวของขั้วไฟฟ้า (electrode) (Malinauskas *et al.*, 2004; Intarakamhang *et al.*, 2011) ปริมาณกรดแอสคอร์บิกที่วัดได้ขึ้นกับชนิดของขั้วไฟฟ้าที่ เลือกใช้ ส่วนวิธี High Performance Liquid Chromatography (HPLC) สามารถใช้วิเคราะห์ปริมาณกรดแอสคอร์บิก ได้เช่นเดียวกัน (Iwase, 2000) แต่อาจมีข้อจำกัดในด้าน การเตรียมและแยกสารตัวอย่างก่อนวัด เวลาที่ใช้วิเคราะห์ และ ราคาของเครื่องมือ เป็นต้น

การหาปริมาณวิตามินซีโดยวิธีทางสเปกโทรสโกปี เป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยากและมีความรวดเร็วในการใช้งาน โดยมีช่วงความยาวคลื่นที่วัดได้ 2 ช่วงคือ ช่วงมองเห็นได้ (visible) (400-750 นาโนเมตร) และช่วงอัลตราไวโอเลต (100-400 นาโนเมตร) (Arya *et al.*, 1998) วิธีวิสิเบิลสเปกโทรสโกปี (visible spectroscopy) ทำได้โดยให้กรด แอสคอร์บิกเกิดปฏิกิริยารีดักชันกับสารประกอบชนิดหนึ่งได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารที่มีสี หรือการตรวจวัดสีที่ลดลงหรือเพิ่มขึ้น ของสารประกอบเชิงซ้อนที่นำมาทำปฏิกิริยากับกรดแอสคอร์บิก ตัวอย่างเช่น ปฏิกิริยารีดักชันระหว่างกรดแอสคอร์บิกกับ เมธิลลีนบลู ซึ่งมีค่าการดูดกลืนแสงที่ 650 นาโนเมตร (Sanz-Martinez *et al.*, 1992) การรีดิวซ์ Fe (III) โดยวิตามินซี ที่อยู่ในสารละลาย 1,10-phenanthroline วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร (Sultan *et al.*, 1994) การเปลี่ยน สีสารละลาย Permanganate โดยกรดแอสคอร์บิก เนื่องจากปฏิกิริยารีดอกซ์ วัดค่าการดูดกลืนที่ 525 นาโนเมตร (Grudpan *et al.*, 1999) เป็นต้น ในขณะที่วิธีทางอัลตราไวโอเลตสเปกโทรสโกปี (ultraviolet spectroscopy) มีความ ง่าย และรวดเร็ว เพราะสามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงของวิตามินซีได้โดยตรง โดยไม่ต้องนำไปทำปฏิกิริยากับสารอื่นเพื่อ ให้เกิดสารมีสีดังเช่นวิธีวิสิเบิลสเปกโทรสโกปี กรดแอสคอร์บิกมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 245 นาโนเมตร ในสารละลายสภาวะกรด และที่ 267 นาโนเมตร ในสารละลายสภาวะกลาง (Abdelmageed *et al.*, 1995) การวัด ปริมาณกรดแอสคอร์บิกโดยตรงนั้นอาจทำได้ไม่ถนัดเนื่องจากกรดแอสคอร์บิกไม่เสถียรในตัวละลายน้ำ เนื่องจากกรด แอสคอร์บิก ออกซิไดซ์ไปเป็นกรดดีไฮโดรแอสคอเบต และเกิดปฏิกิริยาต่อไปเป็น 2, 3 ไดคิโดลกูโอนิกแอซิด ปฏิกิริยานี้ สามารถควบคุมได้โดยการเติมตัวเสถียร (Stabilizer) ตัวอย่างเช่น Selimović *et al.* (2011) ทำการเติมโซเดียม ออกซาเลต (Sodium oxalate) ลงไปในการวัดสารละลายกรดแอสคอร์บิกในสภาวะเป็นกลางเพื่อเพิ่มความเสถียรและ ลดการสลายตัวของกรดแอสคอร์บิก Kwakye (2000) ใช้โซเดียมไฮโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) เป็นตัวเสถียรในสารละลายกรด แอสคอร์บิกและประยุกต์ใช้หาปริมาณกรดแอสคอร์บิกในเม็ดยารักษาวิตามินซี

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ตรวจวัดหาปริมาณกรดแอสคอร์บิกโดยใช้โซเดียมไฮโอซัลเฟตเป็นตัวเพิ่มความเสถียร จากนั้นนำวิธีนี้ไปประยุกต์ใช้หาปริมาณกรดแอสคอร์บิกกับเม็ดยารักษาวิตามินซีที่ขายตามท้องตลาด และผลมาเพื่อ

สารเคมี

กรดแอสคอบิก ($AA, C_6H_8O_6$) โซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) โซเดียมคลอไรด์ ($NaCl$) เอทานอล (C_2H_5OH) กรดสำหรับงานวิเคราะห์ทางเคมี (AR grade) Deionize Water (น้ำ DI) น้ำตาลทรายซูโครส ตัวอย่างเม็ดยาวิตามินซี ยี่ห้อ Black More และ Nat C (ปริมาณวิตามินซีข้างขวด 1,000 mg/tablet) ผลมะเฟืองจากต้นมะเฟืองที่ปลูกที่อำเภอ บัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา

เครื่องมือ

อุปกรณ์เครื่องแก้ว เครื่องปั่นเหวี่ยง เครื่องอัลตราไวโอเลตวิสเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-VIS Spectrophotometer, ยี่ห้อ SHIMADZU รุ่น UV-2450) ประเทศญี่ปุ่น เครื่องชั่งดิจิทัล (locally fabricated) เครื่องปั่นอาหาร (locally fabricated)

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การหาตัวทำละลายที่เหมาะสมสำหรับกรดแอสคอบิก

เตรียมสารละลายกรดแอสคอบิกเข้มข้น 50 μM ในตัวทำละลาย 4 ชนิด ได้แก่ $Na_2S_2O_3$ 0.04%, น้ำ DI, $NaCl$ 0.04% และ เอทานอล วัดค่าการดูดกลืนแสงช่วงความยาวคลื่น 200-400 nm โดยใช้เครื่องอัลตราไวโอเลตสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ จากนั้นหาความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงสูงสุด (λ_{max})

2.2 การศึกษาการสลายตัวของกรดแอสคอบิกในตัวทำละลาย น้ำ DI และ $Na_2S_2O_3$ 0.04%

เตรียมสารละลายกรดแอสคอบิกเข้มข้น 50 μM ในตัวทำละลาย น้ำ DI และ $Na_2S_2O_3$ 0.04% วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุด ด้วยเครื่องอัลตราไวโอเลตสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยวัดทุก 5 นาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2.3 การศึกษาช่วงความเป็นเส้นตรง และค่าแอมพลิจูดวิถี ของกรดแอสคอบิก

เตรียมสารละลายกรดแอสคอบิกเข้มข้น 5-50 μM ในตัวทำละลาย $Na_2S_2O_3$ 0.04% วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุด ด้วยเครื่องอัลตราไวโอเลตสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ เทียบสมการเส้นตรง และค่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)

2.4 การวัดปริมาณกรดแอสคอบิกในเม็ดยา

เตรียมสารละลายจากเม็ดยายี่ห้อ Black More และ Nat C เข้มข้น 500 μM ปริมาตร 25 mL โดยชั่งเม็ดยาตามปริมาณที่คำนวณได้ (Nat Cหนัก 0.0034 g และ Black More หนัก 0.0036 g) บดเม็ดยาให้ละเอียดด้วยโกร่ง นำเม็ดยาไปละลายด้วยตัวทำละลาย $Na_2S_2O_3$ 0.04% ผสมให้เข้ากัน ปริมาตรโดยใช้ขวดวัดปริมาตร ป้องกันไม่ให้ถูกแสงโดยห่อภาชนะด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ หาปริมาณกรดแอสคอบิกในเม็ดยาด้วยวิธี Standard addition โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุด ด้วยเครื่องอัลตราไวโอเลตสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

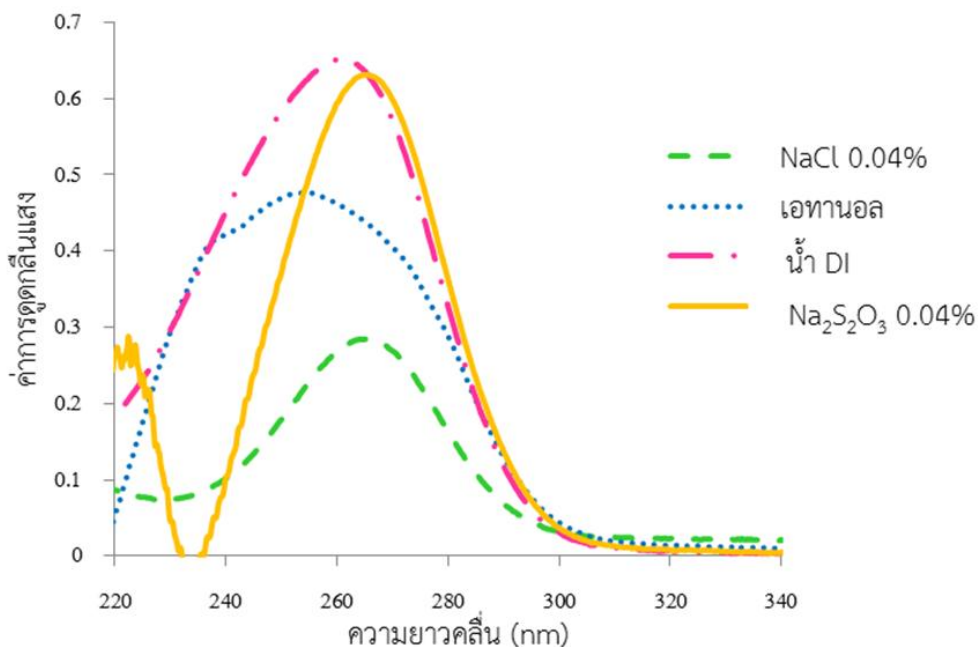
2.5 การวัดปริมาณกรดแอสคอบิกในตัวอย่างผลมะเฟือง

ชั่งน้ำหนักผลมะเฟืองสด บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน นำมะเฟืองไปปั่นละเอียด ชั่งมะเฟืองที่ปั่นแล้วมา 50 g เติมน้ำ DI ปริมาตร 250 mL นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง ดูดเอาเฉพาะสารละลายใสชั้นบน นำน้ำมะเฟืองที่แยกได้มารองด้วยกระดาษกรองอีกครั้ง ได้ตัวอย่างน้ำมะเฟือง หาปริมาณกรดแอสคอบิกโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุด ด้วยเครื่องอัลตราไวโอเลตสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (AOAC, 1980)

3. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

3.1 การหาค่าความยาวคลื่นสูงสุดของกรดแอสคอบิกในตัวทำละลายแต่ละชนิด

การหาค่าความยาวคลื่นที่ให้ค่าการดูดกลืนสูงสุด ($\lambda_{\max}$) ของกรดแอสคอบิกในตัวทำละลาย 4 ชนิด ได้แก่ น้ำ DI, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.04%, NaCl 0.04% และ เอทานอล โดยวัดในช่วงความยาวคลื่น 200-400 nm พบว่า กรดแอสคอบิก 50 μM ในตัวทำละลาย น้ำ DI, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.04%, NaCl 0.04% และเอทานอล พบว่าค่าการดูดกลืนสูงสุดและลักษณะของสเปกตรัมขึ้นอยู่กับชนิดของตัวทำละลาย โดยค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายกรดแอสคอบิกในตัวทำละลายเอทานอล มีลักษณะพิกเป็นช่วงกว้าง เนื่องจากค่าพลังงานในการดูดกลืนแสงของเอทานอลมีค่าใกล้เคียงกันกับกรดแอสคอบิก ส่วนสารละลายกรดแอสคอบิกในตัวทำละลาย NaCl 0.04% มีค่าการดูดกลืนแสงต่ำสุด เมื่อเทียบกับสารละลายกรดแอสคอบิกในตัวทำละลาย น้ำ DI และ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.04% ที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด 0.652 ที่ 265 nm และ 0.631 ที่ 261 nm ตามลำดับ ดังรูปที่ 1

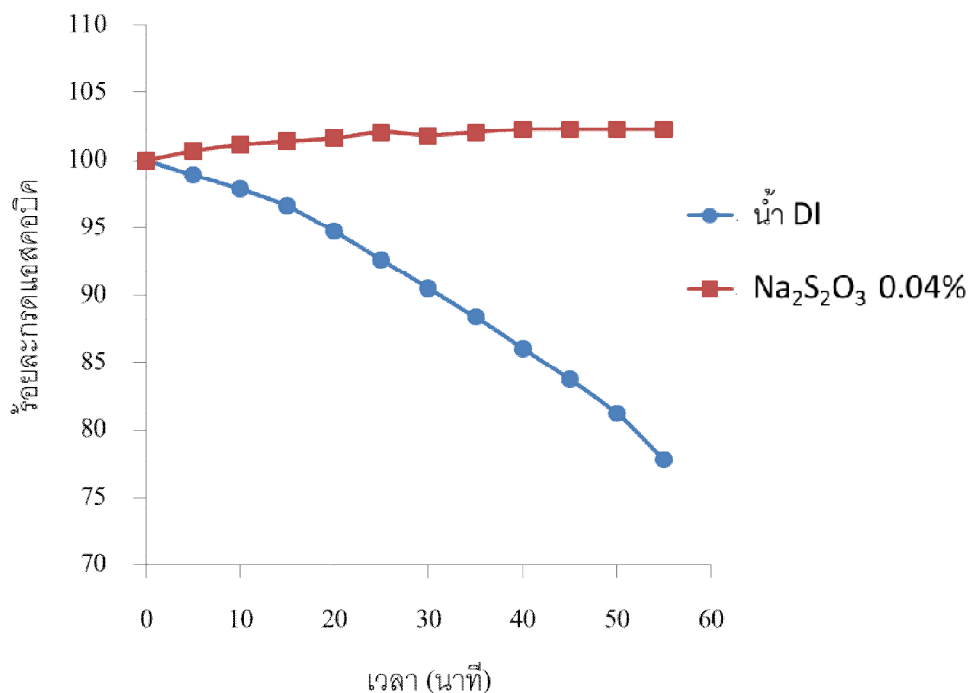


ภาพที่ 1 สเปกตรัมของ 50 μM กรดแอสคอบิกในตัวทำละลายทั้ง 4 ชนิด เมื่อวัดด้วยเครื่องอัลตราไวโอเลตสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

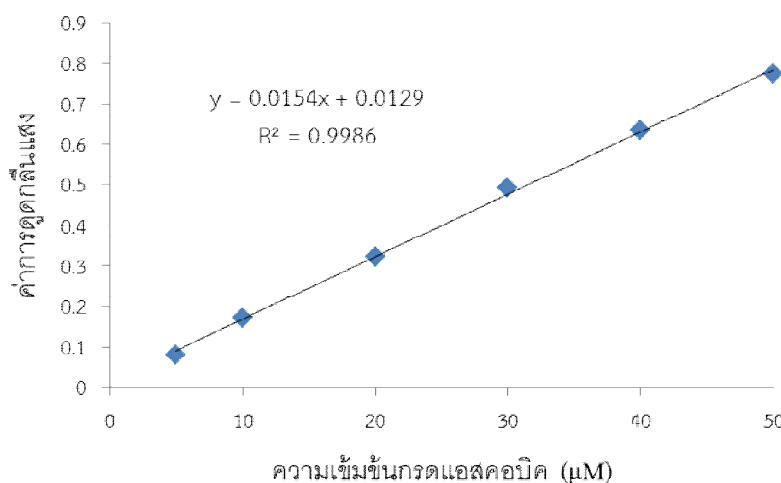
3.2 ศึกษาการสลายตัวของกรดแอสคอบิกในตัวทำละลาย น้ำ DI และ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.04%

จากการหาค่าความยาวคลื่นสูงสุดของกรดแอสคอบิก 50 μM โดยใช้ น้ำ DI และ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.04% เป็นตัวทำละลาย พบว่ามีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 0.652 และ 0.631 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน แต่พบว่ากรดแอสคอบิกเป็นสารที่สลายตัวได้ง่าย เมื่อได้รับความร้อนหรือแสง (Marfil *et al.*, 2008) จึงจำเป็นต้องศึกษาการสลายตัวของกรดแอสคอบิกในตัวทำละลาย น้ำ DI และ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.04% โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุดในระยะเวลา 1 ชั่วโมง พบว่า กรดแอสคอบิกในตัวทำละลาย น้ำ DI มีการสลายตัวเร็วกว่าเมื่อเทียบกับกรดแอสคอบิกในตัวทำละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.04% โดยมีร้อยละกรดแอสคอบิกอยู่ที่ 100-77.84% และ 100-102.28% ตามลำดับในเวลา 1 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 2 ดังนั้นการหาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการวัดกรดแอสคอบิกโดยใช้วิธีอัลตราไวโอเลตสเปกโตรโฟโตเมตรี

จึงเลือกใช้ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.04% เป็นตัวทำละลายกรดแอสคอบิก เนื่องจากชะลอการสลายตัวของกรดแอสคอบิกได้ดีในเวลา 1 ชั่วโมง



ภาพที่ 2 ร้อยละการสลายตัวของกรดแอสคอบิก 50 μM เมื่อใช้ตัวทำละลาย น้ำ DI และ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.04% ในระยะเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อวัดด้วยเครื่องอัลตราไวโอเลตสเปกโตรโฟโตมิเตอร์



ภาพที่ 3 กราฟช่วงความเป็นเส้นตรงของกรดแอสคอบิกเข้มข้น 5-50 μM ตัวทำละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.04% เมื่อวัดด้วยเครื่องอัลตราไวโอเลตสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

3.3 การศึกษาช่วงความเป็นเส้นตรงและค่าความไวของการวิเคราะห์ของกรดแอสคอบิก

จากการศึกษาช่วงความเป็นเส้นตรง และค่าความไวของการวิเคราะห์ (sensitivity) ของกรดแอสคอบิกโดยใช้ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.04% เป็นตัวทำละลาย พบว่าตามกฎของเบียร์วัดค่าความเข้มข้นกรดแอสคอบิกในช่วง 5-50 μM ที่ความยาวคลื่น 265 นาโนเมตร มีสมการช่วงความเป็นเส้นตรง $y = 0.0154x + 0.0129$ ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.9986 ค่าโมลาร์แอบซอร์ปติวิตี เท่ากับ $16,122.5 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$ เมื่อเทียบกับงานวิจัยของ Selimović *et al.* (2011) โดยใช้โซเดียมออกซาลเลตเป็นตัวทำละลาย (λ_{max} 266 nm) ซึ่งมีค่าโมลาร์แอบซอร์ปติวิตี $14,200 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$ และงานวิจัยของ Fadhel (2012) โดยใช้โพแทสเซียมไดโครเมตเป็นตัวทำละลาย (λ_{max} 350 nm) ซึ่งมีค่าโมลาร์แอบซอร์ปติวิตี $3,095.75 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$ ดังนั้นค่าโมลาร์แอบซอร์ปติวิตีโดยใช้ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.04% เป็นตัวทำละลาย กรดแอสคอบิกมีค่าสูงเมื่อเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ แสดงให้เห็นว่าวิธีนี้มีประสิทธิภาพในการดูดกลืนแสงของกรดแอสคอบิก ดังนั้นสารปริมาณน้อยๆ สามารถตรวจวัดโดยใช้วิธีนี้ได้

3.4 การวิเคราะห์หาปริมาณกรดแอสคอบิกในตัวอย่างอาหาร

3.4.1 ตัวอย่างเม็ดยาวิตามินซีที่ขายตามท้องตลาด

ประยุกต์ใช้ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.04% เป็นตัวทำละลายกรดแอสคอบิกในการหาปริมาณกรดแอสคอบิกในเม็ดยาที่ขายตามท้องตลาด 2 ตัวอย่าง คือ ยี่ห้อ Black More และยี่ห้อ Nat C โดยการเตรียมตัวอย่างเม็ดยาเข้มข้น 20 μM จากนั้นนำไปหาปริมาณกรดแอสคอบิกในเม็ดยา โดยใช้วิธี Standard addition ดังแสดงในภาพที่ 4 จากจุดตัดแกน x พบว่าความเข้มข้นกรดแอสคอบิกในเม็ดยี่ห้อ Black More และ Nat C มีค่าเท่ากับ 20.07 μM และ 20.27 μM ตามลำดับ เมื่อเทียบกับปริมาณกรดแอสคอบิกข้างขวดได้เท่ากับ 964.5 และ 1,052.5 mg/เม็ดยา ตามลำดับ โดยปริมาณกรดแอสคอบิกที่ระบุข้างขวดคือ 1000 mg/เม็ดยา ดังสรุปในตารางที่ 1 จากค่าร้อยละการกลับคืน (% Recovery) อยู่ในช่วง 96.5-105.2 ความเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) อยู่ในช่วง 3.01-3.56 เป็นเกณฑ์ที่ยอมรับได้และเป็นค่าที่เชื่อถือได้ทางสถิติ แสดงว่าวิธีนี้มีความแม่นยำของวิธีวิเคราะห์สูง (Fifield, 1975) จึงสามารถนำไปตรวจวัดปริมาณกรดแอสคอบิกในตัวอย่างจริงได้

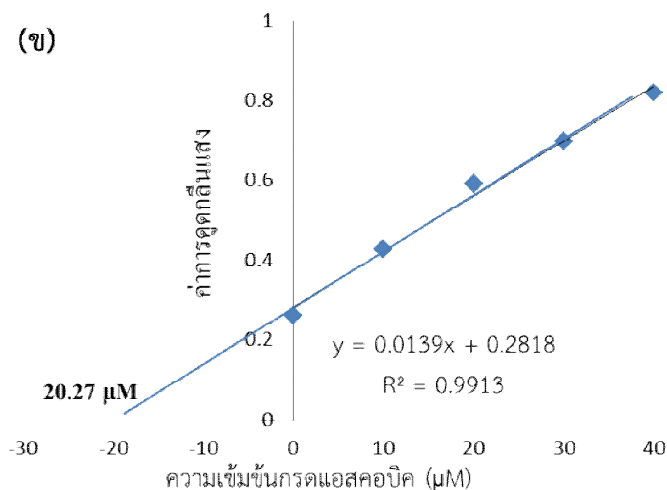
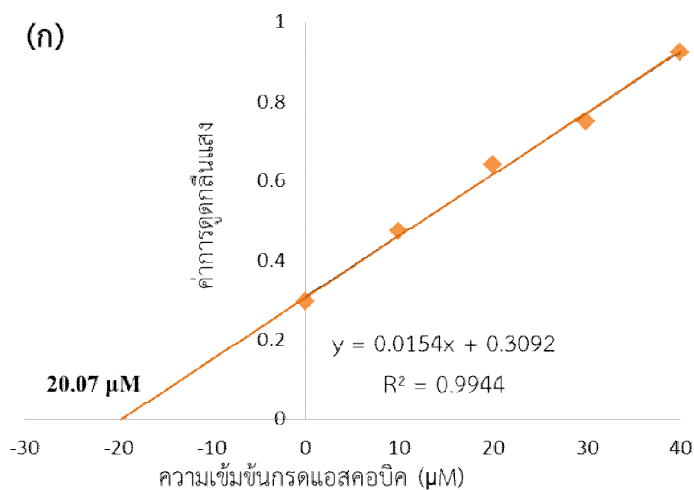
3.4.2 น้ำมะเฟือง

จากการวัดปริมาณกรดแอสคอบิกในน้ำมะเฟือง พบว่ามะเฟือง 100 g มีปริมาณกรดแอสคอบิกเท่ากับ 51.0 mg/100g แล้วทำการเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Tee *et al.* (1988) ที่ประเทศมาเลเซีย พบว่ามีปริมาณกรดแอสคอบิกเท่ากับ 34.9 mg/100g ค่าที่ได้มีค่าแตกต่างกันเนื่องมาจากงานวิจัยนี้เมื่อทดสอบกับมะเฟืองในไทยซึ่งเป็นมะเฟืองเปรี้ยวไม่มีรสหวานเป็นพันธุ์ที่มีอยู่ดั้งเดิมตามชนบทของประเทศไทยมีผลขนาดเล็ก แตกต่างกับมะเฟืองพันธุ์มาเลเซียที่มีผลใหญ่มีรสชาติออกหวานปนเปรี้ยวเล็กน้อย (ไพโรจน์, 2545) และอาจเนื่องมาจากเพราะฤดูกาลเก็บเกี่ยวสถานที่ปลูก และขั้นตอนการสกัดสารที่นำมาวิเคราะห์แตกต่างกันทำให้ปริมาณกรดแอสคอบิกในน้ำมะเฟืองที่วัดได้จากงานนี้มีค่าสูงกว่างานวิจัยของ Tee *et al.* (1988)

ตารางที่ 1 ปริมาณกรดแอสคอบิกในเม็ดยา

ยี่ห้อเม็ด ยา	ความ เข้มข้นกรด แอสคอบิก ที่เตรียม (μM)	ความเข้มข้น กรดแอสคอบิก ที่วัดได้ (μM)	ความ เบี่ยงเบน มาตรฐาน สัมพัทธ์ (%RSD)	ร้อยละ การได้ กลับคืน	ปริมาณ กรดแอสคอบิก ที่ระบุข้างขวด (mg/เม็ดยา)	ปริมาณ กรด แอสคอบิก ที่วัดได้จาก งานนี้ (mg/เม็ดยา)
Black More	20.00	19.29 ± 0.58	3.01	96.5	1,000	964.5
Nat C	20.00	21.05 ± 0.75	3.56	105.2	1,000	1,052.5

n = 3



ภาพที่ 4 แสดงการหาความเข้มข้นกรดแอสคอบิกในเม็ดยา โดยวิธี Standard addition (ก) ยี่ห้อ Black More (ข) ยี่ห้อ Nat C

4. สรุป

ในงานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.04% เป็นสารเพิ่มความเสถียรเพื่อช่วยลดการสลายตัวของกรดแอสคอบิก การหาค่าโมลาร์แอบซอร์ปทีวิตีจากกราฟแสดงความเข้มข้นของกรดแอสคอบิกพบว่ามีค่าค่อนข้างสูง นอกจากนั้นสามารถประยุกต์ใช้วิธีนี้สำหรับหาปริมาณกรดแอสคอบิกกับตัวอย่างจริง ได้แก่ ฝรั่งวิตามินซีที่มีขายตามท้องตลาด และผลไม้พื้นเมืองไทยได้แก่ผลไม้ฝรั่ง โดยวิธีนี้ยังมีข้อดีในด้าน ลดขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างที่ยุ่งยาก ใช้เวลาในการวิเคราะห์สั้น ง่าย และมีความถูกต้อง

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเคมีประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ในการสนับสนุนทุนการวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

ไพโรจน์ ผลประสิทธิ์. 2545. “ผลไม้ไทยๆ”. คณะกรมเอกลักษณ์ของชาติ, กรุงเทพฯ :

Abdelmageed, O. H., Khashaba, P. Y., Askal, H. F., Saleh, G. A., Refaat, I. H. (1995) Selective spectrophotometric determination of ascorbic acid in drugs and foods. **Talanta**: 42: 573-579.

AOAC. 1980. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**, 13th Ed., Washington, DC, 746.

Arya, S. P., M. Mahajan and P. Jain. 1998. Photometric Method for the Determination of Vitamin C. **Analytical Sciences**. 14: 889-895.

Fadhel, D., H. 2012. Spectrophotometric determination of ascorbic acid in aqueous solution. **Journal of AL-Nahrain University** 15: 88-94.

Fifield, F.W. 1975. **Principles and Practice of Analytical Chemistry** 5th, Blackwell Science Ltd, Paris, France.

Favell, D. J., 1998. A comparison of the vitamin C content of fresh and frozen vegetables. **Food Chem.** 62: 59-64.

Grudpan, K., K. Kamfoo and J. Jakmunee. 1999. Flow injection spectrophotometric or conductometric determination of ascorbic acid in a vitamin C tablet using permanganate or ammonia. **Talanta**: 49: 1023-1026.

Intarakamhang, S., C. Leson, W. Schuhmann and A. Schulte. 2011. A novel automated electrochemical ascorbic acid assay in the 24-well microtiter plate format. **Anal. Chim. Acta.**: 687: 1-6.

Iwase H. 2000. Use of nucleic acids in the mobile phase for the determination of ascorbic acid in foods by high performance liquid chromatography with electrochemical detection, **J. Chromatography A.**: 881: 327-330.

Kwakye, J. K. 2000. The use of stabilizers in the UV assay of ascorbic acid. **Talanta** 51: 197-200.

Malinauskas, A., R. Garjonyt, R. Mažeikien and I. Jurevič. 2004. Electrochemical response of ascorbic acid at conducting and electrogenerated polymer modified electrodes for electroanalytical applications: a review. **Talanta**: 64: 121-129.

- Marfil, P. H. M., E.M. Santos and V.R.N. Telis. 2008. Ascorbic acid degradation kinetic in tomatoes at different drying conditions. **LET-Food Sci. Tech.** 41: 1642-1647.
- Padayatty, S. J., A. Katz, Y. Wang, P. Eck, O. Kwon, J. Lee, S. Chen, C. Corpe, A. Dutta, S. Dutta and Levine. 2013. Vitamin C as an antioxidant: evaluation of its role in disease prevention. **J. American College of Nutrition** 22: 18–35.
- Sanz-Martínez, A., A. Ríos and M. Valcárcel. 1992. Photochemical determination of ascorbic acid using unsegmented flow methods. **Analyst** 117: 1761-1765.
- Selimović, A., M. Salkić and A. Selimović. 2011. Direct spectrophotometric determination of L-ascorbic acid in pharmaceutical preparations using sodium oxalate as a stabilizer. **Inter. J. Basic & Appli. Sci.** 11: 106-109.
- Sultan, S. M., A.M. Abdennabi, F. Eldin and O. Suliman. 1994. Flow injection colorimetric method for the assay of vitamin C in drug formulations using tris,1-10 phenanthroline—iron(III) complex as an oxidant in sulfuric acid media. **Talanta** 41: 125-130.
- Suntornsuka, L., W. Gritsanapun, S. Nilkamhank and A. Paochom. 2002. Quantization of vitamin C content in herbal juice using direct titration **J. Pharm. and Biomed. Anal.** 28: 849–855.
- Tee, E.S., S.I. Young, S.K. HO and M.S. Siti. 1988. Determination of Vitamin C in Fresh Fruit and Vegetables Using the Dye-titration and Microfluormetric Method. **Journal Pertanika.** 11: 39-44.
- Vanderslice, J. T. and D.J. Higgs. 1991. Vitamin C content of foods: sample. **Am. J. Clin. Nuir.** 54: 1323S-7S.

ภาคผนวก
วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
(RMUTTO RESEARCH JOURNAL)

วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก เป็นวารสารระดับชาติซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่และถ่ายทอดผลงานวิจัยและผลงานวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย กำหนดเผยแพร่วารสาร ปีละ 2 ครั้ง (มกราคม - มิถุนายน และกรกฎาคม - ธันวาคม)

1. บทควมวิจัย

ก. ส่วนปก ประกอบด้วย

1. ชื่อบทความ (Title) ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรสั้น กระชับ ชัดเจน เป้าหมายหลักของการวิจัย
2. ชื่อผู้เขียนทุกท่าน (Authors) ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ให้ระบุเฉพาะชื่อและนามสกุล โดยไม่ต้องมีคำนำหน้านาม
3. ที่อยู่ สำหรับการติดต่อ E-mail และโทรศัพท์
4. ตัวเลขยก ให้เขียนไว้บนนามสกุลเพื่อระบุว่าเป็นที่อยู่ของผู้เขียนท่านใด
5. บทคัดย่อ (Abstract) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรสั้นตรงประเด็น ครอบคลุมสาระสำคัญของการศึกษา
6. คำสำคัญ (Keyword) ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรเลือกคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับบทความ ที่สามารถนำไปใช้เป็นคำสืบค้นในระบบฐานข้อมูล (Keyword ควรมีประมาณ 4 คำ)

ข. ส่วนเนื้อหา ประกอบด้วย

1. บทนำ (Introduction) เป็นส่วนของความสำคัญและมูลเหตุที่นำไปสู่การวิจัย พร้อมวัตถุประสงค์และการสำรวจเอกสารที่เกี่ยวข้อง
2. วิธีการทดลอง (Materials and Methods) วิธีการศึกษา (Research Methodology) เป็นการอธิบายวิธีการดำเนินการวิจัยซึ่งขึ้นอยู่กับวิธีการวิจัยแต่ละประเภท
3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล หรือผลการศึกษาและอภิปรายผล (Results and Discussion) ควรเสนอผลอย่างชัดเจน ตรงประเด็น เป็นผลที่ค้นพบ โดยลำดับตามหัวข้อที่ศึกษา พร้อมการวิจารณ์ผล
4. สรุปผล (Conclusion) สรุปสาระสำคัญที่ได้จากการศึกษา
5. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements) กล่าวถึงบุคคลหรือหน่วยงานที่ช่วยเหลืองานวิจัยและมีความสำคัญจริง (อาจมีหรือไม่ก็ได้)
6. เอกสารอ้างอิง (References) ต้องใช้ตามแบบที่วารสารวิจัย มทร. ตะวันออก กำหนดอย่างเคร่งครัด และเขียนเอกสารอ้างอิง เฉพาะเอกสารที่นำมาอ้างอิงในเนื้อหาเท่านั้น

2. รูปแบบการพิมพ์บทความ

การตั้งค่าหน้ากระดาษ

- ระยะขอบ ขอบบน (Top Margin) และขอบซ้าย (Left Margin) 2.5 ซม.
ขอบล่าง (Bottom Margin) และขอบขวา (Right Margin) 2.0 ซม.
- กระดาษ ขนาดกระดาษ A4 (กำหนดเอง) ความกว้าง 19 ซม. ความสูง 27 ซม.

รูปแบบตัวอักษร

แบบตัวอักษรใช้ TH SarabunPSK เท่านั้น

หมายเลขหน้า

ตำแหน่ง ด้านล่าง กึ่งกลางหน้ากระดาษ ขนาดตัวอักษร 14

การย่อหน้า

เคาะ 8 ตัวอักษร พิมพ์ตัวที่ 9

จำนวนหน้าทั้งหมด

6 - 12 หน้า

การพิมพ์ส่วนปก

พิมพ์เต็มหน้ากระดาษ (พิมพ์ 1 คอลัมน์)

การพิมพ์ส่วนเนื้อหา

พิมพ์ 1 คอลัมน์

ชื่อบทความ

ภาษาไทย และ ภาษาอังกฤษ ขนาดอักษร 18 (ตัวหนา)

จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ

ชื่อผู้เขียน

ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 16 (ตัวหนา)

ระหว่างชื่อกับนามสกุล เว้น 2 เคาะ จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ

ตัวเลขยกบนหลังนามสกุล

ขนาดตัวอักษร 16

(ตัวเลขยกบนหลังนามสกุล ใส่เฉพาะกรณีมีผู้เขียนมากกว่า 1 คน และมีที่อยู่ต่างกัน)

ที่อยู่

ภาษาไทย ขนาดตัวอักษร 12

(ใส่ตัวเลขยกบนหน้าที่อยู่ ใส่เฉพาะกรณีมีผู้เขียนมากกว่า 1 คน และมีที่อยู่ต่างกัน)

E-mail และโทรศัพท์

ขนาดตัวอักษร 12 (ตัวเอียง)

ชื่อบทคัดย่อ

ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 18 (ตัวหนา)

จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ

เนื้อหาบทคัดย่อ

ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 14

ชื่อคำสำคัญ (Keyword)

ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 14 (ตัวหนา)

คำสำคัญ

ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 14

ชื่อหัวเรื่องใหญ่

ประกอบด้วย 1. บทนำ 2. วิธีการทดลอง หรือ วิธีการศึกษา
3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลหรือผลการศึกษาและอภิปรายผล
4. สรุปผล 5. กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี) 6. เอกสารอ้างอิง
ขนาดตัวอักษร 18 (ตัวหนา) จัดชิดซ้าย

ชื่อหัวเรื่องรอง

ขนาดตัวอักษร 16 (ตัวหนา) จัดชิดซ้าย

ชื่อหัวเรื่องย่อ

ขนาดตัวอักษร 14 (ตัวหนา) ย่อ 4 ตัวอักษร พิมพ์ตัวที่ 5

เนื้อหาบทความ

ขนาดตัวอักษร 14 จัดกระจายแบบไทย

ชื่อตาราง

ขนาดตัวอักษร 16 ตัวหนา อยู่ด้านบนของตาราง จัดชิดซ้าย

ชื่อภาพ ชื่อแผนภูมิ

ขนาดตัวอักษร 16 ตัวหนา อยู่ใต้ภาพหรือแผนภูมิ จัดกึ่งกลาง

เนื้อหาในตาราง/แผนภูมิ

ขนาดตัวอักษร 12

การอ้างอิงในเนื้อเรื่อง

ในระบบนาม-ปี เช่น วีระพล (2554) หรือ (วีระพล, 2554)
หรือ Dan and Hamasaki, 2011 หรือ เทพบุตร และวุฒิชัย, 2552
หรือ Dan, et al., 2010 หรือ สุภาพ และคณะ, 2547 เป็นต้น

การอ้างอิงท้ายเรื่อง

1. หนังสือ
ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. **ชื่อหนังสือ**. ครั้งที่พิมพ์. สำนักพิมพ์. เมืองที่พิมพ์.
2. บทความวารสาร
ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. **ชื่อบทความ**. ชื่อวารสาร. ปีที่ (ฉบับที่) : หน้าแรกถึง
หน้าสุดท้ายของบทความ.
3. วิทยานิพนธ์
ชื่อผู้เขียน. ปีที่พิมพ์. **ชื่อวิทยานิพนธ์**. สถานศึกษา : เมืองที่พิมพ์.

หมายเหตุ ต้นฉบับบทความที่นำเสนอจะต้องถูกต้องตามหลักเกณฑ์การเขียนที่กำหนดเท่านั้น
มิฉะนั้นจะไม่ได้รับการพิจารณา ดำเนินการประเมินบทความก่อนตีพิมพ์

*** ตัวอย่างการเขียนอ้างอิงท้ายเรื่อง**

- จงกลรัตน์ อาจศัตรุ. 2544. การศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนตามแบบวัฏจักรการเรียนรู้ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พานิช อินตะ และนคร ทิพาวงศ์. 2550. การวัดการกระจายขนาดละอองลอยจากเครื่องยนต์ดีเซล ด้วยเครื่องวิเคราะห์
ขนาดอนุภาคแบบใช้หลักการเคลื่อนตัวทางไฟฟ้า. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. 30(4): 649-658.
- ระบบเครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย. 2555. ลักษณะน้ำเสียของอุตสาหกรรม
ฟอกล้อม. [online] เข้าถึงจาก <http://teenet.tei.or.th/Knowledge/weave2.html>.
- เริงชัย หมื่นชนะ. 2538. จิตวิทยาธุรกิจ. พิมพ์ครั้งที่ 2. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.
- สิทธิโชค ศิริจินดาเลิศ. 2544. การเปรียบเทียบสมรรถนะของถังปฏิกรณ์ไร้อากาศน้ำเสียไหลขึ้นกับถังปฏิกรณ์ไร้อากาศ
น้ำเสียไหลขึ้นแบบแบ่งส่วนในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีปริมาณสาร อินทรีย์เปลี่ยนแปลงฉับพลัน.
วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- หัสพงค์ กิติเดช และ ขจรศักดิ์ โสภการีย์. 2556. การกำจัดซีโอทีและสีของน้ำเสียโรงงานล่องกระดาษโดยกระบวนการ
รวมตะกอนทางไฟฟ้า. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมสัมมนาทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
ตะวันออก ครั้งที่ 6 โรงแรมชลจันทร์พัทยารีสอร์ท จ.ชลบุรี. หน้า 418-423. ชลบุรี.
- อังคนาภรณ์ ประทุมมาศ. 2552. คอมพิวเตอร์สำหรับนักวิชาชีพจิตวิทยาและการแนะแนว. [Online]. เข้าถึงจาก
<http://learners.in.th/blog/maypsy/220106>. (สืบค้นวันที่ 3 มีนาคม 2552).
- Hinds, W.C. 1999. Aerosol Technology. John Wiley and Sons. USA.
- Hufana-Duran, D., P.G. Duran, F.V. Mamud, V. Jamsawat, C. Saetung and L.C.Cruz. 2012. Reproductive
biotechnology in buffalo. Rajamangala University of Technology Tawan-ok Res. J. 5(1): 127-134.
- Pannarunthai, S. 1993. Equity in health: The need for and the use of public and private health services
in an urban area in Thailand. Unpublished doctoral dissertation, University of London.
- Koby M., DemirbaE. s, Can O.T., Bayramoglu M. 2005. Treatment of levafix orange textile dye
solution by Electrocoagulation. Journal of Hazardous Materials, B132: 183-188.
- Tuomi, M.T. 2005. Agents of social change in education. Community Development Journal 40: 205-211.

ตัวอย่างการจัดรูปแบบบทความ

ขอบบน 2.5 ซม.

ผลของการใช้อาหารทดแทนเลี้ยงโคให้นมในฤดูแล้ง
Roughage Replacer for Feeding Milking Cows in Dry Season } ชื่อบทความ
ขนาด 18 หน้า

ชื่อผู้เขียน ขนาด 16 หน้า }

วีระพล แจ่มสวัสดิ์
Virapol Jamsawat

สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ จังหวัดชลบุรี
E-mail: virapolj@yahoo.com โทร.086-3303057

ที่อยู่ ขนาด 12
E-mail และโทรศัพท์
ขนาด 12 ตัวเอียง

ชื่อบทคัดย่อ / Abstract ขนาด 18 หน้า { บทคัดย่อ

ผลจากการทดลองการใช้ฟางข้าวหมักยูเรีย 6% เลือกสับปะรดสดและหญ้าขนเป็นอาหารทดแทนเลี้ยงโคกำลังให้นมในฤดูแล้ง โดยใช้โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ ฟรีเซียน สายเลือดประมาณ 62.5% ที่กำลังให้น้ำนมโดยให้อาหารข้นมีโปรตีนรวม 16% ตามปริมาณการให้น้ำนมต่ออาหารข้น เท่ากับ 2 :1 และให้อาหารหยาบอย่างเต็มที่เป็นเวลา 165 วัน

Keywords: Roughage replacer, Milking cow.

ชื่อคำสำคัญ (Keyword) ขนาด 14 หน้า
และ คำสำคัญ ขนาด 14 บาง

ชื่อหัวข้อบทความ ขนาด 18 หน้า

1. บทนำ } ชื่อหัวข้อย่อยบทความ ขนาด 16 หน้า

เคาะ 8 ตัวอักษร ในปัจจุบันการเลี้ยงโคนมของประเทศไทย ได้มีการส่งเสริมให้มีการขยายการเลี้ยงเพิ่มจำนวนมากขึ้นในทุกๆ ปี ทั้งโคนมและโคเนื้อ แต่จำนวนพื้นที่ทำการเกษตรกลับลดจำนวนลง โดยถูกนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ มากขึ้น ดังนั้น เกษตรกรผู้เลี้ยงโค ซึ่งจำเป็นต้องใช้อาหารหยาบพวกหญ้าเป็นพืชอาหารสัตว์หลักสำหรับเลี้ยงโค จึงมีจำนวนพืชอาหารสัตว์และจำนวนพื้นที่ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ลดน้อยลงเรื่อยๆ (วีระพล, 2557)

เนื้อหาบทความ
ขนาด 14

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของอาหารข้น } ชื่อตาราง/ภาพที่/แผนภูมิที่ ขนาด 16 หน้า

วัตถุดิบ	จำนวน
รำละเอียด	45
กากมะพร้าว	30
กากถั่วลิสง	15
ปลาป่น	5
เกลือป่น	2
แร่ธาตุผสม (premix)	1
รวม	100

เนื้อหาตาราง ขนาด 12

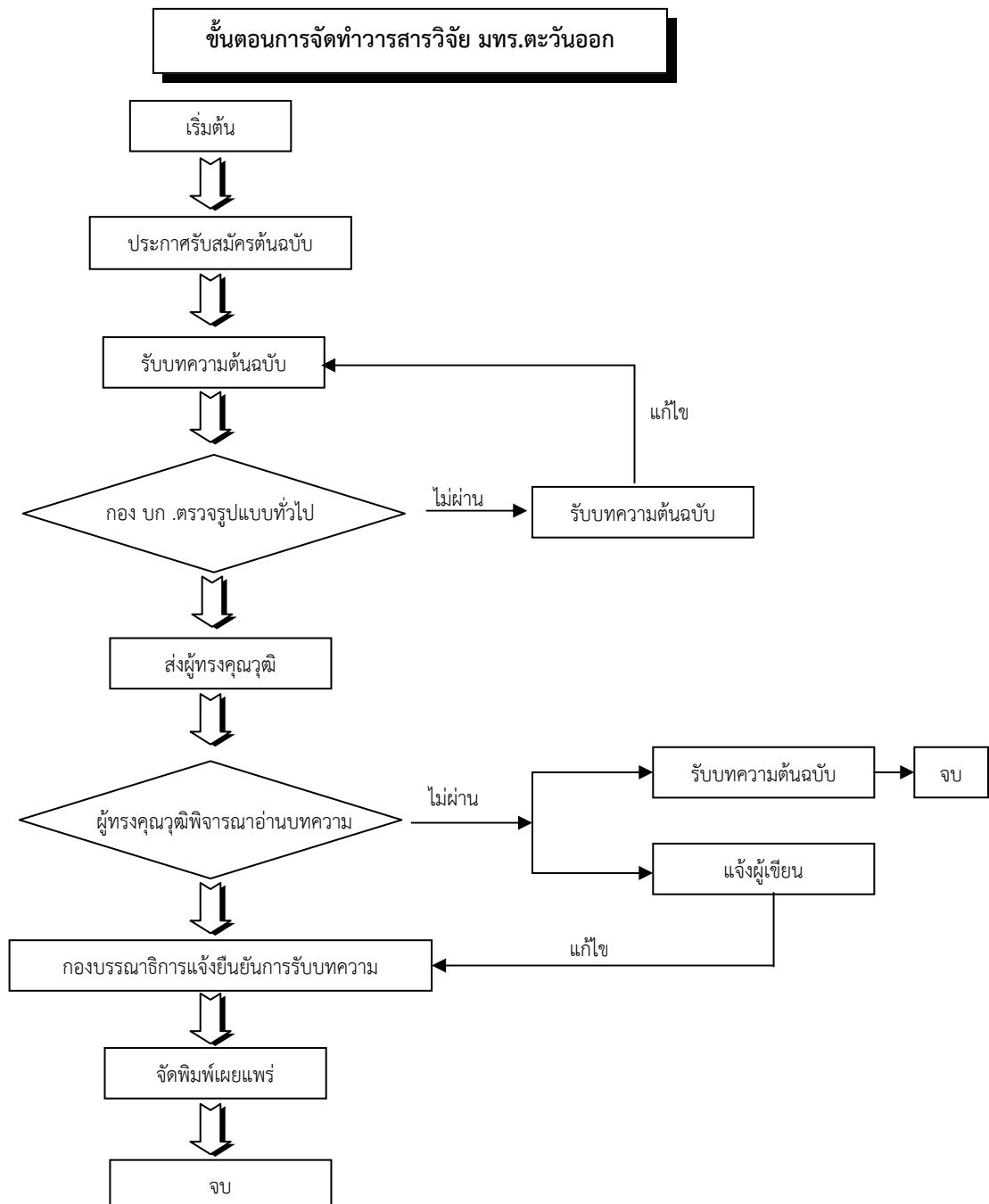
ขอบขวา
2.0 ซม.

ขอบล่าง 2.0 ซม.

หลักเกณฑ์การประเมินบทความเพื่อตอบรับการตีพิมพ์

กองบรรณาธิการจะพิจารณาบทความเบื้องต้น เกี่ยวกับความถูกต้องของรูปแบบทั่วไป ถ้าไม่ผ่านการพิจารณาจะส่งกลับไปแก้ไข ถ้าผ่านจะเข้าสู่การพิจารณาของผู้ประเมินจากภายนอก เมื่อผลการประเมินผ่านหรือไม่ผ่านหรือมีการแก้ไขจะแจ้งผลให้ผู้เขียนทราบ

เมื่อบทความที่ได้รับการตีพิมพ์ ผู้เขียนจะได้รับวารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ฉบับที่นำบทความลงตีพิมพ์ผลงาน จำนวน 1 ฉบับ พร้อมหนังสือรับรองการตีพิมพ์บทความ





**แบบฟอร์มการส่งบทความวิจัย
วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก**

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

1. ข้าพเจ้า นาย / นาง / นางสาว
2. ระดับการศึกษาสูงสุด
ตำแหน่งทางวิชาการ
3. ชื่อบทความ (ภาษาไทย)
(ภาษาอังกฤษ)
4. ผู้เขียนร่วม (1)
(2)
(3)
(4)
(5)
5. ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก
.....
.....
.....
โทรศัพท์..... มือถือ.....แฟกซ์.....
E-mail :

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าบทความนี้ไม่เคยลงตีพิมพ์ในวารสารใดมาก่อนและยินยอมว่าบทความที่ตีพิมพ์ลงในวารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

ลงชื่อ.....
(.....)

**แบบสรุปผลการประเมินบทความวิจัยของผู้ทรงคุณวุฒิ
วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก**

1. รหัสบทความวิจัยที่ประเมิน R ☐ ☐ ☐ ☐

2. ชื่อบทความ.....
.....

3. จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิประเมิน..... ท่าน

4. หัวข้อที่พิจารณา

หัวข้อ	ผ่าน	ผ่านและมีการแก้ไข	ไม่ผ่าน	ข้อแก้ไข/ข้อเสนอแนะ
บทคัดย่อ (Abstract)				
บทนำ				
วิธีการทดลอง/วิธีการศึกษา				
ผลการทดลอง และวิจารณ์ผล / ผลการศึกษาและอภิปรายผล				
สรุปผล				
เอกสารอ้างอิง				
คุณค่าทางวิชาการ				

5. อื่น ๆ

.....
.....
.....
.....

6. สรุปผลการประเมิน ☐ ผ่านดีเยี่ยม ☐ ผ่าน ☐ ผ่านและมีการแก้ไข ☐ ไม่ผ่าน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ พรสุริยา)

บรรณาธิการ

วันที่...../...../.....



หนังสือรับรองการตีพิมพ์บทความ
วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

ขอรับรองว่าบทความ.....

เรื่อง

.....
.....
.....

โดย

.....
.....
.....

ได้ผ่านการประเมินจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
และตีพิมพ์ในวารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
ปีที่ ฉบับที่

.....
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ พรสุริยา
บรรณาธิการวารสารวิจัย มทร.ตะวันออก
ให้ ณ วันที่.....

วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก (Rajamangala University of Technology Tawan-ok Research Journal)

ปีที่ 8 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2558

เป็นวารสารวิจัย/วิชาการ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
จัดทำโดย สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

วัตถุประสงค์เพื่อ

1. เป็นสื่อ รวบรวม เผยแพร่ผลงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และส่งเสริมให้มีการนำผลงานวิจัยไปใช้ให้เกิดประโยชน์
2. เป็นการส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพผลงานของงานวิจัยสู่ระดับมาตรฐานสากล
3. เป็นสื่อแลกเปลี่ยนความรู้และแนวคิดระหว่างนักวิจัยทั้งในและต่างประเทศ
4. เสริมสร้างให้เกิดผลงานวิจัยใหม่ๆ ทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมไทย

คณะกรรมการอำนวยการ

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก	ประธานกรรมการ
รองอธิการบดีทุกฝ่าย	กรรมการ
ผู้ช่วยอธิการบดีทุกฝ่าย	กรรมการ
คณบดีทุกคณะ	กรรมการ
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา	กรรมการ

มทร.ตะวันออก สร้างงานวิจัย พัฒนาสังคม ชุมชน และประเทศ

กองบรรณาธิการวารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก



สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

43 หมู่ 6 ต.บางพระ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20110

โทร. 038-358201 ต่อ 8508-8510 โทรสาร 038-358142

<http://ird.rmutto.ac.th>, <http://journal.rmutto.ac.th>