วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

Journal of Science & Technology Phranakhon Rajabhat University

ISSN 2229-1555

ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 สิงหาคม 2555
Vol. 2 No. 2 August 2012

http://www.pnruweb.com/sci

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

Journal of Science & Technology Phranakhon Rajabhat University

ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 สิงหาคม 2555
Vol. 2 No. 2 August 2012

เจ้าของ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

สำนักงาน
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อาคาร 21
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
โทรศัพท์ 0-2522-6609 โทรสาร 0-2522-6609

วัตถุประสงค์
1. เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่งานวิทยาการในสาขาวิชาต่างๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. เพื่อเผยแพร่ผลงานทางด้านการวิจัย และการศึกษาค้นคว้า ของอาจารย์ นักศึกษา และผู้สนใจ
3. เพื่อเป็นสื่อกลางแลกเปลี่ยนความรู้ และแนวคิดทางวิชาการ ของบุคลากรทั้งภายในและนอกสถาบัน

Publisher
Faculty of Science and Technology
Phranakhon Rajabhat University

Office
Faculty of Science and Technology, Building 21
Phranakhon Rajabhat University
Tel. 0-2522-6609 Fax 0-2522-6609

Objectives
1. To promote dissemination of knowlenge in all fields of science and technology.
2. To publish research results of faculty, students and researchers.
3. To be a medium for the exchange of knowledge and ideas among faculty, students and researchers of Phranakhon Rajabhat University and other institutes.

บรรณาธิการ

ดร. ไพบูลย์ วิริยะวัฒนะ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
	คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กองบรรณาธิการ

ศ.ดร. พวงเพ็ญ ศิริรักษ์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ศ.ดร. ลีนา สุนทรสุข	มหาวิทยาลัยมหิดล
รศ.ดร. เพียงพบ มนต์นวลปรางค์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
รศ.ดร. สมวงษ์ แปลงประสพโชค	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ผศ.ดร. เดช บุญประจักษ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ผศ.รวงพร ประสิทธิ์กุศล	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ผศ.ดร. โสภณ บุญลือ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ดร. จุฑาพร แสวงแก้ว	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ดร. ธงชัย พุฒทองศิริ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ดร. ธัชชา รัมมะศักดิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ดร. ประกายดาว ยิ่งสง่า	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ดร. รัศมี แสงศิริมงคลยิ่ง	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ดร. สมคิด สุทธิธารธวัช	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ดร. สมฤดี สาธิตคุณ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร. สุชาดา ไม้สนธิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ดร. สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ดร. สืบตระกูล สุชาติ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ดร. อธิยา รัตนพิทยาภรณ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ดร. อรพรรณ อนุรักษ์วรกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ดร. อัญชลี นิลสุวรรณ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ดร. โองการ วณิชาชีวะ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

ฝ่ายศิลป์และภาพ

นางสาวขวัญเรือน ปิ๊จจ๊ะ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

ฝ่ายจัดการและเลขานุการ

นางขนิษฐา อยู่นุช	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
นางสาวนนธิดา งามสมภาร	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
นางสาวเวียงศิริ แซ่อึง	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
นางหนึ่งฤทัย ขยัน	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
นางสาวอารีย์ รอดดำรงค์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

บทความหรือข้อคิดเห็นใดๆ ในวารสารนี้เป็นของผู้เขียน ไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับทัศนะของกองบรรณาธิการ
The views and opinions expressed in this journal are those of the author(s), and do not necessarily reflect the views and opinions of the editorial board.

บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ฉบับที่ 2 ประจำปีพุทธศักราช 2555 จัดทำขึ้นเนื่องในวันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ เพื่อเทิดพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 4 แห่งพระบรมราชจักรีวงศ์ พระมหากษัตริย์ผู้ทรงเป็นพระบิดาแห่งวิทยาศาสตร์ไทย และปีนี้ยังเป็นปีมหามงคลของเหล่าพสกนิกรชาวไทยเพราะเป็นปีที่สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ ทรงมีพระชนมายุครบ 80 พรรษา รวมทั้งสมเด็จพระบรมโอรสาธิราช เจ้าฟ้ามหาวชิราลงกรณ สยามมกุฎราชกุมาร ทรงมีพระชนมายุครบ 60 พรรษา รวมทั้งเป็นเวทีส่งเสริมให้นักวิชาการได้นำเสนอผลงานทางวิชาการ โดยเฉพาะผลงานทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่มีเป้าหมายนำองค์ความรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ในการพัฒนาคุณภาพชีวิตและเศรษฐกิจอย่างยั่งยืนตามแนวทางของปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ในฉบับนี้มีผลงานนักวิชาการได้รับการตีพิมพ์จำนวน 9 เรื่อง ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์ จากทั้งผู้ประเมินบทความ(Peer reviewers) ผู้เขียนบทความที่มีการแก้ไขงานจนสำเร็จด้วยดี จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ และขอขอบสำหรับผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ที่มีส่วนช่วยทำให้วารสารเล่มนี้สำเร็จตามวัตถุประสงค์รวมทั้งผู้เขียนบทความทุกท่านที่ส่งบทความมาลงตีพิมพ์เผยแพร่และขอขอบพระคุณผู้อ่านทุกท่าน หวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้อ่านทุกท่านคงได้รับประโยชน์จากวารสารฉบับนี้อย่างเต็มที่

ดร. ไพบูลย์ วิริยะวัฒนะ
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
บรรณาธิการ

สารบัญ

หน้า

บทความวิชาการ

กระชายกระบี่ *(Boesenbergia tenuispicata)*: พืชถิ่นเดียวที่ใกล้สูญพันธุ์

โองการ วณิชาชีวะ.....1

บทความวิจัย

Mathematical Model for Heat Transfer Mechanism of Cement Paste when Subjected to Microwave Energy

Natt Makul.....9

การบวมน้ำของไฮโดรเจล MHEC ฉายรังสี ที่แช่ในน้ำแตงกวา

ยุวภา สอิ้งรัมย์ ปรารถนา คิ้วสุวรรณ และสาวิตรี รุจิธนพาณิช.....15

ปัจจัยจูงใจในการเข้าศึกษาที่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

พิมชนก กมล และรวงพร ประสิทธิ์กุศล.....21

ผลของฟอสฟอรัสและค่าความเป็นกรด-เบสต่อการเจริญเติบโตและปริมาณสาร 1′ - Acetoxychavicol Acetate (ACA) ภายในข่าในสภาพการปลูกพืชไร้ดิน

คงเอก ศิริงาม ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ สรัญญา วัชโรทัย และเฉลิมพล เกิดมณี.....27

ผลของการงอก และการทำแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของงาขาว และงาดำ

สุพรรณษา อุทัยศรี และสุชาดา ไม้สนธิ์.....35

ผลของ hydropriming ต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดข้าวโพดไร่ พันธุ์สุวรรณ 5

ภัสสร วัฒนกุลภาคิน.....43

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญพืชงอก

ณภาภัช ภู่สุวรรณ์ และสุชาดา ไม้สนธิ์.....49

การพัฒนาระบบสารสนเทศอพาร์ทเม้นท์ กรณีศึกษา ศศิภรณ์อพาร์ทเม้นท์

ณัฐวุฒิ พลับสกุล และสมคิด สุทธิธารธวัช.....55

กระชายกระบี่ (*Boesenbergia tenuispicata*): พืชถิ่นเดียวที่ใกล้สูญพันธุ์
Krachai Krabi (*Boesenbergia tenuispicata*): endangered endemic plant

โองการ วณิชาชีวะ*
Ongkarn Vanijajiva*

สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University, Thailand.
*Corresponding author: vanijajiva@pnru.ac.th

บทนำ

ประเทศไทยมีความหลากหลายของพรรณพืชสูงเป็นอันดับต้นๆ ของโลก ปัจจุบันพบมีรายงานจำนวนชนิดของพรรณพืชในประเทศไทยกว่า 300 วงศ์ มากกว่า 15,000 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 8 ของชนิดพรรณพืชทั่วโลก (OEPP, 1992) อย่างไรก็ตามยังไม่มีการรวบรวมและระบุจำนวนที่แท้จริงของพืชถิ่นเดียวและพืชหายากของประเทศไทยไว้ เนื่องจากฐานข้อมูลพรรณพืชของไทยยังไม่สมบูรณ์ ประเมินว่าจำนวนชนิดพืชถิ่นเดียวมีประมาณ ร้อยละ 5-7 ของพรรณพืชในประเทศไทย (ธวัชชัย สันติสุข, 2548) จากความร่วมมือของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช รวมทั้งนักพฤกษศาสตร์จากสถาบันการศึกษาต่างๆ ทั้งชาวไทยและต่างประเทศนั้น ได้จัดพิมพ์หนังสือพรรณพฤกษชาติของประเทศไทย (Flora of Thailand) ซึ่งรายงานจำนวนพรรณพืชของประเทศไว้กว่าร้อยละ 45 ในจำนวนนี้มีเฟิน (Ferns) จำนวนกว่า 659 ชนิด จาก 35 วงศ์ 133 สกุล และ พืชเมล็ดเปลือย (Gymnosperm) จำนวน 25 ชนิด จาก 6 วงศ์ 7 สกุล และพืชดอก (Angiosperm) จำนวนมากกว่า 3,000 ชนิด แต่ยังมีพืชดอกอีกกว่า 94 วงศ์ที่ยังไม่มีการศึกษาทบทวน ตัวอย่างเช่น กลุ่มพืชวงศ์ขิง (Zingiberaceae) เป็นพืชอีกกลุ่มที่ยังไม่มีการจัดพิมพ์ในหนังสือพรรณพฤกษชาติแห่งประเทศไทย เป็นต้น (สำนักงานหอพรรณไม้, 2555) พืชวงศ์ขิงจัดอยู่ในกลุ่มพืชใบเลี้ยงเดี่ยว มีศูนย์กลางการกระจายพันธุ์ในบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยประเทศไทยจัดเป็นแหล่งวิวัฒนาการสำคัญของพืชในกลุ่มนี้ สันนิษฐานว่ามีจำนวนสมาชิกราว 200 ชนิด (Sirirugsa, 1998) พืชวงศ์ขิงมีลักษณะพิเศษคือทุกส่วนของต้นมีกลิ่นของน้ำมันหอมระเหย ส่วนใหญ่จึงมีสรรพคุณเป็นยาสมุนไพร และเป็นเครื่องเทศปรุงแต่งรสอาหารที่สำคัญ นำมาใช้ประกอบอาหาร ใช้เป็นสีย้อม ผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง หลายชนิดมีใบหรือดอกสวยงามจึงนิยมนำมาปลูกเป็นไม้ดอกไม้ประดับ และสามารถผลิตออกสู่ตลาดต่างประเทศ จึงนับเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญอีกกลุ่มหนึ่งในปัจจุบัน

พืชสกุลกระชาย (*Boesenbergia* O. Kuntze) จัดเป็นพืชในวงศ์ขิงกลุ่มหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างมากในประเทศไทย โดยนอกจากจะนำมาใช้เป็นเครื่องเทศในการประกอบอาหารตั้งแต่ในสมัยอดีตจนถึงปัจจุบันยังพบว่ามีสารสกัดที่คุณสมบัติในทางสมุนไพรและเภสัชวิทยาหลายชนิด (Mahidol et al., 1984) สามารถพัฒนาเป็นสารสำคัญเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมผลิตยาได้ในอนาคต ที่น่าสนใจคือประเทศไทยจัดเป็นศูนย์กลางความหลากหลายของพืชสกุลนี้ ปัจจุบันมีรายงานไว้ราว 15 ชนิด (Sirirugsa 1992; Saensouk & Larsen 2001) กระชายกระบี่ (*Boesenbergia tenuispicata* K. Larsen) (Larsen, 1993) เป็นพืชกลุ่มกระชายมีรายงานการค้นพบครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1993 บริเวณอุทยานแห่งชาติธารโบกขรณี อำเภออ่าวลึก จังหวัดกระบี่ ปัจจุบันพบว่าพืชชนิดนี้หาได้ยากมากขึ้น และเป็นที่น่าวิตกต่อการสูญพันธุ์ ผู้เขียนในฐานะของบุคลากรของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร สถาบันอุดมศึกษาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น ได้ตระหนักและเห็นความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ในท้องถิ่น จึงเล็งเห็นว่าบทความนี้จะเป็นเครื่องช่วยสะท้อนภาพของทรัพยากรท้องถิ่นที่มีอยู่ในประเทศให้เป็นที่ประจักษ์ ช่วยผลักดันให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้เข้ามาช่วยเหลือ สนับสนุนและพัฒนาพืชชนิดนี้ให้ยั่งยืนคู่กับท้องถิ่นของตนต่อไป

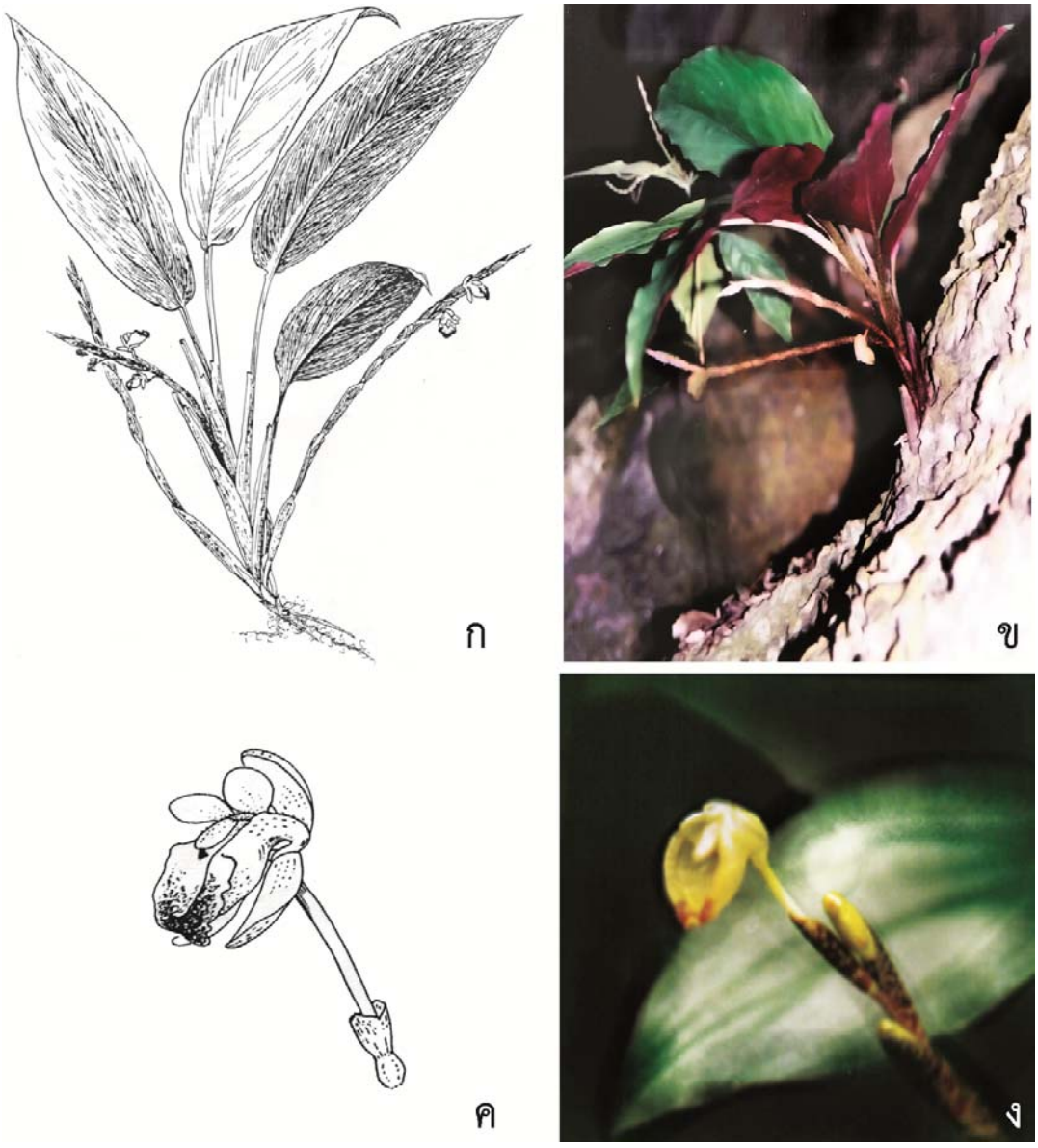
พืชสกุลกระชาย

พืชสกุลกระชาย (*Boesenbergia* O. Kuntze) จัดอยู่ในกลุ่มของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (monocotyledon) เป็นสมาชิกของพืชวงศ์ขิง (Zingiberaceae) มีสมาชิกทั่วโลกราว 80 ชนิด พบว่าศูนย์กลางการกระจายพันธุ์อยู่บริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉพาะในประเทศไทย สันนิษฐานว่าเป็นแหล่งวิวัฒนาการที่สำคัญของพืชกลุ่มนี้ ปัจจุบันมีรายงานไว้ราว 19 ชนิด (Sirirugsa 1992; Larsen, 1993; Saensouk & Larsen, 2001) โดยกระชาย (*Bosenbergia rotunda* (L.) Mansf.) จัดเป็นพืชเพียงชนิดเดียวในสกุลนี้ที่นำมาใช้เป็นเครื่องเทศประกอบอาหาร และปลูกเป็นพืชเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตามพบว่าสารสกัดที่ได้จากเหง้าของกระชายมีคุณสมบัติในทางสมุนไพรและเภสัชวิทยาหลายชนิด (Mahidol *et al*., 1984) เช่น พบสาร Cincole ที่ช่วยลดอาการปวดเกร็งของลำไส้ และยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย นอกจากนี้พบสารอีกหลายชนิดที่สามารถป้องกันการเกิดเนื้องอกอันเป็นสาเหตุของการเกิดมะเร็งได้ และสารที่ลดการอักเสบหลายชนิด รวมถึงสารที่ต่อต้านการเจริญเติบโตของไวรัส HIV อันเป็นสาเหตุของโรคเอดส์ได้ (Trakoontivakorn *et al*., 2001; Tuchinda *et al*., 2002) ดังนั้นจากคุณสมบัติทางเภสัชวิทยาพืชในกลุ่มกระชายจึงนับว่ามีประโยชน์และน่าสนใจอย่างยิ่ง หากมีการศึกษาพืชชนิดอื่นๆ ในกลุ่มนี้อย่างจริงจังซึ่งอาจสามารถพัฒนาเป็นยาสำคัญได้ในอนาคต

พืชสมาชิกในสกุลกระชายมีลักษณะเป็นไม้ล้มลุกอายุหลายปี (perennial herb) เจริญบนดิน (terrestrial) มีลักษณะพิเศษเช่นเดียวกับพืชวงศ์ขิงชนิดอื่นๆ คือทุกส่วนของลำต้นมีกลิ่นหอม (Ridley, 1924; Holttum, 1950; Vasishta, 1981) ปลายรากมีการสะสมอาหารโดยพองออกเป็นหัวรูปร่างเรียวยาวคล้ายกระสวย (Sirirugsa, 1992) ลำต้นมีสองชนิด คือ ลำต้นใต้ดิน (underground stem) และลำต้นเหนือดิน (aerial stem) ลำต้นใต้ดินหรือเหง้า (rhizome) จะพักตัวในฤดูแล้งโดยลำต้นเทียมเหี่ยวแห้งตายเหลือเฉพาะเหง้าพักอยู่ใต้ผิวดิน แต่พอถึงฤดูฝนลำต้นเทียมและช่อดอกจะเกิดขึ้นจากตาเจริญของเหง้าอีกครั้งหนึ่ง (Holttum, 1950) ส่วนของลำต้นเหนือดิน เกิดจากกาบใบเรียงซ้อนประกอบกันเป็นลำคล้ายลำต้น เรียกว่าลำต้นเทียม (pseudostem) ตั้งตรง ไม่แตกแขนง ใบเป็นใบเดี่ยว (simple leaf) แผ่นใบ (blade) มีลักษณะเป็นรูปรี (elliptic) รูปแถบ (linear) หรือรูปหอก (lanceolate) ขอบใบเรียบ (entire) ปลายใบแหลม (acute) หรือ มน (obtuse) ฐานใบแหลมหรือมน ก้านใบ (petiole) คือส่วนของโคนแผ่นใบที่คอดเว้า มีลักษณะคล้ายก้านใบ เรียกว่าก้านใบเทียม (pseudo-petiole) ส่วนใหญ่มีก้านใบสั้นหรือไม่มีก้านใบ ดอกเกิดจากตาของเหง้าบริเวณโคนของลำต้นเทียม ช่อดอกมีแขนงช่อดอกย่อยขนาดสั้นๆ แตกออกมาด้านข้างและเรียงวนเป็นเกลียวรอบแกนช่อดอกจำนวนหลายแขนง แต่ละช่อดอกย่อยมีดอกจำนวนมาก แต่บางชนิดลดรูปเหลือเพียงดอกเดียว แขนงช่อดอกแต่ละช่อมีใบประดับย่อย (bracteole) รองรับ (Holttum, 1950) ดอกมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ วงกลีบเลี้ยง (calyx) วงกลีบดอก (corolla) วงเกสรเพศผู้ (androecium) และ วงเกสรเพศเมีย (gynoecium) วงกลีบเลี้ยง โคนกลีบเชื่อมกันเป็นหลอด (calyx tube) ปลายแยกเป็น 1-3 แฉก (calyx lobe) โดยแฉกด้านใดด้านหนึ่งเว้าลึกมากที่สุด วงกลีบดอก โคนกลีบเชื่อมติดกันเป็นหลอด (corolla tube) ปลายแยกเป็น 3 แฉก (corolla lobe) แฉกด้านบนหนึ่งแฉกมีขนาดใหญ่กว่าแฉกด้านข้างสองแฉก วงเกสรเพศผู้มี 6 อัน ประกอบด้วยเกสรเพศผู้ที่สืบพันธุ์ได้ (fertile stamen) 1 อันอับเรณู (anther) มี 2 อัน เรียงตามแนวยาวขนานกัน เมื่อแก่แตกออกตามยาว มีเยื่อเหนืออับเรณู (anther crest) แผ่เป็นแผ่นบาง หรือรูปร่างเรียวยาว ก้านชูอับเรณู (filament) สั้น เกสรเพศผู้อีก 5 อัน เป็นเกสรเพศผู้ที่เป็นหมัน (sterile stamen) โดย 3 อันเชื่อมติดกันเป็นแผ่นแบนกว้าง มี 2-3 แฉก ทำหน้าที่ล่อแมลงและสิ่งมีชีวิตที่ช่วยในการผสมเกสร (pollinator) เนื่องจากมีขนาดใหญ่และสีสันสวยงาม เรียกว่ากลีบปาก (labellum) อีก 2 อัน เรียกว่าเกสรเพศผู้เป็นหมัน (lateral staminode) อยู่บริเวณโคนกลีบปาก อาจมีขนาดใหญ่ เล็ก หรือลดรูปไป (Holttum, 1950) วงเกสรเพศเมีย มีก้านเกสรเพศเมีย (style) 1 อัน เรียวยาว แนบติดกับก้านชูอับเรณูและแทรกผ่านอับเรณู ปลายเกสรเพศเมียโผล่เหนืออับเรณูหรือเยื่อเหนืออับเรณู (Holttum, 1950) ที่โคนก้านเกสรเพศเมียมีต่อมน้ำต้อยหรือน้ำหวาน (nectary gland) รังไข่อยู่ใต้วงกลีบ (inferior ovary) มี 1-3 ช่อง (locules) ผลสดแบบแคปซูล เกือบกลม แก่แล้วแตก เมล็ดสีขาว มีเยื่อหุ้ม

กระชายกระบี่

กระชายกระบี่ (*Boesenbergia tenuispicata* K. Larsen) เป็นพืชถิ่นเดียวของประเทศไทยมีรายงานการค้นพบครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1993 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกระชายกระบี่ที่สำคัญคือไม้ล้มลุกขนาดเล็ก ลำต้นเหนือดินมีขนาด 20-30 ซม. (ภาพที่ 1 ก และ ภาพที่ 1ข) ใบเรียบ ประกอบด้วยใบ 4-6 ใบ มีกาบใบสีม่วงเข้ม ขนาด 10-20 ซม. ช่อดอกเกิดระหว่างใบและถูกปิดด้วยกาบใบ ก้านช่อดอกสีม่วงเข้ม ลักษณะเรียวยาว ประมาณ 22 ซม. ซึ่งเป็นลักษณะเด่นที่แตกต่างจากกระชายชนิดอื่นๆ ที่พบในประเทศไทย ใบประดับเรียง สลับระนาบเดียว ซ้อนเหลื่อมกันหนาแน่นและรองรับเพียงดอกเดียว ใบประดับย่อยรูปเรือเปิดถึงฐานและเรียบ มีสีม่วงเข้ม ขนาด 15-20 มม. หลอดกลีบดอกเรียวเล็กสั้นกว่าใบประดับ ขนาด 15-17 ซม. เกสรเพศผู้เป็นหมัน รูปขอบขนาน คล้ายกลีบดอก กลีบปากเด่น มีสีเหลืองและมีสีแดงแต้มตรงกลาง (ภาพที่ 1ค และ ภาพที่ 1ง) ไม่มีการพัฒนาของเกสรเพศผู้เป็น หมัน ก้านชูอับเรณู ติดอยู่ที่ฐานของกลีบปาก เยื่อเหนืออับเรณู ไม่มีหรือถ้ามีจะเล็กมาก รังไข่มี 3 ห้อง ไม่สมบูรณ์และ 3 ห้องที่สมบูรณ์



ภาพที่ 1 ลักษณะของกระชายกระบี่ ก ลักษณะลำต้น ข ลักษณะที่พบในธรรมชาติ ค ลักษณะดอก ง สีของกลีบดอก (ภาพลายเส้นดัดแปลงจาก Larsen, 1993; ภาพถ่ายโดย โองการ วณิชาชีวะ)

ทำไมกระชายกระบี่จึงเป็นพืชถิ่นเดียวที่เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์

พืชถิ่นเดียว (endemic plant) หรือพืชเฉพาะถิ่น คือพืชชนิดที่พบขึ้นแพร่พันธุ์ตามธรรมชาติในบริเวณภูมิศาสตร์เขตใดเขตหนึ่งของโลกที่มีแนวเขตค่อนข้างจำกัด มักจะพบพืชถิ่นเดียวบนพื้นที่ที่มีลักษณะจำกัดทางระบบนิเวศ เช่น พบบริเวณเกาะโดดเดี่ยวกลางทะเลหรือมหาสมุทร ยอดเขาและหน้าผาภูเขาหินปูน แอ่งพรุ เป็นต้น โดยถิ่นที่อยู่ดังกล่าวจะมีสภาพจำกัดของสิ่งแวดล้อมหรือมีสภาพดินฟ้าอากาศเฉพาะแหล่ง (microclimate) เช่นเดียวกับกระชายกระบี่ พืชถิ่นเดียวของไทยที่พบเฉพาะบนภูเขาหินปูนหรือดินที่สลายมาจากหินปูน พบรายงานการกระจายตัวของกระชายกระบี่พบบริเวณภาคใต้ของประเทศไทยเท่านั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในจังหวัดกระบี่ บริเวณหน้าผาเขาหินปูน ออกดอกในช่วงเดือน พฤษภาคม จนถึง ตุลาคม และพักตัวราวเดือน พฤศจิกายน จนถึง เมษายน ในแต่ละรอบปี นอกจากนี้ยังจัดเป็นพืชที่เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ เนื่องจากปัจจุบันพืชชนิดนี้พบได้ยากมากขึ้นในสภาพธรรมชาติ และกำลังลดจำนวนลงอย่างน่าเป็นห่วง โดยเฉพาะอย่างยิ่งถิ่นที่อยู่ที่กำลังถูกรบกวนและทำลายอย่างต่อเนื่อง โดยธวัชชัย สันติสุข (2548) ได้จัดกลุ่มพืชที่มีระดับความเสี่ยงต่อการลดลงของจำนวนประชากรในถิ่นที่อยู่ตามธรรมชาติตลอดแนวเขตการกระจายพันธุ์ มีลำดับสถานภาพจากความเสี่ยงมากไปหาน้อย ดังนี้

- Critically endangered plant ได้แก่ พืชที่อยู่ในภาวะที่เสี่ยงเป็นอย่างยิ่งต่อการสูญพันธุ์ไปจากโลกหรือสูญพันธุ์ไปจากเขตกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติในอนาคตอันใกล้ ถ้าหากยังไม่มีการควบคุมปัจจัยเสี่ยงตามเกณฑ์ที่กำหนด

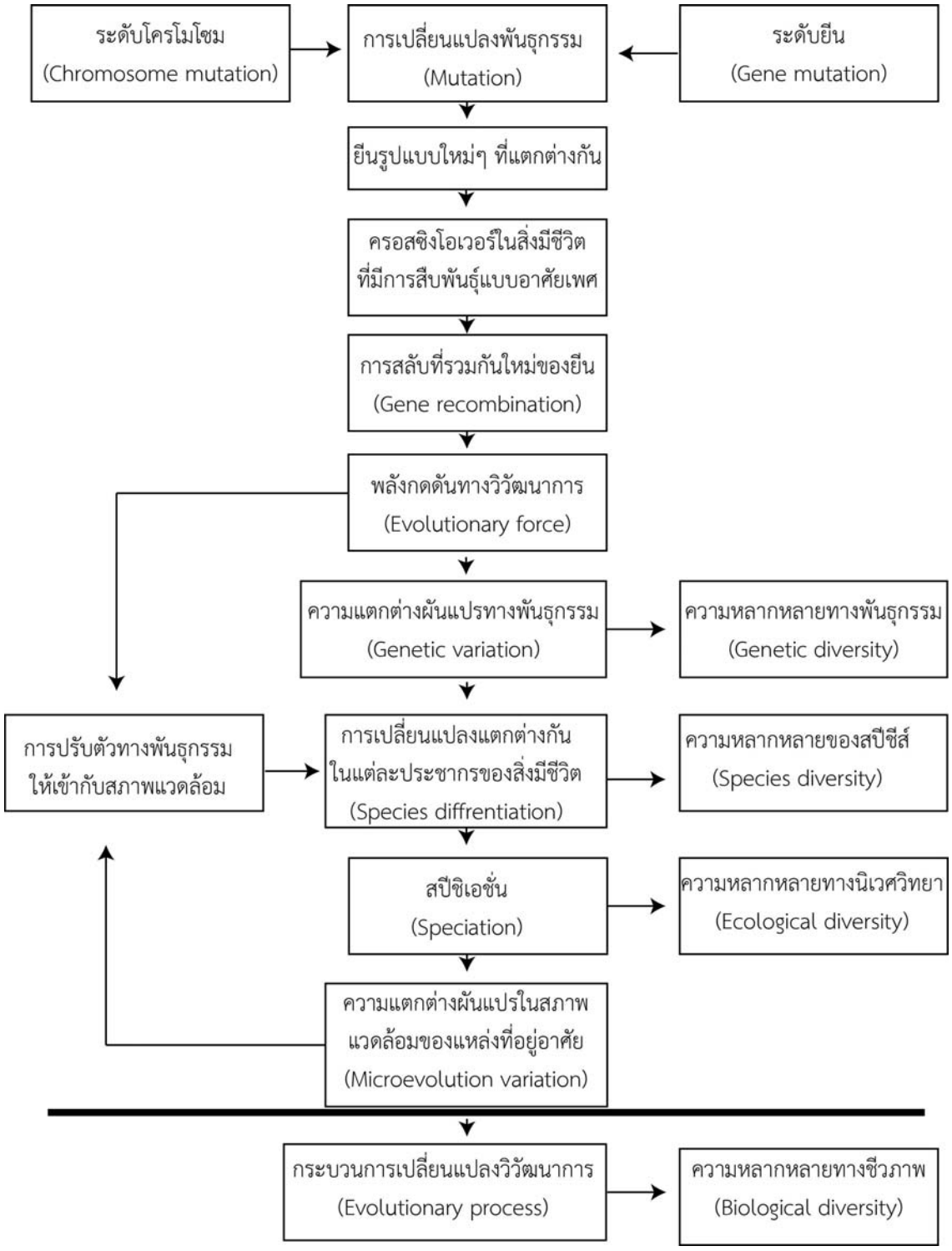
- Endangered plant ได้แก่ พืชที่ไม่ได้อยู่ในสถานภาพ critically endangered แต่กำลังอยู่ในภาวะอันตราย ใกล้สูญพันธุ์ไปจากโลกหรือสูญพันธุ์ไปจากเขตกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติ (natural distribution) หรือพืชที่ไม่น่าจะดำรงชีวิตอยู่ได้ถ้าปัจจัยต่างๆ ที่เป็นสาเหตุให้พืชสูญพันธุ์ยังคงดำเนินต่อไป นอกจากนี้ยังรวมถึงพืชที่ลดจำนวนลงถึงขั้นวิกฤต หรือพืชที่ถิ่นที่อยู่ถูกทำลายหรือเปลี่ยนสภาพอย่างสิ้นเชิง ซึ่งจะเป็นเหตุทำให้ประชากรของพืชนั้นสูญพันธุ์ไปอย่างรวดเร็ว เช่น กล้วยไม้ป่าพื้นเมืองของไทยหลายชนิด รวมทั้งกระชายกระบี่ที่จัดอยู่ในสถานภาพ endangered หรือ critically endangered เนื่องจากถิ่นที่อยู่ถูกทำลายและการเก็บหาจนเกินขอบเขต (over collection) ทำให้การสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติ (natural regeneration) ขาดตอน

- Vulnerable plant ได้แก่ พืชที่มีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์หรือพืชที่อาจจะเข้าสู่สถานภาพใกล้สูญพันธุ์ (endangered) ในอนาคตอันใกล้ถ้าปัจจัยต่างๆ ที่เป็นสาเหตุทำให้พืชสูญพันธุ์ยังคงดำเนินอยู่ พืชนี้มีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ไปจากเขตกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติ รวมทั้งพืชที่ประชากรลดลงเนื่องจากสาเหตุต่างๆ เช่น การนำมาใช้ประโยชน์โดยปราศจากมาตรการอนุรักษ์อย่างจริงจัง เป็นต้น ดังเช่นกล้วยไม้ป่าพื้นเมืองหลายชนิดที่พร้อมจะเข้าสู่สถานภาพใกล้สูญพันธุ์ได้ทุกขณะ เนื่องจากการเก็บหาเพื่อการค้าจนเกินกำลังผลิต และการรบกวนหรือทำลายเปลี่ยนสภาพถิ่นที่อยู่ของกล้วยไม้ เป็นต้น

- Rare plant ได้แก่ พืชหายากที่มีจำนวนประชากรขนาดเล็ก ส่วนใหญ่ยังไม่อยู่ในสถานภาพใกล้สูญพันธุ์แต่มีความเสี่ยงที่จะเป็นพืชที่ใกล้สูญพันธุ์ ได้ในอนาคตอันใกล้จากปัจจัยคุกคามต่างๆ ที่ทำให้จำนวนประชากรพืชลดลง พืชหายากเป็นพืชที่ทราบกลุ่มประชากร ที่มีอยู่ตามแหล่งต่างๆ ส่วนใหญ่มีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับพืชชนิดอื่นๆ พืชถิ่นเดียวหลายชนิดของประเทศไทยส่วนใหญ่จะเป็นพืชหายาก ยกเว้นพืชถิ่นเดียวเพียงไม่กี่ชนิดที่มีจำนวนประชากรขึ้นกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติอยู่มากมาย อย่างไรก็ตามพืชที่มีเขตกระจายพันธุ์กว้างขวางในปัจจุบัน อาจจะเป็นพืชหายากต่อไปในอนาคต เนื่องจากจากการคุกคามของปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้จำนวนประชากรลดลงพืชชนิดหนึ่งเป็นพืชหายากในท้องถิ่นหนึ่ง แต่อีกพื้นที่หนึ่งกลับมีการแพร่พันธุ์อย่างกว้างขวางและหนาแน่นก็เป็นได้ ดังนั้นการระบุสถานภาพของพืชหายากในกรณีนี้ เป็นการระบุสถานภาพในระดับท้องถิ่น (local) อาจจะกล่าวถึงระดับภูมิภาค (region) และประเทศ (country) เป็นต้น

ความหลากหลายทางพันธุกรรมของกระชายกระบี่

ความหลากหลายทางพันธุกรรม (genetic diversity) นับว่าเป็นองค์ประกอบหนึ่งของกลไกการเกิดความหลากหลายทางชีวภาพ และปัจจัยสำคัญในการบ่งบอกว่าสิ่งมีชีวิตนั้นๆ เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์หรือไม่ (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 แสดงกลไกการเกิดความหลากหลายทางชีวภาพ (ดัดแปลงจาก วิสุทธิ์ ใบไม้, 2538)

มีความสำคัญต่อการดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิต (Vida, 1994) เนื่องจากความหลากหลายทางพันธุกรรม เกิดขึ้นจากความผันแปรของยีน (gene) ซึ่งเป็นหน่วยพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต ซึ่งอาจเรียกว่าลักษณะแตกต่างของรูปแบบทางพันธุกรรม (genotype) เช่น ยีนที่เป็นตัวกำหนดสีดอก ลักษณะความสูงต่ำของสิ่งมีชีวิตเป็นต้น ลักษณะพันธุกรรมที่ผันแปรไปนี้อาจทำให้เกิดความหลากหลายของลักษณะปรากฏ (phenotype) ซึ่งเป็นลักษณะภายนอกที่แสดงออกมาให้เห็น เช่น สีดอก ลักษณะความสูงของสิ่งมีชีวิต เป็นต้น ดังนั้นการตรวจสอบความหลากหลายในระดับพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต โดยอาศัยความแตกต่างและความถี่ของยีน (gene frequencies) โดยจากข้อมูลความแตกต่างและความถี่ของยีนจะนำไปคำนวณค่าที่แสดงถึงความหลากหลายทางพันธุกรรมภายในประชากรตลอดจนความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่างประชากรเหล่านั้นได้ ดังนั้นในการอนุรักษ์ทรัพยากรทางชีวภาพที่มีประสิทธิภาพจึงจำเป็นต้องมีข้อมูลสถานะภาพทรัพยากรทางพันธุกรรมสิ่งมีชีวิต ซึ่งสามารถสำรวจและประเมินได้โดยการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรม เนื่องจากความหลากหลายทางพันธุกรรมภายในชนิดของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดเป็นองค์ประกอบสำคัญพื้นฐานที่จะทำให้เกิดการวิวัฒนาการ และมีโอกาสในการอยู่รอดและปรับตัวให้เข้ากับสภาวะแวดล้อมที่หลากหลายและผันแปร การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมจึงเป็นหัวใจหลักหนึ่งในการพัฒนากลยุทธ์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่นำไปใช้เป็นแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรทางชีวภาพให้มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจดทะเบียนพันธุ์พืชใหม่ในปัจจุบันจะต้องใช้ ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (DNA Fingerprint) เป็นหลักฐานข้อหนึ่งในการจดทะเบียนเพื่อแสดงความเป็นกรรมสิทธิ์ในพันธุ์พืชใหม่ตามพระราชบัญญัติคุ้มครองพันธุ์พืชที่กำลังดำเนินการออกเป็นกฎหมาย เครื่องหมายด้านโมเลกุล (molecular marker) จึงเข้ามามีบทบาทในการตรวจสอบ ความหลากหลายทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตได้ในปัจจุบัน (สุรินทร์ ปิยะโชคณานุกูล, 2545)

การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของประชากรของสิ่งมีชีวิตนับว่ามีความสำคัญอย่างมากเพื่อการปรับตัวของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ ให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม เพื่อให้สามารถดำรงชีวิตได้ในสถานการณ์ที่เปลี่ยนไปของสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันและในระยะยาว (Vida, 1994; Beadmore, 1983) โดยหากสิ่งมีชีวิตนั้นๆ ไม่มีความหลากหลายทางพันธุกรรมอาจส่งผลทำให้ไม่สามารถคงอยู่ได้ในสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป รวมถึงไม่สามารถทนต่อการแข่งขัน และการต้านทานโรคได้ (van Valen, 1973) ปัจจุบันพบเพียงการศึกษาของ โองการ วณิชาชีวะ (2555) เท่านั้น โดยประยุกต์ใช้เครื่องหมายอาร์เอพีดี (RAPD: Random amplified polymorphism DNA) คิดค้นโดย William *et al*. (1990) เป็นวิธีสร้างลายพิมพ์ดีเอ็นเอโดยใช้เทคนิคพีซีอาร์ โดยไม่ต้องทราบข้อมูลเกี่ยวกับลำดับเบสของดีเอ็นเอเป้าหมาย (arbitrary primer) หลักการของเทคนิคอาร์เอพีดี นิยมใช้ไพรเมอร์ขนาด10 นิวคลีโอไทด์แบบสุ่มชนิดเดียวในการทำพีซีอาร์ แต่ละครั้งไพรเมอร์จะเกาะกับดีเอ็นเอแบบสุ่ม โดยโอกาสที่ลำดับเบสคู่สมกันกับไพรเมอร์คือ 1 ใน 4^{10} เมื่อเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอแล้ว จากนั้นแยกขนาดชิ้นดีเอ็นเอด้วยอิเล็กโทรโพรีซิสในเจลอะกาโรส และย้อมแถบดีเอ็นเอด้วยเอธิเดียมโบรไมด์ จากการศึกษาจากกระชายกระบี่ 20 ตัวอย่าง ระหว่างเดือนมกราคม 2554 – มกราคม 2555 และนำดีเอ็นเอที่สกัดได้จากใบมาใช้ในการศึกษา จากนั้นทดสอบด้วยไพรเมอร์อาร์เอพีดี 19 ชนิด พบว่าไพรเมอร์เพียง 8 ชนิด (OPA-18, OPAM-01, OPAM-03, OPAM-12, OPB-14, OPD-03, OPD-18 และ OPZ-03) สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ในขั้นต่อไปได้ จากการศึกษาพบว่าความหลากหลายทางพันธุกรรมของกระชายกระบี่อยู่ในระดับต่ำ ชี้ให้เห็นว่ากระชายกระบี่พืชเฉพาะถิ่นมีความหลากหลายทางพันธุกรรมน้อยมาก สาเหตุอาจเป็นไปตามข้อสันนิษฐานที่ว่าพืชที่สามารถขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ เช่นเดียวกับพืชวงศ์ขิงชนิดอื่นๆ ที่พบว่าการขยายพันธ์ส่วนใหญ่มักใช้การแตกหน่อหรือเหง้า (rhizome) ในการขยายพันธุ์ ทำให้มีความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับต่ำกว่าพืชที่ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด (seed plants) ซึ่งมักมีความหลากหลายภายในประชากรที่ค่อนข้างสูง (Hamrick & Godt, 1989) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มของพืชที่มีการผสมระหว่างเพศผู้และเพศเมีย พืชที่อาศัยลมเป็นพาหะในการกระจายพันธุ์ และพืชที่มีอายุหลายปี มักพบว่ามีความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับประชากรสูงกว่ากลุ่มของพืชที่ขยายพันธุ์โดยการไม่อาศัยเพศ เนื่องจากการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศจะไม่มีการกลายพันธุ์หรือสร้างความหลากหลายทางพันธุกรรมขึ้น และเป็นการสืบพันธุ์อย่างไม่สลับซับซ้อน ข้อดีของการ

สืบพันธุ์แบบนี้ได้แก่ ทำให้สิ่งมีชีวิตสามารถเพิ่มจำนวนได้โดยไม่ต้องหาคู่ ในกรณีของสิ่งมีชีวิตที่เคลื่อนที่ไม่ได้เพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็วโดยไม่ต้องรอเวลาและประหยัดพลังงานในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์และการปฏิสนธิ ข้อเสียคือทำให้การปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมมีต่ำและอาจส่งผลต่อการสูญพันธุ์ได้ในอนาคต

แนวทางในการแก้ปัญหา

ปัจจัยสำคัญที่เป็นสาเหตุให้พืชเข้าสู่สภาวะเสี่ยงต่อการลดลงของประชากรจนเข้าสู่สถานภาพใกล้สูญพันธุ์ สาเหตุหลักเกิดจากถิ่นที่อยู่ตามธรรมชาติถูกทำลายหรือเปลี่ยนสภาพโดยเฉพาะถิ่นที่อยู่ที่มีระบบนิเวศอันเปราะบาง (fragile habitat) เมื่อพื้นที่ถูกรบกวนสังคมพืชจึงเปลี่ยนสภาพได้ง่ายจนเกิดการเปลี่ยนแปลงของจำนวนประชากรพรรณพืช พื้นที่วิกฤตอันเปราะบางต่อการดำรงอยู่ของพรรณพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในสังคมพืชภูเขาหินปูน (limestone vegetation) ซึ่งได้รับผลกระทบจากการตั้งถิ่นฐานของชุมชน ทำให้ถิ่นอาศัยตกอยู่ในสภาพที่ถูกคุกคาม พืชพรรณหลายชนิดเป็นพืชหายาก มีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์หรือใกล้สูญพันธุ์ (ธวัชชัย สันติสุข, 2548) ดังนั้นแนวทางแก้ปัญหาสำคัญในการป้องกันการสูญพันธุ์ของพืชในกลุ่มนี้ที่สำคัญคือ หน่วยงานหรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องควรส่งเสริมและให้ความรู้เกี่ยวกับทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่น ตลอดจนปลูกจิตสำนึกให้ชุมชนและคนในท้องถิ่นเข้าใจและเห็นความสำคัญในการอนุรักษ์ทรัพยากรชีวภาพ นอกจากนี้จุดประสงค์สำคัญหลักในการอนุรักษ์ทรัพยากรของสิ่งมีชีวิตเพื่อให้ประชากรของสิ่งมีชีวิตคงอยู่ต่อไปได้นั้น พบว่าประเด็นสำคัญคือการสูญเสียความหลากหลายทางพันธุกรรมนั้นเอง ซึ่งอาจส่งผลต่อความอยู่รอดของประชากรของสิ่งมีชีวิตในการอยู่รอดในสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปทั้งในระยะสั้นและในระยะยาว ดังนั้นความรู้เกี่ยวกับการกระจายตัวรวมทั้งความหลากหลายทางพันธุกรรมนั้นนับเป็นหัวใจสำคัญในกระบวนการวางแผนในการอนุรักษ์สิ่งมีชีวิตท้องถิ่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสายพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตที่กำลังตกอยู่ในสภาวะเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ (Francisco-Ortega *et al*., 2000) เมื่อพิจารณาพบว่าพืชชนิดนี้ปัจจุบันมีการกระจายตัวเฉพาะพื้นที่ และมีความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับที่ต่ำ นับว่าจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องหาแนวทางอนุรักษ์อย่างเร่งด่วนก่อนที่ทรัพยากรของชาติชนิดนี้จะสูญพันธุ์ไปจากประเทศไทย นอกจากจะให้ความรู้และปลูกฝังจิตสำนึก การส่งเสริมการเพิ่มปริมาณพืชชนิดนี้ในธรรมชาติให้มากขึ้นนับเป็นมาตรการเร่งด่วนที่จะช่วยเพิ่มปริมาณพืชชนิดนี้ให้มากขึ้นตามธรรมชาติ โดยอาจส่งเสริมการเพิ่มจำนวนพืชชนิดนี้ในห้องปฏิบัติการ เรือนเพาะชำ และนำกลับเข้าไปสู่ธรรมชาติ รวมทั้งทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับกระบวนการสืบพันธุ์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้เข้ามาช่วยในการวางแผนการอนุรักษ์รวมถึงการจัดการให้คงอยู่ในธรรมชาติตลอดไป

บทสรุป

กระชายกระบี่ พืชถิ่นเดียวที่พบได้ในบริเวณภาคใต้ของประเทศไทย จัดอยู่ในสกุลกระชาย (*Boesenbergia*) สมาชิกกลุ่มสำคัญของพืชวงศ์ขิง (Zingiberaceae) ปัจจุบันกระชายกระบี่กำลังอยู่ในภาวะอันตราย ใกล้สูญพันธุ์ไปจากโลกหรือสูญพันธุ์ไปจากเขตกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติ เนื่องจากการลดจำนวนลงอย่างมาก จากสาเหตุของการทำลายแหล่งที่อยู่ รวมทั้งสภาวะธรรมชาติที่เปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้จากการศึกษาพบว่าพืชชนิดนี้มีความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับต่ำซึ่งเชื่อมโยงให้เห็นว่าในระยะยาวพืชชนิดนี้อาจสูญพันธุ์ได้ง่าย สาเหตุจากกลไกการปรับตัวในธรรมชาติที่ลดลง ดังนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องควรหันมาให้ความสำคัญก่อนพืชที่อยู่ในกลุ่มสมุนไพรกลุ่มนี้อาจสูญพันธุ์ไปเพราะเป็นไปได้ว่าพืชชนิดนี้อาจมีสารสำคัญที่มีคุณสมบัติในทางเภสัชวิทยาที่สำคัญ

เอกสารอ้างอิง

วิสุทธิ์ ใบไม้. 2538. **พันธุศาสตร์.** ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย มหิดล. กรุงเทพฯ.

ธวัชชัย สันติสุข. 2548. **พืชถิ่นเดียวและพืชหายากของประเทศไทย : เกณฑ์วิเคราะห์สถานภาพและแนวทางการอนุรักษ์**.รายงานการประชุมความหลากหลายทางชีวภาพด้านป่าไม้ และสัตว์ป่า โรงแรมรีเจ้นท์ ชะอำ เพชรบุรี : 9-20.

สุรินทร์ ปิยะโชคณานุกูล. 2545. **จีโนมและเครื่องหมายดีเอ็นเอ ปฏิบัติการอาร์เอพีดีและเอเอฟแอลพี.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานหอพรรณไม้ 2555. **พรรณพฤกษชาติของไทย.** สืบค้นเมื่อ 1 เมษายน 2555 จาก http://web3.dnp.go.th/botany

โองการ วณิชาชีวะ. 2555. **ความหลากหลายทางพันธุกรรมและการกระจายพันธุ์ของกระชายกระบี่พืชเฉพาะถิ่นของประเทศไทย**. รายงานวิจัย. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

Beadmore, J.A. 1983. **Extinction, survival and genetic variation**. In: Genetics and Conservation. eds Schoenwald-Cox SM,MacBoyde B, Thomas L, Benjamin Cummings, Menlo Park, CA. pp. 125-151..

Francisco-Ortega, J., Santos Guerra, A., Kim, S.C. and Crawford, D.J. 2000. **Plant genetic diversity in the Canary Islands: a conservation perspective**. Am. J. Bot. 87, 909-919.

Holttum, R.E. 1950. **The Zingiberaceae of the Maley Peninsular**. Gard. Bull. Sing.13: 1-249.

Larsen, K. 1993. ***Boesenbergia tenuispicata* (Zingiberaceae): a new species from Thailand**. Nord. J. Bot.13: 281–283.

Larsen, K., Lock, J.M., Maas, H., Mass, P.J.M., 1998. **Zingiberaceae**. In: Knubitzki, K. (Ed.), TheFamilies and Genera of Vascular Plants, vol. IV. Springer, Berlin, pp. 474–495.

Larsen, K., Ibrahim, H., Khaw, S.H., Saw, L.G. 1999. **Gingers of Peninsular Malaysia and Singapore**.Nat. Hist. Publ., Borneo.

Mahidol, C.; Tuntiwachwuttikul, P.; Reutrakul, V.;Taylor, W. C. 1984. **Constitutes of *Boesenbergia pandurata* (syn. *Kaempferia pandurata*). III Isolation and synthesis of (+) -boesenbergin B**. Aust. J. Chem. 37: 1739-1745.

Office of Environmental Policy and Planning. 1992. **Thailand country study on biodiversity**. Ministry of Science Teachnolgy and Environment, Bangkok, Thailand.

Saensouk, S. and Larsen, K. 2001. ***Boesenbergia baimaii*, a new species of Zingiberaceae from Thailand**. Nord. J. Bot. 21: 595-597.

Sirirugsa, P. 1998. **Thai Zingiberaceae: Species Diversity And Their Uses**. Pure Appl. Chem. 70: 2111-2118.

Sirirugsa, P. 1992. **A revision of genus Boesenbergia Kuntze (Zingiberaceae) in Thailand**. Nat. His. Bull.Siam. Soc. 40, 67–90.

Trakoontivakorn, G., Nakahara, K., Shinmoto, H., Takenaka, M., Onishi-Kameyama, M., Ono, H., Yoshida, M., Nagata, T. Tsushida, T. 2001. **Structural analysis of a novel antimutagenic compound, 4-hydroxypanduratin A, and the antimutagenic activity of flavonoids in a Thai spice, Fingerroot (*Boesenbergia pandurata* Schult.) against mutagenic heterocyclic amines**. J. Agr. Food Chem. 49: 3046-3050.

Tuchinda, P., Reutrakul, V., Claeson, P., Pongprayoon, U., Sematong, T., Santisuk, T., Taylor, W.C. 2002. **Anti-inflammatory cyclohexenyl chalcone derivatives in *Boesenbergia pandurata***. Phytochemistry. 59: 169–173.

Williams, J.G.K., Kubelik, A.R., Livak, K.J., Rafalski J.A. and Tingey, V.S. 1990. **DNA polymorphism amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers**. Nucleic. Acids Res. 18: 6531-6535.

Van Valen L. 1973.**A new evolutionary law**. Evolutionary Theory, 1: 1-30.

Vida, G. 1994. **Global issues of genetic diversity**. In: Conservation Genetics. Eds Loeschcke V, Tomiuk J, Jain SK, Birkh.user, Basel. pp. 9-19.

Mathematical Model for Heat Transfer Mechanism of Cement Paste when Subjected to Microwave Energy

Natt Makul*

Department of Construction Technology, Faculty of Industrial Technology, Phranakhon Rajabhat University.
***Corresponding author**: shinomomo7@hotmail.com

Abstract

Microwave energy is applied to cure cement paste (CP) at an early stage. This article presents a heat transfer analysis to relate the temperature rise of the 0.38-w/c CP when subjecting to microwave energy at an operating frequency of 2.45 GHz with a multi-mode cavity. The calculated temperature rise in our experiment without loss of moisture and steady heat transfer conduction, consistently agreed with the proposed mathematical model.

Keywords : Mathematical model, Heat transfer mechanism, Cement paste, Microwave energy

Introduction

At present, there are various methods for curing cement-based materials (CBM) in order to enhance their strength (Taylor, 1997; Verbeck & Helmuth, 1969). For example steam curing: live steam at atmospheric pressure and high steam in autoclaves. However, the curing methods have many limitations (Dongxu & Xuequan, 1994) including long time consumption to reach the strength required in case of water curing, non uniform hydration products due to the inherent thermal insulation of concrete causing over heating taking place with the processed concrete under high stream and temperature curing. These problems can be solved by using microwave energy.

When the CBM is introduced to electromagnetic wave, the dielectric loss coupling is the mechanism of heating. Water has relative dielectric constant (ε_r') and relative loss tangent $(tan\,\delta_r)$ higher than the other components of the CBM. As a result when the electric field component of microwave energy interacts with concrete constituents, and is converted into heat via dipole interactions. This mechanism causes the dipoles to vibrate and then the energy is dissipated as heat, yielding temperature rise to trigger the hydration reactions. Consequently, part of free water molecule in capillary pores of concrete is quickly removed from internal concrete structure before setting, which means induced plastic shrinkage takes place leading to collapse of capillary pores and then to density the CBM structure (Hutchison *et al*., 1991; Xuequan *et al*., 1987; Leung & Pheeraphan, 1995)

However, these fields have been grown gradually, as there has not been much research over the last years. Therefore, this work is to extend microwave curing knowledge. A theoretical heat transfer model, the temperature rise within the CP at an early stage after mixing for 30 minutes when subjecting microwave energy is proposed.

Experimental programme

Starting materials

The chemical composition as weight percent of the Type 1 Portland cement was 20.30 SiO_2, 5.67 Al_2O_3, 60.43 CaO, 6.23 Fe_2O_3, 3.14 MgO, 0.90 K_2O, 0.36 Na_2O, 2.80 SO_3. The Portland cement Type I had a loss on ignition (LOI) of 2.80%, specific gravity of 3.12, and surface area (BET method) of 0.85 m^2/g. Deionized water was used to mix with Portland cement to make paste.

Mixing and molding

The paste used was proportioned at a w/c ratio of 0.45. After mixing and molding, they were cured at room temperature by wrapping with polyethylene until the delay time (time after mixing until introducing microwave energy with a multi-mode cavity) for 30 minutes. The appropriate amounts of starting materials were weighed out to the nearest hundredth of a gram on a Mettler Pl 1200 balance. A Hobart mixer was used to mix the solids and liquids according to ASTM C109 (American Society for Testing and Materials. 2009). Cylinderical samples of dimensions ϕ 69.0 mm × 4.0 mm were cast. The samples were cured using saturated lime water at 25 ^{0}C, and microwave energy in a multimode cavity.

This study used a microwave sintering system, as shown in Fig. 1, that included an industrial microwave generator model S56F manufactured by Cober Electronics, Inc., Stanford Conn., USA. This model can generate microwave energy at 2.45 ± 0.05 GHz and a maximum power of 6.0 kW with a multimode system. However, the maximum cubical size of the material to be processed is limited to 105 mm. The microwave apparatus does not provide a real-time monitoring of temperature changes during curing; therefore, the temperature of the sample should be measured at the start and end of the curing process. In order to measure the temperature of the sample subjected to microwave energy, the specific positions of measurement were determined. The temperature the sample inside was immediately fractured so that temperature inside was also measured 5 times.

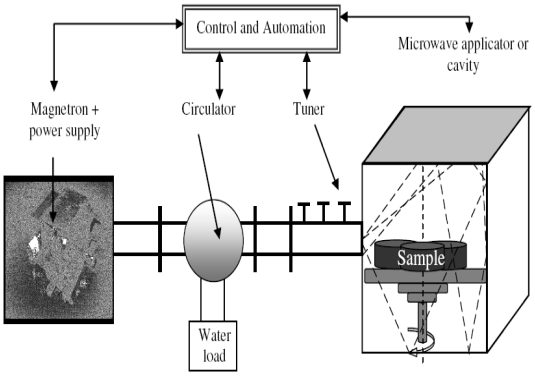


Fig. 1 Configuration of the microwave curing package.

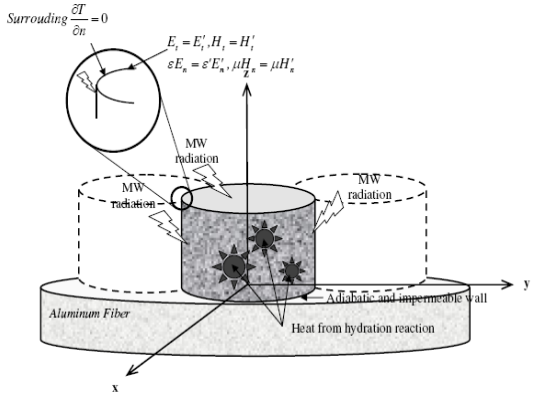


Fig. 2 Physical model.

Numerical analysis

Physical model

A schematic diagram of the physical model is shown in Fig. 2. The temperature of the material introduced to the incident wave is obtained by solving the conventional heat transport equation with the microwave power included as a local electromagnetic heat-generation term (Metaxas & Meredith 1998).

The materials considered were cement pastes at a w/s equal to 0.45, which consist of Portland cement Type I, water, and air. They are, therefore, homogeneous and isotropic in terms of structure. In order to analyze the process of heat transport due to microwave heating of dielectric materials, the following assumptions were made:

- The local thermodynamic equilibrium is achieved.
- The liquid phase is not compressible $\rho_l = constant$.
- No chemical reactions within the material.
- Radiation modes are negligible.
- The effect of the natural and induced convections can be neglected.

In this task, from a macro-level point of view, the pore structure within the microwave-cured paste is assumed to be homogeneous and isotropic. Therefore, a heating model for a homogeneous and isotropic material is used in this analysis.

Governing equations

The governing equations describing the temperature rise in the paste to be processed by microwave energy are:

(1) Electromagnetic wave:

$$\nabla\times\left(\mu_r^{-1}\nabla\times\vec{E}\right)-k_0^2\left(\varepsilon_r-j\frac{\sigma}{\omega\varepsilon_0}\right)\vec{E}=0 \qquad (1)$$

where μ_r is the relative permeability, $\vec{E}$ is the electric field intensity (V/m)), k_0 is the free space wave number, ε_r is the relative permittivity, σ is the electric conductivity (S/m), ω is the angular frequency (radians per second).

(2) Heat transfer (conduction mode):

$$\rho C_p\frac{\partial T}{\partial t}+\nabla\times\left(-k\nabla T\right)=Q \qquad (2)$$

where k is the thermal conductivity (W/(m·K)), *T* is the absolute temperature (K), *Q* contains heat sources other than viscous heating (W/m^3), ρ is the density (kg/m^3), and *Cp* is the specific heat capacity at constant pressure (J/(kg·K)).

Boundary conditions

Adiabatic boundary condition

Assuming that the surroundings of the paste are insulated (no heat and moisture transfer between the system and surroundings):

$$\left.\frac{\partial T}{\partial n}\right|_{sample\,surface}=\left.\frac{\partial T}{\partial t}\right|_{sample\,surface}=0 \qquad (3)$$

Continuity boundary condition

For the microwave heating of the cement paste, the temperature and heat flux at the interface of sample and air within the microwave cavity to be continuous:

$$T=T',\quad \lambda_{eff}\left.\frac{\partial T}{\partial n}\right|_{boundary}=\lambda'_{eff}\left.\frac{\partial T}{\partial n}\right|_{boundary} \qquad (4)$$

Electromagnetic boundary condition

$$n\times\vec{E}=0 \qquad (5)$$

where n is the normal vector.

Initial conditions

The initial condition of the microwave-cured cement paste sample defined as:

$$T=T_0=298.15K\ \ at\ t=0 \qquad (6)$$

Numerical method

A commercial Finite Element package COMSOL™ (COMSOL©Multiphysics User's Guide, 2009) was employed. A non-uniform triangular grid was in excess of 9.12×10^4 cells, resulting in more than 5.15×10^5 degrees of freedom. The execution time on a Intel® Core™ Quad CPU Q8400@2.66 GHz (4 GB RAM) was 4.12×10^4 s. The tolerance has been kept to 1.0×10^{-4} for all executable variables.

Parameters used to calculate

The parameters used in this calculation are shown in the Table 1.

Table 1 Variables used for calculation.

Variables	Values	Unit
ρ (density)	1825	kg. m^{-3}
C_p	$0.75+3.43\times M_f^{water}$ M_f^{water} = 0.38/1.38	$J.kg^{-1}.K^{-1}$
Q (heat of hydration)	305.23	$W.m^{-3}$
Relative permittivity	12.1262-*j**2.851	

Results

Based on the steady state analysis, the calculated temperature of the paste under microwave exposure times of 45 minutes is shown in Fig. 3. It illustrates an increase of maximum temperature within the samples as the microwave exposure time increases, such that temperatures of 83.0 0C were reached at exposure times of 45 minutes, respectively. The heat generated by the microwave energy works in conjunction with the heat generated by the hydration of the cement (exothermic reaction).

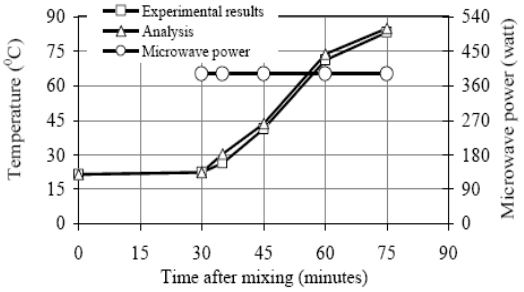


Fig. 3 Temperature within the paste sample during subjecting microwave energy for 45 minutes.

Conclusion

In order to predict temperature rise during curing by microwave energy, the model explored the interaction between the microwave (electromagnetic field) and 0.45-w/c CP, the heat dissipation (conduction mode) model. The results showed that the simple model associated with assumptions, and initial and boundary conditions obtains temperature rises similar to the experimental data.

References

Taylor, H.F.W. 1997. Cement Chemistry, 2nd Edition, Great Britain: Thomas Telford Publishing.

Verbeck, G.J. and Helmuth, R.H. 1969. in 5th ISCC, Vol. 3, p.1.

Dongxu, L., and Xuequan, W. 1994. **A study on the application of vacuum microwave composite dewatering technique in concrete engineering**. Cement and Concrete Research: pp. 159 – 164.

Hutchison, R.G., Chang, J.T., Jennings, H.M., Brodwin, M.E. 1991. **Thermal Acceleration of Portland Cement Mortars with Microwave Energy**. Cement and Concrete Research 21: 795–799.

Xuequan, W., Jianbgo, D., Mingshu, T. 1987. **Microwave Curing Technique in Concrete Manufacture**. Cement and Concrete Research 17: 205–210.

Leung, K.Y.C., Pheeraphan, T. 1995. **Microwave Curing of Portland Cement Concrete: Experimental Results and Feasibility for Practical Applications.** Construction and Building Materials 9: 67–73.

American Society for Testing and Materials. 2009. Annual Book of ASTM Standard Vol. 4.01, Philadelphia, PA, USA.

Metaxas, A.C., Meredith, R.J. 1998. Industrial Microwave Heating; Peter Peregrinus: Herts, UK.

COMSOL©Multiphysics User's Guide. 2009. COMSOL AB., Stockholm.

การบวมน้ำของไฮโดรเจล MHEC ฉายรังสี ที่แช่ในน้ำแตงกวา
Swelling of Irradiated MHEC hydrogel in Cucumber Juice)

ยุวภา สอิ้งรัมย์[1] ปรารถนา คิ้วสุวรรณ[2] และสาวิตรี รุจิธนพาณิช[3*]
Yuwapa Saingrum[1], Prartana Kewsuwan[2] and Sawittree Rujitanapanich[3*]

[1,3] สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
[2]สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) องครักษ์ นครนายก
[1,3] Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University, Thailand.
[2] Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization), Ongkharak, Nakhon Nayok, Thailand.
[*]**Corresponding author**: sawittree_rj@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการบวมน้ำของแผ่นไฮโดรเจลจาก Methylhydroxy ethyl cellulose (MHEC) ที่ความเข้มข้น 15 20 และ 30% ของน้ำหนัก MHEC ผ่านการฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสี 8 12 16 20 24 28 และ 32 kGy แล้วนำไปแช่ในน้ำแตงกวา พบว่าที่ปริมาณรังสี 8 kGy มีค่าการบวมน้ำน้อยที่สุด เท่ากับ 1560.15±110.43 1188.43±181.94 และ 1212.84±161.45 แสดงให้เห็นว่าเกิดการเชื่อมขวางน้อย ในขณะที่ 20 kGy ค่าการบวมน้ำค่อนข้างสูงมีค่าเท่ากับ 2094.34 ±167.27 2074.56±160.45 และ 1531.11±57.18 ตามลำดับ โดยที่ลักษณะแผ่นเจลหลังแช่น้ำแตงกวาที่ความเข้มข้น 20% MHEC เป็นแผ่นคงรูปมีความยืดหยุ่น ไม่ขาดง่ายและที่ปริมาณรังสีมากกว่า 20 kGy ลักษณะเนื้อเจลค่อนข้างแข็ง ค่าการบวมน้ำมีแนวโน้มลดลงทุกความเข้มข้น ที่ปริมาณรังสีเพิ่มขึ้นส่งผลให้ไฮโดรเจล MHEC เกิดการสลายตัว

คำสำคัญ: MHEC การฉายรังสี น้ำแตงกวา

Abstract

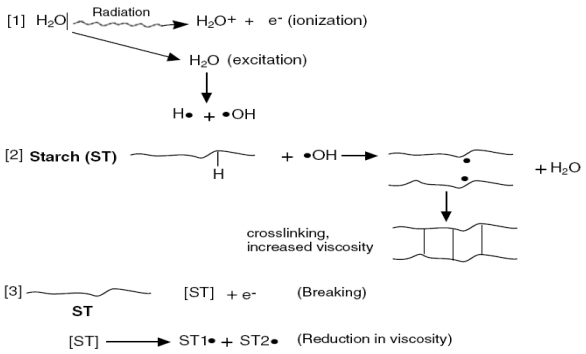
This research aims to study the swelling behavior of the Methylhydroxyl ethyl cellulose (MHEC) hydrogel at concentrations of 15, 20 and 30% by weight of MHEC. The MHEC samples were irradiated at doses of 8 12 16 20 24 28 and 32 kGy and then soaked in cucumber juice. The results showed that at the dose of 8 kGy, the minimum swelling was 1560.15±110.43 1188 .43±181.94 and 1212.84±161.45 corresponding to concentration of 15, 20 and 30% by weight of MHEC, respectively which indicated that the crosslink density is lowest. For the dose of 20 kGy, the quite maximum swelling was 2094.34± 167.27 2074.56±160.45 and 1531.11±57.18 at concentration of 15, 20 and 30% by weight of MHEC, respectively. After soaking in cucumber juice, the gel texture at concentration of 20% MHEC is stable, flexible and not easily broken. At the dose greater than 20 kGy, the gel texture is quite hard. The swelling tend to decreased in all concentrations of MHEC. When the irradiation dose is higher than 20 kGy, the MHEC hydrogel started to degraded.

Keywords: MHEC, irradiated, cucumber juice

บทนำ

ปัจจุบันการดูแลสุขภาพเข้ามามีบทบาทในการดำรงชีวิต โดยการนำพืชผัก ผลไม้ สมุนไพร ไม่ว่าจะเป็นการรับประทาน นำมาใช้รักษาโรค โดยเฉพาะเป็นส่วนประกอบในเวชสำอาง เพราะช่วยลดอันตรายจากสารเคมีที่ปนเปื้อนมากับผลิตภัณฑ์ สำหรับผัก ผลไม้นั้นอุดมไปด้วยวิตามิน เกลือแร่ต่างๆ ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ จึงมีส่วนสำคัญในการดูแลสุขภาพ และถนอมผิวพรรณ เช่น แตงกวา (*Cucumis sativus* L.) เป็นต้น ซึ่งผลของแตงกวามีคุณค่าทางอาหารน้อย พบว่าเนื้อแตงกวามีน้ำเป็นองค์ประกอบด้วยหลัก และยังมีวิตามินซี (Ascorbic acid) รวมทั้งกรด caffeic โดยสารทั้งสองช่วยในการบำรุงผิว และลดอาการบวมน้ำ ดังนั้นผลแตงกวาทำให้ผิวหนังชุ่มชื้น และลบรอยแผลเป็น ช่วยสมานผิว ผิว cucumbers'hard จะอุดมไปด้วยเส้นใย และมีโพแทสเซียม แมกนีเซียม ธาตุเหล็ก และวิตามินอื่นๆ ใช้ทาผิวหนัง บรรเทาอาการระคายเคือง

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการบำรุงใบหน้า มีการนำไฮโดรเจลมาส์กที่มีองค์ประกอบของสารสกัดจากธรรมชาติ เช่น ไข่มุก คอลลาเจนจากปลาทะเลน้ำลึก หรือโคเอนไซม์ Q 10 เพื่อใช้บำรุงผิวหน้าให้ดูสดใส ไฮโดรเจลเป็นสารในกลุ่มของ พอลิเมอร์ที่มีคุณลักษณะพิเศษเมื่ออยู่ในน้ำที่มีปริมาณมากจะพองตัวและสามารถดึงดูดน้ำเข้าไปในโครงสร้างที่มีการพองตัวได้ สารเหล่านี้จะไม่ละลายน้ำแต่จะคงสภาพที่เป็นโครงสร้างตาข่าย (three dimensional network) ไว้ โดยส่วนมากไฮโดรเจลจะเป็นสารในกลุ่ม พอลิเมอร์ที่มีหมู่ชอบน้ำ (hydrophilic) เกิดการเชื่อมขวาง (crosslink) กันด้วยพันธะเคมีหรือพันธะอื่นๆ ไฮโดรเจลที่แห้งจะเรียกว่า ซีโรเจล (xerogel) หรือ dry gel ซึ่งในระหว่างการระเหยน้ำออกจากไฮโดรเจลนั้น ลักษณะโครงสร้างเจลจะหดตัวลง หากมีน้ำออกจากไฮโดรเจลโดยไม่รบกวนโครงสร้างของไฮโดรเจลที่มีลักษณะเป็นรูพรุน (เกือบ 98% ของโครงสร้าง) ซึ่งไฮโดรเจลแห้งที่มีลักษณะดังกล่าวนี้เรียกว่า แอร์โรเจล (aerogel) หรือ สปอน (sponge) โดยปกติไฮโดรเจลจะดูดซับน้ำได้ 10-20% ของน้ำหนักไฮโดรเจลแห้ง ถ้าไฮโดรเจลแห้งดูดซับน้ำได้มากกว่า 15% ของน้ำหนักไฮโดรเจลแห้งจะเรียกว่าเป็น ซุปเปอร์แอบซอร์แบนต์ (superabsorbent) (ยิ่งศักดิ์ ไกรพินิจ, 2550) การสังเคราะห์ ไฮโดรเจลโดยใช้วิธีการฉายรังสีเป็นวิธีหนึ่งที่นิยม แต่พอลิเมอร์ที่จะนำมาฉายรังสีต้องทำให้อยู่ในสารละลายที่มีความเข้มข้นสูง การใช้รังสีเป็นตัวให้เกิดการเชื่อมขวางหรือ ครอสลิงค์ (crosslink) ระหว่างโมเลกุล เรียกว่า “crosslinkage reaction” เป็นวิธีที่ทำให้พอลิเมอร์เกิดการเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวในโครงสร้างร่างแหสามมิติในตัวกลางที่เป็นน้ำ การเกิดไฮโดรเจลทำให้ความสามารถในการละลายลดลงและจุดหลอมเหลวสูงขึ้น (อัฑฒ์ สุวรรณวงศ์, 2547) ขณะที่ทำการฉายรังสีเข้าไปในสารละลายพอลิเมอร์ เช่น แป้ง จะเกิดอนุมูลอิสระบนสายพอลิเมอร์โดยเกิดการหลุดออกไปของไฮโดรเจนในพันธะ C-H นอกจากนี้รังสีเหล่านี้จะทำให้เกิดอนุมูลอิสระ ไฮดรอกซิลจากโมเลกุลของน้ำซึ่งจะไปดึงไฮโดรเจนออกจากพอลิเมอร์ทำให้เกิดโครงสร้างเป็น แมคโครแรดิคัล (macroradicals) การกลับมารวมตัวกันใหม่ของแมคโครแรดิคัลระหว่างสายพอลิเมอร์ต่างๆ ทำให้เกิดพันธะโคเวเลนต์ระหว่างกันได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างเป็นโครงร่างตาข่าย ดังภาพที่ 1 (Rajeev *et al*., 2009)

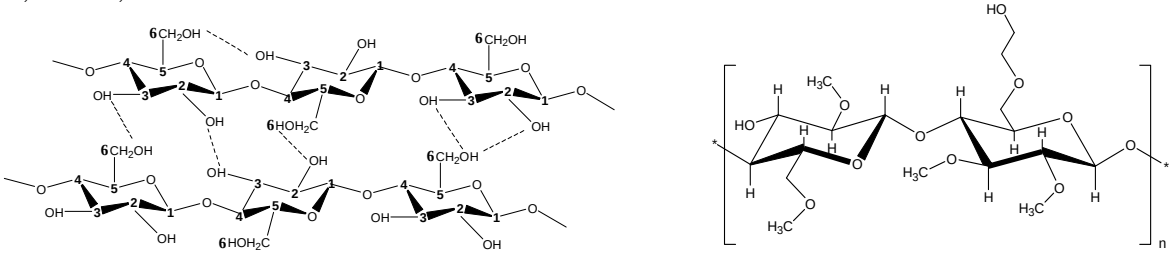


ภาพที่ 1 ผลของการฉายรังสีต่อโมเลกุลของแป้งทำให้เกิดการครอสลิงค์ และแตกสลายพันธะของแป้ง

Nagasawa *et al*., (2004) ศึกษาการสังเคราะห์แป้งดัดแปรของอนุพันธ์คาร์บอกซีเมทิล หรือ carboxymethyl starch (CMS : แป้งที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ การครอสลิงค์ของแป้งคาร์บอกซีเมทิลเกิดจากหมู่ไฮดรอกซีของอะมิโลเพกทินเปลี่ยนเป็นหมู่อีเทอร์) เริ่มปฏิกิริยาด้วยวิธีการฉายรังสี และศึกษาการเกิดการครอสลิงค์ที่ปริมาณรังสีต่างๆ ที่ความเข้มข้นของสารละลาย CMS ระหว่าง 20-50% พบว่าที่ ความเข้มข้น 40% ที่ปริมาณรังสี 2 kGy สามารถดูดซับน้ำกลั่นและน้ำเกลือเข้มข้น 0.9% ได้ 500 และ 29 กรัมต่อน้ำหนักเจลแห้ง 1 กรัม ตามลำดับ ในการศึกษาการย่อยสลายโดยเปรียบเทียบระหว่างสารละลาย CMS ที่ความเข้มข้น 50% ที่ไม่ผ่านและผ่านการฉายรังสี 5 kGy พบว่าในเวลา 2 สัปดาห์ ร้อยละการย่อยสลายเป็น 43.3 และ 39.5% ตามลำดับ Abu *et al*., (2005) ทดสอบ cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) พืชตระกูลถั่วชนิดหนึ่ง ที่ปริมาณรังสี 2 10 และ 50 kGy พบว่าค่าการบวมน้ำและความหนืดลดลงเมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น Zhen *et al*., (2009) เตรียม sodium hydroxide ทำการครอสลิงค์กับ acrylic acid ได้ polysodiumacrylate พบว่าอัตราการปลดปล่อยยูเรียขึ้นกับขนาดของเม็ดเจล และการครอสลิงค์เจลขนาด 3-6 mm มีอัตราการปลดปล่อยได้สูงกว่าขนาด 20 mm และ อัตราการปลดปล่อยลดลงเมื่อการครอสลิค์เพิ่มขึ้น Bülichen *et al*., (2012) ทดสอบนำ MHEC ผสมในซีเมนต์เพื่อทำหน้าที่กักเก็บน้ำโดยทดสอบความจุการกักเก็บน้ำของซีเมนต์ด้วยกระดาษกรอง พบว่าซีเมนต์ที่มีส่วนผสมของ MHEC สามารถกักเก็บน้ำของซีเมนต์ได้มากขึ้นตามปริมาณของ MHEC ที่เพิ่มขึ้น

เซลลูโลสมีสูตรทั่วไปคือ $(C_6H_{10}O_5)$ n เป็นโฮโมพอลิแซคคาไรด์ขนาดใหญ่ ประกอบด้วยน้ำตาล D-glucose จับกันเป็นสายยาวประมาณ 2,000– 10,000 หน่วยกลูโคส ที่ต่อกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ประเภทบีต้า 1,4 ไกลโคซิดิก (β-1,4 glycosidic linkage) โดยไม่มีกิ่งก้านสาขา สายเซลลูโลสในพืชวางตัวเป็นชั้นๆ มีพันธะไฮโดรเจน (เส้นประ) ระหว่างหน่วยกลูโคสในสายเดียวกัน และระหว่างหน่วยกลูโคสที่อยู่ในชั้นที่ติดกัน พอลิเมอร์แต่ละเส้นสายจะขนานกันและสร้างพันธะไฮโดรเจนเชื่อมต่อกัน อาจถึง 3 พันธะต่อ 1 หน่วยกลูโคส ทำให้เกิดเป็นแผ่นเซลลูโลสละลายน้ำได้ยาก และย่อยด้วยเอนไซม์ได้ไม่ง่ายนักแต่เมื่อเซลลูโลสแตกออกมาจนเป็นน้ำตาล ดี-กลูโคส ได้โดยวิธีการต่างๆ เราสามารถใช้น้ำตาลกลูโคสหน่วยเดี่ยวนี้มาเป็นอาหารของคนและสัตว์ทั่วไปได้ นักวิทยาศาสตร์ทางด้านพอลิเมอร์ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาดัดแปรเพื่อนำความรู้ใหม่ที่ได้มาใช้ประโยชน์ เซลลูโลสบ้างชนิดที่ดัดแปรทางเคมีจะสามารถละลายน้ำ

ปัจจุบันมีการนำเซลลูโลสมาดัดแปร เช่น ทำเป็นเซลลูโลสอีเทอร์ เรียกว่า**ปฏิกิริยาอีเทอร์ริฟิเคชัน** (Etherification) ปฏิกิริยาอีเทอร์ริฟิเคชันในการดัดแปรแป้งมีผลทำให้หมู่ไฮดรอกซิลของแป้งเปลี่ยนเป็นอีเทอร์ มี 3 ประเภทคือ แป้งไฮดรอกซีแอลคิล แป้งคาร์บอกซีเมทิล และแป้งประจุบวก สำหรับแป้งไฮดรอกซีแอลคิลใช้กันมากอยู่ในรูปพอลิแซคคาไรด์นำไปใช้เป็นสารเติมแต่งในอุตสาหกรรมอาหารและเภสัชกรรม เนื่องจากมีความเป็นพิษน้อยและมีหลากหลายชนิด (จตุพร วุฒิกนกกาญจน์, 2555) การเตรียมเซลลูโลสอีเทอร์ได้จากการดัดแปรโครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลสทำให้หมู่ไฮดรอกซิลของเซลลูโลสเปลี่ยนเป็นหมู่อีเทอร์ ความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาของหมู่ hydroxyl โดยตำแหน่งของ C-2 เป็นตำแหน่งที่เกิดง่ายที่สุด และหมู่ที่เข้าแทนที่อะตอมไฮโดรเจนในหมู่ไฮดรอกซิลมักเป็นหมู่แอลคิล (R-) ถ้าหมู่ R- คือ เมทิล (CH_3—) จะได้ MHEC เปรียบสูตรโครงสร้างของเซลลูโลสและ MHEC ดังภาพที่ 2



a) cellulose b) MHEC

ภาพที่ 2 เปรียบเทียบโครงสร้างของ cellulose และ MHEC

งานวิจัยนี้ได้มีการศึกษาเบื้องต้นในการบวมน้ำของ MHEC ไฮโดรจลที่แช่ในน้ำแตงกวา โดยนำ MHEC ที่ความเข้มข้น 15 20 และ 30% MHEC ที่ผ่านการฉายรังสีที่ปริมาณ (dose) ต่างๆ เพื่อหาปริมาณรังสีที่เหมาะสมที่ทำให้ MHEC มีค่าการบวมน้ำสูง เจลยังมีความยืดหยุ่น และแผ่นเจลหลังแช่น้ำยังคงมีลักษณะรูปทรงสมบูรณ์ ซึ่ง MHEC จัดเป็นเซลลูโลสอีเทอร์ประเภท

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการครอสลิงค์ MHEC ด้วยเครื่องฉายรังสีแกมมา รุ่น Gamma chamber สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก ค่าความแรงรังสี 10 kGy ต่อ 60 นาที เครื่องชั่งสี่ตำแหน่ง รุ่น HR Analytical Balance ประเทศเยอรมัน ตู้อบลดความดัน (Vacuum oven) รุ่น YAMATO ประเทศญี่ปุ่น สารเคมีที่ใช้ MHEC บริษัท Shin-Etsu ประเทศญี่ปุ่นโดยเตรียม 15 20 และ 30% โดยน้ำหนักของ MHEC โดยผสมลงในน้ำกลั่นที่ร้อน นำสารที่เตรียมได้ใส่ในถุง zip locks และเกลี่ยให้เท่าๆ กัน นำไปฉายรังสีแกมมาที่ได้จาก Co-60 ที่ปริมาณรังสี 8 12 16 20 24 28 และ 32 kGy นำเจลที่ผ่านการฉายรังสีไปอบในตู้อบลดความดันที่อุณหภูมิ 60 ^{o}C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักของเจลแห้งประมาณ 0.05-0.10 g นำไปแช่ในน้ำแตงกวาที่ผ่านการกรองปริมาตร 30 ml เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เทเจลใส่ตะแกรงสแตนเลส นำเจลเทในแผ่นเทฟลอนที่ทราบน้ำหนัก ชั่งน้ำหนักของเจลเปียก คำนวณหาการบวมน้ำจากสูตร swelling = (Ww-Wd)*100/Wd โดยที่ Ww คือ น้ำหนักสารหลังแช่น้ำแตงกวา และ Wd คือ น้ำหนักแห้งก่อนแช่น้ำแตงกวา

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

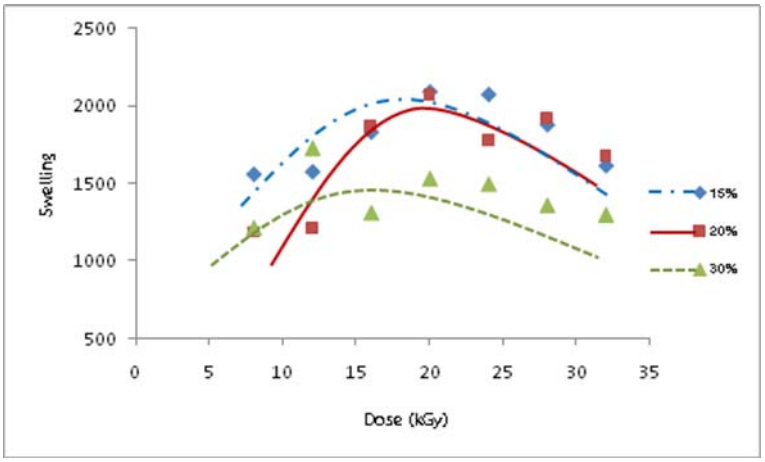
ในการศึกความสัมพันธ์ของการบวมในน้ำแตงกวาของ 15 20 และ 30% MHEC ที่ผ่านการฉายรังสีที่ปริมาณ 8 12 16 20 24 28 และ 32 kGy ได้ผลดังตารางที่ 1

จากกราฟ พบว่าร้อยละการบวมน้ำที่ความเข้มข้น 15 20 และ 30% MHEC ที่ปริมาณรังสี 8 - 20 kGy การบวมพบว่าที่ปริมาณรังสี 8 kGy มีค่าการบวมน้ำน้อยที่สุด เท่ากับ 1560.15 $\pm$ 110.43 1188.43 $\pm$ 181.94 และ 1212.84 $\pm$ 161.45 แสดงให้เห็นว่าเกิดการครอสลิงค์ต่ำที่ปริมาณรังสี 12-20 kGy การบวมน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกความเข้มข้น (สนับสนุนการทดลองของ Bülichen *et al*. เมื่อเพิ่มปริมาณ MHEC ทำให้ซีเมนต์กักเก็บน้ำได้มากขึ้น) โดย 15% MHEC มีค่าการบวมน้ำค่อนข้างสูงแต่ลักษณะเนื้อเจลหลังแช่น้ำแตงกวาจะขาดง่ายไม่เป็นแผ่นที่ความเข้มข้น 20% MHEC เนื้อเจลมีความยืดหยุ่น เป็นแผ่นสมบูรณ์ไม่ขาดง่ายที่ความเข้มข้น 30% MHEC ลักษณะเนื้อเจลค่อนข้างแข็ง อาจเป็นผลจากมีความเข้มข้นสูง เมื่อฉายรังสีที่ปริมาณเท่ากันโอกาสการเกิดการครอสลิงค์มากขึ้น ที่ปริมาณรังสีมากว่า 20 kGy ทุกความเข้มข้นของ MHEC เนื้อเจลค่อนข้างแข็ง เปราะ ขาดง่ายค่าการบวมน้ำลดลง นั่นคือ เมื่อปริมาณรังสีสูงขึ้นไฮโดรเจล MHEC เกิดการสลายตัวหรือเสื่อมสภาพ (decompose)

ตารางที่ 1 ค่าการบวมในน้ำแตงกวาที่ปริมาณรังสีต่างๆ ที่ความเข้มข้น 15 20 และ 30% MHEC

ปริมาณรังสี (kGy)	ค่าการบวมในน้ำแตงกวา $\pm$SD ของ MHEC (g)		
	15%	20%	30%
8	1560.15$\pm$110.43	1188.43$\pm$181.94	1212.84$\pm$161.45
12	1576.85$\pm$100.58	1211.19$\pm$111.96	1727.55$\pm$69.41
16	1832.96$\pm$147.69	1871.12$\pm$23.83	1309.72$\pm$22.96
20	2094.34$\pm$167.27	2074.56$\pm$160.45	1531.11$\pm$57.18
24	2076.10$\pm$84.64	1778.45$\pm$124.89	1495.21$\pm$154.17
28	1880.83$\pm$48.98	1923.43$\pm$66.58	1358.14$\pm$12.13
32	1615.70$\pm$43.12	1676.65$\pm$120.74	1296.26$\pm$99.88

ข้อมูลจากตารางนำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีกับค่าการบวมน้ำได้ผลดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ค่าการบวมในน้ำแตงกวาของ 15 20 และ 30% MHEC ที่ปริมาณรังสีต่างๆ

ทำให้ประสิทธิภาพการบวมน้ำลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ กุลกีรติ โกยอนรรฆกุล และกิตติชิน ปลั่งพงษ์พันธ์ (2553) ศึกษาการเตรียมไฮโดรเจลจากพอลิเมอร์ของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับพอลิไวนิลไพโรลิโดน และพอลิเมอร์ของเมทิลไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสกับพอลิไวนิลไพโรลิโดน เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาดินเค็ม โดยสารละลายพอลิเมอร์รังสีแกมมา 10-40 kGy พบว่าความสามารถในการบวมน้ำและความสามารถในการเกิดเจลมีค่าลดลงเมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าที่ 20% MHEC ที่ปริมาณรังสี 20 kGy เหมาะให้การนำ MHEC ไฮโดรเจลแช่ในน้ำแตงกวา ในการศึกษาเบื้องต้นนี้สามารถนำไปพัฒนาทำเจลมาส์กที่มีองค์ประกอบน้ำแตงกวาในการบำรุงผิวหน้าได้ต่อไป

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการบวมน้ำที่ปริมาณรังสีต่างๆ ที่ความเข้มข้น 15 และ 20% MHEC ที่ปริมาณรังสี 16-32 kGy มีค่าการบวมน้ำใกล้เคียงกัน ที่ 30% MHEC มีค่าการบวมน้ำน้อยที่สุด อาจเป็นผลมาจากที่ความเข้มข้นสูงโครงร่างตาข่ายของไฮโดรเจลที่ได้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ที่ปริมาณรังสี 20 kGy ที่ความเข้มข้น 15 20 และ 30% MHEC มีค่าการบวมน้ำค่อนข้างสูงเท่ากับ 2094.34±167.27 2074.56±160.45 และ 1531.11±57.18 ที่ความเข้มข้น 15% MHEC ลักษณะเนื้อเจลหลังแช่น้ำแตงกวา แผ่นเจลขาดง่ายไม่เป็นแผ่น ในขณะที่ 20% MHEC มีความยืดหยุ่นดีไม่ฉีกขาด และที่ 30% MHEC แผ่นเจลค่อนข้างแข็งที่ปริมาณรังสีมากกว่า 20 kGy ทุกความเข้มข้นค่าการบวมน้ำลดลง แผ่นเจล แข็งฉีกขาดง่าย เนื่องจากเมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้นส่งผลให้เจลสูญเสียสภาพ ค่าการบวมน้ำจึงลดลง

กิตติกรรมประกาศ

ในนามของคณะวิจัย ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร และสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอำนวยความสะดวกในการทดลอง ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กุลกีรติ โกยอนรรฆกุล และกิตติชิน ปลั่งพงษ์พันธ์. 2553. **การเตรียมไฮโดรเจลโดยกระบวนการฉายรังสีแกมมาจากพอลิเมอร์ผสม ; พอลิไวนิลแอลกอฮอล์-พอลิไวนิลไพโรลิโดน และเมทิลไฮดรอก ซีเอทิลเซลลูโลส-พอลิไวนิลไพโรลิโดน**. ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จตุพร วุฒิกนกกาญจน์. **ปฏิกิริยาการดัดแปรโครงสร้างเคมีของพอลิเมอร์.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. สืบค้นเมื่อ วันที่ 17 พฤษภาคม 2555. จาก: http//www.seen.kmutt.ac.th/research/pentec.

ยิ่งศักดิ์ ไกรพินิจ. 2550. **ผลของวิธีการเตรียมเจลแป้งต่อสมบัติการดูดซับน้ำของไฮโดรเจลจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งพุทธรักษา.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

อัทฒ์ สุวรรณวงศ์. 2547. **การเตรียมไฮโดรเจลที่ประกอบด้วยชั้นของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และชั้นของไคโตซานโดยการฉายรังสีแกมมาเพื่อใช้เป็นเจลปิดรักษาบาดแผล.**วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Abu J.O., Muller K., Duodu K.G., Minnaar A., 2005. **Functional properties of cowpea (*Vignaunguicula ta* L.Walp) flours and pastes as affected by γ-irradiation.** Food Chem 93: 103–11.

Bülichen D., Kainz J., Plank J. 2012. **Working mechanism of methyl hydroxyethyl cellulose (MHEC) as water retention agent.** Cement and Concreate Research 42: 953-959.

Nagasawa N., Yagi T., Kume T., Yoshii F. 2004. **Radiation crosslinking of carboxymethyl starch** Carbohyhydrate Polymer 58: 109-13

Rajeev B., Karim A.A. 2009. **Impact of radiation processing on starch.** Comprehensive reviews in food science and food safety. 8: 45-58.

Zheng Tong; et al. 2009. **Superabsorbent hydrogels as carriers for the controlled release of urea.** J. Biosystems Engineering. 102 (1): 44-50.

ปัจจัยจูงใจในการเข้าศึกษาที่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
Factors Motivating Students to Study at Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University

พิมชนก กมล และรวงพร ประสิทธิ์กุศล*
Pimchanok Kamon and Ruangporn Prasitkusol*

สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University, Thailand.
*Corresponding author: rpp@pnru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับปัจจัยจูงใจและเปรียบเทียบปัจจัยจูงใจในการเข้าศึกษาที่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร จำแนกตามเพศของนักศึกษา อาชีพของผู้ปกครอง และรายได้รวมต่อเดือนของครอบครัว ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 510 คน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า ในภาพรวมนักศึกษาให้ความสำคัญต่อปัจจัยจูงใจในระดับปานกลางทุกด้าน โดยให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านความรู้ความสามารถส่วนบุคคลเป็นอันดับแรก รองลงมาเป็นด้านชื่อเสียงของมหาวิทยาลัย ด้านอิทธิพลของบุคคลรอบข้าง ด้านสภาพแวดล้อมของมหาวิทยาลัย และด้านค่าเล่าเรียนและแหล่งทุนการศึกษาเป็นอันดับสุดท้าย การเปรียบเทียบความคิดเห็นของนักศึกษาพบว่า นักศึกษาทั้งหญิงและชายให้ความสำคัญกับปัจจัยจูงใจในระดับปานกลางทุกด้าน ผู้ปกครองทุกอาชีพให้ความสำคัญกับปัจจัยทั้ง 5 ด้านในระดับปานกลาง และผู้ปกครองที่มีรายได้รวมต่อเดือนทุกระดับให้ความสำคัญกับปัจจัยจูงใจในระดับปานกลางทุกด้านเช่นเดียวกัน

คำสำคัญ: ปัจจัยจูงใจ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

Abstract

The aims of this research were 1) to investigate the level of factors motivating students (personal abilities, university reputation, effect of relating people, university image and environment, and tuition fee and student financial support) to study at the faculty of science and technology, Phranakhon Rajabhat University and 2) to compare the level of factors motivating students to study at the faculty of science and technology based on student sex, parents' occupation and monthly family income. The study was conducted using questionnaires to collect data of 510 first year undergraduate students of the faculty of science and technology. Percentage, mean and standard deviation were analysed. The results showed that the mean of all factors were at a moderate level and could be respectively ranked from high to low level as follows: personal abilities, university reputation, effect of relating people, university image and environment, and tuition fee and student financial support. As comparing based on student sex, parents' occupation and monthly family income, both male and female students counted all factors at a moderate level which was similar to the results of parents' occupation and monthly family income.

Keywords: Motivation Factors, Faculty of Science and Technology Phranakhon Rajabhat University

บทนำ

สถาบันอุดมศึกษาตระหนักดีว่าการพัฒนาคุณภาพการศึกษาถือเป็นรากฐานที่สำคัญในการพัฒนาประเทศ สถาบันการศึกษาทุกแห่งมีภารกิจประการสำคัญที่เหมือนกัน คือหน้าที่ผลิตบัณฑิตตามที่แต่ละแห่งตั้งปณิธานไว้ คือลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ของแต่ละสถาบันการศึกษาเพื่อมีอุดมการณ์ไปรับใช้สังคม การที่บัณฑิตเหล่านั้นจะมีคุณภาพ มีความรู้และประสบการณ์การทำงานในอนาคตได้ การจัดการศึกษาจึงจำเป็นต้องมีคุณภาพ (เปรื่อง กิจรัตน์ภร, 2552) ดังจะเห็นได้จากในช่วงเวลาที่ผ่านมาสถาบันอุดมศึกษามีการตื่นตัวเกี่ยวกับการพัฒนาคุณภาพการศึกษา จึงทำให้มีการเปิดสอนหลักสูตรต่างๆ อย่างหลากหลาย ประกอบกับกระแสการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคมอย่างรวดเร็ว ทำให้มีการแข่งขันสูงในสถาบันอุดมศึกษาทั้งในประเทศและต่างประเทศ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร เป็นหน่วยงานหนึ่งที่ตระหนักในความสำคัญของการพัฒนาคุณภาพการผลิตบัณฑิต จึงถือเป็นภาระหน้าที่ในการสนับสนุนการทำหน้าที่ตามบทบาทของมหาวิทยาลัยราชภัฏ นั่นคือบทบาทในการพัฒนาท้องถิ่น ชุมชน ทำวิจัยการเรียนการสอนตลอดจนวิจัยพัฒนาองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากการแข่งขันสูงในด้านการผลิตบัณฑิต หลักสูตรต่างๆ และผู้เรียนมีโอกาสเลือกเรียนในสถานศึกษาที่ต้องการ ทำให้ผู้วิจัยสนใจว่ามีปัจจัยใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจเลือกเรียนที่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ซึ่งการทราบถึงปัจจัยต่างๆ เหล่านี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการพัฒนาคุณภาพระบบการบริหารจัดการของมหาวิทยาลัยให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน

การวิจัยในครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาระดับปัจจัยจูงใจและเปรียบเทียบปัจจัยจูงใจในการเข้าศึกษาที่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร จำแนกตามเพศของนักศึกษา อาชีพของผู้ปกครอง และรายได้รวมต่อเดือนของครอบครัว

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งศึกษาปัจจัยจูงใจในการเข้าศึกษาที่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร วิธีการวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 510 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถามปัจจัยจูงใจในการเข้าศึกษาที่มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วย เพศของนักศึกษา อาชีพของผู้ปกครอง และรายได้รวมต่อเดือนของครอบครัว

ตอนที่ 2 ปัจจัยจูงใจในการเข้าศึกษาที่มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร 5 ด้าน ได้แก่ ปัจจัยด้านชื่อเสียงของมหาวิทยาลัย ด้านสภาพแวดล้อมของมหาวิทยาลัย ด้านอิทธิพลของบุคคลรอบข้าง ด้านความรู้ความสามารถส่วนบุคคล และด้านค่าเล่าเรียนและแหล่งทุนการศึกษา เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยนี้เก็บรวบรวมข้อมูลโดยผู้วิจัยนำแบบสอบถามไปแจกแก่ประชากร และรอรับแบบสอบถามกลับคืนภายในวันเดียวกัน ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างวันที่ 9 สิงหาคม - 5 กันยายน พ.ศ. 2554 ได้รับแบบสอบถามที่สมบูรณ์ใช้วิเคราะห์ผลได้จำนวน 235 ชุด คิดเป็นร้อยละ 46.08

การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ข้อมูลพื้นฐาน

นักศึกษาที่ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงจำนวน 149 คน คิดเป็นร้อยละ 63.4 ผู้ปกครองส่วนใหญ่มีอาชีพเกษตรกรรมจำนวน 55 คน คิดเป็นร้อยละ 23.4 รองลงมามีอาชีพรับจ้างและค้าขายใกล้เคียงกันจำนวน 43 คน และ 42 คน ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 18.3 และ 17.9 ตามลำดับ

และส่วนใหญ่ครอบครัวมีรายได้รวมต่อเดือน 15,001 – 20,000 บาท จำนวน 64 คน คิดเป็นร้อยละ 27.2

ความคิดเห็นของนักศึกษาต่อปัจจัยจูงใจในการเข้าศึกษาที่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

จากการสำรวจพบว่าในภาพรวมนักศึกษาให้ความสำคัญกับปัจจัยจูงใจระดับปานกลางทุกด้าน โดยให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านความรู้ความสามารถส่วนบุคคลเป็นอันดับแรก รองลงมาเป็นด้านชื่อเสียงของมหาวิทยาลัย ด้านอิทธิพลของบุคคลรอบข้างด้านสภาพแวดล้อมของมหาวิทยาลัย และด้านค่าเล่าเรียนและแหล่งทุนการศึกษาเป็นอันดับสุดท้าย ดังตารางแตกต่างกับนักศึกษามหาวิทยาลัยศรีปทุมที่ให้ความสำคัญกับปัจจัยจูงใจในระดับมาก 3 ลำดับแรกได้แก่ สถานที่ตั้ง ชื่อเสียงของมหาวิทยาลัย และสิ่งอำนวยความสะดวก (กัญกมญ เถื่อนเหมือน, 2551) ส่วนนักศึกษามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตตรัง ให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านความมีชื่อเสียงและความน่าเชื่อถือของมหาวิทยาลัยเป็นอันดับแรก (กุสุมา ปักปิ่นเพชร, 2551) เมื่อเปรียบเทียบกับการเลือกเข้าศึกษาในโรงเรียนอาชีวศึกษาเอกชน จังหวัดปราจีนบุรี พบว่านักเรียนให้ความสำคัญในระดับมากกับปัจจัยด้านอิทธิพลจากโรงเรียนและครูแนะแนว และด้านภาพลักษณ์ของสถานศึกษา (กฤษณ์ บุตรเนียน และคณะ, 2554)

เมื่อศึกษาจำแนกแต่ละปัจจัยได้ผลดังนี้

ปัจจัยด้านชื่อเสียงของมหาวิทยาลัย

นักศึกษาให้ความสำคัญกับปัจจัยจูงใจด้านชื่อเสียงของมหาวิทยาลัยในภาพรวมระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ย 3.01 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .747 โดยให้ความสำคัญกับชื่อเสียงของมหาวิทยาลัยเป็นอันดับแรก รองลงมาได้แก่ ชื่อเสียงของคณาจารย์ และชื่อเสียงของนักศึกษาปัจจุบันตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นรายสาขาวิชาพบว่า สาขาวิชาคณิตศาสตร์ให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านชื่อเสียงของมหาวิทยาลัยในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 3.69 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.379 ส่วนสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารให้ความสำคัญในระดับน้อย มีค่าเฉลี่ย 2.20 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .185 ส่วนสาขาวิชาอื่นให้ความสำคัญในระดับปานกลาง

ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมของมหาวิทยาลัย

นักศึกษาให้ความสำคัญกับปัจจัยจูงใจด้านสภาพแวดล้อมของมหาวิทยาลัยในภาพรวมระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ย 2.89 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .764 โดยให้ความสำคัญกับขนาดพื้นที่ และความทันสมัยของอาคารเรียนเป็นอันดับแรก รองลงมาได้แก่ ที่ตั้งของมหาวิทยาลัย และความสวยงามและความร่มรื่นภายในมหาวิทยาลัยตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นรายสาขาวิชาพบว่า สาขาวิชาสัตวศาสตร์ให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมของมหาวิทยาลัยในระดับน้อย มีค่าเฉลี่ย 2.18 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .404 ส่วนสาขาวิชาอื่นให้ความสำคัญในระดับปานกลาง

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การแปลผล และอันดับของปัจจัยจูงใจในการเข้าศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

ปัจจัยจูงใจ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล	อันดับที่
ด้านชื่อเสียงของมหาวิทยาลัย	3.01	.747	ปานกลาง	2
ด้านสภาพแวดล้อมของมหาวิทยาลัย	2.89	.764	ปานกลาง	4
ด้านอิทธิพลของบุคคลรอบข้าง	2.93	.794	ปานกลาง	3
ด้านความรู้ความสามารถส่วนบุคคล	3.02	.688	ปานกลาง	1
ด้านค่าเล่าเรียนและแหล่งทุนการศึกษา	2.87	.887	ปานกลาง	5

ปัจจัยด้านอิทธิพลของบุคคลรอบข้าง

นักศึกษาให้ความสำคัญกับปัจจัยจูงใจด้านอิทธิพลของบุคคลรอบข้างในภาพรวมระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ย 2.93 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .794 โดยให้ความสำคัญกับความต้องการของผู้ปกครองเป็นอันดับแรก รองลงมาเป็นการมีเพื่อน รุ่นพี่ หรือคนรู้จักเรียนที่มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร และอาจารย์ที่โรงเรียนแนะนำให้เรียนที่มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นรายสาขาวิชาพบว่า สาขาวิชาคณิตศาสตร์ให้ความสำคัญกับปัจจัยจูงใจด้านอิทธิพลของบุคคลรอบข้างในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 3.55 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .106 ส่วนสาขาวิชาอื่นให้ความสำคัญในระดับปานกลาง

ปัจจัยด้านความรู้ความสามารถส่วนบุคคล

นักศึกษาให้ความสำคัญกับปัจจัยจูงใจด้านความรู้ความสามารถส่วนบุคคลในภาพรวมระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ย 3.02 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .688 โดยให้ความสำคัญกับความรู้พื้นฐานเป็นอันดับแรก รองลงมาเป็นผลการเรียนเฉลี่ยสะสมตลอดหลักสูตรชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และคะแนนการคัดเลือกเข้าเรียนในระดับอุดมศึกษา ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นรายสาขาวิชาพบว่า สาขาวิชาคณิตศาสตร์ให้ความสำคัญกับปัจจัยจูงใจด้านความรู้ความสามารถส่วนบุคคลในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 3.51 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .084 ส่วนสาขาวิชาอื่นให้ความสำคัญในระดับปานกลาง

ปัจจัยด้านค่าเล่าเรียนและแหล่งทุนการศึกษา

นักศึกษาให้ความสำคัญกับปัจจัยจูงใจด้านค่าเล่าเรียนและแหล่งทุนการศึกษาในภาพรวมระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ย 2.87 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .887 โดยให้ความสำคัญกับอัตราค่าเล่าเรียนเป็นอันดับแรก รองลงมาเป็นจำนวนทุนกู้ยืม และจำนวนทุนให้เปล่าตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นรายสาขาวิชาพบว่า สาขาวิชาสัตวศาสตร์ให้ความสำคัญกับปัจจัยจูงใจด้านค่าเล่าเรียนและแหล่งทุนการศึกษาในระดับน้อย มีค่าเฉลี่ย 2.24 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .347 ส่วนสาขาวิชาอื่นให้ความสำคัญในระดับปานกลาง

การเปรียบเทียบความคิดเห็นของนักศึกษาต่อปัจจัยจูงใจในการเข้าศึกษาที่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร จำแนกตามเพศของนักศึกษา อาชีพของผู้ปกครอง และรายได้รวมต่อเดือนของครอบครัวได้ผลดังนี้

ความคิดเห็นของนักศึกษาจำแนกตามเพศ

จากการศึกษาพบว่านักศึกษาชายและหญิงให้ความสำคัญกับปัจจัยจูงใจทั้ง 5 ด้านในระดับปานกลาง โดยเพศหญิงมีค่าเฉลี่ยมากกว่าเพศชายทุกด้าน

ความคิดเห็นของนักศึกษาจำแนกตามอาชีพของผู้ปกครอง

จากการศึกษาพบว่านักศึกษาที่ผู้ปกครองมีอาชีพรับราชการ พนักงานรัฐวิสาหกิจ พนักงานบริษัท รับจ้าง ค้าขาย และเกษตรกรรม ให้ความสำคัญกับปัจจัยจูงใจทั้ง 5 ด้านในระดับปานกลาง โดยผู้ปกครองที่มีอาชีพรับราชการให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านความรู้ความสามารถส่วนบุคคลมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 2.93 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .134 ผู้ปกครองที่เป็นพนักงานบริษัทให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านค่าเล่าเรียนและแหล่งทุนการศึกษามากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 3.11 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .158 ผู้ปกครองที่เป็นพนักงานรัฐวิสาหกิจให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมของมหาวิทยาลัยมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 2.98 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .115 ผู้ปกครองที่มีอาชีพรับจ้างให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านชื่อเสียงของมหาวิทยาลัยและด้านอิทธิพลของบุคคลรอบข้างเท่ากัน มีค่าเฉลี่ย 3.07 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .132 และ .140 ตามลำดับ ส่วนผู้ปกครองที่มีอาชีพเกษตรกรรมให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านชื่อเสียงของมหาวิทยาลัย และด้านความรู้ความสามารถส่วนบุคคลเท่ากัน มีค่าเฉลี่ย 3.20 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .094 และ .091 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับนักศึกษามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตตรัง ที่ครอบครัวประกอบอาชีพทางการเกษตรจะมีความคาดหวังถึงความก้าวหน้าในการประกอบอาชีพทั้งในปัจจุบันและอนาคตมากกว่าด้านอื่น (กุสุมา ปักปิ่นเพชร, 2551)

ความคิดเห็นของนักศึกษาจำแนกตามรายได้รวมต่อเดือนของครอบครัว

จากการศึกษาพบว่า ผู้ปกครองที่มีรายได้รวมต่อเดือนของครอบครัวทุกระดับให้ความสำคัญกับปัจจัยจูงใจทั้ง 5 ด้านในระดับปานกลาง โดยผู้ปกครองที่มีรายได้รวมต่อเดือนของครอบครัวไม่เกิน 10,000 บาท ให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านความรู้ ความสามารถส่วนบุคคลมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 3.07 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .150 แตกต่างกับนักศึกษามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตตรัง ที่ให้ความสำคัญกับการที่มหาวิทยาลัยมีศูนย์การเรียนรู้ เช่น ศูนย์คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี ศูนย์ภาษา เป็นต้น (กุสุมา, 2551) ส่วนผู้ปกครองที่มีรายได้รวมต่อเดือนของครอบครัวระหว่าง 10,001 – 20,000 บาท และ 25,001-30,000 บาท ให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านชื่อเสียงของมหาวิทยาลัยมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 3.17 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.99 และค่าเฉลี่ย 2.97 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .148 ตามลำดับ ผู้ปกครองที่มีรายได้รวมต่อเดือนของครอบครัว 15,001-20,000 บาท ให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านอิทธิพลของบุคคลรอบข้างมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 3.15 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .094

สรุปผลการวิจัย

ในภาพรวมนักศึกษาชั้นปีที่ 1 พิจารณาความสามารถของตนเองเป็นอันดับแรกในการเลือกเรียนที่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร สำหรับชื่อเสียงของมหาวิทยาลัย อิทธิพลของบุคคลรอบข้าง สภาพแวดล้อมของมหาวิทยาลัย และค่าเล่าเรียนและแหล่งทุนการศึกษาเป็นปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณารองลงมาตามลำดับ เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านอิทธิพลของบุคคลรอบข้างจะเห็นว่าการเลือกสถานศึกษาขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ปกครองมากกว่าการมีเพื่อน รุ่นพี่ หรือคนรู้จักเรียนที่มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร หรือการแนะแนวของอาจารย์ที่โรงเรียน ซึ่งจากผลการวิจัยจำแนกตามอาชีพของผู้ปกครองและรายได้รวมต่อเดือนของครอบครัว จะเห็นว่าผู้ปกครองของนักศึกษาส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับชื่อเสียงของมหาวิทยาลัยใกล้เคียงกับความสามารถของบุตรหลาน ดังนั้นในการวางแผนเพื่อรับนักศึกษาใหม่ มหาวิทยาลัยจึงควรให้ความสำคัญกับการบริหารจัดการด้านการประชาสัมพันธ์ผลงานของมหาวิทยาลัยผ่านสื่อต่างๆ อย่างแพร่หลาย ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ปกครองใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกสถานศึกษา

เอกสารอ้างอิง

กฤษณ์ บุตรเนียน จุไร โชคประสิทธิ์ และอรสา จรูญธรรม. 2554.**ปัจจัยในการเลือกเข้าศึกษาในโรงเรียน อาชีวศึกษาเอกชนในจังหวัดปราจีนบุรี.** วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์. 5 (2): 44-52.

กัญกมญ เถื่อนเหมือน. 2551. **ปัจจัยจูงใจในการเลือกเข้าศึกษาของนักศึกษาในมหาวิทยาลัยศรีปทุม.** วารสารศรีปทุมปริทัศน์. 8 (1): 5-12.

กุสุมา ปักปิ่นเพชร. 2552. **ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเข้าศึกษาระดับปริญญาตรีในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตตรัง**. สืบค้นเมื่อ 30 กันยายน 2554. จากhttp://www.trang.psu.ac.th/rtrang/images/stories/research/abstract/2.%20abstract_kusuma1.pdf

เปรื่อง กิจรัตน์ภร. 2552. **117 ปี รากฐานการฝึกหัดครูไทย**. วารสาร 117 ปี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร. กรุงเทพฯ: 1-11.

ผลของฟอสฟอรัสและค่าความเป็นกรด-เบสต่อการเจริญเติบโตและปริมาณสาร 1′ - Acetoxychavicol Acetate (ACA) ภายในข่าในสภาพการปลูกพืชไร้ดิน

Effect of phosphorus and pH on growth and 1′ - Acetoxychavicol Acetate (ACA) in galangal (*Alpinia galanga* (Linn.) Swartz) in soilless culture condition

คงเอก ศิริงาม[1*] ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ[2] สรัญญา วัชโรทัย[3] และเฉลิมพล เกิดมณี[4]
Kongake Siringam[1*] Thammasak Thongket[2] Srunya Vajrodaya[3] Chalermpol Kirdmanee[4]

[1] สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
[2] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[3] ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[4] ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
[1] Department of Agriculture, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University, Thailand
[2] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Thailand
[3] Department of Botany, Faculty of Science, Kasetsart University, Thailand
[4] National Center for Genetic Engineering and Biotechnology,
National Science and Technology Development Agency, Thailand
*** Corresponding author**: siringam@yahoo.com

บทคัดย่อ

ข่าเป็นพืชล้มลุกหลายฤดูที่สามารถผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพภายในไรโซมได้หลายชนิด สาร 1′-Acetoxychavicol Acetate (ACA) เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพชนิดหนึ่งที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *Mycobacterium tuberculosis* ซึ่งเป็นเชื้อสาเหตุของวัณโรค อย่างไรก็ตามปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมีความสัมพันธ์กับการผันแปรของสภาพแวดล้อม การปลูกพืชไร้ดินเป็นระบบการปลูกพืชที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับธาตุอาหารพืช ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการทดลองนี้ คือ ศึกษาผลของฟอสฟอรัสและค่าความเป็นกรด-เบสต่อการเจริญเติบโตและปริมาณสาร 1′ - Acetoxychavicol Acetate (ACA) ภายในข่าภายใต้สภาพการปลูกพืชไร้ดิน โดยการนำต้นพันธุ์ข่าที่ลงปลูกในระบบการปลูกพืชไร้ดิน และทำการให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Steiner Universal (1984) ดัดแปลง ที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (70 และ 140 มิลลิกรัมต่อลิตร) และค่าความเป็นกรด-เบส (5.5 และ 6.5) เป็นเวลา 3 เดือน จากการศึกษา พบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของฟอสฟอรัสมีผลทำให้การเจริญเติบโตของรากเพิ่มขึ้น ในขณะที่การเจริญเติบโตของไรโซมและต้นพันธุ์ข่าไม่มีความแตกต่างกันเมื่อความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและค่าความเป็นกรด-เบสเพิ่มขึ้น และการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรด-เบส มีผลทำให้ปริมาณสาร ACA เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ธาตุอาหารพืช สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ข่า การปลูกพืชไร้ดิน

Abstract

Galangal is an herbaceous perennial plant which produces various bioactive compounds in rhizome. The 1′- Acetoxychavicol Acetate (ACA) was a bioactive compound which inhibited the growth of *Mycobacterium tuberculosis* that caused the tuberculosis (TB). However, the bioactive compound content depended on variation of the environmental factor. Soilless culture is a plant cultivation system which controlled environmental factor that involved with plant nutrition. Therefore, the aim of this research was to study the effect of phosphorus and pH on growth and ACA content in soilless

culture condition. Galangal plantlets were grown in soilless culture condition and supplied modified Steiner Universal (1984) nutrient solution with different KH_2PO_4 (70 or 140 mg/L) and pH (5.5 or 6.5) for 3 months. The result showed that the increasing of phosphorus concentration affected to enhance the root growth. In addition, the growth of rhizome and shoot were not significant when the concentration of phosphorus and pH were increased. The enhancement of ACA content in galangal was related to the increasing of pH.

Keywords: Plant nutrition, bioactive compound, galangal, soilless culture

บทนำ

วัณโรคเป็นโรคติดต่อที่มีผลต่อระบบทางเดินหายใจโดยมีเชื้อแบคทีเรีย *Mycobacterium tuberculosis* เป็นเชื้อสาเหตุของโรค โดยเชื้อสาเหตุชนิดนี้มีผลต่อการทำงานของปอด ระบบประสาท ระบบภูมิคุ้มกัน และระบบไหลเวียนภายในสิ่งมีชีวิต ในปัจจุบันวัณโรคเป็นโรคติดต่อที่มีจำนวนผู้ป่วยและผู้ติดเชื้อเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากผู้ป่วยไม่เข้ารับการรักษาตามแผนการรักษา จึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เชื้อสาเหตุวัณโรคเกิดการดื้อต่อยาที่ใช้ในการรักษา ในปัจจุบันมีการศึกษาการใช้ประโยชน์จากสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สกัดได้จากพืชมาบำบัดรักษาโรคติดเชื้อที่เกิดกับมนุษย์ โดยงานวิจัยของ Palittapongarnpim *et al.* (2002) พบว่า สาร 1′- Acetoxychavicol Acetate (ACA) ที่สกัดได้จากไรโซมข่าสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อสาเหตุวัณโรคที่ดื้อยาได้ อย่างไรก็ตามความสามารถในการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม (คงเอก ศิริงาม และคณะ, 2554; Brown *et al*., 2002; Kirakosyan *et al.*, 2004) ความผันแปรของสภาพแวดล้อม ประกอบด้วย ภูมิอากาศ อุณหภูมิ แสง ความชื้น และความอุดมสมบูรณ์ของดิน ที่มีผลต่อความสามารถในการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพภายในพืช (Jeffery *et al.*, 2003) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของปริมาณและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร งานวิจัยของ Mairapetyan *et al*. (1999) พบว่า ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ที่ส่งเสริมการผลิต essential oil ใน peppermint และ citric sorghum คือ 48:20:32 และ 20:35:15 โดยเปอร์เซ็นต์อะตอมทั้งหมด

ในปัจจุบันมีการศึกษากระบวนการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพภายในพืชโดยนำระบบการปลูกพืชไร้ดิน (Soilless culture) มาใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากการปลูกพืชในระบบนี้สามารถควบคุมปริมาณและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร ทำให้สามารถควบคุมการเจริญเติบโตและกระบวนการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ งานวิจัยของ Pedneault *et al*. (2002) พบว่า ปริมาณของ flavonoids ในราก *A. millefolium* ที่ปลูกเลี้ยงในระบบการปลูกพืชไร้ดิน (0.43 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแห้ง) มีปริมาณสูงกว่ารากในต้นที่ปลูกเลี้ยงในแปลง (0.38 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแห้ง) ส่วนการผลิต essential oil ภายใน rose geranium (*Pelargonium roseum* Willd.) citric sorghum (*Cymbopogon citratus* Stapf) eugenol basil (*Ocimum gratissimum* L.) common basil (*Ocimum basilicum* L.) vetiveria (*Vetiveria zizanioides* Stapf) mint (*Mentha piperita* L.) catmint (*Nepeta transcaucasica*) และ wormwood (*Artemisia annua* L.) ที่ปลูกในระบบการปลูกพืชไร้ดินมีอัตราการเจริญเติบโต เปอร์เซ็นต์การสะสม essential oil และผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่าการปลูกในสภาพแปลงปลูก (Mairapetyan, 1999) ดังนั้นวัตถุประสงค์ในการทดลองนี้ เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของฟอสฟอรัส และค่าความเป็นกรด-เบส ต่อการเจริญเติบโตและปริมาณสาร ACA ภายในไรโซมข่าภายใต้สภาพการปลูกพืชไร้ดิน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. การเตรียมต้นพันธุ์และการดำเนินการทดลองภายใต้สภาพการปลูกพืชไร้ดิน

นำต้นพันธุ์ข่าที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชที่มีความสูงประมาณ 8.0±0.2 เซนติเมตร ลงปลูกในถุงพลาสติกดำขนาด 12x20 เซนติเมตร โดยวัสดุปลูกที่ใช้ประกอบด้วย แกลบ และขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร ที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งอัดไอน้ำ (Autoclave) ทำการย้ายต้นพันธุ์ข่าลงปลูกใน

ถุงพลาสติกดำที่บรรจุวัสดุปลูก จำนวน 1 ต้นต่อถุง จากนั้นรดน้ำให้ชุ่มและนำถุงพลาสติกใสครอบต้นพันธุ์ข่าที่ย้ายปลูก เพื่อปรับสภาพต้นพืชเป็นเวลาประมาณ 7 วัน หลังจากนั้นย้ายต้นพันธุ์ข่าไปไว้ในโรงเรือนที่ได้รับแสงตามธรรมชาติ เมื่อต้นพันธุ์ข่ามีอายุประมาณ 1 เดือนจึงนำต้นพันธุ์ข่าย้ายลงปลูกในระบบการปลูกพืชไร้ดิน (Soilless culture)

การย้ายต้นพันธุ์ข่าลงปลูกในระบบการปลูกพืชไร้ดิน โดยวัสดุปลูกที่ใช้ในระบบการปลูกพืชไร้ดินประกอบด้วย แกลบและขุยมะพร้าว ที่บรรจุในถุงพลาสติกดำขนาด 12x20 นิ้ว ในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร โดยกำหนดระยะห่างในการปลูกระหว่างแถวและต้น 30x30 เซนติเมตร ต้นพันธุ์ข่าที่ใช้ทั้งหมด คือ 60 ต้น ทำการให้สารละลายธาตุอาหารแก่ต้นพันธุ์ข่าผ่านทางระบบน้ำหยด โดยอัตราการจ่ายน้ำของหัวน้ำหยด ประมาณ 60 มิลลิลิตรต่อนาที โดยให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Steiner Universal (1984) ดัดแปลง ที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) (70 และ 140 มิลลิกรัมต่อลิตร) และค่าความเป็นกรด-เบส (5.5 และ 6.5) วันละ 2 ครั้ง ๆ ละ 30 นาที เป็นเวลา 3 เดือน

2. การสกัดและวิเคราะห์ปริมาณสาร

1′- Acetoxychavicol Acetate (ACA)

นำไรโซมข่าที่ผ่านการชั่งน้ำหนักสดไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง หลังจากนั้นนำมาสกัดด้วยสารละลาย Hexane จำนวน 20 มิลลิลิตร นำไปเขย่าบนเครื่องเขย่า (Innova™ 2100/2150 Platform shaker, USA) ที่ความเร็วรอบ 90 ต่อนาที เป็นเวลา 72 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น Homogenizer (IKA; Model T-25 basic, IKA Works Sdn. Bhn., Malaysia) และกรองสารสกัดผ่านกระดาษกรอง Whatman® (110 mm Whatman International Ltd., England) เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 110 มิลลิเมตร นำสารสกัดที่ผ่านการกรองมาระเหยภายในตู้ดูดควัน เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำสารสกัดที่ได้ไปชั่งน้ำหนัก หลังจากนั้นนำสารสกัดมาทำละลายด้วย Dimethylsulphoxide (DMSO) (Assay 99.5%; CARLO ERBA REAGENTI, Thailand) ที่ระดับความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และนำไปตรวจหาปริมาณสาร ACA โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยเครื่อง Spectrophotometer DR/4000 (HACH, USA) ที่ความยาวคลื่น 234 นาโนเมตร หลังจากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงไปเปรียบเทียบเพื่อหาปริมาณสาร ACA จากกราฟมาตรฐานของค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย ACA มาตรฐาน

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial in Completely Randomize Design (CRD) ทำการทดลองทั้งหมด 5 ซ้ำ โดยนำข้อมูลการเจริญเติบโตและปริมาณสาร ACA มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้โปรแกรม SPSS (SPSS for Windows, SPSS Inc., USA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการนำต้นพันธุ์ข่าที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชที่ผ่านการปรับสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนและนำออกปลูกในสภาพแปลงปลูกภายใต้สภาพการปลูกพืชไร้ดิน โดยทำการให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Steiner Universal (1984) ดัดแปลง ที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) ร่วมกับค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน พบว่า การเจริญเติบโตของต้นพันธุ์ข่าและปริมาณสาร ACA ที่สกัดได้จากไรโซมข่าที่ปลูกภายใต้สภาพการปลูกพืชไร้ดิน เป็นดังนี้

น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งรากข่าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของราก (ตารางที่ 1) ในขณะที่น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งไรโซมข่าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัส และค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน พบว่า ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) มีผลต่อน้ำหนักแห้งไรโซม ในขณะที่ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสารละลายธาตุอาหารไม่ทำให้เกิดความแตกต่างของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งไรโซม โดยไรโซมข่าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของสารละลายธาตุอาหาร เท่ากับ 6.5 มีน้ำหนักแห้งไรโซมสูงกว่าไร

โซมข่าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของสารละลายธาตุอาหาร เท่ากับ 5.5 (ตารางที่ 2) ส่วนน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต้นข่าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัส และค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน พบว่า ปัจจัยแต่ละชนิดไม่มีผลต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต้น โดยต้นพันธุ์ข่าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัส 70 และ 140 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของสารละลายธาตุอาหารเท่ากับ 5.5 และ 6.5 มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต้นที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 1 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งรากข่าที่ปลูกภายใต้สภาพการปลูกพืชไร้ดิน โดยได้รับสารละลายธาตุอาหารสูตร Steiner Universal (1984) ดัดแปลง ที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัส (KH_2PO_4) และค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ที่แตกต่างกัน เป็นเวลา 3 เดือน

Treatment	นำหนักสดราก (กรัมต่อต้น)	นำหนักแห้งราก (กรัมต่อต้น)
ความเข้มข้นของ KH_2PO_4 (มิลลิกรัมต่อลิตร)		
70	27.3 b	1.9 b
140	31.5 a	2.3 a
ค่าความเป็นกรด-เบส		
5.5	28.9	2.1
6.5	30.0	2.2
F-test		
KH_2PO_4	**	**
pH	ns	ns
KH_2PO_4 × pH	ns	ns

** แตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01
ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 2 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งไรโซมข่าที่ปลูกภายใต้สภาพการปลูกพืชไร้ดิน โดยได้รับสารละลายธาตุอาหารสูตร Steiner Universal (1984) ดัดแปลง ที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัส (KH_2PO_4) และค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ที่แตกต่างกัน เป็นเวลา 3 เดือน

Treatment	น้ำหนักสดไรโซม (กรัมต่อต้น)	น้ำหนักแห้งไรโซม (กรัมต่อต้น)
ความเข้มข้นของ KH_2PO_4 (มิลลิกรัมต่ลิตร)		
70	19.3	1.5
140	19.2	1.3
ค่าความเป็นกรด-เบส		
5.5	17.9	1.2 b
6.5	20.6	1.6 a
F-test		
KH_2PO_4	ns	ns
pH	ns	*
KH_2PO_4 × pH	ns	ns

* แตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 3 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต้นข่าที่ปลูกภายใต้สภาพการปลูกพืชไร้ดิน โดยได้รับสารละลายธาตุอาหารสูตร Steiner Universal (1984) ดัดแปลง ที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัส (KH_2PO_4) และค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ที่แตกต่างกัน เป็นเวลา 3 เดือน

Treatment	นำหนักสดต้น (กรัมต่อต้น)	นำหนักแห้งต้น (กรัมต่อต้น)
ความเข้มข้นของ KH_2PO_4 (มิลลิกรัมต่อลิตร)		
70	92.5	13.7
140	101.4	16.1
ค่าความเป็นกรด-เบส		
5.5	96.9	16.7
6.5	97.0	13.2
F-test		
KH_2PO_4	ns	ns
pH	ns	ns
KH_2PO_4 × pH	**	ns

** แตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01
ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 4 ปริมาณสาร ACA ภายในไรโซมข่าที่ปลูกภายใต้สภาพการปลูกพืชไร้ดิน โดยได้รับสารละลายธาตุอาหารสูตร Steiner Universal (1984) ดัดแปลง ที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัส (KH_2PO_4) และค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ที่แตกต่างกัน เป็นเวลา 3 เดือน

Treatment	ปริมาณสาร ACA (ไมโครกรัมต่อกรัมนำหนักแห้ง)
ความเข้มข้นของ KH_2PO_4 (มิลลิกรัมต่อลิตร)	
70	77.0
140	80.5
ค่าความเป็นกรด-เบส	
5.5	87.2 a
6.5	70.3 b
F-test	
KH_2PO_4	ns
pH	**
KH_2PO_4 × pH	ns

** แตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01
ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ในการทดลองนี้ต้นข่าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสารละลายธาตุอาหาร 140 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักสดรากและน้ำหนักแห้งรากสูงกว่าต้นข่าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสารละลายธาตุอาหาร 70 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากการเจริญของรากพืชมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับแหล่งอาหารที่มีความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส Marschner *et al*. (1986) ซึ่งการที่รากพืชมีการเจริญเติบโตและพัฒนาที่ดีจะแสดงถึงประสิทธิภาพการทำหน้าที่ของราก ซึ่งจะมีผลทำให้น้ำหนักสดรากและน้ำหนักแห้งรากเพิ่มขึ้นตามการเจริญและพัฒนาของพืช รวมทั้งความสามารถในการดูดซึมฟอสฟอรัสยังเกี่ยวข้องกับระดับความเข้มข้นของฟอสฟอรัส และความสามารถในการแพร่ของฟอสฟอรัสระหว่างบริเวณแหล่งอาหารและรากพืช เมื่อพืชได้รับธาตุฟอสฟอรัสในระดับที่เพียงพอต่อความต้องการของพืช จะทำให้รากพืชมีการเจริญและพัฒนาที่ดีขึ้น (นภดล เรียบเลิศหิรัญ, 2538; Anghinoni & Barber,

1980; Ruan *et al*, 2000; Marschner, 1995) มีผลทำให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสมีผลต่อน้ำหนักสดรากและน้ำหนักแห้งราก

ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช ซึ่งธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่จะสามารถละลายและอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ในช่วงที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.0-6.0 (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541; Furihata *et al*., 1992) โดยระดับธาตุอาหารที่ได้รับมีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาของไรโซม (de Kroon & Schieving, 1991; Laudnausser *et al*., 1996; Noble and Marshall, 1983; Powelsen & Lieffers, 1992) เนื่องจากเนื้อเยื่อส่วนเหง้าจะมีความสามารถในการดูดซึมธาตุอาหารเพิ่มมากขึ้นในสภาวะที่เหง้าเจริญอยู่ในสภาพที่มีการแข่งขันของธาตุอาหารพืช (Macdonald & Lieffers, 1993) ส่งผลให้ต้นข่าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหาร ที่มีค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 6.5 มีความสามารถใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารที่ละลายออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ในปริมาณ ที่จำกัดได้ดีกว่าในสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 5.5 มีผลทำให้น้ำหนักแห้งไรโซมเพิ่มขึ้น

ปริมาณสาร ACA จากไรโซมข่าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน พบว่า ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) มีผลต่อปริมาณสาร ACA ในไรโซมข่า ในขณะที่ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสารละลายธาตุอาหารไม่ทำให้เกิดความแตกต่างของปริมาณสาร ACA โดยไรโซมข่าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของสารละลายธาตุอาหาร เท่ากับ 5.5 มีปริมาณสาร ACA สูงกว่าไรโซมข่าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของสารละลายธาตุอาหาร เท่ากับ 6.5 (ตารางที่ 4) เนื่องจากค่าความเป็นกรด-เบสมีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์สาร ACA โดยการสังเคราะห์สาร ACA ต้องอาศัยการทำงานของเอนไซม์ phenylalanine ammonialyase (PAL) โดยเอนไซม์ชนิดนี้จะได้รับผลจากการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-เบส (Hattori and Ohta, 1985) โดยค่าความเป็นกรด-เบสจะมีผลต่อการสังเคราะห์สารในกลุ่ม phenylpropanoid โดยค่าความเป็นกรด-เบสในช่วง 6.0-6.5 จะมีผลทำให้มีการสังเคราะห์สารในกลุ่ม phenylpropanoid มีปริมาณสูงสุด แต่ค่าความเป็นกรด-เบสที่ต่ำกว่า 4.0 และสูงกว่า 7.0 จะมีผลทำให้มีการสังเคราะห์สารในกลุ่ม phenylpropanoid ลดลง (Hahn *et al*., 2003) ทำให้พบความแตกต่างของค่าความเป็นกรด-เบสต่อปริมาณสาร ACA

สรุปผลการวิจัย

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมีผลต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งรากข่า โดยต้นข่าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสเท่ากับ 140 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งรากข่าสูงกว่าต้นข่าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสเท่ากับ 70 มิลลิกรัมต่อลิตร

ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน มีผลต่อน้ำหนักแห้ง ไรโซมข่า โดยไรโซมข่าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของสารละลายธาตุอาหารเท่ากับ 6.5 มีน้ำหนักแห้งไรโซมข่าสูงกว่าไรโซมข่าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของสารละลายธาตุอาหารเท่ากับ 5.5

ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน มีผลต่อปริมาณการผลิตสาร ACA ในไรโซมข่า โดยไรโซมข่าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของสารละลายธาตุอาหารเท่ากับ 5.5 มีปริมาณการผลิตสาร ACA ในไรโซมข่าสูงกว่าไรโซมข่าที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของสารละลายธาตุอาหาร เท่ากับ 6.5

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนในการทำวิจัยจากศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

เอกสารอ้างอิง

คงเอก ศิริงาม ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ สรัญญา วัชโรทัย และเฉลิมพล เกิดมณี. 2554. **อิทธิพลของพื้นที่ปลูกและอายุของไรโซมต่อความผันแปรของปริมาณสาร 1′- Acetoxychavicol Acetate (ACA) ภายในไรโซมข่า.** วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร 1(1): 1-15.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา**. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 547 น.

นพดล เรียบเลิศหิรัญ. 2538. **การปลูกพืชไร้ดิน.** สำนักพิมพ์รั้วเขียว. กรุงเทพฯ. 100 น.

Anghinoni, I. and Barber, S.A. 1980.**Phosphorus influx and growth characteristics of corn roots as influenced by P supply**. Agron. J. 72: 685-688.

Brown, A.F., Yousef, G.G., Jeffery, E.H., Klein, B.P., Wallig, M.A., Kushad, M.M. and Juvik, J.A. 2002. **Glucosinolate profiles in broccoli: Variation in levels and implications in breeding for cancer chemoprotection**. J. Amer. Hort. Sci. 127: 807-813.

Furihata, T., Suzuki, M. and Sakurai, H. 1992. **Kinetic characterization of two phosphate uptake systems with different affinities in suspension-cultured *Catharanthus roseus* protoplasts**. Plant Cell Physiol. 33: 1151-1157.

Hahn, E.J., Kim, Y.S., Yu, K.W., Jeong, C.S. and Paek, K.Y. 2003. **Adventitious root cultures of *Panax ginseng* c.v. Meyer and Ginsenoside production through large-scale bioreactor system**. J. Plant Biotechnol. 5(1): 1-6.

Hattori, T. and Ohta, Y. 1985. **Induction of phenylalanine ammonialyase activation and Isoflavone glucoside accumulation in suspension-cultured cells of red bean, *Vigna angularis*, by phytoalexin elicitors, vanadate, and elevation of medium pH.** Plant Cell Physiol. 26: 1101-1110.

Jeffery, E.H., Brown, A.F., Kurillich, A.C., Keck, A.S., Matusheski, N., Klein, B.P. and Juvik, J.A. 2003. **Variation in content of bioactive components in broccoli**. J. Food Compos. Anal. 16: 323-330.

Kirakosyan, A., Servent, T.M., Gibson, D.M. and Kaufman, P.B. 2004. **The Production of Hypericin by in vitro culture of St. John's wort (Hypericum perforatum)**. Biotechnol. Appl. Biochem. 39: 71-81.

Kroon, H. de and Schieving, F. 1991. **Resource allocation patterns as a function of clonal morphology: a general model applied to a foraging clonal plant**. J. Ecol. 79: 519–530.

Laudnausser, S.M., Stadt, K.J., Lieffers, V.J. and McNabb, D.H. 1996. **Rhizome growth of *Calamagrostis canadensis* in response to soil nutrients and bulk density**. Can. J. Plant Sci. 76: 545 – 550.

Mairapetyan, S.K. 1999. **Aromatic plant culture in open-air hydroponics**. Acta Hort. 502: 33-41.

Mairapetyan, S.K., Tadevosyan, A.H., Alexanyan, S.S. and Stepanyan, B.T. 1999. **Optimization of the N:P:K ratio in the nutrient medium of some aromatic and medicinal plants**. Acta Hort. 502: 29-32.

Marschner, H. 1995. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2nd Ed. Academic Press, London. 889 pp.

Marschner, H., Horst, W.J., Martin, P. and Romheld, V. 1986. **Root induced changes in the rhizosphere: Importance for the mineral nutrition of plants**. Z. Pflanz.

Bodenk. 149: 441-456.Macdonald, S.E. and Lieffers, V.J. 1993. **Rhizome plasticity and clonal foraging of *Calamagrostis canadensis* in response to habitat heterogeneity**. J. Ecol. 81: 769–776.

Noble, J.C. and Marshall, C. 1983. **The population biology of plants with clonal growth 2. The nutrient strategy and modular physiology of *Carex arenaria***. J. Ecol. 71: 865–877.

Palittapongarnpim, P., Kirdmanee, C., Kittakoop, P. and Rukseree, K. 2002. **1'-Acetoxychavicol Acetate for Tuberculosis Treatment**. US Patent Application no. 2002192262.

Pedneault, K., Leonhart, S., Gosselin, A., Papadopoulos, A.P., Dorais, M. and Angers, P. 2002. **Variations in concentration of active compounds in four hydroponically-and field-grown medicinal plant species**. Acta Hort. 580: 255-262.

Powelson, R.A. and Lieffers, V.J. 1992. **Effect of light and nutrients on biomass allocation in *Calamagrostis canadensis***. Ecography 15: 31–36.

Ruan, J., Zhang, F. and Wong, M.H. 2000. **Effect of nitrogen form and phosphorus source on the growth, nutrient uptake and rhizosphere soil property of *Camellia sinensis* L**. Plant Soil 223: 63-71.

Steiner, A.A. 1984. **The Universal Nutrient Solution**. Proceeding The Sixth International Congress on Soilless Culture. Wageningen. The Netherlands. pp. 633-650.

ผลของการงอก และการทำแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของงาขาว และงาดำ

Effects of germination and drying on the changing of chemical composition total phenolic compounds and antioxidants activity of white sesame and black sesame

สุพรรณษา อุทัยศรี* และสุชาดา ไม้สนธิ์
Supansa Uthaisre* and Suchada Maisont

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University
* **Corresponding author**: supansa.pum@gmail.com

บทคัดย่อ

งาเป็นเมล็ดพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงชนิดหนึ่ง เป็นแหล่งของน้ำมัน โปรตีน วิตามินและแร่ธาตุ โดยเฉพาะแคลเซียมมีมากกว่าพืชทั่วไป ประมาณ 20 เท่า การงอกของเมล็ดเป็นกรรมวิธีที่สามารถปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดพืชได้ เนื่องจากในระหว่างการงอกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในเมล็ดของธัญพืช และมีสารอาหารบางชนิดเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะเวลาในการงอกงาขาว งาดำ และวิธีการทำแห้งงางอกด้วยตู้อบลมร้อนและเตาไมโครเวฟต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ จากการศึกษาพบว่าเมื่อระยะเวลาในการงอกเพิ่มขึ้นจาก 12 เป็น 24 และ 36 ชั่วโมง ทั้งงาขาว และงาดำ มีเปอร์เซ็นต์การงอก และความยาวรากเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น เถ้า เยื่อใย คาร์โบไฮเดรต สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อระยะเวลาในการงอกเพิ่มขึ้นทั้งงาขาว และงาดำ จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่โปรตีน และไขมันมีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับงาที่ไม่ผ่านการงอก งาขาวและงาดำที่ผ่านการงอก 36 ชั่วโมงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด จึงนำมาศึกษาการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C และด้วยเตาไมโครเวฟที่กำลังไฟฟ้า 100 วัตต์ (ให้ความชื้นสุดท้ายของงางอกอยู่ที่ร้อยละ 4±2) พบว่าการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนใช้ระยะเวลาในการระเหยน้ำ 180 นาที ส่วนการทำแห้งด้วยเตาไมโครเวฟใช้เวลา 54 นาที และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการทำแห้งเตาไมโครเวฟสามารถลดระยะเวลาในการทำแห้งลงถึง 30 เปอร์เซ็นต์ และยังสามารถรักษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของงางอกได้สูงกว่าการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ: การงอก, การทำแห้ง, สารประกอบฟีนอลิก, งาขาว, งาดำ

Abstract

The sesame seeds with high nutritional value of oil, protein, vitamins and minerals. Calcium of Sesame's seed is higher than other plant's seeds about 20 times. Germination is a process that can improve the nutritional value of grain crops. Because of the proliferation induced biochemical changes in seeds of cereals, and certain nutrients increases. This study aims to investigate the timing of germination of white sesame seed and black sesame seed as well as drying of sesame seed by hot air oven and microwave to change the chemical properties of physical quantities, total phenolic compounds, and the ability of antioxidation. The study found that when the germination period increased from 12 to 24 and 36 hours of white sesame seeds and black sesame seeds the root length increased significantly ($p \leq 0.05$), including the chemical properties such as moisture content, ash,

crude fiber, carbohydrate, total phenolic compounds and the ability of antioxidation has increased significantly ($p \leq 0.05$) compared with ingeminate sesame seeds, while protein and fat has decreased significantly ($p \leq 0.05$). The result also showed that the maximum of total phenolic compounds and antioxidant properties of white sesame seeds and black sesame at 36 hours. The result of drying of Sesame seed by hot air oven at 50 $^{\circ}$C and by microwave power of 100 watts (the moisture content of sesame seed in percent 4 ± 2) showed that the duration of the evaporation of water by hot air oven was about 180 minutes whereas microwave was about 54 minutes. Therefore the microwave can reduce time of drying of Sesame seed down to 30 percent and still maintain the amount of phenol while the ability of the antioxidant activity of sesame seeds has a higher drying with hot air oven at a statistically significant ($p \leq 0.05$).

Keywords: Germination, Drying, Phenolic compounds, White sesame seed, Black sesame seed.

บทนำ

งาเป็นเมล็ดพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงชนิดหนึ่ง เป็นแหล่งของโปรตีน และน้ำมันโดยโปรตีนจากเมล็ดงาจะมีกรดอะมิโนเมทไธโอนีนสูงซึ่งมักจะพบน้อยในโปรตีนจากพืชชนิดอื่นๆ มีวิตามินและแร่ธาตุที่สำคัญ (Kanu, 2011) โดยเฉพาะแคลเซียมมีมากกว่าพืชทั่วไปประมาณ 20 เท่า และคุณสมบัติของวิตามินอีในเมล็ดงาที่เชื่อว่าสามารถป้องกันการเกิดมะเร็งและโรคหัวใจได้ (Cooney *et al*., 2001) นอกจากนี้งายังมีสารลิกแนนจำพวก เซซามิน เซซาโมลิน เซซามอล และเซซามินอล ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยยับยั้งการดูดซึมคอเลสเตอรอล เพิ่มอัตราการกำจัดสารพิษ และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของตับ (ศัลยา คงสมบูรณ์เวช, 2547; Sirato *et al*., 2001; Katsuzaki *et al*., 1994; Kato *et al*., 1998;. Coulman *et al*., 2005) การงอกของเมล็ดเป็นกรรมวิธีที่สามารถปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดพืชได้ โดยกระบวนการงอกจะทำให้เมล็ดมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีเกิดขึ้นซึ่งจะมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี วิตามิน แร่ธาตุต่างๆ ของเมล็ดพืช (Kyauk *et al*., 1995) โดยมีงานวิจัยที่พบว่าเมื่องาผ่านกระบวนการงอกจะทำให้ปริมาณวิตามินบี 1 ปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวทิริก (GABA) และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณของสาร เซซามิน และไขมันมีปริมาณลดลง (อรทัย ขำค้า และคณะ, 2552; Lui, 2011) กระบวนการแปรรูปธัญพืชหลังการงอกนับเป็นสิ่งสำคัญเพราะอาจทำให้สารอาหารที่เพิ่มขึ้นจากการงอกเสื่อมสลายไปได้ในระหว่างการแปรรูป การแปรรูปธัญพืชนิยมลดความชื้นโดยวิธีการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน และการทำแห้งโดยใช้แสงแดดด้วยวิธีธรรมชาติ ซึ่งอาจมีข้อจำกัดในเรื่องของระยะเวลาในการทำแห้งที่นาน ทำให้ รสชาติ สี และสารอาหารในผลิตภัณฑ์หลังทำแห้งเปลี่ยนแปลงไป (Lin *et al*., 1998;. Ratti, 2001; Sharma & Prasad, 2003) ในปัจจุบันการอบแห้งด้วยเตาอบไมโครเวฟได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นซึ่งอาจมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมี และสารอาหาร จากการศึกษาของ Jing *et al*. (2010) พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ที่วัดได้จากการอบแห้งมันเทศสดด้วยไมโครเวฟมีปริมาณสูงที่สุด เมื่อเทียบกับการทำแห้งด้วยลมร้อน

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะเวลาในการงอกงาขาว และงาดำต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และศึกษาผลของวิธีการทำแห้งงางอกที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการประยุกต์ใช้งางอกอบแห้งในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

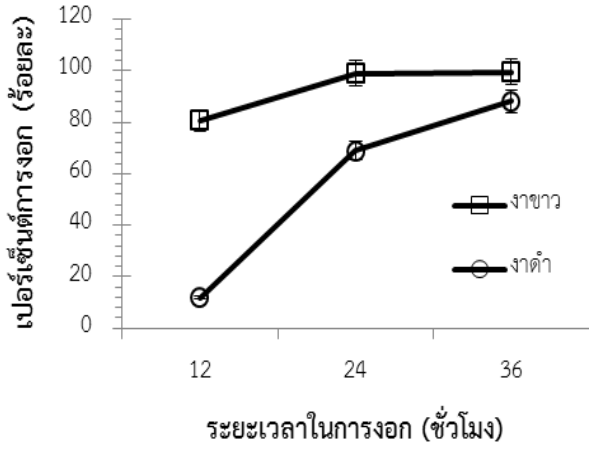
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

งาขาวพันธุ์อุบลราชธานี 3 และ งาดำอุบลราชธานี 2 จากสถาบันวิจัยพืชไร่ จังหวัดอุบลราชธานี เก็บเกี่ยวปี 2554 นำงาขาว และงาดำมางอกที่อุณหภูมิห้อง (28±2 $^{\circ}$C) ระยะเวลา 12, 24 และ

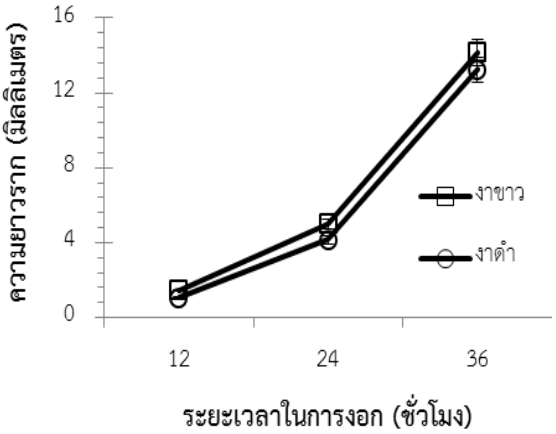
36 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างมาหาเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด และวัดความยาวของต้นอ่อน วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้แก่ ปริมาณความชื้น, โปรตีน, ไขมัน, เยื่อใย, และเถ้า (AOAC, 2000), คาร์โบไฮเดรต (โดยวิธีการคำนวณ), สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (ดลฤดี จันทรปาโร , 2549) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (ชัยรัตน์ คงจีบ, 2551) วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และหาความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DNMRT) คัดเลือกเมล็ดงางอกในระยะเวลาที่ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง เพื่อนำมาศึกษาการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด (อุณหภูมิ 50±3 $^{\circ}$C) และเตาไมโครเวฟ (SAMSUNG รุ่น MW73C กำลังไฟ 100 W) ให้มีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 4±1 จากนั้นนำงางอกไปวิเคราะห์หาอัตราการระเหยน้ำ (Dehydration curve), ปริมาณน้ำอิสระ (a), ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (ดลฤดี จันทรปาโร, 2549) ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (ชัยรัตน์ คงจีบ, 2551) และค่าสี L* a* b* ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ และหาความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี t-test

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

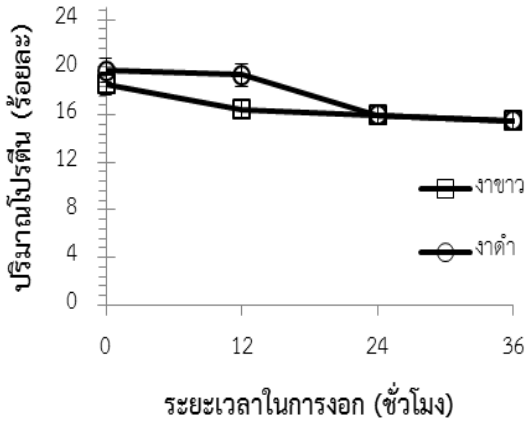
การงอกงาขาว และงาดำ ที่ระยะเวลาในการงอก 12, 24 และ 36 ชั่วโมง พบว่า เมื่อระยะเวลาการงอกเพิ่มขึ้นส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การงอก และความยาวรากเพิ่มขึ้นตามลำดับ (ดังแสดงในภาพที่ 1 และ 2) ซึ่งเกิดจากความสมบูรณ์และความแข็งแรงของเมล็ดที่จะสามารถงอกและเกิดการเจริญของรากแรกเกิดแต่ละเมล็ดมีไม่เท่ากัน โดยเมื่อระยะเวลาการงอกยิ่งนานขึ้นเมล็ดก็จะสามารถเกิดการงอก และการเจริญของรากได้มากขึ้น ส่วนปริมาณโปรตีน และไขมัน พบว่ามีปริมาณลดลงเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาการงอกเพิ่มขึ้น (ดังแสดงในภาพที่ 3 และ 4) เป็นผลมาจากในระหว่างกระบวนการงอกจะมีการสร้างเอนไซม์โปรติโอไลติกและเอนไซม์ไลเปสขึ้นมาใหม่โดยเอนไซม์ดังกล่าวจะทำหน้าที่ย่อยสลายโปรตีน และไขมัน ตามลำดับ ส่งผลให้ปริมาณของโปรตีน และไขมันลดลง (Chavan & Kadam, 1989; โสภิตา คำหาญ, 2546) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Liu *et al*., (2011) ที่พบว่างางอกมีปริมาณไขมันลดลงตามระยะเวลาการงอกที่เพิ่มขึ้น ไขมันที่ลดลงเกิจจาก ไขมันในเมล็ดซึ่งเก็บสะสม fat body ในรูปของ triglycerides ของกรดไขมัน และเอนไซม์ไลพอกซิเดส จะไฮโดรไลท์ไขมันให้เป็นกลีเซลอรอลและกรดไขมัน จากกนั้นกลีเซอรอลจะเข้าสู่ขบวนการ phosporylation ใน cytoplasm ซึ่งอยู่ในเซลล์ แล้วเข้าสู่ขบวนการ glycolysis และ ขบวนการ kreb's cycle แล้วถูกเปลี่ยนไปเป็นองค์ประกอบของเซลล์พืช ส่วนกรดไขมันทำปฏิกิริยาภายใน glyoxysome และถูกออกซิไดส์ผ่านขบวนการ p-oxidation รวมกับ coenzyme a ได้ acetyl co a เข้าสู่วัฏจักร glyoxylate ผลที่ได้คือ คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำตาลซูโครส ดังนั้นในระหว่างการงอกปริมาณไขมันที่ลดลงเนื่องจากถูเปลี่ยนเป็นน้ำตาลซูโครส (Ching, 1972) ในทางกลับกันปริมาณความชื้น เยื่อใย เถ้า คาร์โบไฮเดรต สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการงอกที่เพิ่มขึ้น (ดังแสดงในภาพที่ 5, 6, 7, 8, 9 และ 10) ซึ่งการที่องค์ประกอบเหล่านี้เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากระบวนการงอก ปริมาณเยื่อใยเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากการเจริญของรากซึ่งองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นเซลูโลสและเฮมิเซลลูโลสมีปริมาณเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Liu *et al*.(2011) พบว่าเมล็ดงางอกจะมีปริมาณ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และโซเดียม เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการงอกที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับ Hahm (2009) ที่พบว่างางอกจะวิตามินอีเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเหตุผลดังกล่าวอาจจะทำให้ปริมาณเถ้าสูงขึ้น นอกจากนี้ในกระบวนการงอกของเมล็ดงาจะมีการสร้างสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้นเพื่อยับยั้งการงอก (Cevallos-Casals, 2010) จึงส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ



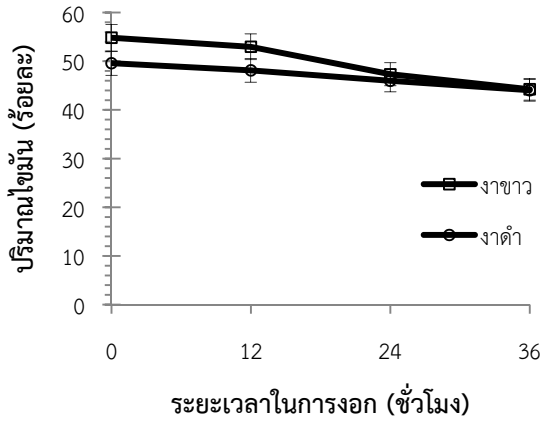
ภาพที่ 1 เปอร์เซ็นต์การงอกของงาที่ระยะเวลาการงอกต่างๆ



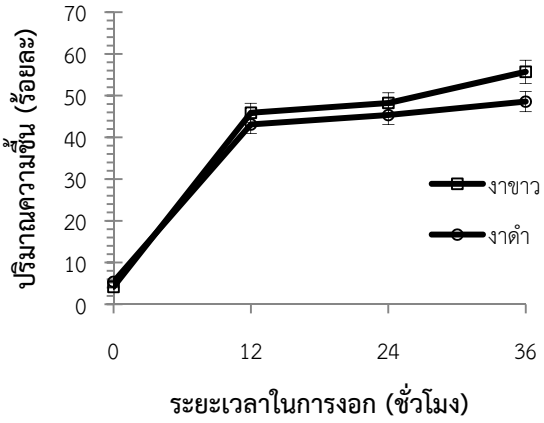
ภาพที่ 2 ความยาวรากของงาที่ระยะเวลาการงอกต่างๆ



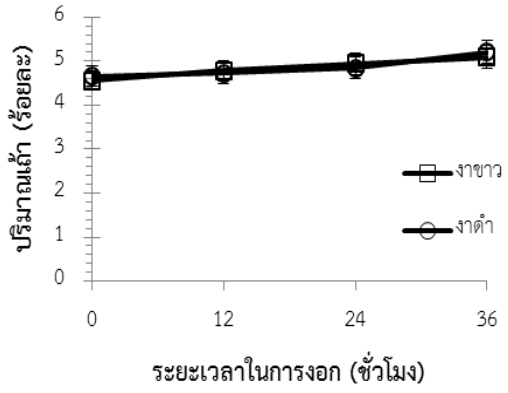
ภาพที่ 3 ปริมาณโปรตีนของงาที่ระยะเวลาการงอกต่างๆ



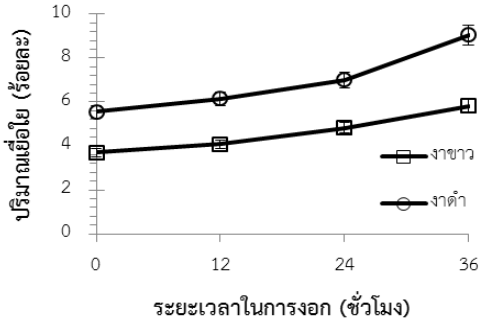
ภาพที่ 4 ปริมาณไขมันของงาที่ระยะเวลาการงอกต่างๆ



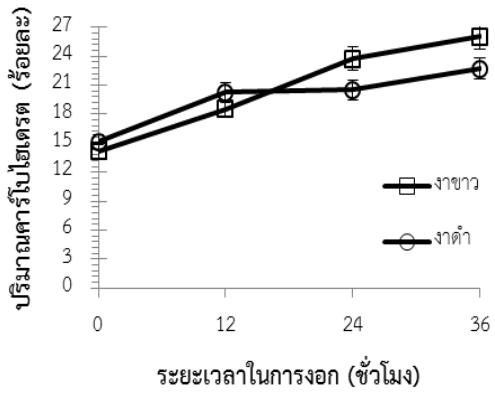
ภาพที่ 5 ปริมาณความชื้นของงาที่ระยะเวลาการงอกต่าง



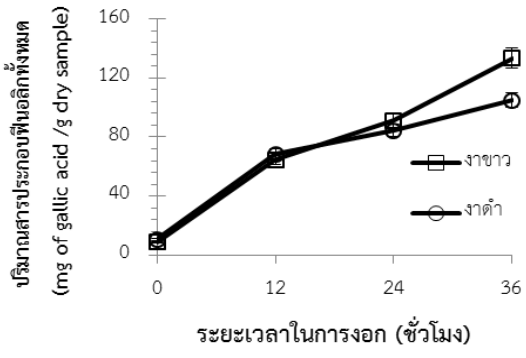
ภาพที่ 6 ปริมาณเถ้าของงาที่ระยะเวลาการงอกต่างๆ



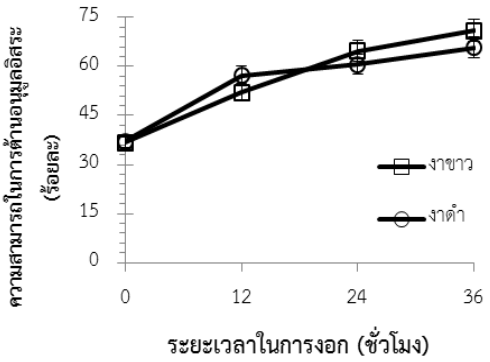
ภาพที่ 7 ปริมาณเยื่อใยของงาที่ระยะเวลาการงอกต่างๆ



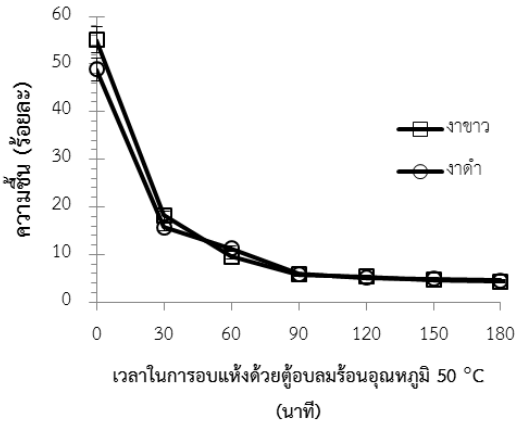
ภาพที่ 8 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของงาที่ระยะเวลาการงอก



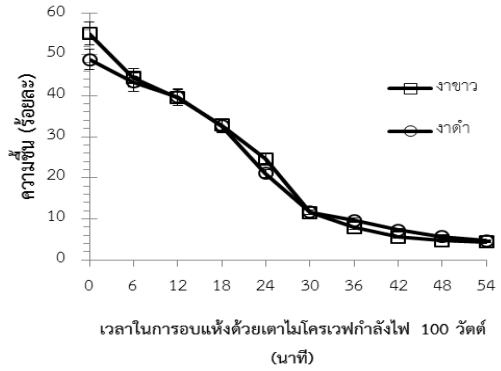
ภาพที่ 9 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของงาที่ระยะเวลาการงอกต่างๆ



ภาพที่ 10 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของงาที่ระยะเวลาการงอกต่างๆ

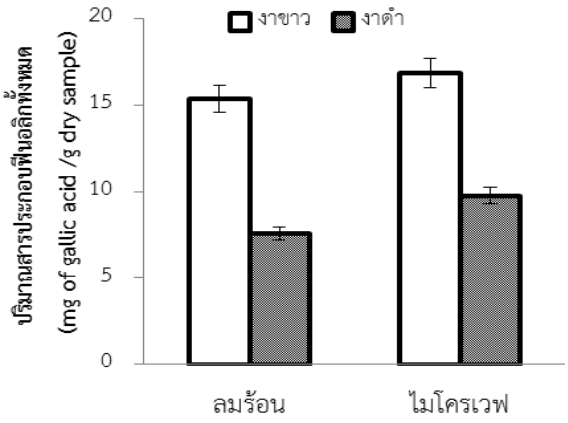


ภาพที่ 11 อัตราการระเหยน้ำของงางอกด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 50 °C (ความชื้นสุดท้าย 4±1)

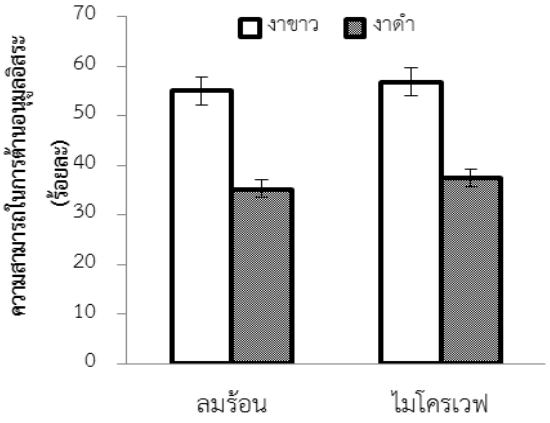


ภาพที่ 12 อัตราการระเหยน้ำของงางอกด้วยเตาไมโครเวฟกำลังไฟ 100 วัตต์ (ความชื้นสุดท้าย 4±1)

จากผลการทดลองที่รายงานมาพบว่างางอกที่ระยะเวลา 36 ชั่วโมง ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด จึงนำงางอกที่ระยะเวลา 36 ชั่วโมง มาศึกษาผลของวิธีการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน และเตาไมโครเวฟ พบว่าอัตราการระเหยน้ำของงางอกที่ทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 50±3 $^{\circ}$C (ดังแสดงในภาพที่ 11) ช่วงเวลาการทำแห้งที่ 0 ถึง 60 นาที อัตราการระเหยน้ำมีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากงางอกมีความชื้นเริ่มต้นสูง (งาขาวร้อยละ 55.09 งาดำ 48.84) เมื่อเริ่มทำการอบแห้งจึงเกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างเมล็ดงากับอากาศร้อนอย่างรวดเร็ว การถ่ายเทความร้อนนี้จึงเป็นการเคลื่อนที่ของน้ำอิสระด้วยอัตราคงที่ด้วยแรงผ่านช่องแคบ (capillary farce) ไปยังบริเวณผิวหน้าของอาหาร และเกิดการระเหยกลายเป็นไอเคลื่อนที่ไปกับอากาศร้อนด้วยอัตราเร็วคงที่ (constant rate period) ในช่วงแรกของการทำแห้งางอกนั้นจะไม่เห็นการทำแห้งที่คงที่แต่จะเริ่มคงที่ที่ช่วงเวลา 90 ถึง 180 นาที อัตราการทำแห้งงางอกเริ่มช้าลงเกิดจากการเคลื่อนที่ของน้ำในอาหารเปลี่ยนเป็นการเคลื่อนที่ด้วยการแพร่ (diffusion) ทำให้ผิวหน้าของอาหารเริ่มแห้ง เกิดการระเหยน้ำที่ช้าลง และเมื่อความชื้นที่อยู่ภายในเมล็ดงางอกเหลืออยู่ในปริมาณน้อยมากจากการอบแห้งมาเป็นเวลานานทำให้มีอัตราการระเหยน้ำที่ค่อนข้างคงที่ และเข้าสู่ช่วงอัตราการทำแห้งลดลง (falling rate preiod) (สุคนธ์ชื่น ศรีงาม, 2539) การอบแห้งด้วยไมโครเวฟมีการเปลี่ยนที่คล้ายคลึงกันแต่ใช้เวลาสั้นกว่า (ดังแสดงในภาพที่ 12) เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการทำแห้งของทั้ง 2 วิธี การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนใช้เวลาทั้งหมดในการลดความชื้นของงางอกให้เหลือร้อยละ 4±1 ใช้เวลาทั้งหมด 180 นาที ส่วนเตาไมโครเวฟใช้เวลาเพียง 54 นาที ดังนั้นการใช้เตาไมโครเวฟจึงช่วยลดเวลาการทำแห้งลงได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ การที่เตาไมโครเวฟใช้เวลาสั้นกว่านั้นอาจเนื่องมาจากคุณสมบัติของคลื่นไมโครเวฟที่ทำให้น้ำภายในเมล็ดงางอกเกิดความร้อนกลายเป็นไอระเหยออกจากเมล็ดงาได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งต่างจากการอบแห้งด้วยลมร้อนที่น้ำภายในเมล็ดงางอกจะร้อนจากอากาศร้อนหรือลมร้อนส่งผลให้ผิวหน้าอาหารแห้ง น้ำภายในเมล็ดงางอกจึงเคลื่อนที่ออกมาได้ช้าเป็นผลให้ต้องใช้เวลานานในการอบแห้ง ส่วนปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของงางอกที่ทำแห้งทั้งสองวิธี (ดังแสดงในภาพที่ 13 และ 14) พบว่างางอกทำแห้งด้วยเตาไมโครเวฟมีปริมาณสูงกว่าตู้อบลมร้อน ซึ่งอาจเกิดจากเตาไมโครเวฟใช้เวลาสั้นกว่าในการอบแห้งด้วยลมร้อน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jing *et al*. (2010) ที่ศึกษาผลของการอบแห้งมันเทศ (อบแห้งด้วยลมร้อน ไมโครเวฟ และ ไมโครเวฟแบบสุญญากาศ) พบว่าการอบแห้งมันเทศด้วยไมโครเวฟมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด



ภาพที่ 13 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของงางอก



ภาพที่ 14 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของงางอก

สรุปผลการวิจัย

เมื่อนำงาขาว และงาดำมางอกที่ระยะเวลา 12, 24 และ 36 ชั่วโมง พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวราก ปริมาณความชื้น เถ้า เยื่อใย คาร์โบไฮเดรต สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการงอกที่เพิ่มขึ้น ส่วนโปรตีน และไขมันมีปริมาณลดลง และเมื่อนำงางอกที่ระยะเวลา 36 ชั่วโมง มาทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน และด้วยเตาไมโครเวฟ พบว่าการทำแห้งด้วยเตาไมโครเวฟใช้ระยะเวลาในการทำแห้งน้อยกว่าการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน 30 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ปริมาณความชื้นสุดท้ายอยู่ที่ร้อยละ 4±1 เท่ากัน และนอกจากนี้ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของงางอกที่ทำแห้งด้วยเตาไมโครเวฟมีปริมาณสูงกว่างางอกที่ผ่านทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน

เอกสารอ้างอิง

ชัยรัตน์ คงจีบ. 2551. **การศึกษาผลของกระบวนการผลิตต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี และสารโภชนเภสัชบางชนิดของข้าวเหนียวดำงอกพอง.** ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

ดลฤดี จันทรปาโร. 2549. **ผลของความร้อนต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเปลือกผลไม้บางชนิด และผลของอุณหภูมิ และ pH ต่อความเสถียรของสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในสารสกัดจากเปลือกมะม่วง.** วิทยานิพนวิทยาศาสตรมหาบัญฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง: กรุงเทพฯ

ศัลยา คงสมบูรณ์เวช. 2547. **เซซามินกับสุขภาพ.** โภชนบำบัด. 15(2): 98-105.

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. 2539. **กระบวนการทำแห้งอาหารในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.** คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 164-172.

โสภิตา คำหาญ. 2546. **การงอกของเมล็ดพันธุ์.** สืบค้นเมื่อ วันที่ 21 ธ.ค. 2554 จาก: www.agri.ubu.ac.th

อรทัย ขำค้า อรพิน เกิดชูชื้น และณัฏฐา เลาหกุลจิตต์. 2552. **ผลของอุณหภูมิและพีเอช ที่มีผลต่อการงอกและคุณภาพของข้าวเจ้างอกและธัญพืชงอก 4 ชนิด.** วารสารวิทยาศาสตร์ เกษตร. 40(3): 77-80.

AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed.** William Horwitz. U.S.A. Association of Official Analytical Chemist, Inc.

Cevallos-Casals B.A. and Cisneros-Zevallos L. 2010. **Impact of germination on phenolic content and antioxidant activity of 13 edible seed species**. Food Chemistry 119: 1485–1490

Chavan J.K. and S.S. Kadam. 1989. **Nutritional of cereals byfermentation.** Crit. Rev Food Sci. Nutr. 28(5):349

Ching, T.E. 1972. **Metabolish of germinating seed in physiological ecology**. pp. 103-205. In A Series of Monographs Texts and Treatised. Acadamic Press, New York

Cooney, R.V., Custer, L.J., Okinaka, L., Franke, A.A., 2001. **Effects of dietary sesame seeds on plasma tocopherol levels.** Nutr. Cancer 39 : 66–71.

Coulman K.D., Liu Z., Hum W.Q., Michaelides J., Thompson L.U. 2005. **Whole sesame seed is as rich a source of mammalian lignan precursors as whole flaxseed.** Nutr. Cancer 52(2): 156–165.

Hahma,T.S. Park,S.j. and Martin,Y. 2009. **Effects of germination on chemical composition and functional properties of sesame *(Sesamum indicum L.)* seeds.** Bioresource Technology 100: 1643–1647.

Jing Y., Jin-feng C., Yu-ying Z. and Lin-chun M. 2010. **Effects of Drying Processes on the Antioxidant Properties in Sweet Potatoes.** Agricultural Sciences in China. 9(10) : 1522-1529.

Kanu P.J. 2011. **Biochemical Analysis of Black and White Sesame Seeds from China.** American Journal of Biochemistry and Molecular Biology, 1: 145-157.

Kato M.J., Chu A., Davin L.B., Lewis N.G. 1998. **Biosynthesis of antioxidant lignans in Sesamum indicum seeds.** Phytochemistry 47(4): 583–591.

Katsuzaki H., Kawakishi S., Osawa T. 1994**. Sesaminol glucoside in sesame seeds.** Phytochemistry 35: 773–776.

Kyauk H., Hopper N.W., Brigham R.D.1995. **Effects of temperature and presoaking on germination, root length and shoot length of sesame (Sesamum indicum L.).** Environ. Exp. Bot. 35 (3): 345–351.

Lin T M, Durance T D, Scanman C. 1998. **Characterization of vaccum microwave, air and freeze dried carrot slices.** *Food Research International*, **31**: 111-117.

Liu B., Guo X., Zhu K. and Liu Y. 2011. **Nutritional evaluation and antioxidant activity of sesame sprouts.** Journal Food Chemistry 129: 799–803.

Ratti C. 2001**. Hot air and freeze-drying of high-valued foods :** a **review.** Journal of Food Engineering, 49: 311-319.

Sharma G P., Prasad S. 2003**. Drying of garlic (*Allium sativum*) cloves by microwave-hot air combination.** *Journal of Food Engineering*, **50**: 99-105.

Sirato-Yasumoto S., Katsuta M., Okuyama Y., Takahashi Y., Ide T. 2001. **Effect of sesame seeds rich in sesamin and sesamolin on fatty acid oxidation in rat liver.** Journal Agric. Food Chem. 49 (5): 2647–2651.

ผลของ hydropriming ต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดข้าวโพดไร่ พันธุ์สุวรรณ 5
Effect of hydropriming on germination and vigour of maize seedcv. Suwan 5

ภภัสสร วัฒนกุลภาคิน*
Papassorn Wattanakulpakin*

สาขาเทคโนโลยีการจัดการการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
Department of Agricultural Management Technology, Faculty of Science and Technology,
Phranakhon Rajabhat University,Thailand.
*** Corresponding author**: taksaon_k@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของ hydropriming ต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดข้าวโพดไร่ พันธุ์สุวรรณ 5 โดยนำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดปกติ (Normal seed; NS) และเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุ (Aged seed; AS) มาทำ hydropriming (P) ที่อุณหภูมิห้อง (28±2°C) เป็นเวลา 6 ชม. พบว่า การทำ hydropriming สามารถกระตุ้นความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดไร่ได้ทั้ง NS และ AS แต่อย่างไรก็ตาม AS มีการตอบสนองต่อการทำ hydropriming มากกว่า NS ซึ่งสามารถบ่งชี้ได้จากความงอก (germination; %G) และความแข็งแรง (germination index; GI และ %germination after cold test) ที่เพิ่มขึ้นใน AS มากกว่า NS ภายหลัง hydropriming นอกจากนี้พบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระซึ่งวัดจาก %inhibition activityof DPPH ในเมล็ดพันธุ์ที่เร่งอายุและทำ hydropriming (AS+P) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัยทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับ AS แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่าง NS กับเมล็ดพันธุ์ปกติที่ทำ hydropriming (NS+P) ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าการทำ hydropriming สามารถกระตุ้นให้เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุ (AS) มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นได้ และการเพิ่มขึ้นของ %inhibition activity of DPPH น่าจะมีความสัมพันธ์กับความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดไร่ที่เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ข้าวโพดไร่, hydropriming, ความงอก, ความแข็งแรง

Abstract

The effect of hydropriming on germination and vigour of maize seed cv. Suwan 5 was studied in this experiment. Normal maize seed (NS) and accelarated ageing seed (AS) were hydroprimed (P) at room temperature (28±2°C) for 6 h, thereafter their germination and vigour were monitored. The induction of germination and vigour were found after hydropriming both NS and AS. However, AS showed higher response to hydropriming than NS. This result can be explained by the greater germination (%G) and vigour (germination index; GI, germination after coltest) after hydroprimng of AS. Antioxidant capacity, indicated by %inhibition activity of DPPH, of AS+P was significantly different with AS, but there was no difference between NS and NS+P. This research imply that hydropriming can stimulate antioxidant capacity in AS and this result may involve with the higher germination and vigour of maize seed.

Key words: Maize, hydropriming, germination, vigour

บทนำ

Priming เป็นวิธีเตรียมความพร้อมสำหรับการงอกให้กับเมล็ดพันธุ์ ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ การดูดน้ำ และการลดความชื้นโดยทั่วไปจะลดความชื้นลงมาถึงระดับที่ปลอดภัยต่อเมล็ดพันธุ์แต่ละชนิด (Bradford & Bewley, 2002) วิธีการ priming แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ hydropriming, osmopriming และ matrix-priming ซึ่ง hydro-priming เป็นวิธีการที่ง่าย สะดวก และประหยัดที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ เนื่องจากใช้น้ำในการให้ความชื้นกับเมล็ดพันธุ์เท่านั้น จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า hydropriming สามารถเพิ่มความงอกและความแข็งแรงให้กับเมล็ดพันธุ์ได้ ดังรายงานของ Farooq *et al*. (2010) พบว่า ข้าวสามารถเจริญเป็นต้นกล้าได้เร็วขึ้นภายหลังการ hydropriming นอกจากนี้พบว่า ระยะเวลาเวลาในการงอกของข้าวสาลีสั้นลง (Basra *et al*., 2003) สำหรับการที่เมล็ดพันธุ์มีความงอกและแข็งแรงเพิ่มขึ้นอาจเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในระหว่างการดูดน้ำ เช่น การซ่อมแซมเมมเบรน และโปรตีน (McDonald, 1999) หรือการสังเคราะห์ DNA RNA โปรตีน และเอนไซม์ต่างๆ (Van Pijlen *et al*., 1996) รวมถึงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้น ซึ่งพบในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ทำ priming และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้นนี้ส่งผลให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกเร็วขึ้น (Chiu *et al*., 2003) การเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ในการต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ peroxidase (POD) และ catalase (CAT) ส่งผลให้ข้าวโพดทนต่ออุณหภูมิต่ำได้ดีขึ้น (Guan *et al*., 2009) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ hydropriming ต่อความงอก ความแข็งแรง และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดข้าวโพดไร่ พันธุ์สุวรรณ 5 ทั้งในเมล็ดพันธุ์ปกติและเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุ (เป็นตัวแทนของเมล็ดพันธุ์เก่า) เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนองของเมล็ดพันธุ์ทั้งสองชุดภายหลังการทำ hydropriming ในเบื้องต้น

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

นำเมล็ดข้าวโพดไร่พันธุ์สุวรรณ 5 จากศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จ. นครราชสีมา มาเร่งอายุที่ โดยนำเมล็ดมาบ่มในโถแก้วที่อุณหภูมิ 42°C ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 98±2 เป็นเวลา 96 ชม. (จวง จันทร์ ดวงพัตรา, 2529) จากนั้นนำเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุหรือเมล็ดเก่า (Aged seed; AS) มาทำ hydropriming (P) ด้วยการแช่ในน้ำกลั่นที่เวลา 6 ชม. ที่อุณหภูมิห้อง (28±2°C) แล้วนำเมล็ดมาอบลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40±1°C เป็นเวลาประมาณ 24 ชม. (AS+P) จนกระทั่งความชื้นลดลงเท่ากับความชื้นเริ่มต้น เปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ปกติ (Normal seed; NS) และเมล็ดปกติที่ทำ hydropriming (NS+P) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ซ้ำละ 250 เมล็ด วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากนั้นนำเมล็ดทุกชุดการทดลองมาทดสอบ ความงอก (germination, %G) ตามวิธีมาตรฐานของ ISTA (1993) และความแข็งแรงของเมล็ดโดยวิธี germination index (GI), seedling growth rate (SGR, g/plant) และ germination after cold test (%) และ %inhibition activity of DPPH (Cervato *et al.,* 2000)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดพันธุ์ปกติ (Normal seed:NS) และเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุ (Aged seed:AS) มีค่าระหว่าง 11-12 % (ไม่แสดงข้อมูล) สำหรับ %G เริ่มต้นของ NS มีค่าสูงกว่า AS เท่ากับ 95% และ 83% ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ภายหลังการทำ hydropriming (P) ที่อุณหภูมิห้อง (28±2°C) เป็นเวลา 6 ชม. พบว่า %G ของเมล็ดพันธุ์ปกติ และเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุ แล้วทำ hydropriming ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ทำ hydropriming แต่อย่างไรก็ตาม %G ของ AS+P มีค่าเพิ่มขึ้น 6% เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุแต่ไม่ทำ hydropriming (AS) (ตารางที่ 1)

ค่า GI, SGR และ %germination after cold test เป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ จากตารางที่ 1 พบว่า ค่า GI ของ AS มีค่า 8.7 ซึ่งน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับ NS ที่มีค่าเท่ากับ 12.95 และเมื่อทำ hydropriming เป็นเวลา 6 ชม. พบว่าค่า GI ของ NS+P (13.93) และ AS+P (9.60) มีค่าเพิ่มขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับ NS และ AS ตามลำดับ แม้ว่า GI ของ AS+P มีค่าสูงขึ้น แต่ยังคงต่ำกว่า NS และ NS+P

Table 1 Germination (%G) Germination Index (GI) and seedling growth rate (SGR) of maize seeds cv. Suwan 5 through hydropriming (P) for 6 h at room temperature (28±2°C); normal seed (NS), aged seed (AS), normal seed + priming (NS+P) and aged seed + priming (AS+P).

Treatments	%G	GI	SGR (g/plant)
NS	95ab	12.9b	179
NS+P	97a	13.9a	183
AS	83c	8.7d	182
AS+P	89bc	9.6c	191
F-test	**	**	Ns

The different mean in column separated by small letters indicate statistical significance according to the Duncan's New Multiple Range Test (*P < 0.05*)

นอกจากนี้พบว่าค่า SGR ในเมล็ดพันธุ์ปกติ และเมล็ดพันธุ์เก่า ทั้งชุดที่ทำและไม่ทำ hydropriming ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ %Germination after cold test ของ NS มีค่าเท่ากับ 86% สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับ AS ซึ่งมีค่าเท่ากับ 65% ภายหลังการทำ hydropriming พบว่า %germination after cold test ของ NS+P ไม่แตกต่างทางสถิติกับ NS ในขณะที่ AS+P มีค่าเท่ากับ 75% (เพิ่มขึ้น 10%)

ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับ AS แต่ยังคงมีค่าต่ำกว่า NS และ NS+P (Fig. 1) ค่าเริ่มต้นของ %inhibition activity of DPPH ใน NS มีค่าเท่ากับ 84.7% ซึ่งสูงกว่า AS (79%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อทำ hydropriming พบว่าค่า %inhibition activity of DPPH ใน AS+P มีค่าสูงขึ้นเท่ากับ 83.0% ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับ AS แต่อย่างไรก็ตาม NS+P (85.7%) ไม่แตกต่างทางสถิติกับ NS (Fig. 2)

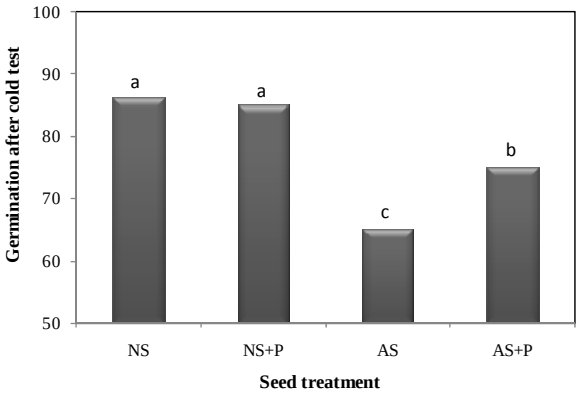


Figure 1 Germination after cold test (%) of maize seeds cv. Suwan 5 through hydropriming for 6 h at room temperature (28±2°C), normal seed (NS), aged seed (AS), normal seed + priming (NS+P) and aged seed + priming (AS+P).

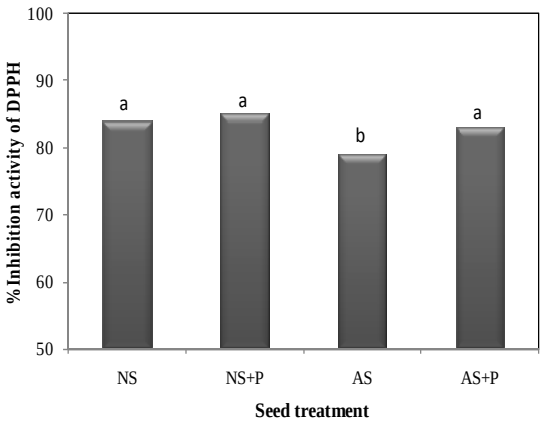


Figure 2 %Inhibition activity of DPPH of maize seeds cv. Suwan 5 through hydropriming for 6 h at room temperature (28±2°C); normal seed (NS), aged seed (AS), normal seed + priming (NS+P) and aged seed + priming (AS+P).

การทำ hydropriming ที่ 6 ชม. สามารถช่วยกระตุ้นให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกและความแข็งแรงเพิ่มขึ้นได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุหรือเมล็ดพันธุ์เก่า (AS) ซึ่งมีการตอบสนองต่อการทำ hydropriming มากกว่าเมล็ดพันธุ์ปกติ (NS) สังเกตได้จากความงอก (%G) และความแข็งแรง (GI และ %germination after cold test) ที่เพิ่มขึ้น รวมถึง %inhibition activity of DPPH (บ่งบอกถึงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ) ในเมล็ดพันธุ์ AS+P ที่มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ AS แสดงว่าการทำ hydropriming ที่ 6 ชม.กระตุ้นให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในเซลล์ของเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เมล็ดพันธุ์เก่ามีความงอกและความแข็งแรงเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังสามารถทนต่ออุณหภูมิต่ำได้ดีกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ทำ hydropriming

การที่เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุหรือเมล็ดพันธุ์เก่า (AS) ตอบสนองต่อการทำ hydropriming ดีกว่าเมล็ดพันธุ์ปกติ (NS) อาจเนื่องจากเมล็ดพันธุ์ปกติมีความงอกและความแข็งแรงเริ่มต้นค่อนข้างสูง ดังนั้นกระบวนการทางชีวเคมีที่ถูกกระตุ้นในระหว่างการทำ hydropriming จึงมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ทำให้ความงอกและความแข็งแรงภายหลังการทำ hydropriming เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แตกต่างกับเมล็ดพันธุ์เก่า (AS) ที่มีความงอกและความแข็งแรงต่ำกว่า จึงอาจทำให้กระบวนการทางชีวเคมี เช่น การซ่อมแซมเซลล์เมมเบรน และโปรตีน และการสังเคราะห์ DNA RNA และเอนไซม์ ต่างๆ ถูกชักนำให้เกิดขึ้นมากกว่า ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงความงอกและความแข็งแรงภายหลังการทำ hydropriming เพิ่มขึ้นชัดเจนกว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูง (NS)

สรุปผลการวิจัย

การทำ hydropriming ที่อุณหภูมิห้อง (28±2°C) เป็นเวลา 6 ชม. สามารถกระตุ้นความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดไร่ พันธุ์สุวรรณ 5 ได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุ จะมีการตอบสนองต่อการทำ hydropriming มากกว่าเมล็ดพันธุ์ปกติ และดัชนีที่สามารถบ่งชี้ถึงความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดไร่ พันธุ์สุวรรณ 5 ได้แก่ GI %germination after cold test และ %inhibition activityof DPPH

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่าง แห่งชาติ จ. นครราชสีมา ที่เอื้อเฟื้อเมล็ดข้าวโพดไร่พันธุ์สุวรรณ 5 ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. **การตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 194 น.

Afzal I., S.M.A. Basra, N. Ahmad, M.A. Cheema, E.A. Warraich and A. Khaliq. 2002. **Effect of priming and growth regulator treatments on emergence and seedling growth of hybrid maize (*Zea mays* L.)**. Int. J. Agric. Biol. 4: 303-306.

Basra, S.M.A., I.A. Pannu and I. Afzal. 2003. **Evaluation of seedling vigor of hydro and matriprimed wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds**. Int. J. Agri. Biol. 5: 121-123.

Bradford, K.J. and J.D. Bewley. 2002. **Seeds: Biology, technology and role in agriculture**. *In* M.J. Chrispeels and D.E. Sadava (eds). Plants, genes and crop biotechnology, 2nd ed. Jones and Bartlett, Boston, pp. 210-239.

Cervato, G., M. Carabelli, S. Gervasio, A. Cittera, R. Cazzolla and B. Cestaro. 2000. **Antioxidant properties of oregano (*Origanum vulgare*) leaf extracts**. J. Food Biochem. 24: 453–465.

Chiu, K.Y., S.J. Chuang and J.M. Sung. 2006. **Both anti-oxidation and lipid-carbohydrate conversion enhancements are involved in priming-improved emergence of *Echinacea purpurea* seeds that differ in size**. Sci. Hort. 108: 220–226.

Farooq, M., A. Wahid, N. Ahmad and S.A. Asad. 2010. **Comparative efficacy of surface drying and re-drying seed priming in rice: changes in emergence, seedling growth and associated metabolic events**. Paddy Water Environ. 8: 15-22.

Guan, Y.J., J. Hu, X.J. Wang and C.X. Shao. 2009. **Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress**. J. Zhejiang Univ. Sci. B. 10: 427-433.

ISTA, 2007. **International Rules for Seed Testing Edition**, published by The International Seed Testing Association, Switzerland.

Leprince, O., N.M. Atherton, R. Deltour and G.A.F. Hendry. 1994. **The involvement of respiration in free radical processes during loss of desiccation tolerance in germinating *Zea mays* L. An electron paramagnetic resonance study**. Plant Physiol. 104: 1333–1339.

McDonald, M.B. 1999. **Seed deterioration: physiology, repair and assessment**. Seed Sci. Technol. 27: 177–237.

Van Pijlen, J.G., S.P.C. Groot, H.L. Kraak, J.H.W. Bergervoet and R.J. Bino. 1996. **Effects of pre-storage hydration treatments on germination performance, moisture content, DNA synthesis and controlled deterioration tolerance of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) seeds**. Seed Sci. Res. 6: 57–63.

Wang, H.Y., C.L. Chen and J.M. Sung. 2003. **Both warm water soaking and solid priming treatments enhance antioxidation of bitter gourd seeds germinated at sub-optimal temperature.** Seed Sci. Technol. 31: 47–56.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญพืชงอก
Product development of snack bar from germinated cereal

ณภาภัช ภู่สุวรรณ์* และสุชาดา ไม้สนธิ์
Napapat Poosuwan* and Suchada Maisont

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology,
Phranakhon Rajabhat University, Thailand
*** Corresponding author**: nickkycung@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญพืชงอก โดยนำ ถั่วเขียว ถั่วแดง ถั่วเหลือง และงาแดง มางอกและนำมาใส่ในส่วนของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งในปริมาณเท่ากัน ส่วนงาแดงงอกนำมาใส่ปริมาณแตกต่างกันคือ 25, 50, 75 และ 100 กรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 3.70, 7.00, 10.30 และ 13.25 ของส่วนผสมทั้งหมดตามลำดับ พบว่าเมื่อเพิ่มงาแดงงอก ทำให้ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และค่าพลังงานของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญพืชงอก เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่คาร์โบไฮเดรตมีปริมาณลดลง การประเมินคุณภาพทางกายภาพพบว่า ลักษณะเนื้อสัมผัสทางด้านความแข็ง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ค่าสี L* และ b* ลดลง ในขณะที่ค่าสี a* เพิ่มขึ้น การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส การเพิ่มปริมาณงาแดงงอก ที่ 25 และ50 กรัม ทุกคุณลักษณะไม่มีความแตกต่างสถิติ ($p>0.05$) แต่เมื่อเพิ่มงาแดงงอกเป็น 75 และ 100 กรัม พบว่าคะแนนคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และความชอบรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อพิจารณาคุณสมบัติทางด้านเคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญพืชงอกที่เพิ่มปริมาณงาแดงงอก สามารถเพิ่มงาแดงงอกได้ตั้งแต่ระดับ 50, 75 และ 100 กรัม โดยที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับอยู่ที่ระดับความชอบเล็กน้อยมีคะแนนอยู่ในช่วง 5.00-5.80 คะแนน

คำสำคัญ : การงอก, ขนมขบเคี้ยว, สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด, งาแดง, ธัญพืชงอก

Abstract

This research aims to develop cereal snack from seed germination of green bean, soya bean, and red sesame seed by add seed germination altogether in snack at the same volume, only the red sesame seed put into different volume about 25, 50, 75 and 100 grams, or 3.70, 7.00, 10.30 and 13.25 percent of ingredient, respectively. The results showed that the amount of protein, fat, ash, total phenolic compounds, and the calorie of the snack were increased significantly ($p \leq 0.05$) while the carbohydrate intake was decreased. The evaluations of physical properties showed that the texture and hardness were also increased. The color value of L * and b * were decreased, while a * and sensory evaluation were increased. The amount of red sesame seed at 25 and 50 g were not significantly difference ($p > 0.05$), but when add red sesame seeds germinated to 75 and 100 g the results showed that the features, appearance, flavor and overall were statistically difference ($p \leq 0.05$). The evaluation of red sesame seed germination after increase to level 50, 75 and 100 g showed that the physical, chemical and sensory properties of products from cereals snack of the panelists recognized the level of a score in the range of 5.00 to 5.80 points.

Key words: Germination, Snack , Total phenolic compound, Red sesame seed, Cereal germination

บทนำ

ธัญพืช (cereal) เป็นแหล่งอาหารที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ เนื่องจากเป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูง โดยเฉพาะเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต นอกจากการนำเมล็ดธัญพืชมาเป็นอาหารโดยตรงแล้ว ยังมีการนำธัญพืชมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ (Hogy & Fangmeier, 2008) เช่น น้ำนมถั่วเหลือง วุ้นเส้น เต้าเจี้ยว และน้ำมันพืช เป็นต้น ธัญพืช สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการแก้ไขปัญหาโภชนาการของประชากรโลก เช่นใช้เป็นอาหารเสริมโปรตีนสำหรับทารกและหญิงมีครรภ์ ส่วนไขมันไม่อิ่มตัวและกรดไขมันจำเป็นที่มีอยู่ในธัญพืช ช่วยลดปัญหาภาวะไขมันอุดตันในหลอดเลือดที่จะส่งผลไปสู่ปัญหาโรคหัวใจขาดเลือดและการเป็นอัมพาต ใยอาหารช่วยในการทำงานของระบบขับถ่าย โดยจะช่วยลดความเสี่ยงจากการเป็นโรคมะเร็งในลำไส้ใหญ่ กระบวนการงอก (germination) เป็นวิธีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของธัญพืชได้อีกวิธีหนึ่ง ซึ่งในปัจจุบันการงอกธัญพืชเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นวิธีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการได้โดยธรรมชาติและมีต้นทุนต่ำ อย่างไรก็ตามการนำธัญพืชงอกมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารก็ยังไม่หลากหลายมากนัก ดังนั้นการนำธัญพืชเป็นส่วนผสมของขนมขบเคี้ยวจึงน่าจะเป็นการช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของขนมขบเคี้ยวให้เหมาะสมกับการบริโภคของเด็กไทยมากขึ้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำธัญพืชได้แก่ ถั่วแดง ถั่วเหลือง ถั่วเขียว และ งาแดง มางอกและนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากธัญพืชงอกชนิดแท่ง ศึกษาคุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด และคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญพืชงอก เพื่อเป็นทางเลือกแก่ผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ธัญพืชได้อีกช่องทางหนึ่ง

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การเตรียมวัตถุดิบ

ธัญพืชที่นำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญพืชงอก ได้แก่ ถั่วเขียวผิวมัน (พันธุ์ชัยนาท) ถั่วเหลือง (พันธุ์เชียงใหม่60) ถั่วแดงหลวง (พันธุ์เชียงใหม่) และงาแดง (พันธุ์อุบลราชธานี 1) นำมางอกโดยแช่ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วแดง และงาแดงในน้ำที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) อัตราส่วนธัญพืชต่อน้ำ 1:3 แช่เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วแดง และงาแดงมางอกในตะกร้าพลาสติกขนาด 45 x 45 เซนติเมตร ที่รองด้วยสำลีชุ่มน้ำ เกลี่ยถั่ว ให้ทั่วและคลุมผ้าขาวบางที่ชุ่มน้ำหนึ่งชั้น นำไปงอกที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) ถั่วเขียวงอก 8 ชั่วโมง งาแดงงอก 12 ชั่วโมง ถั่วเหลืองและถั่วแดงงอก 24 ชั่วโมง

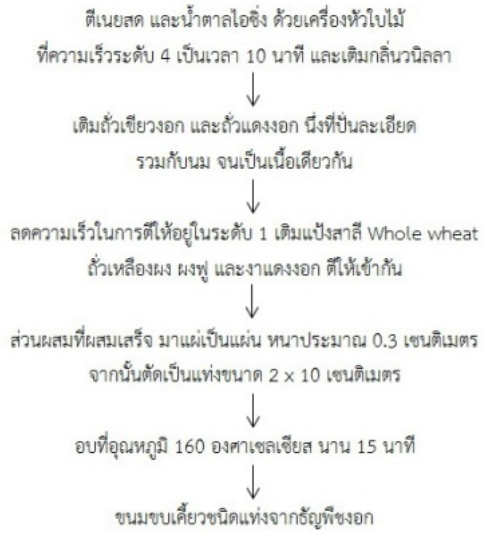
การเตรียมถั่วเหลืองงอกผง นำถั่วเหลืองงอกมานึ่งเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำมาบดให้ละเอียด และอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที หลังอบแห้งมาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช การเตรียมถั่วเขียวงอกและถั่วแดงงอก นำถั่วมานึ่งเป็นเวลา 30 นาที การเตรียมงาแดงงอกอบแห้ง นำงาแดงงอกอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 นาที

การผลิตผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญพืชงอก มีส่วนผสมดังแสดงในตารางที่ 1 และมีวิธีการผลิตดังแสดงในภาพที่ 1 โดยจะศึกษาการเติมงาแดงเพาะงอกในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญพืชงอกที่ระดับ 0, 25, 50, 75 และ 100 กรัม (ของสูตรพื้นฐาน) นำตัวอย่างวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า (AOAC., 2000) คาร์โบไฮเดรต (วิธีคำนวณ) วัดค่าสี L* a* b* เครื่องวัดสี Minolta CR-10 (Japan) วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (ดลฤดี, 2551), วิเคราะห์คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ (ชัยรัตน์, 2551) วัดค่าพลังงาน ด้วยเครื่องBomb calorimeter รุ่น PARR 1266 วัดเนื้อสัมผัส ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture Analyzer (หัววัด Cutting) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสใช้วิธี Hedonic scale 7 point ประเมินทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส ความแข็ง ความกรอบ และความชอบรวม ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 20 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และหาความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan' New Multiple Rang Test (DNMRT) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS 11.5 for windows

ตารางที่ 1 สูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญพืชเพาะงอก

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)
น้ำตาลไอซิ่ง	150
เนยสด	100
นมรสจืด	100
แป้งสาลี Whole wheat	95
ถั่วเหลืองงอกผง	95
ถั่วแดงหลวงงอก	50
ถั่วเขียวงอก	50
งาแดงงอก	0, 25, 50,75 และ 100
ข้าวตอก	10
ผงฟู	3
กลิ่นวนิลลา	3

ที่มา : ดัดแปลงจาก ดัดแปลงจาก Penny (1999)



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญพืชงอก (ที่มา: ดัดแปลงจาก Penny, 1999)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญพืชงอกโดยการเพิ่มปริมาณงาแดงงอกในผลิตภัณฑ์ปริมาณ 0, 25, 50, 75 และ 100 กรัม คิดเป็นร้อยละ 0, 3.70, 7.00, 10.30 และ 13.25 ของส่วนผสมทั้งหมดตามลำดับ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณงาแดงงอกในผลิตภัณฑ์มากขึ้นทำให้ปริมาณโปรตีน, ไขมัน, เยื่อใย และ เถ้า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณงาแดงงอกเพิ่มขึ้น (ดังแสดงในตารางที่ 2 และ3) ซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากงาแดงงอกที่เพิ่มในผลิตภัณฑ์มีปริมาณโปรตีน, ไขมัน, เยื่อใย, และ เถ้า เท่ากับร้อยละ 16.08, 41.81, 4.68 และ 5.86 ตามลำดับ เมื่อเพิ่มงาแดงงอกในปริมาณมากขึ้นจึงส่งผลให้ปริมาณองค์ประกอบดังกล่าวของขนมขบเคี้ยวเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ

ลักษณะเนื้อสัมผัสทางด้านความแข็ง (Hardness) ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญพืชงอก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณงาแดงงอกเพิ่มขึ้น ค่าสี L* ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญพืชงอกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) (ดังแสดงในตารางที่ 4) เนื่องจากงาแดงงอกมีสีน้ำตาลอมแดง ดังนั้นเมื่อเติมงาแดงเพิ่มขึ้นจึงทำให้ค่าสี L* ลดลง ส่วนค่าสี a* ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ค่าสี a* มีค่าเป็นบวก มีแนวโน้มของสีอยู่ในทิศทางของสีแดง ซึ่งสีธรรมชาติของงาแดงจะมีสีไปในโทนของสีน้ำตาลอมแดง ดังนั้นเมื่อเติมงาแดงงอกในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญพืชงอกจึงทำให้มีสีออกโทนน้ำตาลแดงคล้ายกัน ในกระบวนการอบนั้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญพืชงอกมีสีใกล้เคียงกัน โดยส่งผลให้ค่าสี b* มีแนวโน้มลดลงตามลำดับเมื่อเพิ่มปริมาณงาแดงงอกในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญพืชงอกมากขึ้น

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญพืชงอกในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส ความกรอบ ความแข็งและความชอบรวม พบว่า การเติมงาแดงงอกทำให้คะแนนในทุกคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ยกเว้นคุณลักษณะในด้านความกรอบที่คะแนนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในด้านคุณลักษณะปรากฏการเติมงาแดงงอกตั้งแต่ 25-75 กรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เมื่อเพิ่มงาแดงงอกเป็น 100 กรัมจะมีคะแนนลดลง (ดังแสดงในตารางที่ 5) ส่วนคุณลักษณะทางด้าน สี ความกรอบ และความแข็งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) คุณลักษณะด้านกลิ่นรสพบว่าการเติมงาแดงงอกทำให้ค่าคะแนนเพิ่มมากขึ้นแตกต่างจากไม่ได้เติมงาแดงงอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยคะแนนสูงสุดอยู่ที่การเติมงาแดงงอก 50 กรัม ส่วนในด้านความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ พบว่าการเติมงาแดงงอกทำให้การคะแนนสูงขึ้นจากที่ไม่ได้

ตารางที่ 2 ปริมาณโปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญพืชงอก

ปริมาณงาแดงงอก (กรัม)	ความชื้น ns	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	เถ้า
			(ร้อยละ)		
ไม่ใส่งาแดงงอก	3.45±0.28	13.84±0.19^{c}	22.38±0.98^{d}	0.28±0.02^{e}	2.14±0.05^{c}
25	3.32±0.14	14.29±0.18^{b}	22.83±0.63^{d}	0.44±0.04^{d}	2.31±0.22^{bc}
50	3.24±0.19	14.70±0.23^{a}	25.64±0.24^{c}	0.54±0.02^{c}	2.48±0.07^{bc}
75	3.24±0.18	14.74±0.33^{a}	26.93±0.44^{b}	0.66±0.01^{b}	2.80±0.23^{ab}
100	3.23±0.14	14.99±0.17^{a}	27.73±0.28^{a}	0.74±0.01^{a}	3.23±0.90^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษไม่เหมือนกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และค่าพลังงานของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญพืชงอก

ปริมาณงาแดงงอก (กรัม)	สารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด (mg of gallic acid /g dry sample)	สารต้านอนุมูลอิสระ ns (ร้อยละ)	ค่าพลังงาน (กิโลแคลอรี่ต่อกรัม)
ไม่ใส่งาแดงงอก	3.79±0.13^{c}	52.60±1.36	5.19±0.05^{e}
25	3.96±0.08^{bc}	52.76±4.88	5.31±0.07^{d}
50	4.14±0.10^{ba}	53.88±2.23	5.39±0.04^{c}
75	4.31±0.15^{a}	54.09±2.30	5.46±0.03^{b}
100	4.34±0.01^{a}	54.71±1.17	5.56±0.07^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษไม่เหมือนกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4 ค่าสี และ ความแข็งของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญพืชงอก

ปริมาณงาแดงงอก (กรัม)	ความแข็ง ns (กรัม/วินาที)	ค่าสี		
		L*	a* ns	b*
ไม่ใส่งาแดงงอก	1409.50±201.03	67.96±0.44^{a}	7.79±0.52	26.98±1.07^{a}
25	1424.13±157.18	65.72±0.93^{b}	7.37±0.52	23.85±1.25^{b}
50	1427.74±201.06	62.06±1.40^{c}	7.02±0.52	22.44±1.57^{c}
75	1500.26±223.48	61.35±0.60^{d}	7.74±0.52	21.48±1.05^{d}
100	1571.97±193.44	58.64±0.84^{e}	7.80±0.52	19.26±2.09^{e}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษไม่เหมือนกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 5 คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญพืชงอก

คุณลักษณะ	ปริมาณงาแดงงอก (กรัม)				
	0	25	50	75	100
ลักษณะปรากฏ	5.27±1.43^{ab}	6.07±1.58^{a}	5.27±1.45^{ab}	5.47±1.20^{ab}	4.93±1.39^{b}
สี ns	5.20±1.42	5.80±1.47	5.27±1.30	5.73±1.19	5.00±1.36
กลิ่นรส	4.33±1.91^{b}	5.13±1.80^{ab}	5.60±1.62^{a}	5.40±1.43^{ab}	5.47±1.32^{ab}
ความกรอบ ns	5.67±1.39	5.40±1.65	5.93±1.55	5.73±1.43	5.53±1.31
ความแข็ง ns	5.07±1.43	5.00±1.47	5.87±1.34	5.13±1.26	5.40±1.28
ความชอบรวม	4.40±2.06^{b}	5.07±1.83^{ab}	5.80±1.56^{a}	5.60±1.37^{ab}	4.93±1.44^{ab}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยตามแนวนอนที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษไม่เหมือนกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

เติมและมีค่าคะแนนสูงสุดอยู่ที่การเติมในระดับ 50 และ 75 กรัมซึ่งมีการยอมรับรวมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เมื่อเพิ่มงาแดงเป็น 100 กรัมค่าคะแนนจะลดลงเล็กน้อยแต่ไม่มีความแตกต่างจากการเติม 75 กรัม

สรุปผลการวิจัย

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญพืชงอกมีปริมาณโปรตีน, ไขมัน, เยื่อใย, เถ้า, ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณงาแดงงอกเพิ่มขึ้น ค่าสี L* และ b* ของผลิตภัณฑ์ มีแนวโน้มลดลง ส่วนค่าสี a* ของผลิตภัณฑ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ลักษณะเนื้อสัมผัสทางด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญพืชงอกในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส ความกรอบ ความแข็งและ ความชอบรวม พบว่าการเติมงาแดงงอกทำให้คะแนนในทุกคุณลักษณะสูงขึ้น โดยเฉพาะในด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ เมื่อพิจารณาจากคุณภาพทางด้าน เคมี กายภาพ และทาง ประสาทสัมผัสพบว่าสามารถเติมงาแดงงอกในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญพืชงอกได้ตั้งแต่ระดับ 50-75 กรัม โดยที่ผลิตภัณฑ์มีคะแนนในทุกคุณลักษณะอยู่ในระดับสูงสุด แต่หากพิจารณาถึงผลดีต่อสุขภาพในการได้บริโภคงาแดงก็สามารถเติมได้ถึง 100 กรัมเนื่องจากคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์และค่าคะแนนที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารอ้างอิง

ชัยรัตน์ คงจีบ. 2551. **การศึกษาผลของกระบวนการผลิตต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและสารโภชนเภสัชบางชนิดของข้าวเหนียวดำงอกพอง**. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

ดลฤดี จันทรปาโร. 2551. ผลของความร้อนต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเปลือกผลไม้บางชนิด และผลของอุณหภูมิ และ pH ต่อความเสถียรของสารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในสารสกัดจากเปลือกมะม่วง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed.** William Horwitz. U.S.A. Association of Official Analytical Chemist, Inc.

Hogy, P. and Fangmeier, A. 2008. **Effect of elevated atmospheric CO_2 on grain quality of wheat.** Journal of cereal science. 1-12.

Penny, L**.** 1999. **Biscuit and slices**. Periplus: Singapore. p 111.

การพัฒนาระบบสารสนเทศอพาร์ทเม้นท์ กรณีศึกษา ศศิภรณ์อพาร์ทเม้นท์
Development of Apartment Information System Case Study: Sasiporn Apartment

ณัฐวุฒิ พลับสกุล และสมคิด สุทธิธารธวัช*
Nuttavut Plubsakul and Somkid Soottitantawat*

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
9 ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220
Department of Computer Science, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University
9 Changwattana Road, Bangkhen, Bangkok 10220, Thailand
*Corresponding author: zomkid@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาระบบสารสนเทศศศิภรณ์อพาร์ทเม้นท์ และประเมินผลความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ ในการวิจัยเชิงพัฒนาและทดลองระบบนี้ จัดว่าเป็นการสร้างระบบงานใหม่ให้สามารถทำงานเพื่อแก้ปัญหาการดำเนินงานของธุรกิจศศิภรณ์อพาร์ทเม้นท์ได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานและสร้างสารสนเทศที่ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจแก่เจ้าของธุรกิจ โดยนำระบบคอมพิวเตอร์มาช่วยในการนำข้อมูลเข้าสู่ระบบเพื่อประมวลผล เรียบเรียงและจัดเก็บทำให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ การพัฒนาระบบสารสนเทศนี้อาศัยวงจรชีวิตของการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) ใช้การสัมภาษณ์ เป็นเทคนิคการเก็บรวบรวมข้อเท็จจริงจากระบบ ใช้ Data Flow Diagram, Entity Relationship Model เป็นเครื่องมือแบบจำลองกระบวนการและแบบจำลองข้อมูล ใช้ Visual Basic.Net เป็นเครื่องมือในการเขียนโปรแกรม และใช้ Microsoft SQL Server เป็นระบบการจัดการฐานข้อมูล เพื่อให้ได้ระบบสารสนเทศที่มีประสิทธิภาพ กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยเป็นเจ้าของอพาร์ทเม้นท์และพนักงาน เครื่องมือที่ใช้ประเมินความพึงพอใจเป็นแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลที่ได้จากการวิจัยคือ ระบบสารสนเทศอพาร์ทเม้นท์และผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบนั้นพบว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นในด้านความต้องการของผู้ใช้ระบบ ด้านฟังก์ชันงานของระบบ และด้านการใช้งานระบบ อยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง สำหรับผู้ใช้งานระบบมีความพึงพอใจต่อระบบใน 3 ด้านนั้น อยู่ในระดับมาก ระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปติดตั้งใช้งานจริงได้และให้สารสนเทศตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานและสามารถสร้างรายงานที่มีประโยชน์ต่อการบริหารงานของศศิภรณ์อพาร์ทเม้นท์

คำสำคัญ : สารสนเทศ ระบบสารสนเทศ ระบบสารสนเทศอพาร์ทเม้นท์ วงจรชีวิตของการพัฒนาระบบฐานข้อมูลอพาร์ทเม้นท์

Abstract

The objectives of this research are to develop the Sasiporn apartment information system and to evaluate the appreciation of users to the system. By using computer system, the research and development in this experimental system is for creating the new information system to solve many problems of Sasiporn apartment operations and to meet the needs of users. The research applies the Software Engineering principles in the form of System Development Life Cycle: SDLC. The interview of users is used for data collection technique. In the analysis phase uses Data Flow Diagram for process model tool and Entity Relationship model for database model. In the database system uses Microsoft SQL Server with Visual Basic.Net for desktop application. The target of study is owner of the Sasiporn apartment and end users. Mean and standard deviation are analysed. The results of research are

apartment information system and the results of experts opinion on the effectiveness of that system shows that the mean of three factors; user requirement, function requirement and usability are at a strongly agree level. The evaluations of user's satisfaction are at a high level. This system has been working efficiency and creating the new reports that is useful for the management of Sasiporn apartment.

Key words: Information, Information System, Apartment Information System, System Development Life Cycle, Apartment Database

บทนำ

ในการดำเนินการธุรกิจต่างๆ เช่น คลินิกรักษาผู้ป่วย ร้านเช่าดีวีดี โรงแรม หอพัก โรงเรียน มหาวิทยาลัย โรงพยาบาล เป็นต้น ให้ประสบความสำเร็จในธุรกิจนั้น ปัจจัยหนึ่งที่สามารถส่งเสริมและสนับสนุนได้คือ ธุรกิจนั้นๆ มีการพัฒนาระบบสารสนเทศ โดยนำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาเป็นส่วนในการเก็บข้อมูลและนำไปประมวลผลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ต่างๆ สำหรับช่วยสนับสนุนการตัดสินใจของเจ้าของธุรกิจ และการใช้ระบบคอมพิวเตอร์ดังกล่าวจะให้ความสะดวกและรวดเร็วแก่ผู้ให้บริการและผู้รับบริการ

เนื่องจากในปัจจุบันมีธุรกิจห้องเช่า หอพัก อพาร์ทเม้นท์ และคอนโดมิเนียมจำนวนมากให้บริการเช่าแก่ผู้รับบริการ ประกอบกับการวิจัยนี้ ส่วนหนึ่งได้รับการสนับสนุนจากศศิภรณ์อพาร์ทเม้นท์ ซึ่งตั้งอยู่ในเขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ สร้างเมื่อ พ.ศ. 2551 ประกอบด้วยอาคารที่สร้างเสร็จแล้ว 1 อาคาร เป็นอาคาร 3 ชั้น มีห้องพักให้เช่าจำนวน 31 ห้อง อพาร์ทเม้นท์ดังกล่าว ไม่มีการนำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ และนอกจากนั้นยังพบปัญหาต่างๆ อาทิเช่น ข้อมูลผู้เข้าพักสูญหาย เนื่องจากมีการเก็บข้อมูลในรูปกระดาษ และการค้นหาข้อมูลจากเอกสารในรูปกระดาษที่จัดเก็บค่อนข้างช้า ทำให้เกิดความล่าช้าในการดำเนินการแก่ผู้รับบริการ และในอนาคตปริมาณกระดาษจะมากขึ้นเรื่อยๆ รวมทั้งเอกสารในรูปกระดาษที่เก็บอาจเกิดการชำรุดได้

ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศศศิภรณ์อพาร์ทเม้นท์ นอกจากนั้นระบบนี้สามารถสร้างสารสนเทศที่ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจแก่เจ้าของอพาร์ทเม้นท์ได้ และเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบที่มีต่อระบบที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ว่าสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนาและทดลองใช้ระยะเวลา 12 เดือน ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2554 – มิถุนายน 2555 โดยกลุ่มเป้าหมาย คือ เจ้าของอพาร์ทเม้นท์และพนักงาน รวม 8 คน ซึ่งการพัฒนาระบบสารสนเทศศศิภรณ์อพาร์ทเม้นท์นั้น ดำเนินการเป็น 3 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนาระบบใช้วงจรชีวิตของการพัฒนาระบบตามแนวทาง อำไพ พรประเสริฐสกุล (2540) และ Kendall and Kendall (2005) ซึ่งมีขั้นตอนในการพัฒนาระบบ ดังนี้

1. เข้าใจปัญหา (Problem Recognition) คือ ตระหนักถึงปัญหาในระบบการทำงานและต้องการระบบสารสนเทศ การวิจัยครั้งนี้เริ่มจากการสัมภาษณ์เจ้าของอพาร์ทเม้นท์และผู้ใช้งานถึงปัญหาที่เกิดขึ้น หลังจากนั้นวิเคราะห์หาโอกาสในการปรับปรุงวิธีการทำงานโดยการใช้ระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งการที่จะแก้ไขระบบเดิมที่มีอยู่แล้วหรือแม้แต่การสร้างระบบใหม่ ควรจะต้องศึกษาก่อนว่า ความต้องการเพียงพอที่เป็นไปได้หรือไม่

2. ศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility Study) คือ การกำหนดว่าปัญหาคืออะไร และตัดสินใจว่าจะสร้างระบบสารสนเทศใหม่มีความเป็นไปได้หรือไม่ โดยเสียค่าใช้จ่ายและเวลาน้อยที่สุด และได้ผลเป็นที่น่าพอใจ การวิจัยนี้ต้องกำหนดให้ได้ว่าการแก้ปัญหานั้น 1) มีความเป็นไปได้ทางเทคนิคหรือไม่ เช่น จำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่เพียงพอหรือไม่ ซอฟต์แวร์แก้ไขได้หรือไม่ 2) มีความเป็นไปได้ทางบุคลากรหรือไม่ เช่น มีบุคคลที่เหมาะสมที่จะพัฒนาและติดตั้งระบบ

หรือไม่ 3) มีความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์หรือไม่ เช่น มีเงินลงทุนหรือไม่ ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์และออกแบบ ค่าใช้จ่ายในด้านเวลาที่ต้องใช้ในการพัฒนาระบบ ใช้การสัมภาษณ์และแบบสอบถามสำหรับเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3. วิเคราะห์ (Analysis) คือ การวิเคราะห์ระบบโดยเริ่มตั้งแต่การศึกษาระบบการทำงานของอพาร์ทเม้นท์ หลังจากนั้นกำหนดความต้องการของระบบใหม่ การวิจัยครั้งนี้ ใช้เทคนิคการเก็บรวบรวมข้อเท็จจริงจากระบบ ได้แก่ ศึกษาเอกสารที่มีอยู่ ตรวจสอบวิธีการทำงานในปัจจุบัน สัมภาษณ์ผู้ใช้งานและเจ้าของอพาร์ทเม้นท เอกสารที่มีอยู่ได้แก่ สัญญาเช่า ใบแจ้งหนี้ และรายงานอื่นๆที่หมุนเวียนในระบบ เฝ้าสังเกตการทำงานของผู้ใช้งานระบบ เพื่อให้เข้าใจและเห็นจริงๆ ว่าขั้นตอนการทำงานเป็นอย่างไร เพื่อค้นหาจุดสำคัญของระบบว่าอยู่ที่ใด โดยต้องเขียนแผนภาพการทำงานของระบบเดิมและระบบใหม่

4. ออกแบบ (Design) คือ การออกแบบระบบใหม่ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งานระบบและเจ้าของอพาร์ทเม้นท์ การวิจัยครั้งนี้ต้องดำเนินการเลือกฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ออกแบบความปลอดภัยของระบบ ออกแบบฟอร์มข้อมูลนำเข้า รายงานและการแสดงผลบนหน้าจอ ออกแบบฐานข้อมูล และกำหนดจำนวนบุคลากรในหน้าที่ต่างๆ ของระบบ

5. สร้างหรือพัฒนาระบบ (Construction) คือ การเขียนโปรแกรมด้วยเครื่องมือ Visual Basic.Net และใช้ Microsoft SQL Server เป็นระบบการจัดการฐานข้อมูล หลังจากเขียนโปรแกรมเสร็จแล้ว จึงดำเนินการทดสอบโปรแกรมโดยให้ผู้ใช้งานเป็นผู้ทดสอบ หลังจากนั้นต้องควบคุมดูแลการเขียนคู่มือซึ่งประกอบด้วยข้อมูลการใช้งานสารบัญการอ้างอิง "Help" บนจอภาพ และการจัดทำคู่มือการใช้งานโปรแกรม นอกจากข้อมูลการใช้งานแล้ว ต้องมีการฝึกอบรมพนักงานที่จะเป็นผู้ใช้งานจริงของระบบ เพื่อให้เข้าใจและทำงานได้

6. ปรับเปลี่ยน (Conversion) คือ การติดตั้งระบบใหม่และป้อนข้อมูลเข้าสู่ระบบ โดยใช้ระบบใหม่ควบคู่ไปกับระบบปัจจุบัน โดยใช้ข้อมูลชุดเดียวกันแล้วเปรียบเทียบผลลัพธ์ว่าตรงกันหรือไม่ ถ้าผลตรงกันจึงยกเลิกการใช้ระบบปัจจุบัน แล้วใช้ระบบใหม่ต่อไป

7. บำรุงรักษา (Maintenance) คือ การแก้ไขโปรแกรมหลังจากการใช้งานแล้ว สาเหตุที่ต้องแก้ไขโปรแกรมหลังจากใช้งานแล้ว สาเหตุที่ต้องแก้ไขระบบส่วนใหญ่มี 2 ข้อ คือ 1) มีปัญหาในโปรแกรม และ 2) การดำเนินงานในองค์กรหรือธุรกิจเปลี่ยนไป

งานวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการตามแนวทางการวงจรพัฒนาระบบ ในลำดับที่ 1-6 เท่านั้น สำหรับลำดับที่ 7 ไม่ได้อยู่ในขอบเขตการวิจัยครั้งนี้

ขั้นตอนที่ 2 การประเมินประสิทธิภาพของระบบด้วยการทดลองใช้งานระบบจริง และให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 2 ท่าน เป็นผู้ประเมินระบบผ่านแบบประเมินประสิทธิภาพแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

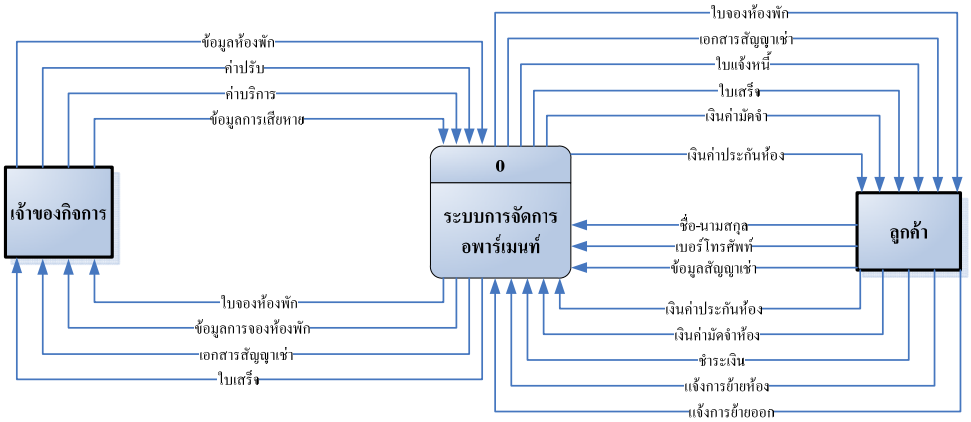
ผลการวิจัยการพัฒนาระบบสารสนเทศศศิภรณ์อพาร์ทเม้นท์ ตามขั้นตอนที่ 1 การพัฒนาระบบใช้วงจรชีวิตของการพัฒนาระบบ ดังนี้

1. จากการสัมภาษณ์เจ้าของอพาร์ทเม้นท์และผู้ใช้งาน พบว่า กลุ่มเป้าหมายดังกล่าวชี้แจงปัญหาในระบบการทำงาน ได้แก่ การค้นหาข้อมูลจากเอกสารในรูปกระดาษที่จัดเก็บ ค่อนข้างช้ามากและกระดาษที่จัดเก็บชำรุดเสียหาย ปริมาณกระดาษมีจำนวนมากทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย เจ้าของอพาร์ทเม้นท์จึงต้องการระบบสารสนเทศอพาร์ทเม้นท์และอนุมัติให้มีการศึกษาความเป็นไปได้

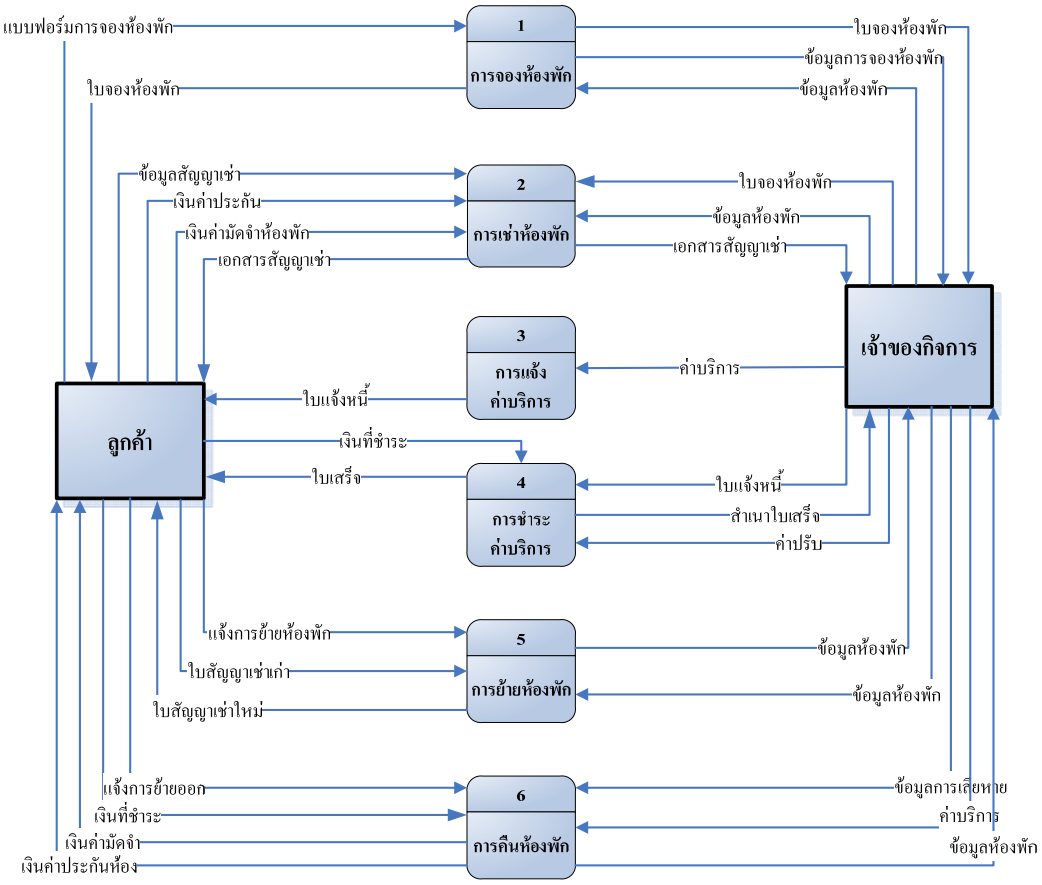
2. จากปัญหาที่พบดังกล่าว ทำให้มีการตัดสินใจจะสร้างระบบสารสนเทศใหม่ โดยจัดทำรายงานความเป็นไปได้เสนอแก่เจ้าของอพาร์ทเม้นท์ เพื่อพิจารณาตัดสินใจว่าจะดำเนินการพัฒนาระบบหรือไม่ ได้แก่ การรายงาน 1) ความเป็นไปได้เทคนิค เนื่องจากอพาร์ทเม้นท์มีเครื่องพิวเตอร์เพียงพออยู่แล้ว ไม่ต้องจัดซื้อมาเพิ่ม และมีซอฟต์แวร์ที่สามารถทำงานได้บนฮาร์ดแวร์ดังกล่าว 2) ความเป็นไปได้ทางบุคลากร เนื่องจากอพาร์ทเม้นท์มีพนักงานที่สามารถใช้งานระบบคอมพิวเตอร์ได้ และ 3) ความเป็นไปได้เรื่องค่าใช้จ่ายเริ่มตั้งแต่พัฒนาจนถึงใช้งานได้จริง ได้แก่ เงินเดือน เครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ เวลาที่ใช้ในการพัฒนา

ระบบขึ้น เช่น ทำให้ยอดผู้เข้าพักเพิ่มมากขึ้น หลังจากนำเสนอรายงานความเป็นไปได้แก่เจ้าของอพาร์ทเม้นท์ พบว่าเจ้าของอพาร์ทเม้นท์อนุมัติให้ดำเนินการวิจัยต่อไปได้

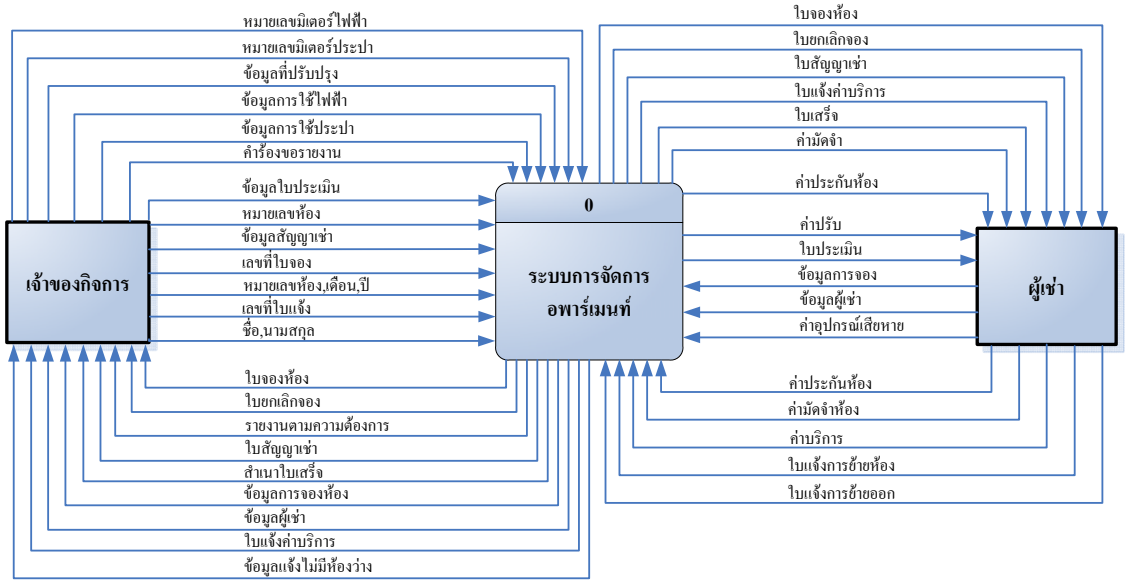
3. ผลการวิเคราะห์กระบวนการทำงานของระบบปัจจุบันนำเสนอด้วยแผนภาพกระแสข้อมูลระดับหลักการ (Context Diagram) ดังภาพที่ 1 และแผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 1 (Data Flow Diagram Level 1) ดังภาพที่ 2 สำหรับกระบวนการทำงานของระบบงานใหม่นำเสนอด้วยแผนภาพกระแสข้อมูลระดับหลักการดังภาพที่ 3 และแผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 1 ดังภาพที่ 4



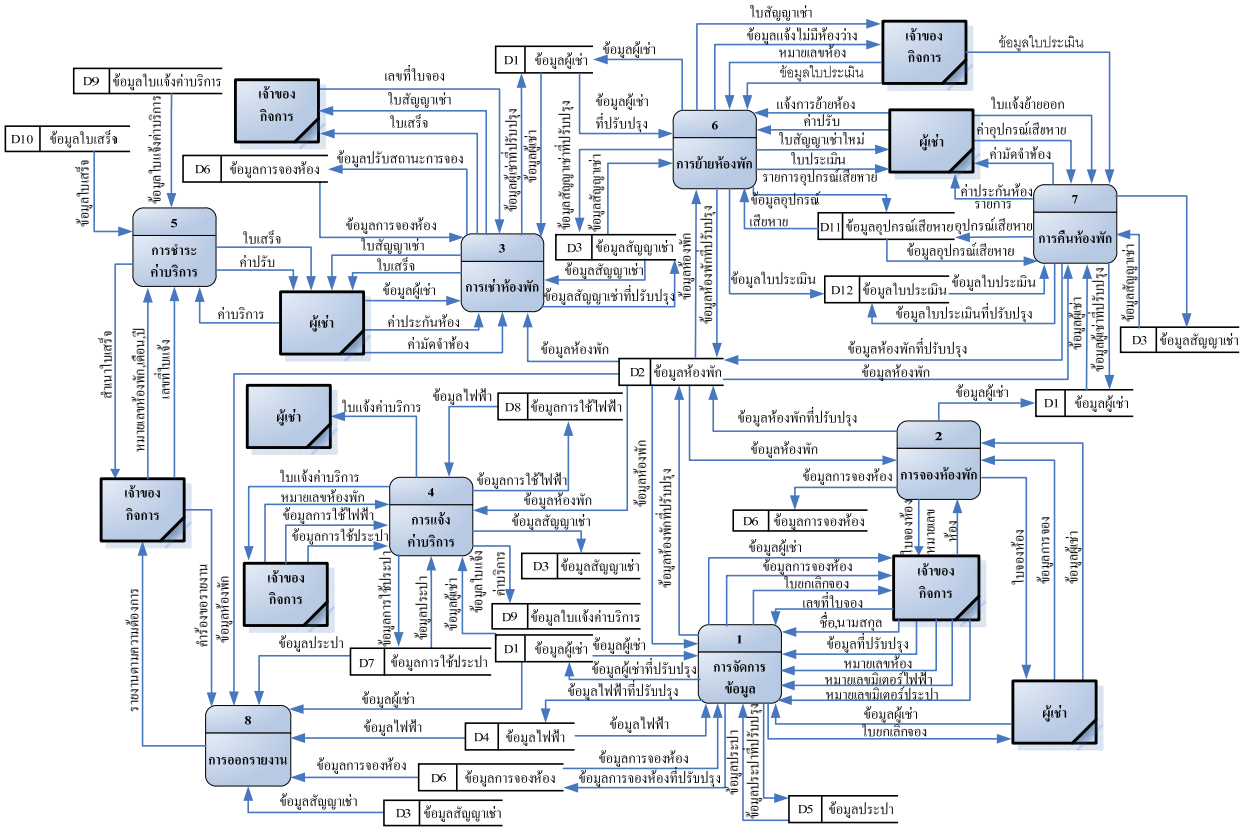
ภาพที่ 1 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับหลักการของระบบงานปัจจุบัน



ภาพที่ 2 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 1 ของระบบงานปัจจุบัน

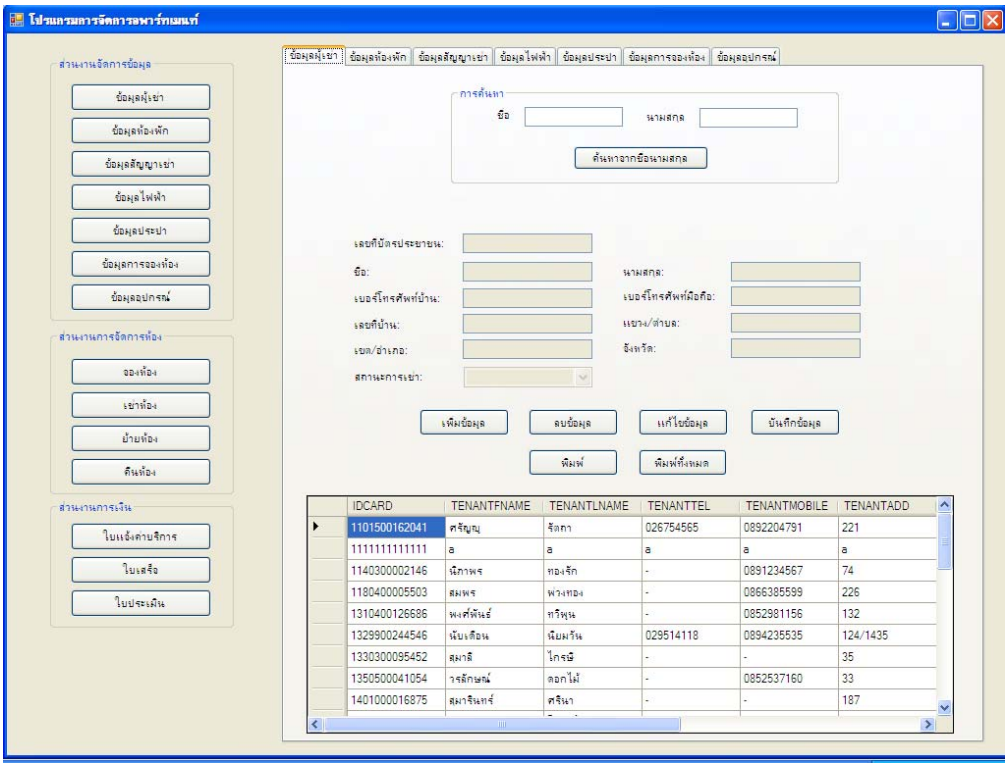


ภาพที่ 3 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับหลักการของระบบงานใหม่



ภาพที่ 4 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 1 ของระบบงานใหม่

4. ผลการออกแบบระบบ ในส่วนของฟอร์มการนำเข้าข้อมูลแสดงดังภาพที่ 5 ฟอร์มการแสดงผลลัพธ์ โดยยกตัวอย่างฟอร์มใบแจ้งค่าบริการแสดงดังภาพที่ 6 การออกแบบฐานข้อมูลเชิงแนวคิดด้วยแผนภาพอีอาร์ (Entity Relationship Diagram) แสดงดังภาพที่ 7 และการออกแบบรายงานต่างๆ



ภาพที่ 5 ฟอร์มการนำเข้าข้อมูล

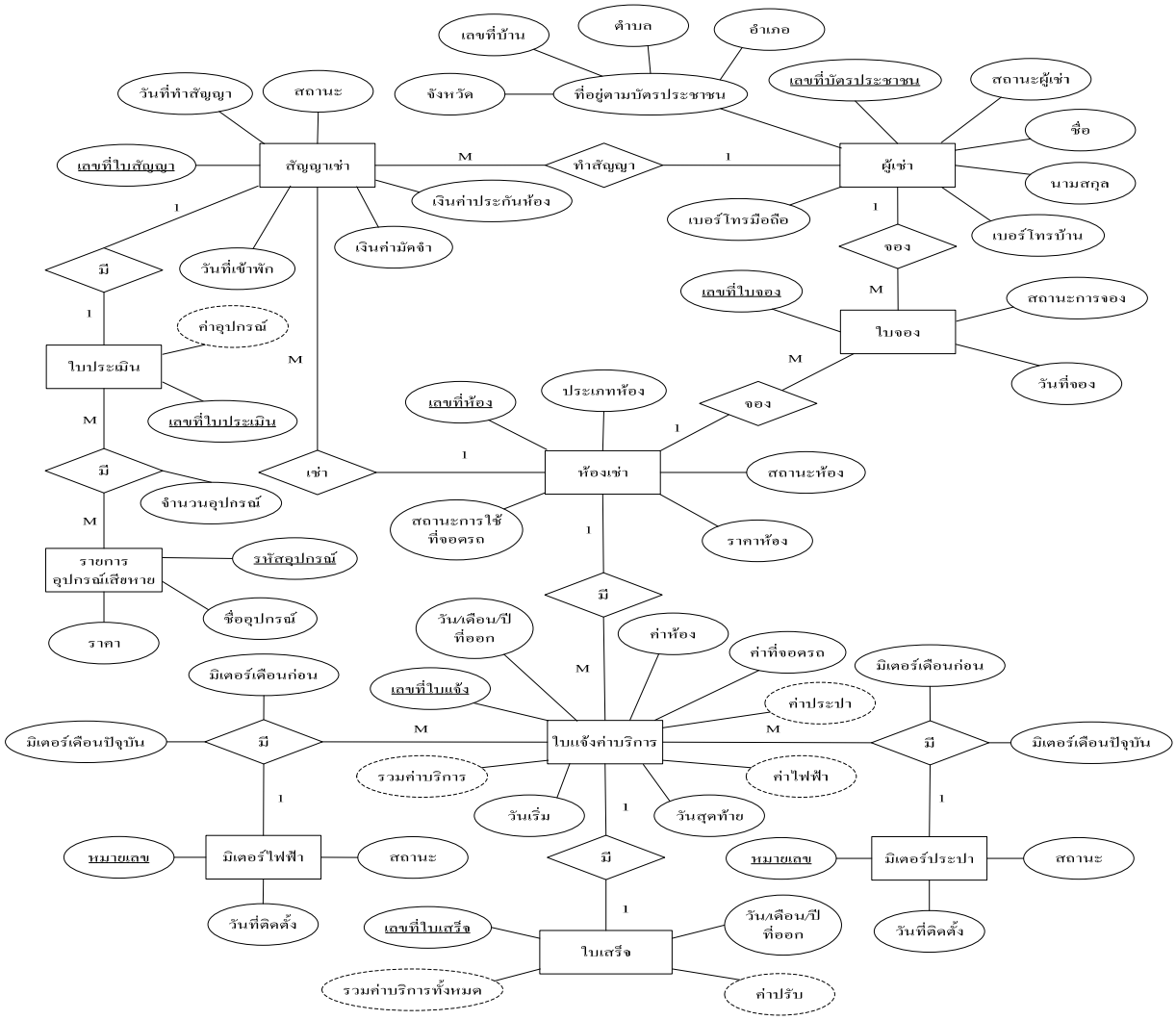
ห้อง 101

หน่วยไฟฟ้าเดือนที่ผ่านมา	xxx	หน่วยไฟฟ้าเดือน	กรกฎาคม	xxx	
หน่วยประปาเดือนที่ผ่านมา	xxx	หน่วยประปาเดือน	กรกฎาคม	xxx	
จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้	xxx	ค่าไฟฟ้า		xxx	บาท
จำนวนหน่วยประปาที่ใช้	xxx	ค่าประปา		xxx	บาท
		ค่าจอดรถยนต์		xxx	บาท
		ค่าห้อง		xxx	บาท
		รวมเป็นเงิน		**xxx**	บาท

ใบแจ้งค่าบริการออก ณ วันที่ xxx

ชำระหลังวันที่ 5 ส.ค. ปรับวันละ50บาท

ภาพที่ 6 ฟอร์มใบแจ้งค่าบริการ



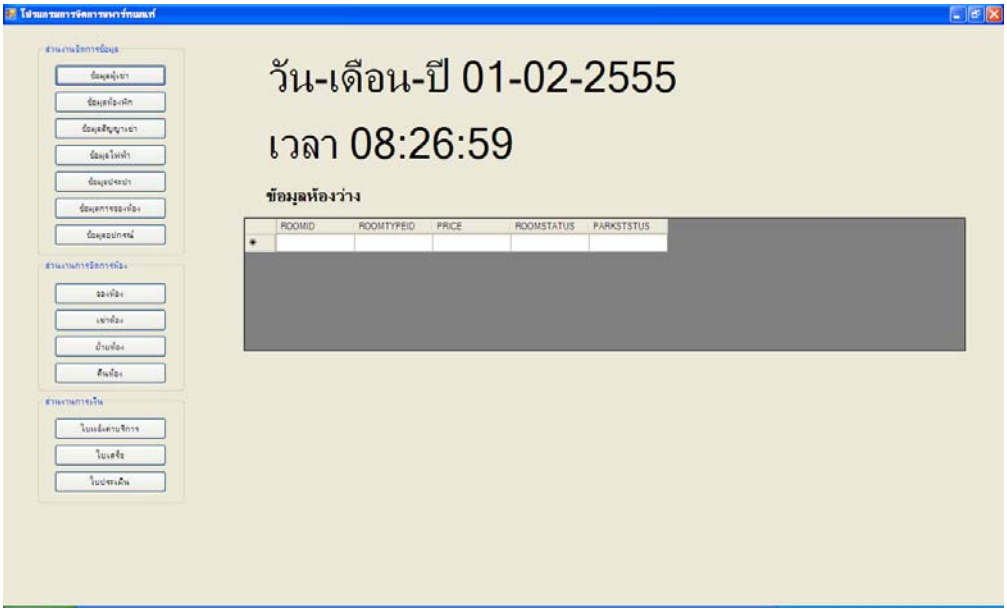
ภาพที่ 7 แผนภาพอีอาร์ระบบสารสนเทศอพาร์ทเม้นท์

5. ผลของการสร้างระบบ คือ ได้ระบบสารสนเทศอพาร์ทเม้นท์ ในรูปแบบ Desktop Application และผลการทดสอบโปรแกรมพบว่าโปรแกรมมีข้อผิดพลาดในเรื่องการคำนวณค่าใช้จ่ายในใบแจ้งค่าบริการและได้ดำเนินการปรับแก้ไข ส่วนอื่นๆ ไม่พบข้อผิดพลาด และดำเนินการจัดทำคู่มือการใช้งานโปรแกรม พร้อมกับจัดอบรมการใช้งานโปรแกรมให้กับเจ้าของอพาร์ทเม้นท์และผู้ใช้ระบบ โปรแกรมแบ่งการจัดการเป็น 3 ส่วน ดังภาพที่ 8

6. การติดตั้งระบบใหม่และป้อนข้อมูลเข้าสู่ระบบ ใช้ระยะเวลา 1 วันในการดำเนินการขั้นตอนนี้

สำหรับผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ ในด้านความต้องการของผู้ใช้ระบบ (User Requirement) มี 8 ประเด็น คือ การจัดการข้อมูลพื้นฐาน การเก็บประวัติลูกค้า การจัดการในส่วนการจอง การจัดการในส่วนการเช่า การจัดการในส่วนการย้ายห้อง การจัดการในส่วนการคืนห้อง การตรวจสอบและคำนวณค่าใช้จ่ายของระบบ และการออกรายงาน พบว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่งทั้ง 8 ประเด็นดังกล่าว ด้านฟังก์ชันงานของระบบ (Function Requirement) มี 7 ประเด็น คือ ความสามารถของระบบในด้านการจัดการส่วนการเช่า การจัดการส่วนการคืน การจัดการจอง การจัดการผู้ใช้งานระบบ การจัดการข้อมูลในระบบ การจัดการรายงาน และการจัดการในส่วนการแจ้งเตือน พบว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง

ทั้ง 7 ประเด็นดังกล่าว และด้านการใช้งานระบบ (Usability) มี 9 ประเด็น คือ ความง่ายต่อการใช้งานของระบบ ความเหมาะสมในการเลือกใช้ชนิดตัวอักษรบนจอภาพ ความเหมาะสมในการเลือกใช้ขนาดตัวอักษรบนจอภาพ ความเหมาะสมในการใช้สีของตัวอักษรและรูปภาพ ความเหมาะสมในการใช้ข้อความเพื่ออธิบายสื่อความหมาย ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอภาพ ความเหมาะสมในการปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับผู้ใช้ ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของส่วนประกอบบนหน้าจอ คำศัพท์ที่ใช้ผู้ใช้มีความคุ้นเคยและสามารถปฏิบัติตามได้โดยง่าย พบว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่งทั้ง 9 ประเด็นดังกล่าว สรุปผลการประเมินใน 3 ด้าน แสดงดังตารางที่ 1สำหรับผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบในด้านความต้องการของผู้ใช้ระบบ (User Requirement) ด้านฟังก์ชันงานของระบบ (Function Requirement) และด้านการใช้งานระบบ (Usability) สรุปผลการประเมินใน 3 ด้านแสดงดังตารางที่ 2



ภาพที่ 8 หน้าโปรแกรมหลัก

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการแปลผลของความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบ

ความคิดเห็นที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล
1. ความต้องการของผู้ใช้ระบบ	4.88	.177	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
2. ฟังก์ชันงานของระบบ	4.86	.202	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
3. การใช้งานระบบ	4.89	.157	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
โดยภาพรวม	4.88	.181	เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการแปลผลของความพึงพอใจผู้ใช้งานที่มีต่อระบบ

ความพึงพอใจที่มีต่อระบบ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล
1. ความต้องการของผู้ใช้ระบบ	4.50	.400	มากที่สุด
2. ฟังก์ชันงานของระบบ	4.50	.438	มากที่สุด
3. การใช้งานระบบ	4.46	.294	มาก
โดยภาพรวม	4.49	.439	มาก

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาระบบสารสนเทศศิภรณ์อพาร์ทเม้นท์ ได้ดำเนินการวิจัยเชิงพัฒนาและทดลอง ในกระบวนการพัฒนาระบบนั้น ใช้วงจรการพัฒนาระบบตั้งแต่เข้าใจปัญหา ศึกษาความเป็นไปได้ วิเคราะห์ออกแบบ สร้างระบบ และปรับเปลี่ยน จนในที่สุดได้ระบบสารสนเทศศิภรณ์อพาร์ทเม้นท์ที่ตอบสนองต่อความต้องการของเจ้าของอพาร์ทเม้นท์และผู้ใช้งานระบบ และระบบสามารถสร้างสารสนเทศที่ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในเรื่องการขึ้นราคาหรือลดราคาอัตราค่าน้ำและอัตราค่าไฟฟ้า เช่น สำหรับผู้เช่าที่มีการใช้น้ำประปาลดลงหรือเท่าเดิมติดต่อกัน 3 เดือน เจ้าของจะลดอัตราค่าน้ำประปาต่อหน่วยลงร้อยละ 10 เป็นต้น นอกจากนั้นแต่ละเดือนเจ้าของอพาร์ทเม้นท์สามารถตรวจสอบได้ว่ามีห้องพักใดบ้างที่ค้างค่าเช่า ตรวจสอบได้ว่าห้องใดมีสถานะว่าง และระบบยังสามารถจัดทำรายงานรายรับประจำเดือน รายงานการใช้น้ำประปาของทุกห้องประจำเดือน รายงานการใช้ไฟฟ้าของทุกห้องประจำเดือน และรายงานสรุปค่าใช้จ่ายจากค่าน้ำประปาและค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือน

ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบนั้นพบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นในด้านความต้องการของผู้ใช้ระบบ ด้านฟังก์ชันงานของระบบ และด้านการใช้งานระบบ อยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง และระบบสามารถสร้างรายงานที่มีประโยชน์ต่อการบริหารงานของอพาร์ทเม้นท์ สำหรับผู้ใช้งานระบบมีความพึงพอใจต่อระบบใน 3 ด้าน อยู่ในระดับมาก

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนาและทดลองในระบบสารสนเทศอพาร์ทเม้นท์ ซึ่งกระบวนการวิจัยในระบบนี้ สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการศึกษาและวิจัยในระบบงานธุรกิจอื่นๆ ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณเจ้าของศศิภรณ์อพาร์ทเม้นท์และผู้ใช้งานระบบทุกคนที่ให้ข้อมูลและอำนวยความสะดวกในการทดลอง ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

พร้อมเลิศ หล่อวิจิตร. 2554. **คู่มือเรียน Visual Basic 2010**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โปรวิชั่น.

พงษ์พันธ์ ศิวิลัย. 2551. **สร้างรายงานอย่างมืออาชีพด้วย Crystal Reports 2008 ฉบับสมบูรณ์**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ทักษิณา สวนานนท์. 2533. **พจนานุกรมศัพท์คอมพิวเตอร์**. กรุงเทพฯ : ไฮเทค พรินติ้ง จำกัด.

สุรสิทธิ์ คิวประสพศักดิ์. 2546. **อินไซท์ Visual Basic .NET ฉบับสมบูรณ์**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โปรวิชั่น.

อำไพ พรประเสริฐสกุล. 2540. **การวิเคราะห์และออกแบบระบบ System Analysis and Design.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

Date, C.J. 1999. **An Introduction to Database System**. 5th ed. Reading : Addison-Wesley.

Hoffer, Jeffrey A, Joey F. George and Joseph S. Valacich. 1999. **Modern System Analysis and Design**. 2nd(ed). Reading: Addison-Wesley.

Kendall, K. E. and Kendall, J. E. 2005. **Systems Analysis and Design**. 6th (ed). Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.

Maciaszek, Leszek A. 2001. **Requirements Analysis and System Design**. Hallow : Pearson Education Limited.

Instructions for the Preparation of Manuscripts
คำชี้แจงสำหรับการเตรียมบทความตีพิมพ์

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นวารสารพิมพ์เผยแพร่ผลงานทางวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร รวมทั้งสถาบันและหน่วยงานอื่น ๆ ทั่วประเทศซึ่งจัดพิมพ์เป็นราย 12 เดือน (ปีละ 1 ฉบับ)

บทความที่ส่งมาเพื่อพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารนี้ ต้องมีคุณค่าทางวิชาการอย่างเด่นชัด จะต้องไม่เคยพิมพ์เผยแพร่ในวารสาร หรือสิ่งพิมพ์อื่นใดมาก่อน และไม่อยู่ระหว่างการพิจารณาของวารสารอื่น ทุกบทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารนี้ได้ผ่านการตรวจสอบเชิงวิชาการ และด้านภาษาจากผู้ทรงคุณวุฒิ และได้รับการสงวนสิทธิ์ตาม พรบ. ลิขสิทธิ์ พ.ศ.2521

ขอบเขต (Scope) ของวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครเป็นวารสารที่จัดพิมพ์เพื่อเผยแพร่งานวิจัยและบทความวิจัยและวิชาการของคณาจารย์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครและนักวิชาการทั่วไป รวมทั้งเป็นสื่อกลางการนำเสนอข่าวสารสาระน่ารู้แก่นักวิชาการและบุคคลทั่วไป โดยรับตีพิมพ์บทความในกลุ่มต่างๆ ดังนี้ กลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา คณิตศาสตร์/สถิติวิทยาการคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ กลุ่มสาขาแพทยศาสตร์ และที่เกี่ยวกับสุขภาพอนามัย ได้แก่ แพทยศาสตร์ ทันตแพทยศาสตร์ เภสัชศาสตร์ เทคนิคการแพทย์ กลุ่มสาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ ได้แก่ พยาบาลศาสตร์ กายภาพบำบัดวิทยาศาสตร์สุขภาพ กลุ่มสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ได้แก่ วิศวกรรมศาสตร์ สถาปัตยกรรมศาสตร์ กลุ่มสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ วนศาสตร์ และการประมง ได้แก่ สัตวแพทย์ศาสตร์ สัตวบาล ประมง วาริชศาสตร์ เกษตรศาสตร์ วนศาสตร์ผลิตภัณฑ์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร เทคโนโลยีการเกษตร ธุรกิจการเกษตร/ส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์การจัดการเทคโนโลยีการเกษตร เป็นต้น

บทความที่ตีพิมพ์ในวารสารแบ่งเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. บทความทางวิชาการ (Article) ประมาณ 5-10 หน้า ต่อบทความ
2. บทความวิจัย (Research Paper) ประมาณ 6-10 หน้า ต่อบทความ
3. บทความปริทรรศน์ (Review Article) ประมาณ 6-8 หน้า ต่อบทความ
4. บทวิจารณ์หนังสือ (Book Review) ประมาณ 1-2 หน้า ต่อบทวิจารณ์

นโยบายในการตีพิมพ์ (Publication policy) วารสารยินดีต้อนรับบทความจากนักวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทุกท่าน โดยไม่จำเป็นที่จะต้องเป็นคณาจารย์ของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ลำดับในการตีพิมพ์บทความจะเป็นไปตามลำดับของผู้ที่ได้รับการตอบรับตีพิมพ์ (accept) ก่อนหลัง เนื้อหาและข้อคิดเห็นของบทความถือเป็นของส่วนตัวของผู้เขียนเท่านั้น ไม่ใช่ของวารสารวิจัย ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะใดๆ ควรจะส่งโดยตรงไปที่ผู้เขียนบทความ

การเสนอต้นฉบับบทความเพื่อการตีพิมพ์ (Submission of manuscripts) ผู้เขียนควรจะเตรียมต้นฉบับด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เป็นที่นิยม เช่น โปรแกรม Microsoft Word เป็นต้น ตามคำชี้แจงสำหรับการเตรียมต้นฉบับของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ที่**http://www.sci.pnruweb.com/book.php** ให้นำเสนอต้นฉบับบทความจำนวน 3 ชุดส่งมาที่บรรณาธิการวารสาร ผู้เขียนจะต้องไม่เสนอต้นฉบับบทความที่ได้รับการตอบรับตีพิมพ์แล้วหรืออยู่ในระหว่างการพิจารณาของวารสารอื่นๆ

หลักเกณฑ์ในการตอบรับตีพิมพ์ (Criteria for acceptance) บทความวิจัยที่จะได้รับการตอบรับตีพิมพ์นั้น จะต้องแสดงให้เห็นถึงองค์ความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากกระบวนการวิจัยที่ถูกต้องเหมาะสม ต้นฉบับบทความจะถูกพิจารณาในขั้นแรกถึงความถูกต้องของรูปแบบทั่วไป โดยที่ต้นฉบับจะต้องใช้ภาษาที่ถูกต้องตามหลักภาษานั้นๆ จากนั้นจะถูกตรวจอ่านด้วยกรรมการผู้ตรวจอ่านผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้เขียนอาจถูกขอให้แก้ไขบทความตามคำแนะนำของผู้ตรวจอ่านและบรรณาธิการวารสาร ผลการตัดสินของบรรณาธิการให้ถือเป็นที่สุด เมื่อได้รับการตอบรับ ให้ผู้เขียนส่งต้นฉบับบทความที่ได้แก้ไขเรียบร้อยแล้วในลักษณะแฟ้มข้อมูลอิเลกทรอนิกส์ ลงในซีดีรอม ส่งมาที่ “บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร เลขที่ 9 แจ้งวัฒนะ บางเขน อนุสาวรีย์ กรุงเทพฯ10220” หรือที่อีเมล์ science.techno11@gmail.com

ต้นฉบับเตรียมตีพิมพ์ สำเนาบทความตีพิมพ์ และ ลิขสิทธิ์ (Proofs, reprints, and copyrights) ต้นฉบับเตรียมตีพิมพ์ (proof) จำนวนหนึ่งชุดจะส่งไปให้ผู้เขียนตรวจสอบก่อนการตีพิมพ์ ซึ่งควรจะเป็นแค่การแก้ไขที่คำผิดเพียงเล็กน้อย ผู้เขียนจะได้รับสำเนาบทความตีพิมพ์แล้ว (reprint) จำนวน 1 ชุด บทความที่ตีพิมพ์แล้วถือเป็นลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร แต่สามารถที่จะนำไปใช้เป็นบางส่วนได้โดยไม่ต้องขออนุญาตถ้ามีการอ้างอิงถึงอย่างเหมาะสม

รูปแบบทั่วไปของต้นฉบับบทความ (General presentation of manuscript) บทความภาษาไทยใช้ตัวอักษรTH SarabunPSK ขนาด 14 พ.บทความภาษาอังกฤษใช้ตัวอักษร TH SarabunPSK ขนาด 14 พ.ทั้งบทความโดยจัดในลักษณะการกระจายแบบไทย เนื้อหาหลักของบทความจะต้องเขียนเป็นภาษาไทยที่ถูกต้องเหมาะสมตามหลักภาษา ควรใช้ภาษาที่อ่านเข้าใจง่าย และใช้คำศัพท์บัญญัติของราชบัณฑิตยสถานหรือคำเขียนทับศัพท์แทนคำภาษาอังกฤษโดยวงเล็บภาษาอังกฤษไว้ครั้งแรกครั้งเดียว ชื่อระบบหน่วยทางวิทยาศาสตร์ให้ใช้ระบบเอสไอ (SI) เขียนด้วยคำเต็มภาษาไทย ยกเว้นในรูปภาพหรือตารางที่ให้ใช้คำย่อหรือสัญลักษณ์ได้ ให้ใช้คำว่า “ร้อยละ” หรือสัญลักษณ์ % แทนค่าร้อยละ และอนุญาตให้ใช้เครื่องหมายจุลภาค (,) ได้เฉพาะเมื่อเว้นระหว่างตัวเลขและเมื่อเว้นระหว่างชื่อคนเท่านั้น ต้นฉบับต้องพิมพ์ในกระดาษขาวขนาด A4 พิมพ์หน้าเดียว เว้นขอบซ้ายและขอบขวา 1.5 เซนติเมตร ขอบบนล่าง 2.54 เซนติเมตร และระยะห่างบรรทัดเท่ากับ1.5 lines แบ่งเป็น 2 คอลัมน์ ตั้งแต่ส่วนของบทนำและมีระยะห่างระหว่างคอลัมน์ 0.50 เซนติเมตร โดยบรรจุเนื้อหาในพื้นที่ขนาด 21 x 29.7 เซนติเมตร หลังจาก คำสำคัญ/Keywords ให้แบ่งบทความออกเป็นสองสดมภ์ ระยะห่างจากขอบกระดาษด้านต่างๆ และขนาดของสดมภ์กำหนดไว้ในตารางที่ 1 สำหรับบทความวิจัยควรมีส่วนประกอบ ดังนี้

1. ชื่อเรื่อง
2. ชื่อและที่อยู่ ผู้เขียน
3. บทคัดย่อ
4. คำสำคัญ
5. บทนำ (Introduction) ระบุความสำคัญของปัญหา ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง)
6. เนื้อหาบทความ ได้แก่ วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย (Material and Methods)
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล
(Results and Discussion) และสรุปผลการวิจัย (Conclusion)
7. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements) (ถ้ามี)
8. เอกสารอ้างอิง (References)

*บทความทางวิชาการ บทความปริทรรศน์ และบทวิจารณ์หนังสือ ไม่ต้องมีบทคัดย่อ และคำสำคัญ

ต้นฉบับบทความวิจัยให้ประกอบด้วย

- **ชื่อบทความ** (ภาษาไทย ตัวอักษร TH SarabunPSK ขนาด 20 พ.ตัวเข้ม) ซึ่งควรมีขนาดสั้น ชัดเจน ได้ใจความตรงตามเนื้อหา (ไม่ควรเกิน 70 ตัวอักษร) ถ้าบทความเป็นภาษาไทย ชื่อเรื่องต้องมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ (Times New Roman ขนาด 16 พ. ตัวเข้ม)
- **รายชื่อผู้เขียน** (ภาษาไทย ตัวอักษร TH SarabunPSK ขนาด 14 พ. ตัวเข้ม) และที่อยู่สำหรับการติดต่อทางไปรษณีย์ของผู้เขียนทุกคน ระบุด้วยตัวเลขตัวยก (ตัวอักษร TH SarabunPSK ขนาด 14 พ.ตัวเอียง) ให้ระบุผู้ที่เป็นผู้เขียนประสานงาน(correspondent author) ด้วยเครื่องหมาย * และเพิ่มเบอร์โทรศัพท์ติดต่อและเบอร์อีเมล์ด้วย
- **บทคัดย่อ** (ภาษาไทย ตัวอักษร TH SarabunPSK ขนาด 14 พ.ตัวธรรมดา) ความยาวประมาณ 200 คำ ให้มีเนื้อหาที่ย่อกระชับ แต่ให้สามารถสรุปที่มา เนื้อหาสำคัญ และข้อสรุปของทั้งบทความได้
- **คำสำคัญ** (ภาษาไทย TH SarabunPSK ขนาด ขนาด 14 ตัวธรรมดา) เฉพาะคำภาษาไทย จำนวน 3-5 คำ เรียงตามลำดับอักษร ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ถ้าเป็นภาษาอังกฤษอักษรแรกต้องเป็นตัวพิมพ์ใหญ่ และคั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาคโดยให้แปลความจากภาษาไทยเป็นภาษาอังกฤษอย่างเหมาะสมถูกต้องตามหลักภาษา

ต่อไปให้เป็นเนื้อหาบทความวิจัย เรียงลำดับจาก **บทนำ** (Introduction) **วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย** (Materials and methods) **ผลการวิจัยและการอภิปรายผล** (Results and Discussion) **สรุปผลการวิจัย**(Conclusion) **กิตติกรรมประกาศ** (Acknowledgment) (ถ้ามี) และ **เอกสารอ้างอิง** (References) **ตาราง** (Tables) และ**คำอธิบายรูป** (Figure legends) (ทั้งหมดใช้ภาษาไทย ตัวอักษร TH SarabunPSK ขนาด 14 พ.ตัวธรรมดา ยกเว้นหัวข้อหลักให้ใช้ขนาด 16 ตัวเข้ม และหัวข้อรอง ขนาด 14 ตัวเอียงเข้ม) ให้ใส่เลขหน้าในแต่ละหน้าด้วย บทนำจะต้องให้ข้อมูล เหตุผล และความสำคัญของการวิจัย รวมทั้งผลการศึกษาที่ผ่านมาและวัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้ ในส่วนของวิธีการทดลองจะต้องเขียนขั้นตอนการทดลองที่ชัดเจนเพียงพอต่อการทำการทดลองซ้ำได้ รวมทั้งไม่ควรใช้เชิงอรรค (footnote)

- เอกสารอ้างอิง การอ้างอิงเอกสารในเนื้อหาให้ใช้ตัวเลขลอยอยู่ในวงเล็บหลักจากข้อความที่อ้างถึง เรียงลำดับตัวเลขตามการปรากฏในเนื้อหา

เช่น เอทานอลที่มีความบริสุทธิ์ 99.5% ขึ้นไป [1, 5-7]

เอกสารอ้างอิงใช้ระบบการอ้างอิงในเนื้อหาบทความ แบบนาม-ปี และหน้า

นามผู้ประพันธ์, ปีที่พิมพ์. **ชื่อหนังสือ**. สถานที่พิมพ์ : สำนักพิมพ์.

นามผู้เขียนบทความ, ปีที่พิมพ์. ชื่อบทความ. **ชื่อวารสาร**, เล่มที่ : เลขหน้า :

นามผู้เขียนวิทยานิพนธ์, ปี. **ชื่อวิทยานิพนธ์**. ระดับวิทยานิพนธ์ (หรือปริญญานิพนธ์)

ถ้ามีทั้งเอกสารอ้างอิงภาษาไทยและภาษาอังกฤษให้เรียงตามลำดับอักษรและให้เอกสารอ้างอิงภาษาไทยเรียงเป็นลำดับแรก

การเขียนเอกสารอ้างอิงให้ใช้ตามตัวอย่างดังต่อไปนี้

Research article:

Sugiyama, H., Okuda, M., Matsumoto, M., Kikuchi, T., Odagiri, Y. and Tomimura, T. 1985.**Karyotypic findings of the lung fluke, Paragonimus westermani (Kerbert, 1878), in the Uda area of Naraprefecture, Japan**. Japanese Journal of Veterinary Science. 47(6): 889-893.

บทความวิจัย:

มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด, ฉลองชัย แบบประเสริฐ, กาญจนรัตน์ ทวีสุข, ชิดชม ฮิรางะ และ รจิตร จุฑากรณ์.2541. **การประเมินผลทางประสาทสัมผัสของน้ำมะม่วงพร้อมดื่มพันธุ์ลูกผสมบรรจุกระป๋อง**. อาหาร. 28 (3): 179-189.

Book:

Swofford, D.L. 1998. **PAUP*: Phylogenetic Analysis using Parsimony** (* and Other Methods) Version 4. Sinauer Associates. Sunderland. Massachusetts.

หนังสือ:

เดชา ศรีสนธิ์, จิตรา ไวคกุล และ สนั่น แย้มพุฒ. 2540. **พยาธิใบไม้ปอด.** ลิฟวิ่งทรานส์มีเดีย. กรุงเทพฯ.

<u>บทความในหนังสือ</u> :

Gerbi, J.A. 1985. **Evolution of ribosomal DNA**. In: MacIntyre, R.J. and Net, M. (eds.): Molecular Evolutionary Genetics. Plenum Inc. New York. pp. 234-245.

ต้นฉบับบทความวิจัยจะต้องมีการอ้างอิงที่มาของข้อมูล จากเฉพาะบทความที่ได้รับการตีพิมพ์หรือกำลังจะได้รับการตีพิมพ์ในเอกสารวิชาการที่เป็นที่ยอมรับเท่านั้น เช่น วารสารวิจัย หนังสือหรือตำรา วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก หรือหนังสือประชุมวิชาการระดับนานาชาติ สำหรับบทความวิชาการอื่นๆ อาจจะใช้บรรณานุกรมประกอบโดยไม่อ้างอิงในเนื้อหาได้ ส่วนบทความแปลจะต้องบอกที่มาของการแปลอย่างละเอียด

ชื่อวิทยาศาสตร์ เขียนชื่อวิทยาศาสตร์และชื่อสกุล (Generic name) ของสิ่งมีชีวิตด้วยตัวเอียง ให้ถูกต้องตามหลักการตั้งชื่อของ ICBN หรือ IZBN ควรใส่ชื่อของผู้ตั้งชื่อ (author) เมื่อเขียนถึงสิ่งมีชีวิตนั้นเป็นครั้งแรกในบทความ

ตาราง ให้พิมพ์แยกออกจากเนื้อหาของบทความ เรียงลำดับตารางด้วยตัวเลขตามลำดับที่ปรากฏในเนื้อหา พิมพ์เลขตารางและชื่อตารางที่ด้านบนของตาราง ถ้ามีเชิงอรรคจากตาราง ให้เขียนไว้ที่ด้านล่างของตาราง ระบุด้วยอักษรตัวยก

รูปภาพประกอบ ให้เตรียมรูปภาพประกอบแยกออกมาจากเนื้อหาของบทความ เรียงลำดับรูปภาพตามลำดับที่ปรากฏในเนื้อหา อ้างอิงถึงด้วยคำว่า “ภาพที่ ...” รูปภาพประกอบควรมีขนาดใหญ่ชัดเจน มีความละเอียดสูงเพียงพอแก่การตีพิมพ์ (เช่น ถ้าเป็นแบบ JPEG ควรมีขนาด 800 x 600 จุด) รวมทั้งตัวหนังสือภายในรูปภาร ควรจะเป็นตัวเข้ม เห็นได้ชัดเจนวารสารวิจัยมีข้อจำกัดที่จะตีพิมพ์เฉพาะรูปภาพที่เป็นภาพขาวดำ โดยผู้เขียนไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย ถ้าต้องการตีพิมพ์ภาพสีผู้เขียนจะต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

Journal of Science & Technology Phranakhon Rajabhat University

บทความวิชาการ

กระชายกระบี่ (Boesenbergia tenuispicata): พืชถิ่นเดียวที่ใกล้สูญพันธุ์

โองการ วณิชาชีวะ.....1

บทความวิจัย

Mathematical Model for Heat Transfer Mechanism of Cement Paste when Subjected to Microwave Energy

Natt Makul.....9

การบวมน้ำของไฮโดรเจล MHEC ฉายรังสี ที่แช่ในน้ำแตงกวา

ยุวภา สอิ้งรัมย์ ปรารถนา คิ้วสุวรรณ และสาวิตรี รุจิธนพาณิช.....15

ปัจจัยจูงใจในการเข้าศึกษาที่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

พิมชนก กมล และรวงพร ประสิทธิ์กุศล.....21

ผลของฟอสฟอรัสและค่าความเป็นกรด-เบสต่อการเจริญเติบโตและปริมาณสาร 1′ - Acetoxychavicol Acetate (ACA) ภายในข่าในสภาพการปลูกพืชไร้ดิน

คงเอก ศิริงาม ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ สรัญญา วัชโรทัย และเฉลิมพล เกิดมณี.....27

ผลของการงอก และการทำแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของงาขาว และงาดำ

สุพรรณษา อุทัยศรี และสุชาดา ไม้สนธิ์.....35

ผลของ hydropriming ต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดข้าวโพดไร่ พันธุ์สุวรรณ 5

ภัสสร วัฒนกุลภาคิน.....43

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากธัญพืชงอก

ณภาภัช ภู่สุวรรณ์ และสุชาดา ไม้สนธิ์.....49

การพัฒนาระบบสารสนเทศอพาร์ทเม้นท์ กรณีศึกษา ศศิภรณ์อพาร์ทเม้นท์

ณัฐวุฒิ พลับสกุล และสมคิด สุทธิธารธวัช.....55

http://www.pnruweb.com/sci