วารสาร วิชา

ปีที่ 37 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2561 ISSN 0125-2380
Vol.37 No.1 January – June 2018
วารสารวิชาการสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

Wichcha Journal

Nakhon Si Thammarat Rajabhat University
www.nstru.ac.th



วารสารวิชชา
WICHCHA JOURNAL
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
NAKHON SI THAMMARAT RAJABHAT UNIVERSITY

ปีที่ 37 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2561 Vol. 37 No. 1 January – June 2018

เจ้าของ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฆนัท ธาตุทอง อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
บรรณาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมรักษ์ รอดเจริญ
ผู้ช่วยบรรณาธิการ ดร.นฤมล มีบุญ

นโยบาย

1. สนับสนุนผลงานทางวิชาการของมหาวิทยาลัย
2. เผยแพร่ผลงานทางวิชาการของบุคลากรมหาวิทยาลัยและบุคคลทั่วไป
3. สร้างความรู้และองค์ความรู้ที่ถูกต้อง พัฒนาภูมิปัญญาท้องถิ่นและสากล

ขอบเขตงาน

เป็นวารสารที่ครอบคลุมสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยนำเสนอในรูปแบบบทความวิชาการและบทความวิจัย ซึ่งผู้นำเสนอบทความเป็นบุคลากรของมหาวิทยาลัยและบุคคลทั่วไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่ผลงานทางวิชาการและงานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. เพื่อเป็นสื่อส่งเสริมการสร้างความรู้และองค์ความรู้ในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
3. เพื่อเป็นเวทีนำเสนอผลงานทางวิชาการของบุคลากรในมหาวิทยาลัยและบุคคลทั่วไป

บรรณาธิการที่ปรึกษา ประกอบด้วย

ศาสตราจารย์ ดร.วิสุทธิ์ ใบไม้ ราชบัณฑิต สาขาชีววิทยา
ศาสตราจารย์ ดร.สมชาย วงศ์วิเศษ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ กาญจนกิจ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศาสตราจารย์ ดร.สมปอง เตชะโต คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ศาสตราจารย์ ดร.สังวรณ์ กิจทวี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
รองศาสตราจารย์ ดร.นภพร ทัศนัยนา นักวิชาการอิสระ อดีตรองศาสตราจารย์ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ จริยานุกูล นักวิชาการอิสระ อดีตผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

กองบรรณาธิการ ประกอบด้วย

ศาสตราจารย์ ดร.สมปอง เตชะโต	คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ศาสตราจารย์ ดร.เสาวภา อังสุภานิช	คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ศาสตราจารย์ ดร.ทวนทอง จุฑาเกตุ	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รองศาสตราจารย์ ดร.ชิตณรงค์ ศิริสถิตย์กุล	สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
รองศาสตราจารย์ ดร.วัฒนพงศ์ เกิดทองมี	สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
รองศาสตราจารย์ ดร.ศิศิโรตม์ เกตุแก้ว	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
รองศาสตราจารย์ ดร.จอมภพ แววศักดิ์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง
รองศาสตราจารย์ ดร.สุเปญญา จิตตพันธ์	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.การุณ ทองประจุแก้ว	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพงศ์ โอทอง	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมรศักดิ์ สวัสดี	สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิรักษ์ สงรักษ์	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปานจิต มุสิก	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพร เรืองอ่อน	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
ดร.พันธุ์ศักดิ์ เกิดทองมี	คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

ผู้ประเมินอิสระหรือพิชญพิจารณ์ (Peer review) ตรวจสอบทางวิชาการประจำฉบับ

รองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์สิทธิ์ จันทร์ไทย	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.จรวย สุวรรณบำรุง	สำนักวิชาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ สืบสำราญ	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.วรพจน์ ประชาเสรี	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รองศาสตราจารย์ ดร.สราวุธ จริตงาม	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จำนงค์ ธนะภพ	สำนักวิชาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวรรณ พันพิพัฒน์	สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพงศ์ โอทอง	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริรัตน์ ไพศาลสุทธิชล	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุ พร้อมพุทธางกูร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิวพร แซ่วัน	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พรหมเพรา	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอมอร สิทธิรักษ์	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอนงค์ บุญคล่อง	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
ดร.จันทวรรณ น้อยศรี	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

ฝ่ายจัดการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุจารี แก้วคง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรศักดิ์ แก้วอ่อน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมรักษ์ รอดเจริญ
นางณภัคจิรา ทิพยศุภลักษณ์
นางสาวรัชนี สุขศรีวรรณ
นางสาวอรพิมพ์ สุขคง

ปก นายสุธี โส้ปะหลาง

สำนักงาน สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
เลขที่ 1 หมู่ที่ 4 ตำบลท่างิ้ว อำเภอเมืองนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช 80280

เวปไซด์วารสาร http://journal.nstru.ac.th**,** http://www.rdi.nstru.ac.th

กำหนดเผยแพร่ เผยแพร่ปีละ 2 ฉบับ (ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน และฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม)

พิมพ์ที่ โรงพิมพ์อักษรการพิมพ์
3/39 หมู่ที่ 1 ถนนกะโรม ตำบลโพธิ์เสด็จ อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80000
โทร. 075-342-801

ข้อกำหนดเฉพาะของวารสาร

1. บทความที่ลงตีพิมพ์ทุกเรื่องได้รับการตรวจสอบทางวิชาการ โดยผู้ประเมินอิสระหรือพิชญพิจารย์ (Peer review) ที่มีความเชี่ยวชาญจำนวนบทความละ 2 ท่าน
2. ข้อคิดเห็นใดๆ ของบทความที่ลงตีพิมพ์ในวารสารวิชชาฉบับนี้เป็นของผู้เขียน คณะผู้จัดทำวารสารไม่จำเป็นต้องเห็นด้วย
3. กองบรรณาธิการวารสารวิชชาไม่ได้สงวนสิทธิ์การคัดลอกแต่ให้อ้างอิงแสดงที่มา

ISSN 0125-2380

สารบัญ

หน้า

การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการประเมินความเสี่ยงการเกิดแผ่นดินถล่มจากอุทกภัยและน้ำป่าไหลหลาก: กรณีศึกษา อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช 1
อรอนงค์ บุญคล่อง

การคัดแยกแบคทีเรียที่ผลิตฮีสทามีนและการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์อาหารทะเลหมักในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช 12
ลัญจกร จันทร์อุดม และ มณฑกานต์ ทองสม

การศึกษาคุณภาพน้ำดื่มจากจุดบริการน้ำดื่มภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช 25
ปิยวรรณ เนื่องมัจฉา โสภนา วงศ์ทอง พงศธร ปานทอง และ นพมาศ จงสวัสดิ์วัฒนา

ความรู้และทัศนคติที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ตำบลเกาะสะท้อน อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส 38
อร่าม อามีเราะ และ อมรศักดิ์ โพธิ์อ่ำ

บทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 50
วรรษมล ชนะศิลป์ ไพฑูรย์ พิมดี และ ฐิยาพร กันตาธนวัฒน์

เงื่อนไขจำเป็นและเพียงพอสำหรับการแปลงเชิงเส้นขยายซ้ายและขยายขวา 62
รณสรรพ์ ชินรัมย์ ศรายุธ มั่นคงวิวัฒน์ และ สำรวม บัวประดิษฐ์

การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าซังข้าวโพด 69
เจษฎาพงษ์ หาญสุทธิเวชกุล วิภาวรรณ อุตรชน วีรณัฐ นันต๊ะพรม
อภิญญา นวลศรีใส และ มงคลกร ศรีวิชัย

การศึกษาเถ้าปาล์มน้ำมันเพื่อผลิตแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า 81
เตือนใจ ปิยัง กัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์ และ อเนก สาวะอินทร์

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ 95
แบบเสนอขอส่งบทความตีพิมพ์ลงในวารสารวิชชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช 103
ใบสมัครสมาชิกวารสารวิชชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช 105

การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการประเมินความเสี่ยงการเกิดแผ่นดินถล่มจากอุทกภัยและน้ำป่าไหลหลาก: กรณีศึกษาอำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช

Application of Mathematical Model in Landslide Risk Assessment from Waterflood and Flash: A Case Study of Nopphitam District, Nakhon Si Thammarat Province

อรอนงค์ บุญคล่อง[1*]
Ornanong Boonklong[1*]

บทคัดย่อ

การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ API (Antecedent Precipitation Index) เพื่อใช้ในการเตือนภัยน้ำท่วมและแผ่นดินถล่ม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (API model) สำหรับวัดปริมาณน้ำในพื้นที่ต้นน้ำ เพื่อการเตือนอุทกภัย และกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินถล่ม ในพื้นที่ ตำบลกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช ในช่วงเดือน พฤศจิกายน ถึง ธันวาคม 2557 ข้อมูลที่ใช้คือ ปริมาณน้ำฝน อัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำ ความชื้นในดิน และการคายระเหยของดินของพื้นที่ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองของ Linsely ในบทความนี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ข้อมูล และพัฒนาไปเป็น 2 แบบจำลอง โดยวิเคราะห์ตามสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกันแต่อยู่ในพื้นที่เดียวกัน คือ สภาวะแวดล้อมบนพื้นดิน กับในลำน้ำ ผู้วิจัยได้แสดงผลการวิจัย ด้วยภาพจากโปรแกรม Mathematica ผลการวิจัยพบว่า API จากแบบจำลองทั้งสองแบบแตกต่างกันไม่มาก และมีความสอดคล้องกับสภาพจริง โดยเฉพาะเมื่อฝนตกหนักหรือฝนตกต่อเนื่องเป็นเวลานาน ทำให้ค่า API สูงขึ้นด้วย แสดงว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ API มีความแม่นยำ และเหมาะสมกับพื้นที่ต้นน้ำ

คำสำคัญ: ดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (API: Antecedent Precipitation Index) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ การประเมินความเสี่ยงการเกิดน้ำป่าไหลหลากและแผ่นดินถล่ม การเตือนภัยน้ำท่วมแผ่นดินถล่ม

[1] สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

[*] Corresponding author e-mail: bkornanong@gmail.com

Abstract

The application of Mathematical model API (Antecedent Precipitation Index) for warning the locals of floods using API stream flow and landslide area. The purpose of this study aimed at: developing the Mathematical model API applicable for measuring the flood water source area, flood warning and locate the risky area for flooding in Nopphitam District, Nakhon Si Thammarat Province. The study period was from November to December 2014. The data was collected by installing data collection instrument measuring daily rainfall, daily water level and daily rate of water flow. The data analysis was proved by using the Mathematical model developed from Linsley model can be separated to 2 values and developed to 2 API models due to the analysis of the surrounding area such as on the ground and stream. The result shows that both of the API models are similar and relate to the real situation. It can be concluded that API models are accurate and suit for predicting flooding in the risky area. The researcher can take the results from the model to create the figure by using Mathematica Program in order to predict flood warning in the study area and river mouth area.

Keywords: Antecedent Precipitation Index (API: Antecedent Precipitation Index), Mathematical model, risk of flooding and landslide, flash-flood and flood warning

บทนำ

ปัจจุบันประชากรของประเทศได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจึงทำให้เริ่มขาดแคลนที่อยู่อาศัยและที่ทำกิน เป็นสาเหตุให้มีการขยายที่อยู่อาศัยและที่ทำกินโดยการทำลายทรัพยากรธรรมชาติมากขึ้น และผลที่ตามมาคือภัยพิบัติทางธรรมชาติ เช่น น้ำท่วม ดินโคลนถล่ม ที่เกิดขึ้นอย่างรุนแรงที่ตำบลกะทูน อำเภอพิปูน จังหวัดนครศรีธรรมราช ในปี พ.ศ. 2531 ทำให้มีผู้เสียชีวิตและสูญหายกว่า 100 คน (ทีมข่าวภูมิภาคโพสต์ทูเดย์, 2558) และช่วงปลายเดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 ส่งผลให้มีราษฎรเดือดร้อน 310,406 คน (Keetacha, 2554) และครั้งล่าสุดเมื่อวันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 ซึ่งภัยพิบัติทางธรรมชาติครั้งนี้ได้สร้างความเดือดร้อนให้กับประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณที่ลาดเชิงเขา โดยในจังหวัดนครศรีธรรมราชมีพื้นที่ได้รับผลกระทบจำนวน 18 ตำบล 47 หมู่บ้าน ประชาชนได้รับความเดือดร้อน 82,224 คน (ไทยรัฐออนไลน์, 2556) และหนึ่งในนั้นรวมถึงตำบลกรุงชิง และตำบลนบพิตำ จากสภาพปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยได้ตระหนักถึงความปลอดภัยของประชาชนในพื้นที่เสี่ยงภัย จึงหาวิธีสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อแสดงค่าดัชนีความชื้น (API) ที่มีคุณภาพและเหมาะสมกับพื้นที่ดังกล่าวโดยวิเคราะห์สภาพแวดล้อมโดยทั่วไป แบ่งแบบจำลองได้ 2 ลักษณะคือ แบบจำลอง

ที่ใช้ข้อมูล สภาวะแวดล้อมบนพื้นดิน โดยใช้ข้อมูลความชุ่มชื้นของดิน และปริมาณน้ำฝนกับ สภาวะแวดล้อมในน้ำจากลำน้ำ โดยใช้ข้อมูลความสัมพันธ์ของความแรงของกระแสน้ำกับความกว้างของลำคลองและได้เปรียบเทียบทั้ง 2 ลักษณะ ทำให้ได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ API ที่มีความแม่นยำยิ่งขึ้นและสอดคล้องกับสภาพจริงซึ่งสามารถใช้เตือนภัยล่วงหน้าให้กับประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัย เพื่อป้องกันหรือบรรเทาความเดือดร้อนจากภัยพิบัติทางธรรมชาติดังกล่าว ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อแสดงดัชนีความชุ่มชื่นในดิน (API model) ที่ปรับแก้เหมาะสมกับพื้นที่ และเพื่อกำหนดระดับการเสี่ยงภัย แจ้งเตือนอุทกภัย แผ่นดินถล่ม ในพื้นที่อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา พื้นที่ต้นน้ำ ตำบลกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราชเป็นที่ราบในหุบเขา ลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบสลับกับภูเขาสูงในเขตอุทยานแห่งชาติเขาหลวง และอุทยานแห่งชาติเขานัน มีป่าไม้อุดมสมบูรณ์ เป็นแหล่งต้นน้ำลำธารหลายสาย (องค์การบริหารส่วนตำบลกรุงชิง, 2557) เคยเป็นพื้นที่ประสบอุทกภัยครั้งใหญ่หลายครั้ง และล่าสุดเมื่อวันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2557) ซึ่งภัยพิบัติทางธรรมชาติดังกล่าวได้สร้างความเดือดร้อนให้กับประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณที่ลาดเชิงเขาและพื้นที่ใกล้เคียงบริเวณที่ลุ่มใกล้คลองกลาย อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช

2. การรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อมบนดินคือ

2.1 ปริมาณน้ำฝน โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน ที่วัดได้จากเครื่องวัดสภาพอากาศจากเครื่องมือวัด 2 ชุด โดยที่ชุดที่ 1 เครื่องมือวัดสภาพอากาศ ยี่ห้อ DAVIS Weather Station Model: WS-6152 Vantage Pro2 ซึ่งติดตั้งที่พิกัด *N*8°47.8644’*E*99°34.7832’ และชุดที่ 2 เครื่องมือวัดสภาพอากาศของกรมทรัพยากรธรณี (Department of Mineral Resources; MDR) ซึ่งติดตั้งบริเวณหน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติเขานันที่ 1 (คลองกลาย) ซึ่งห่างกันประมาณ 700 เมตร ในพื้นที่หมู่ 6 ตำบลกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช ตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน 2557 ถึงเดือน ธันวาคม 2557 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันที่วัดได้จากเครื่องวัดสภาพอากาศทั้ง 2 ชุด มีค่าใกล้เคียงกัน สำหรับข้อมูลความชื้นในดินที่ได้จากเครื่องมือชุดที่ 1 ที่ระดับความลึกต่างกัน 4 ระดับ จะอยู่ในช่วง 0–20 cb. โดยค่าเป็น 0 cb. หมายถึง ดินอิ่มตัว และค่า 20 cb. หมายถึง ดินแห้ง ส่วนเครื่องมือชุดที่ 2 เครื่องวัดสภาพอากาศจากกรมทรัพยากรธรณีจะอาศัยหลักการที่ว่า น้ำเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี และอ่านค่าความนำไฟฟ้า ถ้านำไฟฟ้ามากแสดงว่าดินชื้นมาก แต่ถ้าการนำไฟฟ้าน้อยแสดงว่าดินชื้นน้อย เครื่องวัดสภาพอากาศทั้ง 2 ชุด ใช้เซ็นเซอร์ในการวัดความชื้นในดินแตกต่างกัน ทำให้ได้ค่าความชื้นในดินที่มีค่าและหน่วยต่างกันจึงทำให้ไม่สามารถนำค่าที่วัดได้มาใช้ร่วมกันได้ และข้อมูลการคายระเหยที่วัดได้จากเครื่องมือชุดที่ 1 จะมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร แต่เครื่องมือชุดที่ 2 เครื่องวัดสภาพอากาศจากกรมทรัพยากรธรณีไม่สามารถวัดค่าอัตราการคายระเหยได้เนื่องจากไม่มีเซ็นเซอร์ในการวัด สำหรับข้อมูลสภาพแวดล้อมในน้ำจะใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝน อัตราการไหลของน้ำท่า และระดับน้ำ รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน อัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่า และระดับ

น้ำท่าสูงสุดจากสถานีวัดระดับน้ำ โดยใช้เครื่องมือแบบอัตโนมัติที่คำนวณอัตราการไหล ใช้การคำนวณด้วยตัวเซนเซอร์ส่งผลโดยอัตโนมัติ ติดตั้งบนสะพานในพื้นที่บ้านเปียน ซึ่งทำความร่วมมือกับบริษัทเอกตรีม และกรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

2.2 การวิเคราะห์ค่าดัชนีความชุ่มชื้น (API) เนื่องจากแบบจำลองจำแนกตามข้อมูลที่ใช้แบ่งเป็น 2 โมเดล เครื่องมือจึงแบ่งเป็น 2 ลักษณะดังนี้

ลักษณะที่ 1 แบบจำลองที่ใช้ข้อมูลสภาพแวดล้อมบนพื้นดิน การสร้างแบบจำลองโดยนำข้อมูลค่าความชื้นในดิน และการคายระเหยที่วัดได้จากเครื่องมือชุดที่ 1 เครื่องวัดสภาพอากาศมาคำนวณหาค่า K โดยที่ค่า K หาได้จากความสัมพันธ์ของ Choudhury and Blanchard (1983) คือ

$K_t = \exp(- E_t / W)$ ..... (1)

เมื่อ E_t คือ การคายระเหย ณ เวลาใดๆ และW คือ ความชื้นในดินที่สามารถระเหยได้

การหาค่า K รายวันโดยการแทนค่า E_t และ W จากค่าที่ได้จากเครื่องวัดสภาพอากาศในเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนธันวาคม 2557 ซึ่งจะมีค่า W เป็น 4 ค่า แบ่งตามระดับของชั้นดินคือ ชั้นที่ 1 ชั้นที่ 2 ชั้นที่ 3 และ ชั้นที่ 4 มีความลึก 30, 50, 70 และ 100 เซนติเมตร ตามลำดับ จะทำให้ได้ค่า K เป็นจำนวน 4 ค่าด้วยกัน

สำหรับค่าความชื้น โดยในวันเดียวกันค่าความชื้นที่วัดได้ของดินแต่ละชั้นยิ่งน้อย หมายถึงดินชั้นนั้นจะมีสภาวะอิ่มตัวสูง และเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมและแผ่นดินถล่ม ในขณะเดียวกันค่า K จะผกผันกันกับสภาวะความชื้นของดินในแต่ละชั้น คือ เมื่อชั้นดินที่มีความชื้นสูงจะทำให้ค่า K ต่ำลง และเมื่อค่าความชื้นที่วัดได้เป็นศูนย์จะหมายถึง ดินมีความชื้นสูงสุด แต่ไม่สามารถนำมาคำนวณค่า K ได้ ค่าที่ได้จึงไม่สอดคล้องกับความสัมพันธ์ของ Choudhury and Blanchard (1983) ที่กล่าวว่าเมื่อความชื้นในดินสูงขึ้นค่า K จะสูงขึ้นด้วย ฉะนั้นผู้วิจัยจึงได้กำหนดค่าความชื้นของดินขึ้นใหม่และนำมาใช้ในการคำนวณเพื่อให้สอดคล้องกับความสัมพันธ์ของ Choudhury and Blanchard (1983)

จากนั้นผู้วิจัยจึงได้นำค่าที่กำหนดขึ้นมาใช้คำนวณหาค่า K ของดินทั้ง 4 ชั้นในแต่ละวัน ผลที่ได้ปรากฏว่าชั้นดินที่มีความชื้นมากกว่าจะได้ค่า K มากกว่าชั้นดินที่มีความชื้นน้อยกว่า ทำให้ค่า K ที่ได้มีความสอดคล้องกับความสัมพันธ์ของ Choudhury and Blanchard (1983) นั่นคือ ชั้นดินที่มีความชื้นสูง ค่า K จะสูงด้วย และเพื่อให้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ API ใช้ในการเตือนภัยน้ำท่วม และแผ่นดินถล่มมีความแม่นยำมากขึ้นผู้วิจัยได้หาค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (API) และกำหนดระดับการเสี่ยงภัย จะเห็นว่าค่า API เป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณน้ำในชั้นดินที่ดินอุ้มน้ำไว้ ณ เวลาใดๆ ซึ่งสามารถประเมินได้โดยอาศัยปัจจัยความชื้นในดิน (soil moisture) กับปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละวันหรือแต่ละช่วงเวลา (กรมทรัพยากรน้ำ, 2548) ดังสมการแบบจำลองของ Linsley, R. K., Kohler, M. A., & Paulhus, J.L.H. (1949*).*

$API_t = (K_t \times API_{t-1}) + P_t$..... (2)

เมื่อ API_t คือ API ณ เวลาใดๆ API_{t-1} คือ API ของเวลาก่อนหน้า P_t คือ ปริมาณน้ำฝน ณ เวลา (มิลลิเมตร) และ K_t คือ ค่าคงตัว (มิลลิเมตร)

การหาค่า API จากแบบจำลองจะแทนค่าลงในสมการและนำเข้าข้อมูลค่า K ที่ได้รวบรวมไว้ ค่า API_{t-1} เป็นค่า API ของวันก่อนหน้า และ P_t เป็นค่าปริมาณน้ำฝนรายวัน แทนในสมการ เพื่อคำนวณหาค่า API ของดินแต่ละชั้น

ลักษณะที่ 2 แบบจำลองที่ใช้ข้อมูลสภาพแวดล้อมจากน้ำในลำน้ำ ซึ่งค่า K หาได้จากการนำข้อมูลความสูงของระดับน้ำท่าในแต่ละช่วงเวลามาแปลงเป็นอัตราการไหลของน้ำท่าด้วย Rating Curve หาค่า Recession Constant (K) ของน้ำท่าในแต่ละช่วงเวลาของอัตราการไหลของน้ำท่า ดังสมการ

$K_t = Q_t / Q_{t-1}$..... (3)

เมื่อ Q แทน อัตราการไหล ณ เวลาใดๆ (ลูกบาศก์เมตร/วินาที) และ Q_{t-1} แทน อัตราการไหลของเวลาก่อนหน้า (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)

สำหรับค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน API เป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณน้ำในชั้นดินที่ดินอุ้มน้ำไว้ ณ เวลาใดๆ ซึ่งสามารถประเมินได้โดยอาศัยอัตราการไหลของน้ำท่า กับปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละวันหรือแต่ละช่วงเวลา (กรมทรัพยากรน้ำ, 2548.) ดังสมการที่ 2 โดยการนำเข้าข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน อัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุดรายวัน ที่ได้รวบรวมไว้มาคำนวณหาค่า API รายวัน แสดงผลด้วยโปรแกรม Mathematica (อรอนงค์ บุญคล่อง, 2552)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน ค่า API และปริมาณน้ำท่าจากการนำเข้าข้อมูลค่า K จากแบบจำลองลักษณะที่ 2 ใช้ข้อมูลสภาพแวดล้อมของน้ำในลำน้ำ จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่า API รายวัน ผลปรากฏว่าค่า API เปลี่ยนแปลงตามอัตราการไหลของน้ำที่ไหลในลำคลองที่เกิดขึ้นหลังจากฝนตกในแต่ละวัน และจากการนำเข้าข้อมูลค่า K จากแบบจำลองลักษณะที่ 1 ใช้ข้อมูลสภาพแวดล้อมบนดิน จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่า API รายวันของดินแต่ละชั้น ผลปรากฏว่าค่า API ของดินในชั้นที่ 4 สูงกว่าชั้นอื่นๆ ในช่วงเวลาเดียวกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้ค่า API ของดินชั้นที่ 4 ทำการเปรียบเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของน้ำที่ไหลในลำคลองที่เกิดขึ้นหลังจากฝนตกในแต่ละวัน รวมถึงการดำรงชีวิตของชาวบ้านในอำเภอนบพิตำที่อาศัยอยู่ในที่ราบลุ่มใกล้ลำคลอง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับการเสี่ยงภัย

สถานการณ์แต่ละวัน	ระดับการเสี่ยงภัย
ฝนตกเล็กน้อยความขุ่นของน้ำไม่ต่างจากเดิม	ปลอดภัย
ฝนตกเล็กน้อยความขุ่นของน้ำเพิ่มขึ้น	เฝ้าระวัง ระดับ 1
ฝนตกค่อนข้างหนักความขุ่นของน้ำเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง	เฝ้าระวัง ระดับ 2
ฝนตกหนักและเป็นเวลานานความขุ่นของน้ำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว	เตรียมพร้อม
ฝนตกหนักและเป็นเวลานานความขุ่นของน้ำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีซากต้นไม้ กิ่งไม้ใหญ่ สัตว์ป่า ลอยมา	อพยพ

ที่มา: กอบเกียรติ ผ่องพุฒิ (2555)

ดังนั้นการกำหนดระดับการเสี่ยงภัยโดยการเปรียบเทียบค่า API กับลักษณะการไหลและความขุ่นข้นของน้ำที่เกิดขึ้นจากการตกของฝนในแต่ละวันและการดำรงชีวิตของชาวบ้านในพื้นที่ดังกล่าว เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจประกอบการเตือนภัย

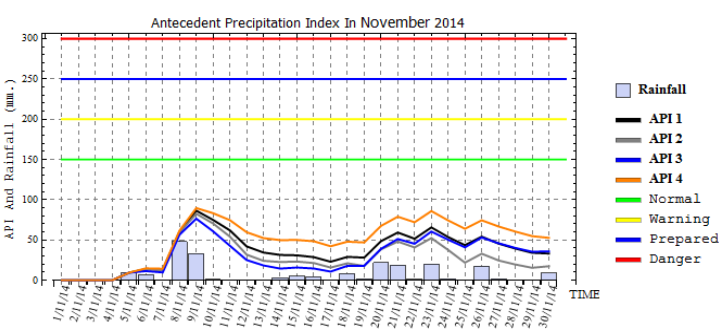
ผลการวิจัย

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประเมินความเสี่ยงของการเกิดแผ่นดินถล่ม จากอุทกภัยและน้ำป่าไหลหลากบริเวณลุ่มน้ำต้นกำเนิดจากเทือกเขานครศรีธรรมราชแบ่งผลการวิจัยออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

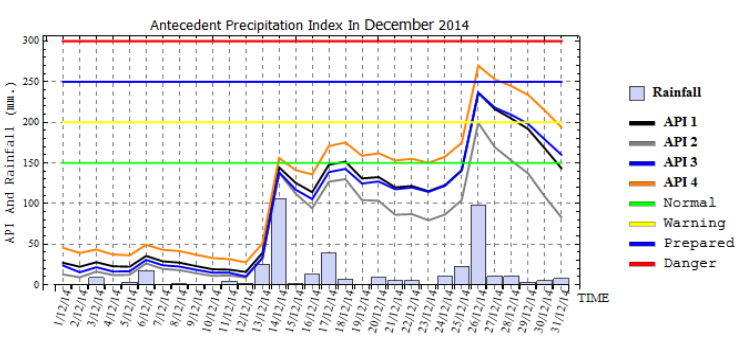
1. แบบจำลองที่ใช้ข้อมูลสภาพแวดล้อมบนพื้นดิน

ผลจากแบบจำลอง ทางคณิตศาสตร์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1.1 ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (API) พบว่าค่า API จะเปลี่ยนแปลงตามสภาพอากาศรายวัน คือ เมื่อมีฝนตกจะทำให้ดินมีความชื้นเพิ่มขึ้น ค่าการคายระเหยจะน้อยลง ส่งผลให้ค่า K สูงขึ้น และจะทำให้ได้ค่า API รายวันสูงขึ้นด้วย ในขณะเดียวกันถ้าปริมาณฝนลดลง จะทำให้ดินมีความชื้นลดลงแต่ค่าการคายระเหยจะเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า K ต่ำลง และจะทำให้ได้ค่า API รายวันค่อยๆ ลดลงด้วย ซึ่งจะสอดคล้องกับสภาพอากาศรายวันจริงๆ ของพื้นที่ดังกล่าว แสดงความสัมพันธ์ด้วยกราฟจากสมการดังภาพที่ 1 และ ภาพที่ 2



ภาพที่ 1 ค่า API ของแต่ละชั้นดินและระดับการเสี่ยงภัยประจำเดือนพฤศจิกายน 2557



ภาพที่ 2 ค่า API ของแต่ละชั้นดินและระดับการเสี่ยงภัยประจำเดือนธันวาคม 2557

จากภาพที่ 1 และภาพที่ 2 แสดงปริมาณน้ำฝนด้วยกราฟแท่ง และผลจากแบบจำลอง API แสดงดัชนีความชุ่มชื้นในแต่ละชั้นดินจะได้กราฟเส้นมีสีที่แตกต่างกันของชั้นดินทั้ง 4 ชั้น จะพบว่าปริมาณน้ำฝน (rainfall) มีอิทธิพลต่อค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน นั่นคือ ช่วงเวลาที่ปริมาณน้ำฝนขึ้นสูงค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินทั้ง 4 ชั้นจะสูงด้วย และช่วงเวลาที่ปริมาณน้ำฝนลดลงค่าดัชนีความ

ชุ่มชื้นของดินทั้ง 4 ชั้นจะลดลงด้วย สังเกตเห็นได้จากช่วงวันที่ 8 และ 9 เดือนพฤศจิกายน 2557 ส่วนวันที่ 14 วันที่ 17 และวันที่ 26 เดือนธันวาคม 2557 ที่มีปริมาณน้ำฝนสูงและค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินทั้ง 4 ชั้นดินจะสูงด้วย หลังจากนั้นเมื่อปริมาณน้ำฝนลดลงค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินจะลดลงตามลำดับ

1.2 ระดับการเสี่ยงภัย กำหนดโดยการเปรียบเทียบค่า API กับลักษณะการไหลและความขุ่นข้นของน้ำที่เกิดขึ้นจากการที่ฝนตกและปริมาณน้ำฝนในแต่ละวัน และการตื่นตัวของชุมชนในพื้นที่ดังกล่าว เพื่อเป็นตัวกำหนดเกณฑ์ในการตัดสินใจประกอบการเตือนภัย ผลที่ได้สรุปดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ระดับการเสี่ยงภัยจากแบบจำลอง

สถานการณ์แต่ละวัน	ค่า API		ระดับการเสี่ยงภัย
	แบบจำลอง*	แบบจำลอง**	
ฝนตกเล็กน้อยความขุ่นของน้ำไม่ต่างจากเดิม	< 150	< 200	ปลอดภัย
ฝนตกเล็กน้อยความขุ่นของน้ำเพิ่มขึ้น	151 - 200	201 - 400	เฝ้าระวัง ระดับ 1
ฝนตกค่อนข้างหนักความขุ่นของน้ำเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง	201 - 250	401 - 600	เฝ้าระวัง ระดับ 2
ฝนตกหนักและเป็นเวลานานความขุ่นของน้ำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว	251 - 300	601 - 800	เตรียมพร้อม
ฝนตกหนักและเป็นเวลานานความขุ่นของน้ำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีซากต้นไม้ กิ่งไม้ใหญ่ สัตว์ป่า ลอยมา	> 300	> 800	อพยพ

*ใช้ข้อมูลสภาพแวดล้อมบนพื้นดิน

**ใช้ข้อมูลสภาพแวดล้อมของน้ำในแม่น้ำลำคลอง

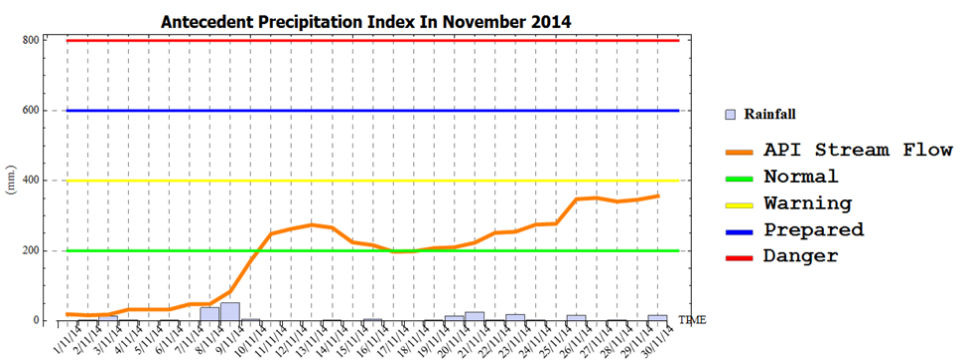
ผู้วิจัยได้แสดงภาพความสัมพันธ์รายวันระหว่างค่าปริมาณน้ำฝน กับผลจากแบบจำลองจากสมการที่ 1 ที่แสดงดัชนีความชุ่มชื้นในแต่ละชั้นดิน พร้อมทั้งระดับการเสี่ยงภัย เพื่อประกอบการตัดสินใจ ดังตัวอย่างที่แสดงไว้ในภาพที่ 1 และ ภาพที่ 2 จะพบว่าเดือนพฤศจิกายน 2557 ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดินจะอยู่ในระดับปกติ แต่ในเดือนธันวาคม โดยเฉพาะในวันที่ 14 ปริมาณน้ำฝนมีค่าสูงทำให้ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (API) จะอยู่ในระดับเฝ้าระวัง และมีฝนตกอย่างต่อเนื่องจนถึง

วันที่ 26 ในเดือนเดียวกัน ปริมาณฝนตกที่ต่อเนื่องส่งผลต่อค่า K (ค่า K มีปัจจัยจากการคายระเหยและความชื้นในดิน) ทำให้ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (API) สูงขึ้นอยู่ในระดับเตรียมพร้อม

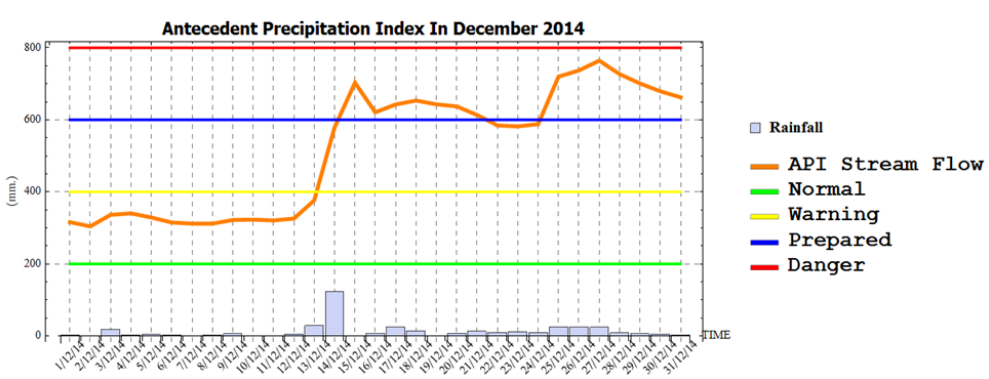
2. แบบจำลองที่ใช้ข้อมูลสภาพแวดล้อมของน้ำในแม่น้ำลำคลอง

ผลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ API หรือ ค่าดัชนีความชุ่มชื้นในดิน พบว่า ค่า API จะเปลี่ยนตามสภาพอากาศรายวัน คือ เมื่อมีฝนตกจะมีน้ำที่เกินจากการซึมลงในพื้นดินไหลลงมารวมกันในที่ลุ่ม และไหลลงสู่ลำน้ำหากมีปริมาณฝนมาก อัตราการไหลของน้ำท่าจะมากตามไปด้วย ทำให้ ค่า API รายวันสูงขึ้นในขณะเดียวกันถ้าปริมาณฝนลดลงจะทำให้ ค่า API รายวันค่อยๆ ลดลงด้วย ซึ่งสอดคล้องกับสภาพอากาศรายวันของพื้นที่ดังกล่าว ดังนั้นจะนำผลจากแบบจำลองไปวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

2.1 ค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (API) จากภาพที่ 3-4 พบว่า กราฟ API จะเพิ่มสูงขึ้นช่วงแรก ตั้งแต่วันที่ 9 พฤศจิกายน 2557 เป็นต้นไปและเริ่มลดลงในวันที่ 1 ธันวาคม 2557 ช่วงที่สองตั้งแต่วันที่ 13 ธันวาคม 2557 เป็นต้นไป และเริ่มลดลงในวันที่ 18 ธันวาคม 2557



ภาพที่ 3 ค่า API รายวัน ที่ใช้ค่าอัตราการไหลของน้ำท่า และระดับการเสี่ยงภัยเดือนพฤศจิกายน 2557



ภาพที่ 4 ค่า API รายวัน ที่ใช้ค่าอัตราการไหลของน้ำท่า และระดับการเสี่ยงภัยเดือนธันวาคม 2557

จากภาพที่ 3-4 พบว่า กราฟ API จะเพิ่มสูงขึ้นช่วงแรก ตั้งแต่วันที่ 9 พฤศจิกายน 2557 เป็นต้นไปและเริ่มลดลงในวันที่ 1 ธันวาคม 2557 ช่วงที่สองตั้งแต่วันที่ 13 ธันวาคม 2557 เป็นต้นไป และเริ่มลดลงในวันที่ 18 ธันวาคม 2557

2.2 ระดับการเสี่ยงภัย โดยการเปรียบเทียบค่า API กับลักษณะการไหลและความขุ่นของน้ำ เกิดขึ้นจากการตกของฝนในแต่ละวัน ปริมาณน้ำฝนในแต่ละวัน และการดำรงชีวิตของชาวบ้านในพื้นที่ดังกล่าว เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจประกอบการเตือนภัย ผลที่ได้สรุปเป็นตารางดังตารางที่ 2 แบบจำลองที่ใช้ข้อมูลสภาพแวดล้อมของน้ำในแม่น้ำลำคลอง ผู้วิจัยได้แสดงค่า API รายวันและระดับการเสี่ยงภัยเพื่อประกอบการตัดสินใจด้วยกราฟเส้น ดังภาพที่ 3 และภาพที่ 4 แล้วพบว่า เมื่อมีปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในบริเวณดังกล่าวมาก หรือมีมวลน้ำจากแม่น้ำสาขาตอนบนไหลมารวมกันมาก ส่งผลให้อัตราการไหลของน้ำท่าจะเริ่มเพิ่มขึ้น สามารถแบ่งออกเป็นสองช่วงคือ ช่วงแรกอัตราการไหลจะเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 9 พฤศจิกายน 2557 เป็นต้นไปและเริ่มลดลงในวันที่ 1 ธันวาคม 2557 ช่วงที่สองอัตราการไหลจะเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 13 ธันวาคม 2557 เป็นต้นไป และเริ่มลดลงในวันที่ 27 ธันวาคม 2557

อภิปรายผลการวิจัย

การตรวจสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ API รายวันตลอดระยะเวลา 2 เดือนคือ เดือนพฤศจิกายนและเดือนธันวาคม 2557 โดยการใช้เครื่องมือ 2 ชุด (2 พื้นที่) พบว่าค่า API ที่ได้จากแบบจำลองทั้งสองสอดคล้องกันคิดเป็นร้อยละ 65.57 และมีข้อสังเกตว่า API ของน้ำท่าสูงกว่าอาจจะเป็นเพราะพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ตอนบนและมีระยะห่างกันประมาณ 7 กิโลเมตรและพื้นที่ศึกษาเป็นจุดรวมน้ำจากลำคลองหลายสาย นอกเหนือจากนั้นยังพบว่าทุกช่วงค่า API ของอัตราการไหลของน้ำท่าจะใช้เวลานานกว่าค่า API ของความชื้นในดินทุกช่วง ค่า API ที่ได้จากแบบจำลองสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการเตือนภัยการเกิดน้ำท่วมและแผ่นดินถล่มได้ เพราะว่าในช่วงเวลาดังกล่าวพื้นที่ที่มีค่า API สูง และมีความลาดชันมากกว่าบริเวณใกล้เคียงจะยิ่งมีความเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินถล่มสูงกว่าพื้นที่ในที่ลุ่ม สำหรับพื้นที่ลุ่มจะมีโอกาสเกิดน้ำท่วมสูงตามไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อฝนตกหนัก หรือฝนตกต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน ในช่วงเวลาดังกล่าวนี้ดินส่วนใหญ่จะมีความชุ่มชื้นมากทำให้ดูดซับน้ำฝนได้น้อย เมื่อฝนตกลงมาน้ำที่เหลือและไหลออกมามีปริมาณมากจึงมีโอกาสทำให้เกิดน้ำท่วมและแผ่นดินถล่มได้ง่าย (พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุติกุล สำเริง ปานอุทัย และพิณทิพย์ ธิติโรจนะวัฒน์, 2554) ข้อเสนอแนะการวิจัยจากสภาพแวดล้อมในน้ำจากแม่น้ำลำคลองควรติดตั้งสถานีวัดระดับน้ำเพิ่มเติมในบริเวณสะพานปากลง เขตหมู่บ้านปากลง หมู่ที่ 6 ตำบลกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช เพราะเป็นจุดรวมน้ำจากต้นคลองกลาย คลองเลข คลองผด และคลองวาด เพื่อใช้เตือนภัยล่วงหน้าการเกิดน้ำท่วมและแผ่นดินถล่มให้ประชาชนเพื่อป้องกันหรือบรรเทาความเดือดร้อนจากภัยพิบัติทางธรรมชาติ ได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

สรุปผลการวิจัย

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ API เพื่อการเตือนภัยน้ำท่วมและแผ่นดินถล่มที่เหมาะสมกับพื้นที่ต้นน้ำ อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช ดังสมการที่ 2 และ ค่า K_t คือ ค่าคงตัว (มิลลิเมตร) ที่มีใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ความชื้นในดิน การคายระเหยของดิน อัตราการไหลของน้ำท่ารายวันตั้งแต่ เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2557 ในพื้นที่ศึกษาคือตำบลกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช ค่า API ที่ได้สอดคล้องกับสภาพจริงโดยเฉพาะเมื่อฝนตกหนัก หรือฝนตกต่อเนื่องเป็นเวลานานจะทำให้ค่า API สูงขึ้นด้วย ทำให้เห็นว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ API มีความแม่นยำและเหมาะสมที่ใช้กับพื้นที่ต้นน้ำ ผลจากแบบจำลองสามารถนำไปใช้เตือนภัยให้กับประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยในเขตพื้นที่ศึกษาได้ด้วยภาพจากโปรแกรม Mathematica (อรอนงค์ บุญคล่อง, 2552) จะช่วยให้ประชาชนหรือผู้สนใจได้ตัดสินใจได้ถึงการ “ปลอดภัย” “เฝ้าระวัง” “เตรียมพร้อม” หรือ “อพยพ” เป็นการป้องกันหรือบรรเทาความเดือดร้อนจากภัยพิบัติทางธรรมชาติให้กับชุมชนได้ระดับหนึ่ง

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรน้ำ. (2548). *โครงการกำหนดค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (Antecedent Precipitation Index: API) เพื่อสนับสนุนการเตือนภัยล่วงหน้าน้ำท่วมฉับพลัน-แผ่นดินถล่ม*. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2557). *สำนักพยากรณ์อากาศและการเตือนภัย*. กรุงเทพฯ: กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร.

กอบเกียรติ ผ่องพุฒ. (2555). *การพยากรณ์ปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำ เพื่อการพัฒนาระบบการเฝ้าระวังและการเตือนภัยจากน้ำท่วมฉับพลัน*. เอกสารนำเสนอในที่ประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 17 วันที่ 9-11 พฤษภาคม 2555, สกลนคร.

ทีมข่าวภูมิภาคโพสต์ทูเดย์. (2558). ข่าวภูมิภาค: *27 ปี โคลนถล่มกะทูน จากความวิปโยคคืนสู่ความสมบูรณ์*. สืบค้นเมื่อ 16 มิถุนายน 2561, จาก: https://www.posttoday.com/social/local/400980

ทีมไทยรัฐออนไลน์. (2556). *ข่าวภูมิภาค: เมืองคอน'อ่วมท่วมแล้ว 11 อภ. ต้องหามศพหนีน้ำ*. สืบค้นเมื่อ 16 มิถุนายน 2561, จาก: https://www.thairath.co.th/content/384757

พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุติกุล สำเริง ปานอุทัย และพิณทิพย์ ธิติโรจนะวัฒน์. (2554). *บทบาทของทรัพยากรป่าไม้ กับ ปัญหาน้ำป่าไหลหลาก-แผ่นดินถล่ม: ข้อสังเกตจากข้อมูลเชิงประจักษ์*. เอกสารประกอบการเสวนาทางวิชาการเรื่อง “น้ำท่วม ดินถล่ม แก้ไขได้จริงหรือ” วันที่ 25 เมษายน 2554 ณ ห้องประชุม FORTROP ชั้น 3 ตึกคณะวนศาสตร์ 60 ปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (หน้า1-16). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน.

องค์การบริหารส่วนตำบลกรุงชิง. (2557). *จังหวัดนครศรีธรรมราช*. ค้นเมื่อ 22 พฤศจิกายน 2557, จาก: http://www.krungching.go.th/history.php.

อรอนงค์ บุญคล่อง. (2552). *โปรแกรมแมททิเมติกาสำหรับ แคลคูลัส 1*. นครศรีธรรมราช: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช.

Choudhury, B. J., & B. J. Blanchard. (1983). Simulating soil water recession coefficients for agricultural watersheds. *Water Resources Bulletin*, 19, 241-247.

Keetacha. (2554). *ปภ. รายงานยังมีสถานการณ์อุทกภัยใน 7 จังหวัดภาคใต้*. สืบค้นเมื่อ 16 มิถุนายน 2561, จาก: http://www.thaihealth.or.th/Content/20905-ปภ.%20รายงานยังมีสถานการณ์อุทกภัยใน%207%20จังหวัดภาคใต้.html.

Linsley, R. K., Kohler, M. A., & Paulhus, J.L.H. (1949*). Applied Hydrology,* First Edition. New York**:** McGraw-Hill Book company, Inc.

การคัดแยกแบคทีเรียที่ผลิตฮีสทามีนและการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์อาหารทะเลหมักในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช

Isolation of Histamine-Forming Bacteria and Quality Evaluation of Fermented Seafood Products in Nakhon Si Thammarat Province

ลัญจกร จันทร์อุดม[1*] และ มณฑกานต์ ทองสม[1]
Lanchakon Chanudom[1*] and Montakarn Thongsom[1]

บทคัดย่อ

จากการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารทะเลหมักในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราชจาก 6 อำเภอ อำเภอละ 5 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 30 ตัวอย่าง โดยร้อยละ 60 ของตัวอย่างเป็นผลิตภัณฑ์ไตปลาหมัก ร้อยละ 20 เป็นผลิตภัณฑ์กะปิ ร้อยละ 10 เป็นผลิตภัณฑ์ปลาเค็ม ร้อยละ 7 เป็นผลิตภัณฑ์หอยดอง และร้อยละ 3 เป็นผลิตภัณฑ์กุ้งส้ม ซึ่งสามารถคัดแยกเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตฮีสทามีนได้ทั้งหมด 27 ไอโซเลท และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณฮีสทามีนที่เชื้อสร้างขึ้นด้วยชุดวิเคราะห์หาปริมาณฮีสทามีน Veratox® พบว่าสามารถผลิตฮีสทามีนอยู่ในช่วง 35.49±0.01–41.29±0.02 ppm โดยไอโซเลท รหัส A18 A412 และ A51 สามารถสร้างฮีสทามีนได้ในปริมาณสูงอยู่ที่ระดับ 41.28±0.02 41.26±0.02 และ 41.29±0.02 ppm ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์พบว่าค่า pH ของตัวอย่างทั้งหมดอยู่ในช่วงระหว่าง 4-7 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.67±0.63 ในขณะที่ปริมาณเกลือของตัวอย่างทั้งหมดอยู่ในช่วงร้อยละ 5-30 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 19.56±5.62 ปริมาณ TVB-N ในตัวอย่างทั้งหมดอยู่ในช่วง 200-1,300 mgN/100 g ตัวอย่าง โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 697.53±26.05 mgN/100 g ตัวอย่าง และปริมาณ TMA ในตัวอย่างทั้งหมดอยู่ในช่วง 14-150 mgN/100 g ตัวอย่าง โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 64.02±5.72 mgN/100 g ตัวอย่าง ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ปริมาณฮีสทามีนโดยใช้ชุดทดสอบ HistaStrip™ Test manual พบว่าในตัวอย่างรหัส B1 (ผลิตภัณฑ์ปลาเค็ม) และ E3 (ผลิตภัณฑ์ไตปลา) มีปริมาณฮีสทามีนสูงสุดอยู่ในช่วง 75 – 100 ppm เมื่อวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดพบว่าในตัวอย่างรหัส B3 (ผลิตภัณฑ์ปลาเค็ม) มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงที่สุดอยู่ที่ 8.8 x 10^6 CFU/g และพบเชื้อ *Escherichia coli* ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์รหัส A2 A4 B3 และ F5

คำสำคัญ: ฮีสทามีน การคัดแยก แบคทีเรียสร้างฮีสทามีน อาหารทะเลหมัก

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

* Corresponding author e-mail: lanchakon@gmail.com

Abstract

Thirty samples of fermented seafood products were collected from 6 cities which was 5 samples per city in the area of Nakhon si thammarat province. Sixty percentages of samples was Tai-pla, 20% of samples was Ka-pi, 10% of samples was Pla-kem, 7% of samples was Hoi-dong and 3% of samples was Kung-som. The isolation of histamine forming bacteria was done on Niven agar and 27 isolates were obtained. Histamine contents were evaluated by Veratox® test kit and were found in the range of 35.49±0.01–41.29±0.02 ppm. Isolates A18 A412 and A51 had the highest histamine contents at 41.28±0.02, 41.26±0.02 and 41.29±0.02 ppm, respectively. The pH of samples was between 4-7 and an average value was 5.67±0.63. Total salt content of samples was between 5-30%, which was the mean value of 19.56±5.62%. TVB-N was ranged 200-1,300 mgN/100 g sample and mean value of 697.53±26.05 mgN/100g sample, TMA of tested samples was 14-150 mgN/100 g sample and mean value at 64.02±5.72 mgN/100 g sample. Moreover the highest histamine content, which was tested by HistaStrip™ Test manual, was found in sample code B1 (Pla-kem) and E3 (Tai-pla) at 75-100 ppm. The highest total microorganism content was observed in sample code B3 (Pla-kem) at $8.8X10^6$ CFU/g. The sample code A2 A4 B3 and F5 were contaminated by *Escherichia coli*.

Keywords: histamine, isolation, histamine forming bacteria, fermented sea food products

บทนำ

จังหวัดนครศรีธรรมราชมีพื้นที่บางส่วนติดกับทะเลอ่าวไทย ทำให้ประชาชนทั่วไปเข้ามาท่องเที่ยวเป็นจำนวนมาก โดยมุ่งเน้นการมารับประทานอาหารทะเล และชมทัศนียภาพบริเวณชายฝั่ง ส่งผลให้มีการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารทะเลในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราชที่มีความหลากหลาย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มรายได้ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราชมีทั้งในรูปของปลาตากแห้ง กะปิ น้ำปลา และอาหารทะเลหมักหลายประเภท อย่างไรก็ตามการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารทะเลหมักในปัจจุบันยังคงอาศัยกรรมวิธีการผลิตอย่างง่าย เป็นธุรกิจขนาดเล็กในครัวเรือน และวางขายในชุมชน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายในพื้นที่ดังกล่าวยังคงมีคุณภาพไม่ได้มาตรฐาน และอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้

ไบโอเจนิกเอมีน (biogenic amine) เป็นสารประกอบไนโตรเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาดีคาร์บอกซิลเลชั่นของกรดอะมิโน (amino acid decarboxylation) โดยอาศัยกิจกรรมของจุลินทรีย์ (Tsai, Y. H., Lin, C. Y., Chang, S. C., Chen, H. C., Kung, H. F., & Wei, C. I., 2005; Tsai, Y. H., Lin, C. Y., Chien, L. T., Lee, T. M., Wei, C. I., & Hwang, D. F., 2006) พบได้ในอาหารหลายๆ ชนิด

โดยเฉพาะอาหารหมัก เช่น ชีส กิมจิ ไวน์ มิโซ เนื้อหมัก และอาหารทะเลหมัก เป็นต้น ฮีสทามีน (histamine) เป็นสารชนิดหนึ่งที่จัดอยู่ในกลุ่มของไบโอเจนิกเอมีนที่พบได้ทั่วไปในอาหาร และเป็นสารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพเมื่อบริโภคอาหารที่มีระดับของฮีสทามีนสูง โดยจะส่งผลให้เกิดอาการแพ้ที่เรียกว่า สคอมโบรทอกซิโคซิส (scombrotoxicosis) โดยฮีสทามีนจะไปเพิ่มปริมาณไบโอเจนิกเอมีนชนิดอื่นๆ ได้แก่ คาดาเวอรีน (cadaverine) และพิวเตรสซีน (putrescine) ซึ่งสารทั้งสองนี้จะส่งเสริมความเป็นพิษของฮีสทามีน โดยไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ใช้ย่อยฮีสทามีน เช่น ไดเอมีนออกซิเดส (diamine oxidase) และฮีสทามีนเมธิลทรานสเฟอร์เรส (histamine methyl transferase) (Taylor, S. L. & Speckhard, M. W., 1983) ทำให้ร่างกายไม่สามารถย่อยฮีสทามีนได้จึงส่งผลให้ระดับของฮีสทามีนในร่างกายสูงขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดอาการที่แตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล เช่น คลื่นไส้ หายใจขัด ปวดหัว มีผื่นแดง และความดันเลือดต่ำ เป็นต้น การสร้างสารพิษฮีสทามีนเกิดจากแบคทีเรียที่สามารถสร้างเอนไซม์ดีคาร์บอกซิลเลส (decarboxylase) ย่อยสลายกรดอะมิโนฮีสติดีน (histidine) โดยการดึงหมู่คาร์บอกซิลออกจากโมเลกุลของฮีสติดีน (วงศ์ทิพา โรจนประภพ, 2551) แบคทีเรียเหล่านี้พบได้ในผลิตภัณฑ์ปลา อาหารทะเล และอาหารหมัก ในอาหารหมักหลายชนิดสามารถพบแบคทีเรียแลกติกที่ผลิตฮีสทามีนได้ ได้แก่ *Lactobacillus*, *Leuconostoc* และ *Pediococcus* ส่วนจุลินทรีย์อื่นๆ ที่สามารถผลิตฮีสทามีนได้ในอาหารหมัก ได้แก่ *Staphylococcus* spp., *Enterobacter cloacae* และ *Candida* spp. เป็นต้น (Wyder, M. T., Bachmann, H. P. & Puhan, Z., 1999) ดังนั้นการรับประทานปลา อาหารทะเล และอาหารทะเลหมัก อาจได้รับสารฮีสทามีนปนเปื้อนมากับอาหาร สำหรับปริมาณฮีสทามีนที่พบในผลิตภัณฑ์นั้นสามารถบ่งบอกถึงคุณภาพอาหารได้ เนื่องจากปริมาณที่พบจะสัมพันธ์กับปริมาณของแบคทีเรียที่สร้างเอนไซม์ดีคาร์บอกซิเลส (decarboxylase enzyme) ในผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามฮีสทามีนเป็นสารที่สามารถพบได้ในร่างกาย โดยมีบทบาทในการควบคุมการทำงานของส่วนต่างๆ ในร่างกาย เช่น ควบคุมการหลั่งกรดในกระเพาะอาหาร กระตุ้นการทำงานของระบบอิมมูนในระบบทางเดินอาหาร และควบคุมการทำงานของระบบประสาท (Gloria, M. B. A., 2005; Smolinska, S., Jutel, M., Crameri, R., & O'Mahony, L., 2014)

ทั้งนี้ในปี พ.ศ. 2550 พบปัญหาสุขภาพที่เกิดจากการรับประทานอาหารทะเลหมักในประเทศไทย ที่จังหวัดสมุทรปราการ โดยมีผู้ป่วย 28 คน เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน และชาปลายมือปลายเท้า หลังจากการรับประทานปลาทูน่าส้มทอดที่มีปริมาณฮีสทามีนสูงกว่า 400 ppm เข้าไป ซึ่งถือเป็นผลเสียที่เกิดขึ้นจากการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารทะเลหมัก นอกจากนี้ในปัจจุบันหลายประเทศได้หันมาให้ความสำคัญกับปริมาณฮีสทามีนในอาหารทะเลและผลิตภัณฑ์ทางทะเลกันมากขึ้น เช่น ในผลิตภัณฑ์น้ำปลานั้น ทุกประเทศกำหนดให้สามารถตรวจพบฮีสทามีนได้ไม่เกิน 500 ppm ยกเว้นประเทศแคนาดา ที่กำหนดให้สามารถตรวจพบได้ไม่เกิน 200 ppm หรือในผลิตภัณฑ์ปลาทูเค็ม ทุกประเทศกำหนดให้สามารถตรวจพบได้ไม่เกิน 200 ppm เป็นต้น (European Food Safety Authority, 2011) ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค การศึกษาเพื่อคัดแยกแบคทีเรียที่สร้างฮีสทามีนและการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์อาหารทะเลหมักในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราชจึงมีความจำเป็น ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์อาหารทะเลหมักในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราชสำหรับประโยชน์ด้านการส่งออกต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเก็บตัวอย่าง

สุ่มตัวอย่างอาหารทะเลหมักในเขตพื้นที่ 6 อำเภอที่ติดกับทะเลอ่าวไทยของจังหวัดนครศรีธรรมราช ได้แก่ อำเภอขนอม อำเภอสิชล อำเภอท่าศาลา อำเภอเมือง อำเภอปากพนัง และอำเภอหัวไทร อำเภอละ 5 ตัวอย่าง เป็นจำนวนทั้งหมด 30 ตัวอย่าง

2. การคัดแยกแบคทีเรียที่สร้างฮีสทามีนจากตัวอย่างอาหารทะเลหมัก

นำตัวอย่างอาหารทะเลหมักมา 25 g ผสมกับสารละลาย potassium phosphate buffer (0.05 M, pH 7.0) ปริมาตร 225 ml จากนั้นโฮโมจีไนส์เป็นเวลา 2 นาที หลังจากนั้นนำตัวอย่างปริมาตร 0.1 ml เกลี่ยลงบนอาหาร Niven agar ที่ประกอบไปด้วย 0.5% tryptone, 0.5% yeast extract, 2% L-histidine monohydrochloride, 0.5% NaCl, 0.1% $CaCO_3$, 2.0% agar และ 0.006% bromocresol purple (pH 5.3) บ่มเป็นเวลา 4 วัน ที่อุณหภูมิ 35°C เลือกโคโลนีที่เป็นสีน้ำเงินหรือม่วง ไป streak ลงบนอาหาร Trypticase soy agar (TSA) เพื่อให้ได้เชื้อบริสุทธิ์สำหรับการวิเคราะห์การสร้างฮีสทามีนของเชื้อที่คัดแยกได้ จากนั้นทำการเลี้ยงเชื้อที่คัดแยกได้ในอาหารเหลว Trypticase soy broth (TSB) ที่มีการเติม 1% L-histidine และ 3% NaCl (TSBH) บ่มเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 35 °C โดยไม่ต้องเขย่า ทำการเก็บตัวอย่างอาหารเลี้ยงเชื้อ 1 ml ไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณฮีสทามีนด้วยชุดวิเคราะห์หาปริมาณฮีสทามีน Veratox® โดยนำเชื้อที่สร้างฮีสตามีนที่คัดแยกได้มาทำการย้อมแกรม และศึกษาลักษณะรูปร่างของเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

3. การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์อาหารทะเลหมัก

3.1 การวิเคราะห์ค่าพีเอช ปริมาณเกลือ ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile base nitrogen: TVB-N) และปริมาณไตรเมทิลเอมีน (Trimethylamine: TMA)

การวิเคราะห์ค่าพีเอช ทำโดยนำตัวอย่างมา 10 g เติมน้ำกลั่นลงไป 10 ml ปั่นด้วยเครื่องปั่นเป็นเวลา 5 นาที วัดค่าพีเอชด้วยเครื่อง pH meter วิเคราะห์ปริมาณเกลือในตัวอย่างอาหารทะเลหมักตามวิธี AOAC (1995) สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณ TVB-N และปริมาณ TMA ทำโดยเตรียมตัวอย่างโดยการชั่งอาหารทะเลหมัก 2 g และบดตัวอย่างให้ละเอียด เติม 4 % trichloroacetic acid (TCA) ปริมาตร 8 ml บดรวมกัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที และบดเป็นระยะๆ กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 นำไปใส่ในเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 30 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที วิเคราะห์ปริมาณ TVB-N โดยใช้ Conway's dish และวิเคราะห์ปริมาณ TMA เช่นเดียวกับการหาปริมาณ TVB-N (Hasegawa, H., 1987)

3.2 การวิเคราะห์ปริมาณฮีสทามีนในตัวอย่างอาหารทะเลหมัก

ทำการวิเคราะห์ปริมาณฮีสทามีนในตัวอย่างอาหารทะเลหมักโดยใช้ชุดทดสอบ HistaStrip™ Test Manual ซึ่งมีวิธีการทดสอบดังนี้ เตรียมตัวอย่างจากอาหารทะเลหมัก โดยการเตรียม enrichment solution (1X) : ให้ผสม 1 ส่วน ของขวด enrichment solution (20X) เข้ากับอีก 19 ส่วน ของน้ำกลั่น ชั่งตัวอย่างมา 20 g แล้วบดให้ละเอียด หลังจากนั้นแบ่งตัวอย่างมา 4 g เพื่อขจัดสิ่งปนเปื้อน ใส่สาร enrichment solution จำนวน 16 ml นำไปปั่นด้วยเครื่อง vortex ที่

ความเร็วสูงสุด เป็นเวลา 30 วินาที บ่มตัวอย่างเป็นเวลา 1 นาที เขย่าอีก 30 วินาที และบ่มตัวอย่างอีกครั้งเป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้เศษตัวอย่างตกลงก้นหลอด

นำ color solution ผสมกับ neutralization buffer ในอัตราส่วนเท่าๆ กัน ได้เป็นสารปฏิกิริยาผสม (reaction mixture) เติม 40 µl ของสารปฏิกิริยาผสมลงในหลุมทดสอบ หลังจากนั้นเติมตัวอย่างอาหารทะเลหมักและตัวอย่างควบคุม (ฮีสทามีน 50 ppm) ปริมาตร 200 µl ลงไปในหลุมที่มีสารปฏิกิริยาผสม จุ่มแผ่นทดสอบลงในแต่ละหลุม จากนั้นตั้งทิ้งไว้ 1 นาที นำแผ่นทดสอบออกมาวางทิ้งไว้ 3 นาที ที่อุณหภูมิห้อง นำไปอ่านเทียบกับแผ่นเทียบระดับสี

3.3 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในตัวอย่างอาหารทะเลหมัก

นำตัวอย่างอาหารทะเลหมักมา 25 g ผสมกับสารละลาย potassium phosphate buffer (0.05 M, pH 7.0) ปริมาตร 225 ml จากนั้นโฮโมจีไนส์เป็นเวลา 2 นาที ทำการเจือจางตัวอย่างที่ระดับการเจือจางต่างๆ แล้วจึงปิเปต 1 ml ของแต่ละระดับการเจือจางลงบนอาหาร plate count agar (PCA) ที่เติม 3% NaCl ทำการบ่มที่อุณหภูมิ 35 $^{\circ}$C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนและรายงานปริมาณจุลินทรีย์ในหน่วย $\log_{10}$ colony forming units (CFU)/g วิเคราะห์ปริมาณ total coliform และ *Escherichia coli* ในตัวอย่างตามวิธีมาตรฐาน (AOAC, 2000)

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ในทุกชุดการทดลอง และแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปของค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± S.D.) วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's new multiple range test ซึ่งวิเคราะห์โดยเครื่องคอมพิวเตอร์และใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการวิจัย และอภิปรายผลการวิจัย

จากการลงพื้นที่สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารทะเลหมักในเขตพื้นที่ 6 อำเภอที่ติดกับทะเลอ่าวไทยของจังหวัดนครศรีธรรมราช ได้แก่ อำเภอขนอม อำเภอสิชล อำเภอท่าศาลา อำเภอเมือง อำเภอปากพนัง และอำเภอหัวไทร จำนวน 30 ตัวอย่าง ซึ่งประกอบไปด้วยผลิตภัณฑ์ไตปลา กะปิ กุ้งส้ม หอยดอง และปลาเค็ม เมื่อนำมาจำแนกประเภทของตัวอย่างออกเป็นกลุ่มๆ พบว่าร้อยละ 60 ของตัวอย่างที่นำมาศึกษาเป็นผลิตภัณฑ์ไตปลาหมัก ร้อยละ 20 เป็นผลิตภัณฑ์กะปิ ร้อยละ 10 เป็นผลิตภัณฑ์ปลาเค็ม ร้อยละ 7 เป็นผลิตภัณฑ์หอยดอง และร้อยละ 3 เป็นผลิตภัณฑ์กุ้งส้ม จากนั้นทำการคัดแยกเชื้อแบคทีเรียที่สร้างฮีสทามีน และนำตัวอย่างทั้ง 30 ตัวอย่าง ไปทำการวิเคราะห์หาค่าพีเอช ปริมาณเกลือ ปริมาณ TVB-N ปริมาณ TMA ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณ coliform ทั้งหมด และ *E. coli* ให้ผลการวิจัย ดังนี้

1. การคัดแยกแบคทีเรียที่สร้างฮีสทามีนและการสร้างฮีสทามีนของเชื้อที่คัดแยกได้

จากการคัดแยกเชื้อโดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Niven agar ที่มีการเติม 1% L-histidine และ 5% NaCl และทำการคัดแยกโคโลนีที่เป็นสีน้ำเงินอมม่วงหรือสีชมพู ไป streak ลงบนอาหาร TSA เพื่อให้ได้เชื้อบริสุทธิ์ จากการทดลองคัดแยกเชื้อแบคทีเรียที่สร้างฮีสทามีนจากตัวอย่างอาหารทะเลหมักจำนวน 30 ตัวอย่าง สามารถคัดแยกเชื้อได้ทั้งหมด 27 isolates โดยพบว่ามีทั้งรูปร่างกลมเดี่ยว กลมคู่ ท่อน และท่อนสั้น โดยมีแบคทีเรียที่ติดสีแกรมบวก (positive) ทั้งสิ้น 5 isolates (A14 A16

A47 A51 และ B25) และติดสีแกรมลบ (negative) ทั้งสิ้น 22 isolates (A11 A12 A13 A15 A17 A18 A110 A41 A42 A43 A44 A45 A46 A48 A49 A4110 A412 A52 B21 B22 B23 และ B24) จากการวิเคราะห์ปริมาณการสร้างฮีสทามีนของเชื้อทั้ง 27 isolates พบว่า isolates A18 A412 และ A51 สามารถสร้างฮีสทามีนได้สูงสุด ซึ่งอยู่ที่ระดับ 41.28±0.02, 41.26±0.02 และ 41.29±0.02 ppm ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 ปริมาณฮีสทามีนที่สร้างขึ้นจากเชื้อที่คัดแยกทั้ง 27 isolates มีค่าอยู่ในช่วง 35.49±1.2 – 41.29±0.02 ppm โดย isolate A47 สามารถผลิตฮีสทามีนได้ต่ำสุดในอาหาร TSBH ศิริรัตน์ ตันไสว (2547) ได้รายงานผลการคัดแยกแบคทีเรียแลกติกจำนวน 251 isolates จากตัวอย่างอาหารหมักไทย 33 ตัวอย่าง พบว่ามี 115 isolates ที่เจริญที่อุณหภูมิ 45 °C และมีเพียง 16 isolates ที่สามารถสร้างเอนไซม์โปรติเอส เมื่อนำเชื้อที่สร้างเอนไซม์โปรติเอสไปทดสอบความสามารถในการสังเคราะห์ไบโอเจนิกเอมีน พบว่าแบคทีเรียแลกติกจำนวน 3 isolates คือ *Lactobacillus* sp. H2 H5 และ H15 แสดงความสามารถในการสร้างฮีสทามีน และ 4 isolates คือ *Lactobacillus* sp. R1 และ R2 และ *Enterococcus* sp. AC2 และ AC3 แสดงความสามารถในการสร้าง tyramine ได้ ในขณะที่ Lin, C. S., Liu, F. L., Lee, Y. C., Hwang, C.C., & Tsai, Y.H., (2012) ได้ทำการเก็บตัวอย่างอาหารทะเลหมักเกลือจำนวน 57 ตัวอย่าง (ผลิตภัณฑ์ปลา, หอย และกุ้งหมัก) จากหมู่บ้านประมงในประเทศไต้หวัน และสามารถคัดแยกเชื้อที่สามารถผลิตฮีสทามีน ได้ 78.5 ppm ในอาหาร trypticase soy broth (TSB) ที่เติม 1% L-histidine (TSBH) โดยสามารถระบุได้ว่าเป็นเชื้อ *Bacillus megaterium* ซึ่งเชื้อ *B. megaterium* เป็นเชื้อที่ทนเกลือได้ดี

ตารางที่ 1 ปริมาณฮีสทามีนที่สร้างขึ้นในอาหาร TSBH ของเชื้อที่คัดแยกได้ ทั้ง 27 isolates

Isolates	ปริมาณฮีสทามีน (ppm)	Isolates	ปริมาณฮีสทามีน (ppm)
A11	39.49 ± 1.11^{g}	A46	$41.19\pm1.33^{n,o}$
A12	40.05 ± 1.80^{i}	A47	35.49 ± 1.20^{a}
A13	38.53 ± 1.20^{e}	A48	41.07 ± 1.44^{m}
A14	$41.21\pm1.72^{n,o,p}$	A49	40.59 ± 1.70^{k}
A15	$41.23\pm1.61^{o,p,q}$	A410	39.21 ± 0.69^{f}
A16	41.18 ± 0.90^{n}	A412	$41.26\pm0.02^{q,r}$
A17	$41.25\pm1.43^{p,q,r}$	A51	41.29 ± 0.02^{r}
A18	41.28 ± 0.02^{r}	A52	36.81 ± 1.48^{b}
A110	$41.26\pm0.67^{q,r}$	B21	37.32 ± 1.69^{d}
A41	41.01 ± 1.62^{l}	B22	36.85 ± 1.15^{c}
A42	39.98 ± 2.29^{h}	B23	$41.26\pm0.91^{q,r}$
A43	40.21 ± 0.57^{j}	B24	41.17 ± 1.57^{n}
A44	$41.23\pm1.61^{o,p,q}$	B25	$41.23\pm0.99^{o,p,q}$
A45	$41.25\pm1.40^{p,q,r}$		

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละตัวอย่าง แสดงถึงการมีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

2. การวิเคราะห์ค่าพีเอช ปริมาณเกลือ ปริมาณ TVB-N และปริมาณ TMA ในผลิตภัณฑ์อาหารทะเลหมัก

จากการวิเคราะห์ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์อาหารทะเลหมักทั้ง 30 ตัวอย่าง พบว่าค่าพีเอชของตัวอย่างทั้งหมดอยู่ในช่วง 4-7 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.67±0.63 (ตารางที่ 2) เมื่อพิจารณาตามประเภทของผลิตภัณฑ์โดยนำผลการวิเคราะห์ที่ได้เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ในแต่ละผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์กะปิควรมีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 6.5-7.8 (มอก. 1080-2535) ผลิตภัณฑ์หอยดองและกุ้งส้มเกณฑ์ควรมีค่าพีเอชเท่ากับ 4.6 ผลิตภัณฑ์ไตปลาควรมีค่าพีเอชระหว่าง 5-6 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2546) ส่วนในผลิตภัณฑ์ปลาเค็มไม่ได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานของค่าพีเอชไว้ โดยพบว่าค่าพีเอชเฉลี่ยของตัวอย่างผลิตภัณฑ์กะปิมีค่าเท่ากับ 6.61±0.19 ในขณะที่ค่าพีเอชเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์หอยดองมีค่าเท่ากับ 4.65±0.21 ผลิตภัณฑ์กุ้งส้มมีค่าเท่ากับ 4.57±0.00 ค่าพีเอชเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ไตปลามีค่าเท่ากับ 5.62±0.04 และพีเอชเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ปลาเค็มมีค่าเท่ากับ 5.16±0.22 ตามลำดับ ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์อาหารทะเลหมักทั้งหมดที่นำมาทำการทดสอบในครั้งนี้ ส่วนใหญ่มีค่าพีเอชอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ที่กำหนดไว้

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณเกลือของผลิตภัณฑ์อาหารทะเลหมักทั้ง 30 ตัวอย่าง พบว่าปริมาณเกลือของตัวอย่างทั้งหมดอยู่ในช่วงร้อยละ 5-30 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 19.56±5.62 และเมื่อพิจารณาตามประเภทของผลิตภัณฑ์โดยนำผลการวิเคราะห์ปริมาณเกลือที่ได้ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่กำหนดไว้ให้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ ดังนี้ เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนดให้ในผลิตภัณฑ์กะปิมีปริมาณเกลือไม่น้อยกว่าร้อยละ 36 ผลิตภัณฑ์หอยดองและกุ้งส้มเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนได้กำหนดให้มีปริมาณเกลือไม่น้อยกว่าร้อยละ 3.5 ผลิตภัณฑ์ไตปลาเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนได้กำหนดให้มีปริมาณเกลือไม่น้อยกว่าร้อยละ 12 และในผลิตภัณฑ์ปลาเค็มเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนได้กำหนดให้มีปริมาณเกลือไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 พบว่าปริมาณเกลือเฉลี่ยในผลิตภัณฑ์กะปิมีค่าเท่ากับร้อยละ 25.07±1.89 ในขณะที่ปริมาณเกลือเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์หอยดองมีค่าเท่ากับร้อยละ 12.40±6.08 ปริมาณเกลือเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์กุ้งส้มมีค่าเท่ากับร้อยละ 6.40±0.00 ปริมาณเกลือเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ไตปลามีค่าเท่ากับร้อยละ 19.77±0.69 และปริมาณเกลือเฉลี่ยของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปลาเค็มมีค่าเท่ากับร้อยละ 16.43±4.75 ตามลำดับ ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าในผลิตภัณฑ์กะปิส่วนใหญ่จะมีปริมาณเกลือในผลิตภัณฑ์ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่กำหนด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความต้องการของผู้บริโภคที่นิยมผลิตภัณฑ์กะปิที่มีความเค็มไม่มาก ส่งผลให้ผู้ผลิตปรับลดปริมาณเกลือในกระบวนการผลิต อย่างไรก็ตามในผลิตภัณฑ์ประเภทอื่นๆ ปริมาณเกลืออยู่ในระดับตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ดังแสดงในตารางที่ 2

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณ TVB-N ในผลิตภัณฑ์อาหารทะเลหมักทั้ง 30 ตัวอย่าง พบว่าปริมาณ TVB-N ในตัวอย่างทั้งหมดอยู่ในช่วง 200-1,300 mgN/100 g ตัวอย่าง โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 697.53±26.05 mgN/100 g ตัวอย่าง (ดังแสดงในตารางที่ 2) ทั้งนี้ปริมาณ TVB-N ไม่ได้ถูกกำหนดไว้ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของผลิตภัณฑ์อาหารทะเลหมัก เนื่องจาก TVB-N เป็นดัชนีที่ใช้บ่งชี้ความสดของผลิตภัณฑ์ จึงไม่สามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารหมักได้ อย่างไรก็ตามปริมาณ TVB-N แสดงถึงปริมาณด่างที่ระเหยได้ซึ่งหมายรวมถึงปริมาณไนโตรเจนที่มีในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการวิเคราะห์ปริมาณ TVB-N จึงถูกนำมาทดสอบเพื่อ

บ่งชี้ปริมาณไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ โดยปริมาณ TVB-N จะสัมพันธ์กับปริมาณฮีสทามีนที่พบในผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25°C (Al-Busaidi, M. A., Poulose, Y., Khamis, S. A., Adel, K. A., Nashwa, A. A., & Saoud, H. A., 2011)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณ TMA ในผลิตภัณฑ์อาหารทะเลหมักทั้ง 30 ตัวอย่าง พบว่าปริมาณ TMA ในตัวอย่างทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 14-150 mgN/100 g ตัวอย่าง โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 64.02±5.72 mgN/100 g ตัวอย่าง โดยพบปริมาณ TMA สูงที่สุดในผลิตภัณฑ์รหัส A2 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์กะปิ โดย TMA เกิดขึ้นจากการเปลี่ยน Trimethylamine oxide (TMAO) ด้วยเอนไซม์ trimethylamine oxidase จากปฏิกิริยารีดักชันของแบคทีเรีย ไปเป็น TMA ซึ่งพบมากในแบคทีเรียกลุ่ม Enterobacteriacae ซึ่งปริมาณ TMA ที่พบในผลิตภัณฑ์สามารถบ่งชี้ถึงการปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่ม Enterobacteriacae ได้ โดยผลการวิเคราะห์ปริมาณ TMA แสดงดังตารางที่ 2

3. การวิเคราะห์ปริมาณฮีสทามีนในตัวอย่างอาหารทะเลหมัก

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฮีสทามีนโดยใช้ชุดทดสอบ HistaStrip™ Test Manual ในตัวอย่างอาหารทะเลหมัก 30 ตัวอย่าง แสดงผลในตารางที่ 2 จากตารางพบว่าในตัวอย่างรหัส A3 A4 A5 B3 B4 B5 C4 D2 D5 E1 F2 และ F5 มีปริมาณฮีสทามีนอยู่ในช่วง 0–25 ppm ในขณะที่ตัวอย่างรหัส A1 A2 B2 C1 C2 C3 C5 D1 D3 D4 E2 E5 F1 และ F3 มีปริมาณฮีสทามีนอยู่ในช่วง 25–50 ppm ตัวอย่างรหัส E4 และ F4 มีปริมาณฮีสทามีนอยู่ในช่วง 50–75 ppm และในตัวอย่างรหัส B1 และ E3 มีปริมาณฮีสทามีนสูงสุดอยู่ในช่วง 75–100 ppm โดยรหัสตัวอย่าง B1 เป็นผลิตภัณฑ์ปลาเค็ม และตัวอย่างรหัส E3 เป็นผลิตภัณฑ์ไตปลา โดยการสร้างสารฮีสทามีนในอาหารที่มีแหล่งโปรตีนเกิดจากแบคทีเรียที่อยู่ในอาหารมีการเจริญและสร้างเอนไซม์ดีคาร์บอกซิลเลสย่อยสลายกรดอะมิโนฮีสติดีน โดยการดึงหมู่คาร์บอกซิลออกจากโมเลกุลของฮีสติดีน ได้เป็นฮีสทามีนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (วงศ์ทิพา โรจนประภพ, 2551) เมื่อบริโภคอาหารที่มีระดับของฮีสทามีนสูงจะมีผลทำให้เกิดอาการแพ้ ที่เรียกว่า scombrotoxicosis อย่างไรก็ตามปริมาณฮีสทามีนที่พบในผลิตภัณฑ์อาหารทะเลหมักที่นำมาทดสอบในครั้งนี้ยังคงอยู่ในระดับต่ำ ทั้งนี้ในผลิตภัณฑ์น้ำปลาทุกประเทศกำหนดให้สามารถตรวจพบได้ไม่เกิน 500 ppm ยกเว้นประเทศแคนนาดา ที่กำหนดให้สามารถตรวจพบได้ไม่เกิน 200 ppm หรือในผลิตภัณฑ์ปลาทูเค็ม ทุกประเทศกำหนดให้สามารถตรวจพบได้ไม่เกิน 200 ppm Zhai, H., Yang, X., Li, L., Xia, G., Cen, J., & Huang, H., *et al*. (2012) ทำการศึกษาปริมาณไบโอเจนิกเอมีน 8 ชนิด (histamine, tryptamine, putrescine, 2-phenylethylamine, cadaverine, tyramine, spermidine และ spermine) ในปลา 13 ชนิด และในผลิตภัณฑ์ปลา 49 ชนิด ที่นิยมรับประทานทางตอนใต้ของจีน พบว่าปริมาณไบโอเจนิกเอมีนในตัวอย่างปลา อยู่ในช่วง 5.03–156.17 mg/kg โดยมีปริมาณฮีสทามีนต่ำกว่า 21.85 mg/kg และพบปริมาณไบโอเจนิกเอมีนสูงในผลิตภัณฑ์ปลาหมักและปลาบรรจุถุง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลิตภัณฑ์ปลาแมกคาเรลหมักเกลือความเข้มข้นต่ำ (lightly cured horse mackerel) พบปริมาณ 2-phenylethylamine เท่ากับ 57.61 mg/kg cadaverine เท่ากับ 244.41 mg/kg และมีปริมาณ tyramine เท่ากับ 62.85 mg/kg

ตารางที่ 2 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์อาหารทะเลหมัก

รหัสตัวอย่าง	พีเอช	NaCl (%)	TVB-N (mgN/100g sample)	TMA (mgN/100g sample)	Histamine (ppm)
A1	5.27±0.15^{d}	19.13±0.25^{k}	1316.65±56.43^{m}	124.21±8.61^{h}	25-50
A2	6.33±0.12^{k}	18.87±0.12^{j}	596.22±14.91^{f}	149.05±14.91^{i}	25-50
A3	5.60±0.10^{f,g,h}	19.55±0.05$_{l,m}$	772.37±30.72^{g}	122.99±8.52^{g,h}	0-25
A4	5.25±0.05^{d}	18.30±0.10^{h}	1003.59±14.76^{i,j}	108.23±8.52^{g}	0-25
A5	5.73±0.06^{g,h,l,j}	16.10±0.10^{f}	978.99±22.54^{i,j}	83.63±8.52^{f}	0-25
B1	5.47±0.12^{d,e,f}	23.05±0.05^{t}	760.18±39.44^{g}	79.50±8.61^{e,f}	75-100
B2	5.57±0.06^{f,g}	19.07±0.06^{k}	360.90±30.87^{c}	84.05±17.13^{f}	25-50
B3	4.73±0.12^{b,c}	7.30±0.10^{b}	269.64±54.01^{b}	64.91±17.29^{d,e}	0-25
B4	5.87±0.06^{i,j}	21.30±0.10^{p}	1027.90±8.44^{j}	87.69±14.61^{f}	0-25
B5	6.97±0.15^{m}	24.20±0.10^{v}	736.64±37.33^{g}	54.38±8.56^{c,d}	0-25
C1	5.53±0.21^{e,f,g}	22.35±0.05^{r,s}	894.84±30.87^{h}	84.05±8.56^{f}	25-50
C2	5.70±0.10^{f,g,h,l,j}	22.45±0.05^{s}	904.27±22.77^{h}	64.59±8.61^{d,e}	25-50
C3	6.63±0.06^{l}	30.77±0.15^{y}	329.61±8.52^{c}	44.28±0.13^{b,c}	25-50
C4	5.63±0.15^{f,g,h,i}	19.45±0.05^{l}	745.35±29.23^{g}	63.33±8.44^{d,e}	0-25
C5	5.63±0.06^{f,g,h,i}	23.77±0.06^{u}	594.33±30.42^{f}	63.33±8.44^{d,e}	25-50
D1	5.33±0.06^{d,e}	22.20±0.10^{r}	969.29±29.37^{i}	48.95±8.48^{c,d}	25-50
D2	5.63±0.15^{f,g,h,i}	19.80±0.10^{n}	964.40±22.43^{i}	48.95±8.48^{c,d}	0-25
D3	5.83±0.06^{h,l,j}	20.70±0.10^{o}	435.69±16.96^{d}	44.06±0.92^{b,c}	25-50
D4	4.50±0.10^{a}	16.60±0.10^{g}	1248.33±52.95^{l}	48.95±8.48^{c,d}	25-50
D5	6.55±0.05^{l}	26.00±0.10^{w}	279.04±14.69^{b}	48.95±8.48^{c,d}	0-25
E1	4.80±0.10^{c}	8.12±0.76^{c}	270.57±22.54^{b}	14.76±0.84^{a}	0-25
E2	5.90±0.10^{j}	12.20±0.10^{d}	437.23±31.03^{d}	54.65±8.61^{c,d}	25-50
E3	5.60±0.10^{f,g,h}	15.40±0.10^{e}	901.24±22.32^{h}	29.23±1.02^{a,b}	75-100
E4	5.90±0.10^{j}	21.20±0.10^{p}	198.74±47.91^{a}	14.91±0.56^{a}	50-75
E5	5.57±0.21^{f,g}	19.70±0.10^{m,n}	1096.58±30.57^{k}	39.16±8.48^{b,c}	25-50
F1	5.47±0.15^{d,e,f}	18.50±0.10^{i}	720.43±22.77^{g}	49.68±8.61^{c,d}	25-50
F2	5.63±0.21^{f,g,h,i}	23.00±0.10^{t}	467.67±14.61^{d,e}	53.59±8.44^{c,d}	0-25
F3	4.57±0.15^{a,b}	6.40±0.05^{a}	764.83±8.44^{g}	63.33±8.44^{d,e}	25-50
F4	5.70±0.20^{f,g,h,l,j}	21.60±0.10^{q}	511.51±14.61^{e}	29.23±3.25^{a,b}	50-75
F5	7.30±0.10^{n}	29.40±0.10^{x}	368.97±29.52^{c}	54.11±8.52^{c,d}	0-25

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงการมีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4. การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด total coliform และ *E. coli* ในตัวอย่างอาหารทะเลหมัก

จากการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์อาหารทะเลหมัก พบว่าตัวอย่าง B3 (ผลิตภัณฑ์ปลาเค็ม) มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงที่สุดอยู่ที่ 8.8×10^6 CFU/g รองลงมาคือตัวอย่าง D1 และ C2 (ผลิตภัณฑ์ไตปลา) ซึ่งมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 5.8×10^5 และ 5.7×10^5 CFU/g ตามลำดับ และเมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและ *E. coli* ตามวิธีมาตรฐาน พบว่าผลิตภัณฑ์ F5 (ผลิตภัณฑ์กะปิ) มีปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดสูงที่สุด และพบเชื้อ *E. coli* ในผลิตภัณฑ์ A2 A4 B3 และ F5 โดยจุลินทรีย์กลุ่มที่เกี่ยวข้องกับอาหารหมักมากที่สุด คือ แบคทีเรียแลกติก โดยแบคทีเรียกลุ่มนี้จะผลิตสารต่างๆ เช่น กรดอินทรีย์ เอนไซม์ สารให้กลิ่นรส และสารที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียอื่นๆ ที่ไม่ต้องการในระหว่างกระบวนการผลิต ดังนั้นปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบในตัวอย่างที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ จึงมิได้บ่งบอกถึงอันตรายในการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารทะเลหมัก (ตารางที่ 3) แต่อย่างไรก็ตามการตรวจพบเชื้อ *E. coli* ในผลิตภัณฑ์บางตัวอย่างนั้นสามารถบอกได้ถึงการสุขาภิบาลที่ไม่ดีพอในระหว่างกระบวนการผลิต ผู้บริโภคจึงควรปรุงสุกอาหารก่อนการรับประทาน

ตารางที่ 3 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์อาหารทะเลหมัก

รหัสตัวอย่าง	Total bacteria (CFU/g)	Total coliform (MPN index/100ml)	รหัสตัวอย่าง	Total bacteria (CFU/g)	Total coliform (MPN index/100ml)
A1	1.0×10^4	3	D1	5.8×10^5	21
A2	9.7×10^4	23	D2	>30	3
A3	>30	3	D3	5.5×10^4	3
A4	1.0×10^4	240	D4	1.9×10^4	3
A5	1.0×10^3	3	D5	5.4×10^4	3
B1	6.2×10^3	9	E1	>30	23
B2	3.0×10^3	3	E2	4.7×10^3	240
B3	8.8×10^6	43	E3	>30	3
B4	5.5×10^3	3	E4	1.4×10^5	4
B5	7.1×10^3	23	E5	>30	3
C1	5.7×10^5	3	F1	>30	3
C2	2.7×10^3	3	F2	>30	3
C3	8.0×10^3	4	F3	>30	3
C4	3.1×10^3	3	F4	>30	3
C5	>30	3	F5	4.7×10^4	1,100

สรุปผลการวิจัย

จากการคัดแยกเชื้อแบคทีเรียที่สร้างฮีสทามีนในผลิตภัณฑ์อาหารทะเลหมักใน 6 อำเภอ ในจังหวัดนครศรีธรรมราช สามารถคัดแยกเชื้อได้ทั้งหมด 27 isolates โดยพบว่าเชื้อที่คัดแยกได้มีรูปร่างเป็นทั้งแบบกลมเดี่ยว กลมคู่ ท่อนและท่อนสั้น โดยมีแบคทีเรียที่ติดสีแกรมบวกทั้งสิ้น 5 isolates และติดสีแกรมลบทั้งสิ้น 22 isolates ทั้งนี้พบว่า isolates A18 A412 และ A51 สามารถสร้างฮีสทามีนได้ในปริมาณสูงสุด และจากการวิเคราะห์ค่าพีเอชปริมาณเกลือ ปริมาณ TVB-N และปริมาณ TMA ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารทะเลหมักทั้ง 30 ตัวอย่าง พบว่าค่าพีเอชของตัวอย่างทั้งหมดอยู่ในช่วง 4-7 ในขณะที่ปริมาณเกลือของตัวอย่างทั้งหมดอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 5-30 อย่างไรก็ตามในผลิตภัณฑ์กะปิส่วนใหญ่ปริมาณเกลือในผลิตภัณฑ์ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน การวิเคราะห์ปริมาณ TVB-N ในผลิตภัณฑ์อาหารทะเลทั้ง 30 ตัวอย่าง พบว่าปริมาณ TVB-N อยู่ในช่วง 200-1,300 mgN/100 g ตัวอย่าง สำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณ TMA ในผลิตภัณฑ์อาหารทะเลทั้ง 30 ตัวอย่าง พบว่าปริมาณ TMA ในตัวอย่างทั้งหมดอยู่ในช่วง 14-150 mgN/100 g ตัวอย่าง โดยพบปริมาณ TMA สูงที่สุดในผลิตภัณฑ์รหัส A2 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์กะปิ สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณฮีสทามีนในผลิตภัณฑ์อาหารทะเลหมัก พบว่ามี 12 ตัวอย่าง ที่มีปริมาณฮีสทามีนอยู่ในช่วง 0–25 ppm มี 14 ตัวอย่าง ที่มีปริมาณฮีสทามีนอยู่ในช่วง 25–50 ppm และมี 2 ตัวอย่าง ที่มีปริมาณฮีสทามีน อยู่ในช่วง 50–75 ppm โดยที่ตัวอย่างรหัส B1 (ปลาเค็ม) และ E3 (ไตปลา) มีปริมาณฮีสทามีนสูงสุด โดยมีค่าอยู่ในช่วง 75–100 ppm จากการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์อาหารทะเลหมัก พบว่าตัวอย่าง B3 (ผลิตภัณฑ์ปลาเค็ม) มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงที่สุดอยู่ที่ 8.8 x 10^6 CFU/g รองลงมาคือตัวอย่าง D1 และ C2 (ผลิตภัณฑ์ไตปลา) ซึ่งมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 5.8 x 10^5 และ 5.7 x 10^5 CFU/g ตามลำดับ สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมด และ *E. coli* พบว่าผลิตภัณฑ์ F5 (ผลิตภัณฑ์กะปิ) มีปริมาณโคลิฟอร์ม ทั้งหมดสูงที่สุด และพบเชื้อ *E. coli* ในผลิตภัณฑ์ A2 A4 B3 และ F5

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

เอกสารอ้างอิง

วงศ์ทิพา โรจนประภพ. (2551). *ฮีสทามีนสารที่ทำให้เกิดอาการแพ้เมื่อรับประทานอาหารทะเล บทความกระจายเสียงรายการวันนี้กับวิทยาศาสตร์ ครั้งที่ 3*, ค้นเมื่อ 25 กันยายน 2555, จาก: http:// siweb.dss.go.th/dss_doc/fulltext/radio/R3.pdf.

ศิริรัตน์ ตันไสว. (2547). *การศึกษาคุณสมบัติของแบคทีเรียกรดแลกติกทนร้อนที่ผลิตสารไบโอเจนิกเอมีนจากอาหารหมักไทย*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2546). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน*. ค้นเมื่อ 3 พฤษภาคม 2560, จาก: http://tcps.tisi.go.th/public/StandardList.aspx.

A.O.A.C. (1995). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. (16th ed). Arlington, Virginia: The association of Official Analytical Chemists.

A.O.A.C. (2000). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. (17th ed). Arlington, Virginia: The association of Official Analytical Chemists.

Al-Busaidi M. A., Poulose Y., Khamis S. A., Adel K. A., Nashwa A. A., & Saoud H. A. (2011). Changes in scomberotoxin (histamine) and volatile amine (TVB-N) formation in Longtail Tuna (*Thunnus tonggol*) stored at different temperatures. *Agricultural and Marine Sciences*, 16, 13-22.

European Food Safety Authority. (2011). Scientific opinion on risk based control of biogenic amine formation in fermented foods. Panel on biological hazards. *European Food Safety Authority Journal*. 9(10), 2393-2487.

Gloria, M. B. A. (2005). Bioactive amines. In Hui, H. & Nollet, L. L. (Eds.). *Handbook of food science, technology and engineering*. (Vol. 4, pp. 1–38). USA: Marcel Dekker.

Hasegawa, H. (1987). Laboratory Manual on Analytical Methods and Procedures for Fish and Fish Products. In E. and H. Hasegawa (eds.). *Marine Fisheries Research Department*. Singapore.

Lin, C. S., Liu, F. L., Lee, Y. C., Hwang, C. C., & Tsai, Y. H. (2012). Histamine contents of salted seafood products in Taiwan and isolation of halotolerant histamine-forming bacteria. *Food Chemistry*, 131, 574-579.

Smolinska, S., Jutel, M., Crameri, R., & O'Mahony, L. (2014). Histamine and gut mucosal immune regulation. *European Journal of allergy and Clinical Immunology*, 69, 273–281.

Taylor, S. L. & Speckhard, M. W. (1983). Isolation of histamine-producing bacteria from frozen tuna. *Marine Fisheries Review*. 45, 35-39.

Tsai, Y. H., Lin, C. Y., Chang, S. C., Chen, H. C., Kung, H. F., & Wei, C. I. (2005). Occurrence of histamine and histamine-forming bacteria in salted mackerel in Taiwan. *Food Microbiology*, 22, 461-467.

Tsai, Y. H., Lin, C. Y., Chien, L. T., Lee, T. M., Wei, C. I., & Hwang, D. F. (2006). Histamine contents of fermented fish products in Taiwan and isolation of histamine-forming bacteria. *Food Chemistry*, 98, 64-70.

Wyder, M. T., Bachmann, H. P., & Puhan, Z. (1999). Role of selected yeasts in cheese ripening: an evaluation in foil wrapped Raclette Cheese. *Lebensm. Wiss. u. Technol*, 32, 333-343.

Zhai, H., Yang, X., Li, L., Xia, G., Cen, J., & Huang, H., *et al*. (2012). Biogenic amines in commercial fish and fish products sold in Southern China. *Food Chemistry*, 25, 303-308.

การศึกษาคุณภาพน้ำดื่มจากจุดบริการน้ำดื่ม ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

The Study of Drinking Water Quality from Drinking Water Service Points in Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

ปิยวรรณ เนื่องมัจฉา[1*] โสภนา วงศ์ทอง[2] พงศธร ปานทอง[1] และ นพมาศ จงสวัสดิ์วัฒนา[1]

Piyawan Nuengmatcha[1*], Sopana Wongthong[2], Pongsathon Panthong[1] and Noppamat Chongsawatwatthana[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำดื่มจากจุดบริการน้ำดื่มภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช โดยเก็บตัวอย่างน้ำดื่มจากจุดบริการต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จำนวน 15 จุด เป็นเวลา 3 เดือน ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2559 เพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลชีววิทยา รวมทั้งหมด 10 พารามิเตอร์ คือ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ของแข็งละลายน้ำ ความขุ่น ความกระด้าง เหล็ก คลอไรด์ โคลีฟอร์มแบคทีเรีย ฟีคัลโคลีฟอร์มแบคทีเรีย และอีโคไล ผลการวิจัยพบว่า คุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมีผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่ม ส่วนผลการศึกษาคุณภาพน้ำทางจุลชีววิทยาพบว่า จำนวน 7 จุด ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่ม (มีโคลีฟอร์มแบคทีเรีย <2 MPN/100 มิลลิลิตร ฟีคัลโคลีฟอร์มแบคทีเรีย <2 MPN/100 มิลลิลิตร และไม่พบอีโคไล) และจำนวน 8 จุด ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทางจุลชีววิทยา (มีค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียอยู่ในช่วง <2 ถึง 2,400 MPN/100 มิลลิลิตร ฟีคัลโคลีฟอร์มแบคทีเรียอยู่ในช่วง <2 ถึง 920 MPN/100 มิลลิลิตร และตรวจพบอีโคไล) โดยคุณภาพน้ำที่เหมาะสมตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มจะต้องมีค่าโคลีฟอร์มแบคทีเรียค่า <2.2 MPN/100 มิลลิลิตร ฟีคัลโคลีฟอร์มแบคทีเรียค่า <2.2 MPN/100 มิลลิลิตร และต้องไม่พบอีโคไล

คำสำคัญ: คุณภาพน้ำดื่ม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

[2] สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

* Corresponding author e-mail: piyawan_nue@nstru.ac.th

Abstracts

The objective of this research was to study the quality of drinking water from drinking water service point in Nakhon Si Thammarat Rajabhat University. The samples were collected from 15 points of drinking water various service points during three months from June to August 2016. The physical, chemical and microbiological water quality were analyzed. Ten parameters including temperature, pH, turbidity, dissolved solids, hardness, iron, chloride, coliforms bacteria, fecal coliforms bacteria and *E. coli.* were evaluated. The results found that physical and chemical quality of water samples were according to the drinking water quality standards. For the results of the microbiological water quality; it was found that 7 points of samples were according to the drinking water quality standards which coliforms bacteria was <2 MPN/100 ml, fecal coliforms bacteria was <2 MPN/100 ml and *E. coli.* was none detectable. And 8 points of samples were exceeding to the drinking water quality standards which coliforms bacteria was between <2 to 2,400 MPN/100 ml, fecal coliforms bacteria was <2 to 920 MPN/100 ml and *E. coli.* was detected. (Drinking Water Standards Maximum Contaminant Levels are <2.2 MPN/100 ml of coliforms bacteria, <2 MPN/100 ml of fecal coliforms bacteria and non-detected *E. coli.*

Keywords: Drinking water quality, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

บทนำ

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความจำเป็นต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตทุกชนิดในสิ่งมีชีวิตทั้งหลายไม่ว่าจะเป็นมนุษย์ พืช และสัตว์จะมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ส่วนหนึ่ง จะมากน้อยเป็นไปตามชนิดของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ (วริศรา ปีอาทิตย์ และอลงกรณ์ วงศ์หมั่น, 2557) นอกจากนี้น้ำยังเป็นสิ่งจำเป็นในการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ ในการทำกิจกรรมต่างๆ หลายอย่าง ได้แก่ การอุตสาหกรรม การเกษตร การชำระล้างร่างกาย การปรุงอาหาร และการดื่มกิน เป็นต้น (สัมพันธ์ พลันสังเกต วรากร วิศพันธ์ และวิภา พลันสังเกตุ, 2545) น้ำสำหรับอุปโภคบริโภคควรเป็นน้ำที่สะอาด ปราศจากเชื้อโรค และสิ่งเจือปนต่างๆ หากร่างกายได้รับน้ำที่มีสารพิษ อาจก่อให้เกิดโรคที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพทั้งในระยะสั้นและระยะยาว สารพิษบางตัวก่อให้เกิดมะเร็ง และโรคร้ายต่างๆที่ยากแก่การรักษา (นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์, 2550) ปัจจุบันสถานที่ราชการหลายแหล่งมีน้ำดื่มไว้บริการตามอาคารต่างๆ เพื่อไว้บริการแก่บุคลากรทั่วไป รวมถึงประชาชนที่ไปติดต่องานต่างๆ ที่หน่วยงานราชการ น้ำดื่มบริการสาธารณะที่มีไว้บริการแต่ละจุดอาจมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำ กรรมวิธีการผลิต และตู้กดน้ำดื่มบริการที่มีลักษณะแตกต่างกัน ทำให้น้ำดื่มบริการ บางจุด

ก็ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของน้ำดื่มบริการ จึงเป็นหน้าที่ของผู้ผลิตรวมถึงต้องมีหน่วยงานราชการที่คอยตรวจสอบคุณภาพน้ำดื่มบริการสาธารณะตามจุดบริการต่างๆ ให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน เพื่อให้ผู้บริโภคได้ดื่มน้ำที่สะอาด ปลอดภัย และยังสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาน้ำดื่มบริการสาธารณะให้ดีขึ้น (อังสนา ฉั่วสุวรรณ์, 2552)

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช มีจุดบริการน้ำดื่มไว้บริการไว้หลายจุดบริการตามอาคารต่างๆ แต่เนื่องจากน้ำดื่มที่ให้บริการในแต่ละจุดมีความแตกต่างกันทั้งด้านชนิดของน้ำและชนิดตู้กดน้ำ ทำให้อาจมีผลต่อคุณภาพของน้ำดื่มที่ให้บริการในแต่ละจุดได้ ซึ่งหากน้ำดื่มไม่ได้มาตรฐาน ก็อาจส่งผลต่อสุขภาพของนักเรียน นักศึกษา และบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยได้

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาคุณภาพน้ำดื่มจากจุดบริการต่างๆ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชและโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ว่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มสำหรับบริโภคหรือไม่ โดยทำการสุ่มวิเคราะห์จุดบริการน้ำดื่มสาธารณะในทุกอาคารที่มีการให้บริการในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชและโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชจำนวนทั้งสิ้น 15 จุด เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำดื่มในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช และโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชให้ดียิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

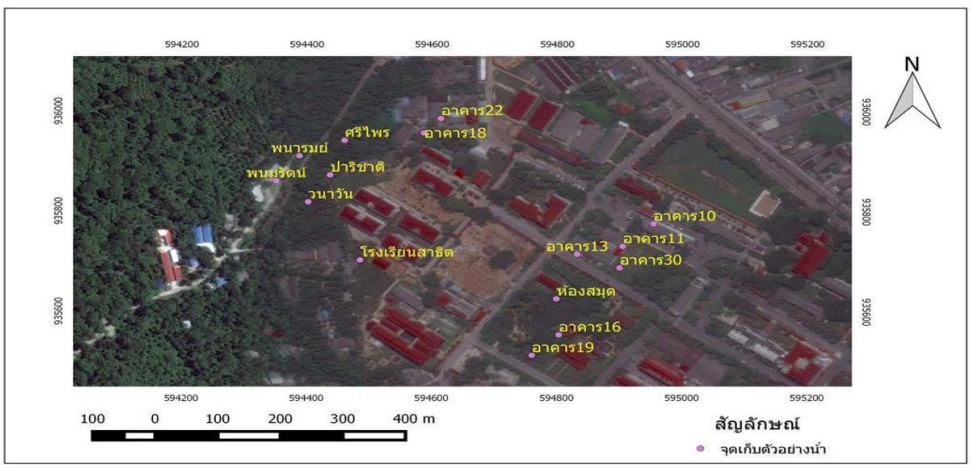
การศึกษาคุณภาพน้ำดื่มจากจุดบริการน้ำดื่มในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์คุณภาพน้ำดื่มเป็นระยะเวลา 3 เดือน ตั้งแต่เดือนมิถุนายน–สิงหาคม พ.ศ. 2559

1. วัสดุ อุปกรณ์

ขวดน้ำพลาสติกเก็บตัวอย่างน้ำขนาด 1 ลิตร ขวดแก้วขนาด 250 มิลลิลิตร ลังโฟม ถุงมือยาง เทอร์โมมิเตอร์ เครื่องวัดความขุ่น เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง เครื่องวัดสภาพการนำไฟฟ้า เครื่องสเปกโทรโฟมิเตอร์ และอุปกรณ์อื่นๆ ในห้องปฏิบัติการ

2. วิธีการวิจัย

2.1 เก็บตัวอย่างน้ำจากจุดบริการน้ำดื่มตามอาคารต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จำนวน 15 จุด ได้แก่ หอพักศรีไพร หอพักวนาวัน หอพักพนมรัตน์ หอพักพนารมย์ หอพักปาริชาติ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช หอสมุด อาคาร 11 อาคาร 10 อาคาร 13 อาคาร 16 อาคาร 18 อาคาร 19 อาคาร 22 และอาคาร 30 (ภาพที่ 1) ภายในวันและช่วงเวลาเดียวกัน โดยใช้ขวดเก็บตัวอย่างน้ำชนิดโพลีเอทิลีนขนาด 1 ลิตร เพื่อเก็บตัวอย่างน้ำทางกายภาพและเคมี โดยทำการตรวจวัดค่าอุณหภูมิ ความขุ่น ปริมาณของแข็งละลายน้ำ และความเป็นกรดด่างทันที ณ จุดเก็บตัวอย่าง และใช้ขวดแก้วขนาด 250 มิลลิลิตร ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) เพื่อเก็บตัวอย่างน้ำทางจุลชีววิทยา แล้วบรรจุใส่ลังโฟมเพื่อแช่ในน้ำแข็ง และนำเข้าห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางจุลชีววิทยาต่อไป



ภาพที่ 1 แผนที่จุดเก็บตัวอย่างภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

2.2 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและจุลชีววิทยาของน้ำดื่ม ณ ห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์ และห้องปฏิบัติการหลักสูตรวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช โดยมีพารามิเตอร์ และวิธีการศึกษาดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ และวิธีวิเคราะห์น้ำ

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
1. ความเป็นกรดด่าง	ตรวจวัดภาคสนามด้วย pH meter
2. อุณหภูมิ	ตรวจวัดภาคสนามด้วยเทอร์โมมิเตอร์
3. ปริมาณของแข็งละลายน้ำ	ตรวจวัดภาคสนามด้วย Conductivity meter
4. ความขุ่น	ตรวจวัดภาคสนามโดยใช้เครื่องวัดความขุ่น
5. เหล็ก (Fe)	Spectrophotometer (มั่นสิน ตุลฑุลเวศม์, 2546)
6. ความกระด้างทั้งหมด	EDTA Titration (Parson, T. R.; Maita, Y. & Lalli, C. M., 1989)
7. คลอไรด์	Mohr Method (มั่นสิน ตุลฑุลเวศม์, 2546)
8. โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	Multiple Tube Fermentation Technique
9. ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย	Multiple Tube Fermentation Technique
10. อีโคไล	Streak Plate

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มของกระทรวงสาธารณสุข

ผลการวิจัย

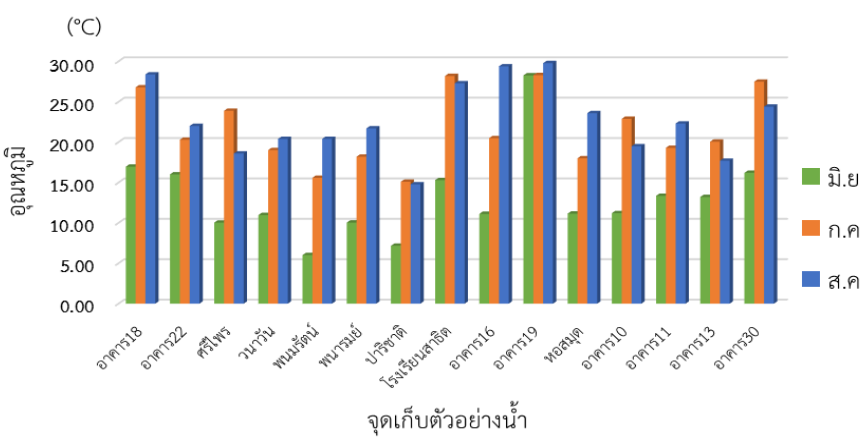
การศึกษาคุณภาพน้ำดื่มจากจุดบริการน้ำดื่มภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ดำเนินการโดยเก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 15 จุด ทุกเดือน เป็นเวลาระยะเวลา 3 เดือน พบว่าให้ผลการศึกษาดังนี้

1. การศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมีของน้ำดื่ม

การศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมีของน้ำดื่มจากจุดบริการน้ำดื่มภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช พบว่าได้ผลการศึกษาดังนี้

1.1 อุณหภูมิ (Temperature)

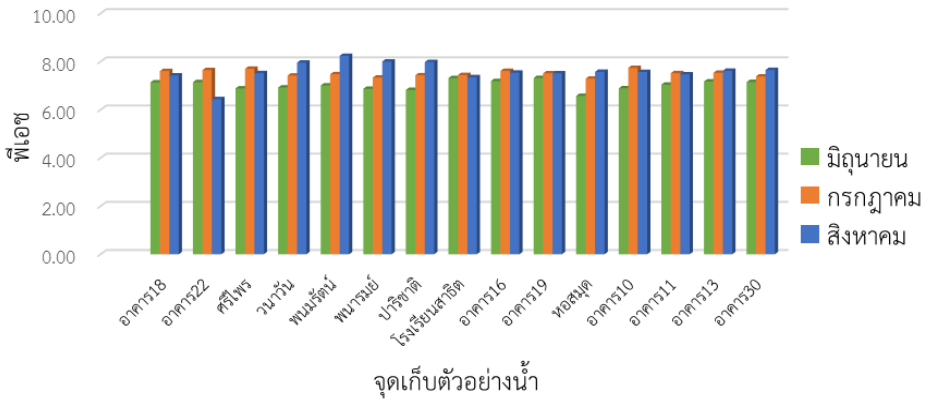
จากการศึกษาอุณหภูมิของน้ำดื่มตามจุดบริการน้ำดื่มต่างๆ พบว่า ในเดือนมิถุนายน มีค่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 6.02-28.27 องศาเซลเซียส เดือนกรกฎาคม มีค่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 15.1-28.3 องศาเซลเซียส และเดือนสิงหาคม มีค่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 14.78-29.79 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 2) จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของแต่ละเดือนจะแตกต่างกัน เนื่องจากบางจุดบางเดือนมีการเปิดใช้เครื่องทำน้ำเย็นตามปกติ แต่บางจุดบางเดือนเครื่องความเย็นเสีย จึงทำให้อุณหภูมิของน้ำในแต่ละเดือนไม่คงที่



ภาพที่ 2 อุณหภูมิของน้ำจากจุดบริการน้ำดื่มในช่วงเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม พ.ศ. 2559

1.2 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

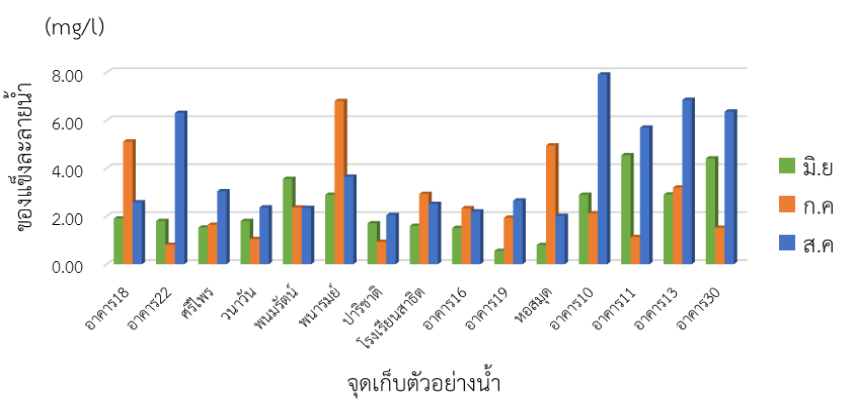
จากการศึกษาความเป็นกรดด่างของน้ำดื่มตามจุดบริการน้ำดื่มต่างๆ พบว่า ในเดือนมิถุนายน มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.57-7.31 เดือนกรกฎาคมมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.29-7.73 และเดือนสิงหาคมมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.44-8.23 (ภาพที่ 3) เมื่อนำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำดื่ม (6.5-8.5) พบว่ามีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานทุกจุดเก็บตัวอย่าง



ภาพที่ 3 ความเป็นกรดด่างของน้ำตามจุดบริการน้ำดื่มในช่วงเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม พ.ศ. 2559

1.3 ของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solid: TDS)

จากการศึกษาปริมาณของแข็งละลายน้ำ พบว่า ในเดือนมิถุนายน มีปริมาณของแข็งละลายน้ำอยู่ในช่วง 0.55-4.54 มิลลิกรัมต่อลิตร เดือนกรกฎาคม มีปริมาณของแข็งละลายน้ำอยู่ในช่วง 0.81-6.80 มิลลิกรัมต่อลิตร และเดือนสิงหาคม มีปริมาณของแข็งละลายน้ำอยู่ในช่วง 2.02-7.91 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 4) เมื่อนำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำดื่ม พบว่าปริมาณของแข็งละลายน้ำเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่ม (ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อลิตร)

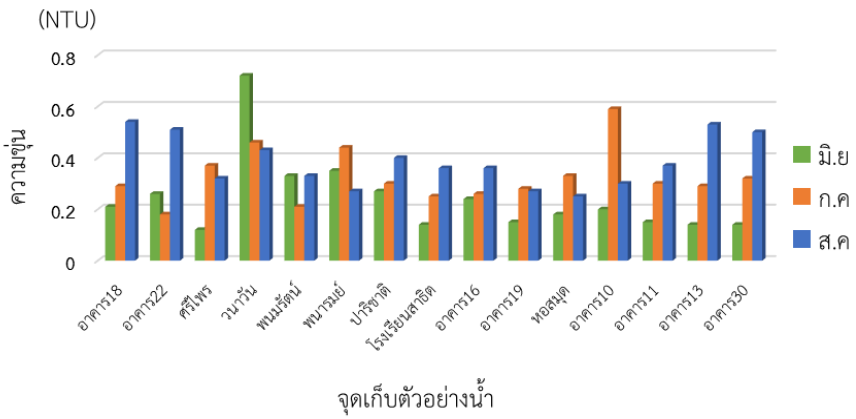


ภาพที่ 4 ของแข็งละลายน้ำจากจุดบริการน้ำดื่มในช่วงเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม พ.ศ. 2559

1.4 ความขุ่น (Turbidity)

จากการศึกษาความขุ่นของน้ำดื่ม พบว่า ในเดือนมิถุนายนมีปริมาณความขุ่นของน้ำอยู่ในช่วง 0.12-0.72 NTU เดือนกรกฎาคมมีปริมาณความขุ่นของน้ำอยู่ในช่วง 0.18-0.59 NTU และเดือนสิงหาคมมีปริมาณความขุ่นของน้ำอยู่ในช่วง 0.25-0.54 NTU (ภาพที่ 5) จะเห็นได้ว่าค่า

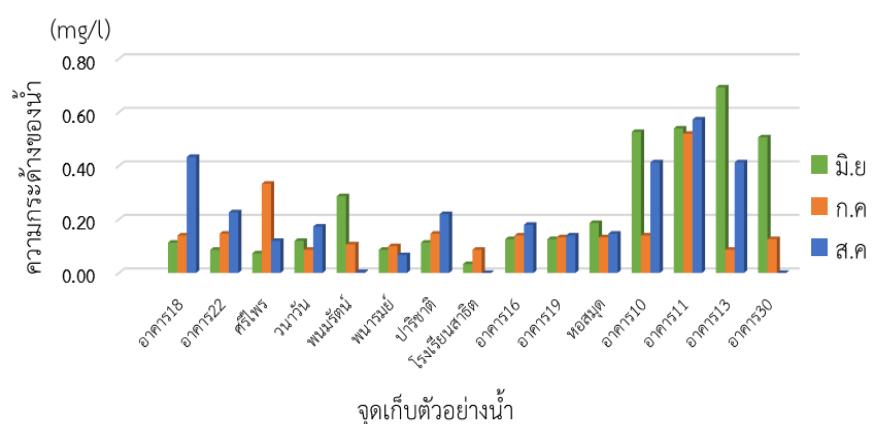
ความขุ่นของน้ำในแต่ละเดือนมีค่าไม่สูงมาก เมื่อนำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำดื่ม พบว่าค่าความขุ่นของน้ำดื่มในแต่ละเดือนเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่ม (ไม่เกิน 5 NTU)



ภาพที่ 5 ความขุ่นของน้ำจากจุดบริการน้ำดื่มในช่วงเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม พ.ศ. 2559

1.5 ความกระด้าง (Hardness)

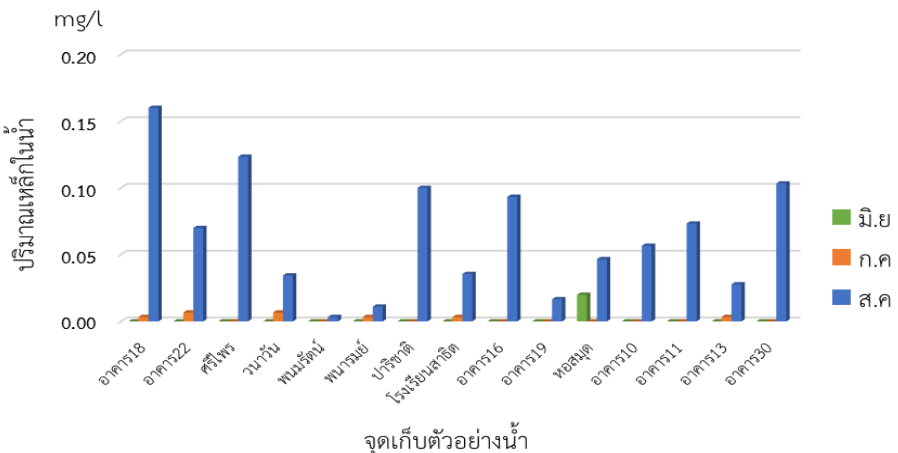
จากการศึกษาความกระด้างของน้ำ พบว่า ในเดือนมิถุนายนมีปริมาณความกระด้างของน้ำอยู่ในช่วง 0.03-0.69 มิลลิกรัมต่อลิตร เดือนกรกฎาคมมีปริมาณความกระด้างของน้ำอยู่ในช่วง 0.09-0.52 มิลลิกรัมต่อลิตร และเดือนสิงหาคมมีปริมาณความกระด้างของน้ำ 0.00-0.57 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 6) เมื่อนำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำดื่ม พบว่าปริมาณความกระด้างของน้ำเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่ม (ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร)



ภาพที่ 6 ความกระด้างของน้ำจากจุดบริการน้ำดื่มในช่วงเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม พ.ศ. 2559

1.6 ปริมาณเหล็ก (Iron)

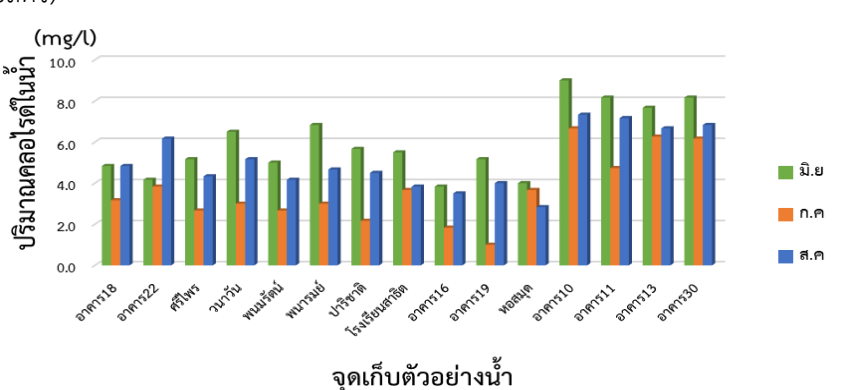
จากการศึกษาปริมาณเหล็กในน้ำดื่ม พบว่า ในเดือนมิถุนายนมีปริมาณเหล็กอยู่ในช่วง 0.00-0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร เดือนกรกฎาคมมีปริมาณเหล็กอยู่ในช่วง 0.00-0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร และเดือนสิงหาคมมีปริมาณเหล็กอยู่ในช่วง 0.00-0.16 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 7) จะเห็นได้ว่าค่าปริมาณเหล็กของน้ำในแต่ละเดือนมีค่าไม่แตกต่างกัน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำดื่ม พบว่าค่าปริมาณเหล็กของน้ำดื่มในแต่ละเดือนเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่ม (ไม่เกิน 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร)



ภาพที่ 7 ปริมาณเหล็กในน้ำจากจุดบริการน้ำดื่มในช่วงเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม พ.ศ. 2559

1.7 ปริมาณคลอไรด์ (Chloride)

จากการศึกษาปริมาณคลอไรด์ในน้ำดื่ม พบว่าในเดือนมิถุนายนมีปริมาณคลอไรด์ในน้ำอยู่ในช่วง 3.8-9.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เดือนกรกฎาคมมีปริมาณคลอไรด์ในน้ำอยู่ในช่วง 1.0-6.7 มิลลิกรัมต่อลิตร และเดือนสิงหาคมมีปริมาณคลอไรด์ในน้ำอยู่ในช่วง 2.8-7.3 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 8) จะเห็นได้ว่าปริมาณคลอไรด์ในแต่ละเดือนเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่ม (ไม่เกิน 250 มิลลิกรัมต่อลิตร)



ภาพที่ 8 ปริมาณคลอไรด์ในน้ำจากจุดบริการน้ำดื่มในช่วงเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม พ.ศ. 2559

2. การศึกษาคุณภาพน้ำทางจุลชีววิทยาของน้ำดื่ม

การศึกษาคุณภาพน้ำดื่มทางจุลชีววิทยาจากจุดบริการน้ำดื่มภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จำนวน 15 จุด ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม เป็นระยะเวลา 3 เดือน โดยทำการวิเคราะห์โคลิฟอร์มแบคทีเรีย ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และอีโคไล เดือนละ 1 ครั้ง ด้วยวิธีมาตรฐาน Standard Multiple Tube (MPN) tests พบว่าให้ผลการศึกษาดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาคุณภาพน้ำดื่มทางจุลชีววิทยาตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม 2559

จุดเก็บตัวอย่างน้ำ	มิถุนายน			กรกฎาคม			สิงหาคม			ผลการประเมินตามเกณฑ์มาตรฐานของน้ำดื่ม
	Total coliform (MPN/100 มิลลิลิตร)	Fecal coliform (MPN/100 มิลลิลิตร)	*E. coli*	Total coliform (MPN/100 มิลลิลิตร)	Fecal coliform (MPN/100 มิลลิลิตร)	*E. coli*	Total coliform (MPN/100 มิลลิลิตร)	Fecal coliform (MPN/100 มิลลิลิตร)	*E. coli*	
อาคาร18	<2	<2	ไม่พบ	<2	<2	ไม่พบ	<2	<2	ไม่พบ	ผ่าน
อาคาร22	<2	<2	ไม่พบ	<2	<2	ไม่พบ	4	5	พบ	ไม่ผ่าน
หอพักศรีไพร	<2	<2	ไม่พบ	<2	<2	ไม่พบ	<2	<2	ไม่พบ	ผ่าน
หอพักวนาวัน	<2	<2	ไม่พบ	17	7	พบ	<2	<2	ไม่พบ	ไม่ผ่าน
หอพักพนมรัตน์	<2	<2	ไม่พบ	<2	<2	ไม่พบ	<2	<2	ไม่พบ	ผ่าน
หอพักพนารมย์	<2	<2	ไม่พบ	5	5	พบ	<2	<2	ไม่พบ	ไม่ผ่าน
หอพักปาริชาติ	8	5	ไม่พบ	<2	<2	ไม่พบ	<2	<2	ไม่พบ	ไม่ผ่าน
โรงเรียนสาธิต	2400	<2	ไม่พบ	2	2	พบ	110	110	พบ	ไม่ผ่าน
อาคาร16	2	2	ไม่พบ	<2	<2	ไม่พบ	<2	<2	ไม่พบ	ผ่าน
อาคาร19	5	2	พบ	<2	<2	ไม่พบ	4	5	พบ	ไม่ผ่าน
หอสมุด	<2	<2	ไม่พบ	<2	<2	ไม่พบ	2	2	ไม่พบ	ผ่าน
อาคาร10	<2	<2	ไม่พบ	<2	<2	ไม่พบ	<2	<2	ไม่พบ	ผ่าน
อาคาร11	<2	<2	ไม่พบ	<2	<2	ไม่พบ	<2	<2	ไม่พบ	ผ่าน
อาคาร13	<2	<2	ไม่พบ	22	22	พบ	2	2	พบ	ไม่ผ่าน
อาคาร30	33	<2	ไม่พบ	920	920	พบ	<2	<2	ไม่พบ	ไม่ผ่าน
เกณฑ์มาตรฐาน	<2.2	<2.2	ไม่พบ	<2.2	<2.2	ไม่พบ	<2.2	<2.2	ไม่พบ	

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่า ในเดือนมิถุนายนพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มทางจุลชีววิทยาของกระทรวงสาธารณสุขมีจำนวน 4 จุดได้แก่ จุดที่ 1 หอพักปาริชาติ มีค่าเท่ากับ 8 MPN/100 มิลลิลิตร จุดที่ 2 โรงเรียนสาธิต มีค่าเท่ากับ 2,400 MPN/100 มิลลิลิตร จุดที่ 3 อาคาร 19 มีค่าเท่ากับ 5 MPN/100 มิลลิลิตร และจุดที่ 4 อาคาร 30 มีค่าเท่ากับ 33 MPN/100 มิลลิลิตร ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มทางจุลชีววิทยาจำนวน 2 จุด ได้แก่ หอพักปาริชาติ มีค่าเท่ากับ 5 MPN/100 มิลลิลิตร และอาคาร 19 มีค่าเท่ากับ 2 MPN/100 มิลลิลิตร ส่วนอีโคไลพบว่าตรวจพบในน้ำดื่มจำนวน 2 จุด ได้แก่ อาคาร 16 และอาคาร 19 ซึ่งไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มทางจุลชีววิทยาของกระทรวงสาธารณสุข

ในเดือนกรกฎาคมพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มทางจุลชีววิทยาของกระทรวงสาธารณสุขมีจำนวน 4 จุด ได้แก่ จุดที่ 1 หอพักวนาวัน มีค่าเท่ากับ 17 MPN/100 มิลลิลิตร จุดที่ 2 หอพักพนารมย์ มีค่าเท่ากับ 5 MPN/100 มิลลิลิตร จุดที่ 3 อาคาร 13 มีค่าเท่ากับ 22 MPN/100 มิลลิลิตร และจุดที่ 4 อาคาร 30 มีค่าเท่ากับ 920 MPN/100 มิลลิลิตร ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มทางจุลชีววิทยาจำนวน 4 จุด ได้แก่ หอพักวนาวัน มีค่าเท่ากับ 7 MPN/100 มิลลิลิตร หอพักพนารมย์ มีค่าเท่ากับ 5 MPN/100 มิลลิลิตร อาคาร 13 มีค่าเท่ากับ 22 MPN/100 มิลลิลิตร และอาคาร 30 มีค่าเท่ากับ 920 MPN/100 มิลลิลิตร ส่วนอีโคไลพบว่าตรวจพบในน้ำดื่มจำนวน 5 จุด ได้แก่ หอพักวนาวัน หอพักพนารมย์ โรงเรียนสาธิต อาคาร 13 และอาคาร 30

ในเดือนสิงหาคมพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มทางจุลชีววิทยาของกระทรวงสาธารณสุขจำนวน 3 จุด ได้แก่ จุดที่ 1 อาคาร 22 มีค่าเท่ากับ 4 MPN/100 มิลลิลิตร จุดที่ 2 โรงเรียนสาธิต มีค่าเท่ากับ 110 MPN/100 มิลลิลิตร และจุดที่ 3 อาคาร 19 มีค่าเท่ากับ 4 MPN/100 มิลลิลิตร ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มทางจุลชีววิทยาจำนวน 3 จุด ได้แก่ อาคาร 22 มีค่าเท่ากับ 5 MPN/100 มิลลิลิตร โรงเรียนสาธิต มีค่าเท่ากับ 110 MPN/100 มิลลิลิตร และอาคาร 19 มีค่าเท่ากับ 5 MPN/100 มิลลิลิตร ส่วนอีโคไลพบว่าตรวจพบในน้ำดื่มจำนวน 4 จุด ได้แก่ อาคาร 22 โรงเรียนสาธิต อาคาร 19 และอาคาร 13

การอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาคุณภาพน้ำดื่มจากจุดบริการน้ำดื่มภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จำนวน 15 จุดเก็บตัวอย่าง จาก 15 อาคาร ได้แก่ หอพักศรีไพร หอพักวนาวัน หอพักพนมรัตน์ หอพักพนารมย์ หอพักปาริชาติ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช หอสมุด อาคาร 10 อาคาร 11 อาคาร 13 อาคาร 16 อาคาร 18 อาคาร 19 อาคาร 22 และอาคาร 30 เป็นระยะเวลา 3 เดือน เดือนละ 1 ครั้ง (เดือนมิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม) ผลการศึกษาพบว่าคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมี ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มของกระทรวงสาธารณสุข (กระทรวงสาธารณสุข, 2545) ในทุกจุดเก็บตัวอย่าง ทั้งนี้เนื่องจากน้ำในแต่ละจุดได้ผ่านเครื่องกรองของทางมหาวิทยาลัย และบางจุดเป็นน้ำแกลลอนขนาด 20 ลิตร ซึ่งทางมหาวิทยาลัยจัดซื้อมาจาก

ร้านค้าของเอกชน ซึ่งได้ผ่านกระบวนการกรองก่อนนำมาติดตั้งกับเครื่องทำความเย็นจึงทำให้ไม่มีปัญหาในด้านคุณภาพน้ำทางกายภาพ และเคมี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของประกรณ์ เลิศสุวรรณไพศาล (2549) เรื่องการวิเคราะห์คุณภาพน้ำดิบที่ผ่านระบบกรองและน้ำดื่มบรรจุขวดชนิดฝาปิดสนิทตราทะเลแก้ว พบว่าคุณภาพน้ำดื่มทางกายภาพและทางเคมีเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่ม และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนาวัฒน์ รักกมล ปุญญพัฒน์ ไชยเมล์ สุธีร์ อินทร์รักษา และวรวรรณินี ราชสงฆ์ (2555) เรื่องคุณภาพน้ำดื่มจากเครื่องทำน้ำเย็นในมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง พบว่าส่วนใหญ่ใช้น้ำประปา โดยกระบวนการผ่านระบบเครื่องกรองน้ำ และนำเข้าสู่ระบบเครื่องทำน้ำเย็นเพื่อให้บริการ (95%) จากการตรวจคุณภาพน้ำดื่มพบว่า ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทางกายภาพและเคมีของน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 256) พ.ศ. 2545

ส่วนผลการศึกษาคุณภาพน้ำทางจุลชีววิทยาพบว่าน้ำดื่มจากจุดบริการต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มของกระทรวงสาธารณสุขมี 7 จุด ได้แก่ หอพักศรีไพร หอพักพนมรัตน์ หอสมุด อาคาร 10 อาคาร 11 อาคาร 16 และอาคาร 18 เพราะจุดเก็บตัวอย่างน้ำแต่ละจุดได้มีการดูแลทำความสะอาดเครื่องทำความเย็น และมีการเปิดใช้งานระบบทำความเย็นอยู่ตลอดเวลา ทำให้การปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ อีโคไลในน้ำดื่มยังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มทางจุลชีววิทยาของกระทรวงสาธารณสุขมีจำนวน 8 จุด ได้แก่ หอพักวนาวัน หอพักพนารมย์ หอพักปาริชาติ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช อาคาร 13 อาคาร 19 อาคาร 22 และอาคาร 30 ทั้งนี้ในส่วนของหอพักวนาวัน หอพักพนารมย์ หอพักปาริชาติ ซึ่งมีจุดบริการน้ำดื่มที่มีไส้กรองเหมือนกัน สาเหตุอาจเนื่องมาจากไม่ได้ทำความสะอาดเครื่องทำความเย็นอย่างต่อเนื่องและไม่ได้ล้างไส้กรอง ทำให้การกรองน้ำดิบไม่มีประสิทธิภาพจึงพบการปนเปื้อนของโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียเกินเกณฑ์มาตรฐาน แต่ยังไม่พบอีโคไล ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธนาวัฒน์ รักกมล ปุญญพัฒน์ ไชยเมล์ สุธีร์ อินทร์รักษา และวรวรรณินี ราชสงฆ์ (2555) เรื่องคุณภาพน้ำดื่มจากเครื่องทำน้ำเย็นในมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง พบว่า การตรวจวัดด้านจุลชีววิทยาตรวจไม่พบอีโคไล *(E. coli)* แต่ตรวจพบเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดเกินค่ามาตรฐานทุกจุดเก็บตัวอย่าง (100 %) เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มองค์การอนามัยโลก ค.ศ. 1996 สำหรับเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียไม่เป็นเชื้อก่อโรค แต่เป็นตัวชี้วัดว่าอาจมีจุลินทรีย์ตัวอื่นที่ทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินอาหารปนอยู่ (U.S.EPA., 1992)

ในส่วนของกลุ่มอาคารเรียนต่างๆ เช่น อาคาร 22 อาจมีสาเหตุมาจากจุดบริการน้ำดื่มอาคาร 22 ไม่ได้ทำความสะอาดเครื่องทำความเย็นอย่างต่อเนื่อง และภายในเป็นอาคารปฏิบัติการช่างของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ซึ่งมีฝุ่นละอองฟุ้งกระจาย อาจมีการปนเปื้อนจากการยกแกลลอนน้ำขณะเปลี่ยนน้ำ ซึ่งพบการปนเปื้อนในครั้งที่ 3 (เดือนสิงหาคม) ของการศึกษาเพียงครั้งเดียว คล้ายคลึงกับในส่วนของอาคาร 13 และอาคาร 30 ซึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากการขาดการดูแลที่ดี และการไม่ทำความสะอาดของเครื่องทำความเย็นสม่ำเสมอส่งผลให้การเปลี่ยนแกลลอนน้ำแต่ละครั้งอาจเกิดการปนเปื้อนจากการสัมผัส และตะกอนบางส่วนที่สะสมอยู่เครื่องทำความเย็นเป็นเวลานาน สำหรับอาคาร 19 นอกจากสาเหตุของการปนเปื้อนอาจมาจากการขาดการดูแลทำความสะอาดแล้ว

ยังอาจมีสาเหตุมาจากน้ำมีอุณหภูมิสูง เพราะไม่มีการเสียบปลั๊กเครื่องทำความเย็น ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีส่งผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ และในส่วนของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ซึ่งเป็นจุดที่พบการปนเปื้อนมากที่สุด คือไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มทางจุลชีววิทยาในทุกเดือนที่ทำการศึกษา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากทางโรงเรียนได้นำน้ำดิบมากรอง โดยเครื่องกรองน้ำที่ทางโรงเรียนสาธิตฯ ติดตั้งไว้ และทำการบรรจุใส่แกลลอนขนาด 20 ลิตร ซึ่งกระบวนการบรรจุน้ำใส่แกลลอนอาจจะมีการปนเปื้อนโดยตรงจากการสัมผัสด้วยมือที่ไม่สะอาด และนอกจากนี้ยังอาจเกี่ยวกับประสิทธิภาพของเครื่องกรอง และการดูแลทำความสะอาดระบบกรองอีกด้วย ซึ่งจากการศึกษาของนรา ระวาดชัย และวรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์ (2555) เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำดื่มจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ พบว่าช่องจ่ายน้ำไม่มีประตูเปิด-ปิด หรือชำรุด มีผลต่อคุณภาพน้ำดื่มไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเป็น 2.91 เท่าของสภาพพร้อมใช้งาน และการดูแลระบบกรองไม่เปลี่ยนไส้กรองตามรอบระยะเวลา มีผลต่อคุณภาพน้ำไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเป็น 9.46 เท่าของการปฏิบัติถูกต้อง นอกจากนี้วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์ และสมศักดิ์ พิทักษานุรัตน์ (2554) ได้ศึกษาเรื่องการปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มของครัวเรือนชนบท ได้กล่าวว่า การปนเปื้อนของจุลินทรีย์อาจเกิดจากภาชนะกักเก็บน้ำไม่มีฝาปิดมิดชิด ไม่สะอาด การขาดการดูแลที่ดี การใช้ภาชนะใส่น้ำดื่มร่วมกัน การหยิบจับด้วยมือที่ไม่สะอาด และขาดการล้างมือที่ถูกวิธี

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาคุณภาพน้ำดื่มจากจุดบริการน้ำดื่มภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช โดยเก็บตัวอย่างน้ำดื่มจากจุดบริการต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จำนวน 15 จุด เป็นเวลา 3 เดือน ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2559 เพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลชีววิทยา พบว่า คุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมี ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มของกระทรวงสาธารณสุขในทุกจุดเก็บตัวอย่าง ส่วนผลการศึกษาคุณภาพน้ำทางจุลชีววิทยาพบว่า จำนวน 7 จุดผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่ม (มีโคลีฟอร์มแบคทีเรีย <2 MPN/100 มิลลิลิตร ฟีคัลโคลีฟอร์มแบคทีเรีย <2 MPN/100 มิลลิลิตร และไม่พบอีโคไล) ได้แก่ หอพักศรีไพร หอพักพนมรัตน์ หอสมุด อาคาร 10 อาคาร 11 อาคาร 16 และอาคาร 18 และจำนวน 8 จุด ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทางจุลชีววิทยา (มีค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรียอยู่ในช่วง <2 ถึง 2,400 MPN/100 มิลลิลิตร ฟีคัลโคลีฟอร์มแบคทีเรียอยู่ในช่วง <2 ถึง 920 MPN/100 มิลลิลิตร และตรวจพบอีโคไล) ได้แก่ หอพักวนาวัน หอพักพนารมย์ หอพักปาริชาติ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช อาคาร 13 อาคาร 19 อาคาร 22 และอาคาร 30 โดยคุณภาพน้ำที่เหมาะสมตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มจะต้องมีค่าโคลีฟอร์มแบคทีเรียค่า <2.2 MPN/100 มิลลิลิตร ฟีคัลโคลีฟอร์มแบคทีเรียค่า <2.2 MPN/100 มิลลิลิตร และต้องไม่พบอีโคไล

ข้อเสนอแนะ

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชควรให้ความสำคัญกับการปรับปรุงคุณภาพน้ำดื่มภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช และควรมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำอย่างต่อเนื่องเพื่อคุณภาพชีวิตและประโยชน์ของนักศึกษาบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. (2545). *ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 256) พ.ศ. 2545 เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (ฉบับที่ 4).* ค้นเมื่อ10 ตุลาคม, 2559, จาก: www.elib.fda.moph.go.th.

ธนาวัฒน์ รักกมล ปุญญพัฒน์ ไชยเมล์ สุธีร์ อินทร์รักษา และวรวรรณินี ราชสงฆ์. (2555). คุณภาพน้ำดื่มจากเครื่องทำน้ำเย็นในมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ,* 15(2), 18-26.

นรา ระวาดชัย และวรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์. (2555). ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำดื่มจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ. *วารสารวิจัย มข.,* 17(3), 480-492.

นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์. (2550). *หลักการการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประกรณ์ เลิศสุวรรณไพศาล. (2549). *การวิเคราะห์คุณภาพน้ำดิบและน้ำดื่มชนิดฝาปิดสนิท ตราทะเลแก้ว.* กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์. (2542). *วิศวกรรมการประปา* เล่ม 1. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์ และสมศักดิ์ พิทักษานุรัตน์. (2554). การปนเปื้อนโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำดื่มของครัวเรือนชนบท. *วารสารวิจัย มข.,* 16(8), 1025-1035.

วริศรา ปีอาทิตย์ และอลงกรณ์ วงศ์หมั่น. (2557). *คุณภาพน้ำดื่มจากเครื่องผลิตน้ำดื่มหยอดเหรียญ*. ปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

สัมพันธ์ พลันสังเกต วรากร วิศพันธ์ และวิภา พลันสังเกตุ. (2545). *คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำเพื่อการประปาของ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง.* สงขลา: ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยทักษิณ.

อังสนา ฉั่วสุวรรณ์. (2552). *การตรวจสอบคุณภาพน้ำดื่ม.* ค้นเมื่อ 10 มิถุนายน 2559, จาก: www.dss.go.th/ dssweb/st-articles/.../cp_1_2547_water_drink.pdf.

Parson, T. R.; Maita, Y. & Lalli, C. M. (1989). *A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis.* 3th ed. Oxford: Pergamon Press.

U.S.EPA. (1992). *Guidelines for Exposure Assessment*. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency.

ความรู้และทัศนคติที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงตำบลเกาะสะท้อน อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส

Knowledge and Attitude Associated with Self-care Behavior among Hypertension Patients in Kohsathon Sub-district, Takbai District, Narathiwat Province

อร่าม อามีเราะ[1] และ อมรศักดิ์ โพธิ์อ่ำ[2*]

Aram Armeeroh[1] and Amornsak Poum [2*]

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงวิเคราะห์มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้และทัศนคติที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงตำบลเกาะสะท้อน อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส ประชากรในการศึกษาคือ ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคความดันโลหิตสูง 625 คน ใช้สูตรการคำนวณที่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอนของ Daniel ได้กลุ่มตัวอย่าง 258 ราย ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลคือ แบบสอบถาม ที่ผ่านการตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านและนำไปทดลองใช้เพื่อวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟ่าครอนบาค ได้ค่าความเชื่อมั่นแบบสอบถามเท่ากับ 0.85 วิเคราะห์ข้อมูลหาความสัมพันธ์โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ด้านความรู้มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 58.1 ($\overline{X}$=1.77, S.D.=0.60) ด้านทัศนคติมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง ร้อยละ 65.5 ($\overline{X}$=2.66, S.D.=0.48) และพฤติกรรมการดูแลตัวเองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 60.9 ($\overline{X}$=2.39, S.D.=0.49) ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่า ความรู้และทัศนคติมีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงตำบลเกาะสะท้อน อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r=0.192, P<0.001, และ r=0.172, P<0.001 ตามลำดับ)

คำสำคัญ: ความรู้ ทัศนคติ พฤติกรรมการดูแลตนเอง

[1] สาขาวิชาบริหารสาธารณสุข คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง สาขาวิทยบริการเฉลิมพระเกียรติจังหวัดตรัง

[2] หลักสูตรสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาบริหารสาธารณสุข คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

* Corresponding author e-mail: Amornsak1.poum@gmail.com

Abstract

The descriptive research study aimed to study knowledge and attitude associated with self-care behavior among hypertension patients in Kohsathon sub-district, Takbai district, Narathiwat province. Population was 625 hypertension patients, and sample size calculating used Daniel formula for 258 cases, Data were collected by developed questionnaires. In addition to, validity was checked by three experts and try out testing reliability by cronbach alpha coefficient about 0.85, an association analysis used Pearson product moment correlation coefficient. The result shown that knowledge factors had mean score with moderate level for 58.1% ($\overline{X}$ =1.77, S.D.=0.60), an attitude had mean score with high level for 65.5% ($\overline{X}$ =2.66, S.D.=0.48). Moreover, self-care behavior among hypertension patients had mean score with moderate level for 60.9% ($\overline{X}$ =2.39, S.D.=0.49). An association analyzed found that knowledge factors and attitude factors were associated with self-care behavior among hypertension patients in Kohsathon sub-district, Takbai district, Narathiwat province with statistic significant (r=0.192, P-value<0.001, r=0.172, P-value=0.006) respectively.

Keywords: knowledge, attitude, self-care behavior

บทนำ

ในช่วงเวลาที่ผ่านมาโรคไม่ติดต่อเรื้อรังเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับต้นของโลกโดยทุกปีจะมีผู้เสียชีวิตประมาณ 36 ล้านคน (ร้อยละ 63) โดยประมาณร้อยละ 44 เสียชีวิตก่อนอายุ 70 ปี (World Health Organization, 2011) องค์กรระดับนานาชาติให้ความสำคัญต่อการจัดการปัญหาโรคไม่ติดต่อเรื้อรังโดยมีเป้าหมายของแผนยุทธศาสตร์โลกคือ การลดอัตราการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร ร้อยละ 25 ภายในปี พ.ศ.2568 (World Health Organization, 2013) สำหรับประเทศไทยจากข้อมูลสถิติของสำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข พบว่า จำนวนของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงระหว่างปี 2555-2557 มีจำนวนผู้ป่วยเพิ่มสูงขึ้นทุกปี เท่ากับ 1,009,385 1,053,294 และ1,014,231 ราย ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นอัตราป่วยในต่อแสนประชากรเท่ากับ 1,570.63 1,629.95 และ 1,561.42 ตามลำดับ นอกจากนี้จำนวนผู้ที่เสียชีวิตจากโรคความดันโลหิตสูงมีจำนวนเพิ่มขึ้นทุกปี เท่ากับ 3,684 5,165 และ 7,115 ราย ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นอัตราตายต่อแสนประชากรเท่ากับ 5.73 7.99 และ 10.95 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นความโรคความดันโลหิตสูงมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นทุกปี (สำนักโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, 2558)

สำหรับสถานการณ์โรคความดันโลหิตสูงของตำบลเกาะสะท้อน อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส ปี พ.ศ. 2558 มีผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง จำนวน 594 ราย (คิดเป็นอัตราป่วยเท่ากับ 1,455.42 ต่อแสนประชากร) ซึ่งใกล้เคียงกับอัตราป่วยของระดับประเทศ นอกจากนี้ยังพบว่าผู้ป่วยโรคความดัน

โลหิตสูงมีภาวะแทรกซ้อนเกิดขึ้นโดยพบภาวะแทรกซ้อนของหลอดเลือดสมอง 1 ราย โรคหลอดเลือดหัวใจ 6 ราย และไตวาย 5 ราย (โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลเกาะสะท้อน, 2558) โรคความดันโลหิตสูงเป็นภาวะที่ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวสูงกว่าปกติ ส่วนมากผู้ป่วยที่มีอาการของโรคความดันโลหิตสูงจะพบอาการปวดศรีษะบริเวณท้ายทอย เวียนศรีษะ คลื่นไส้ ตามัว เมื่อเป็นเวลานานๆ จะเกิดความผิดปกติของเส้นเลือด โดยปัจจัยเสี่ยงของโรคไม่ติดต่อ ได้แก่ ปัจจัยต่างๆ ที่มีคุณลักษณะเฉพาะไม่ว่าจะเป็นด้านพฤติกรรมบุคคล แบบแผนพฤติกรรมหรือวิถีชีวิต การเผชิญสภาวะแวดล้อมทั้งทางสังคมและกายภาพหรือการส่งผ่านทางพฤติกรรมและสิ่งที่มีมาแต่กำเนิด (ถาวร มาต้น, 2557) ภาวะแทรกซ้อนจากความดันโลหิตสูงพบได้ตั้งแต่ศีรษะจรดเท้า เช่น ในส่วนของสมองที่พบบ่อยได้แก่ เส้นเลือดสมองแตกหรืออุดตันและมักจะตามมาด้วยอาการอัมพฤกษ์ อัมพาต นอกจากนั้นก็เป็นในส่วนของหัวใจ ได้แก่หัวใจขาดเลือดหรือหัวใจวาย และพบอาการไตวาย เป็นต้น จากการศึกษาสภาพปัญหาของผู้ที่มีความดันโลหิตสูง พบว่า ความรู้เกี่ยวกับโรคความดันโลหิตสูง ทัศนคติเกี่ยวกับโรคความดันโลหิตสูง การเข้าถึงบริการสุขภาพ การได้รับข้อมูลข่าวสารทางด้านสุขภาพเกี่ยวกับโรคความดันโลหิตสูงและการได้รับแรงสนับสนุนทางสังคมมีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง พฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงมีความสัมพันธ์กับความรู้และทัศนคติเกี่ยวกับโรคความดันโลหิตสูง การเข้ารับบริการสุขภาพ การได้รับข้อมูลข่าวสารทางด้านสุขภาพเกี่ยวกับโรคความดันโลหิตสูงและการได้รับแรงสนับสนุนทางสังคม (ปฐญาภรณ์ ลาลุน, 2554) การออกกำลังกายเป็นปัจจัยที่สำคัญในการป้องกัน บำบัดและควบคุมความดันโลหิตสูงเนื่องจากการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอสามารถลดความดันโลหิตได้ โดยเฉลี่ยแล้วความดันโลหิตจะลดลง 5-7 mmHg หลังจากออกกำลังกายและการเปลี่ยนแปลงของความดันโลหิตนี้จะมีผลอยู่ประมาณ 22 ชั่วโมง การออกกำลังกายเป็นประจำจะช่วยทำให้ความดันโลหิตดีขึ้น (ปุณยวีร์ ประเสริฐไทย จอมสุวรรณโณ และจิราภรณ์ สรรพวีรวงศ์, 2553) ดังนั้นเพื่อให้ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงมีพฤติกรรมการดูแลตนเองได้ถูกต้องต่อเนื่อง ลดภาวะแทรกซ้อนหรืออาการเฉียบพลันที่รุนแรงของโรค ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความรู้และทัศนคติที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงเพื่อนำข้อมูลวิจัยมาใช้ปรับปรุงการปฏิบัติงานเรื่องการป้องกันและดูแลผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงในพื้นที่ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงวิเคราะห์ (Analytical research study) ดำเนินการวิจัยระหว่างเดือน พฤศจิกายน พ.ศ.2558–มิถุนายน พ.ศ. 2559

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มประชากรคือ ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่ขึ้นทะเบียนรักษาที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลเกาะสะท้อน อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส จำนวน 625 คน

กลุ่มตัวอย่างใช้สูตรการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ทราบประชากรแน่นอนของ Daniel, W. W. (2010) กำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % ค่าความคลาดเคลื่อนสามารถยอมรับได้เท่ากับ 0.05 คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 258 ราย

เกณฑ์คัดเข้าได้แก่ เป็นผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่าเป็นโรคความดันโลหิตสูง ตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ ถึง 30 เมษายน พ.ศ. 2558 และมีภูมิลำเนาตามทะเบียนบ้านและอาศัยอยู่ในเขตตำบลเกาะสะท้อน อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส เป็นผู้ที่สามารถอ่านเข้าใจภาษาไทยและสามารถกรอกแบบสอบถามด้วยตนเองได้ เกณฑ์การคัดออกได้แก่ เป็นผู้ที่ไม่สมัครใจตอบแบบสอบถามและเจ็บป่วยในช่วงเก็บข้อมูลจนไม่สามารถให้ข้อมูลได้

การสุ่มแบบมีระบบ (Systematic random sampling) เพื่อคัดเลือกรายชื่อผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงเป็นตัวแทนในการเก็บข้อมูล

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้เป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) ซึ่งพัฒนาข้อคำถามตามวัตถุประสงค์และกรอบแนวคิดที่กำหนดขึ้น โดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) จำนวน 7 ข้อ โดยครอบคลุมข้อมูลเกี่ยวกับ เพศ อายุ สถานภาพสมรส ศาสนา การศึกษา อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของครอบครัว

ส่วนที่ 2 ความรู้เกี่ยวกับโรคความดันโลหิตสูง ประกอบด้วย สาเหตุการเกิดโรคความดันโลหิตสูง อาการของโรคความดันโลหิตสูง การปฏิบัติตัวเพื่อลดภาวะแทรกซ้อน จำนวน 30 ข้อ มีคำตอบ 3 ตัวเลือกคือ ใช่ ไม่ใช่ ไม่แน่ใจ แทนค่าคะแนนของคำตอบดังนี้

ตอบใช่ = 1 คะแนน
ตอบไม่ใช่ = 0 คะแนน
ตอบไม่แน่ใจ = 0 คะแนน

ใช้เกณฑ์การแปลผลของ Bloom, B. S. (1975) แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับต่ำ โดยใช้เกณฑ์การแปลผลของ Bloom, B. S. (1975) โดยนำผลรวมของคะแนนทั้งหมดของแต่ละข้อคำถามมารวมกันแล้วพิจารณาการแบ่งระดับความรู้จากค่าคะแนน ดังนี้

ระดับสูงสุด = ค่าคะแนน ≥80
ระดับปานกลาง = ค่าคะแนน ระหว่าง 61-79
ระดับต่ำ = ค่าคะแนน ≤60

ส่วนที่ 3 ทัศนคติเกี่ยวกับโรคความดันโลหิตสูง ประกอบด้วย ด้านการรับประทานอาหาร ด้านการออกกำลังกาย ด้านการรับประทานยาโรคความดันโลหิตสูง จำนวน 30 ข้อ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) มีคำตอบตามระดับความคิดเห็น 5 ตัวเลือก คือ

	ข้อความเชิงบวก	ข้อความเชิงลบ
เห็นด้วยอย่างยิ่ง	5	1
เห็นด้วย	4	2
ไม่แน่ใจ	3	3
ไม่เห็นด้วย	2	4
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	1	5

ส่วนที่ 4 พฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ประกอบด้วย ด้านการรับประทานอาหาร ด้านการออกกำลังกาย ด้านการรับประทานยา จำนวน 22 ข้อ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) มีคำตอบตามระดับการปฏิบัติ 5 ตัวเลือกคือ

	ข้อความเชิงบวก	ข้อความเชิงลบ
ปฏิบัติมากที่สุด	5	1
ปฏิบัติมาก	4	2
ปฏิบัติปานกลาง	3	3
ปฏิบัติน้อย	2	4
ปฏิบัติน้อยที่สุด	1	5

แบบสอบถามส่วนที่ 3 และ 4 ใช้เกณฑ์การแปลผลของ Best J. W. (1977) แบ่งเป็น 3 ระดับคือ ระดับสูง ปานกลางและต่ำ

$$\frac{\text{คะแนนสูงสุด – คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนระดับ}} \qquad \frac{5-1}{3} = 1.33$$

ระดับสูงสุด = ค่าคะแนนเฉลี่ย 3.67 – 5.00
ระดับปานกลาง = ค่าคะแนนเฉลี่ย 2.34 – 3.66
ระดับต่ำ = ค่าคะแนนเฉลี่ย 1.00 – 2.33

แบบสอบถามนี้สร้างขึ้นจากการศึกษาทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องและนำแบบสอบถามให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาและความเหมาะสมของภาษา ได้ค่า CVI เท่ากับ 0.8-1.0 หลังจากนั้นนำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับผู้ที่มีคุณสมบัติเหมือนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน วิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของแบบสอบถามด้วยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟ่าของครอนบาค (Cronbach’s Alpha Coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.85

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทำหนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลไปที่องค์การบริหารส่วนตำบลเกาะสะท้อน แล้วส่งแบบสอบถามให้กลุ่มตัวอย่างทางไปรษณีย์ โดยได้แบบสอบถามตอบกลับที่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ได้จำนวน 258 ชุด (ร้อยละ 100)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson product moment correlation coefficient) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัย

ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 70.2) มีอายุระหว่าง 50-70 ปี (ร้อยละ 48.4) ($\overline{X}$ =61.42, S.D.=1.34, Max=89, Min=30) ส่วนใหญ่มีสถานภาพสมรสคู่/แต่งงาน/อยู่ด้วยกัน (ร้อยละ 67.1) นับถือศาสนาอิสลาม (ร้อยละ 91.1) รองลงมาคือนับถือศาสนาพุทธ (ร้อยละ 8.90) จบการศึกษาระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 46.5) ซึ่งมีจำนวนใกล้เคียงกับผู้ที่ไม่ได้เรียนหนังสือ (ร้อยละ 46.5) ประกอบอาชีพแม่บ้าน (ร้อยละ 53.1) เป็นเกษตรกรร้อยละ 23.6 มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน

อยู่ระหว่าง 3,000–7,000 บาท (ร้อยละ 52.3) ($\overline{X}$ =4,705.29, S.D.= 46.60, Max=40,000, Min=600) (ดังตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 คุณลักษณะของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง (n=258)

คุณลักษณะผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	77	29.8
หญิง	181	70.2
อายุ (ปี)		
<50	57	22.1
50 - 70	125	48.4
> 70	76	29.5
$\overline{X}$ =61.42, S.D.=1.34, Max=89, Min=30		
สถานภาพสมรส		
โสด	5	1.9
คู่ แต่งงาน/อยู่ด้วยกัน	173	67.1
หม้าย/หย่า/แยก	80	31.0
ศาสนา		
พุทธ	23	8.9
อิสลาม	235	91.1
ระดับการศึกษา		
ไม่ได้เรียนหนังสือ	120	46.5
ประถมศึกษา	119	46.1
มัธยมศึกษาตอนต้น	17	6.6
ปริญญาตรี	2	0.8
การประกอบอาชีพ		
แม่บ้าน	137	53.1
ค้าขาย	26	10.1
รับจ้าง	32	12.4
เกษตรกร	61	23.6
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	2	0.8
รายได้เฉลี่ยต่อเดือน (บาท)		
<3,000	94	36.4
3,000-7,000	135	52.3
> 7,000	29	11.2
$\overline{X}$ =4,705.29, S.D.= 46,60, Max=40,000, Min=600		

ด้านความรู้ของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 58.1 ($\overline{X}$ =1.77, S.D.=0.60) เมื่อพิจารณาด้านความรู้จำแนกรายด้านพบว่า ด้านสาเหตุของการเกิดโรคความดันโลหิตสูงอยู่ในระดับปานกลาง ($\overline{X}$ =2.10, S.D.=0.70) ด้านอาการของโรคอยู่ในระดับต่ำ ($\overline{X}$ =1.75, S.D.=0.72) ด้านการปฏิบัติตัวอยู่ในระดับปานกลาง ($\overline{X}$ =1.90, S.D.=0.72) สำหรับด้านทัศนคติของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับสูง ร้อยละ 65.5 ($\overline{X}$ =2.66, S.D.=0.48) เมื่อพิจารณาทัศนคติจำแนกรายด้านพบว่า ด้านการรับประทานอาหาร อยู่ในระดับสูง ($\overline{X}$ =2.78, S.D.=0.43) ด้านการรับประทานยา อยู่ในระดับปานกลาง ($\overline{X}$ =2.45, S.D.=0.50) ด้านการออกกำลังกาย อยู่ในระดับสูง ($\overline{X}$ =2.53, S.D.=0.50) สำหรับระดับพฤติกรรมการดูแลตัวเองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 60.9 ($\overline{X}$ =2.39, S.D.=0.49) เมื่อพิจารณาพฤติกรรมรายด้าน พบว่า ด้านการรับประทานอาหาร อยู่ในระดับปานกลาง ($\overline{X}$ = 2.24, S.D.=0.52) ด้านการรับประทานยา อยู่ในระดับสูง ($\overline{X}$ =2.69, S.D.=0.48) และด้านการออกกำลังกาย อยู่ในระดับปานกลาง ($\overline{X}$ =2.12, S.D.=0.64) (ดังตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความรู้ ทัศนคติและพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงตำบลเกาะสะท้อน อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส

ความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมการดูแลตนเอง	ระดับคะแนน						Mean	S.D.
	สูง		ปานกลาง		ต่ำ			
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ		
1. ด้านความรู้	**24**	**9.3**	**150**	**58.1**	**84**	**32.6**	**1.77**	**0.60**
สาเหตุการเกิดโรค	77	29.8	130	50.4	51	19.8	2.10	0.70
อาการของโรค	43	16.7	107	41.5	108	41.9	1.75	0.72
การปฏิบัติตัว	55	21.3	123	47.7	80	31.1	1.90	0.72
2. ด้านทัศนคติ	**169**	**65.5**	**89**	**34.5**	**-**	**-**	**2.66**	**0.48**
การรับประทานอาหาร	204	79.1	52	20.2	2	0.8	2.78	0.43
การรับประทานยา	117	45.3	141	54.7	-	-	2.45	0.50
การออกกำลังกาย	136	52.7	122	47.3	-	-	2.53	0.50
3. ด้านพฤติกรรมการดูแลตัวเอง	**101**	**39.1**	**157**	**60.9**	**-**	**-**	**2.39**	**0.49**
การรับประทานอาหาร	73	28.3	174	67.4	11	4.3	2.24	0.52
การรับประทานยา	179	69.4	77	29.8	2	0.8	2.69	0.48
การออกกำลังกาย	70	27.1	150	58.1	38	14.7	2.12	0.64

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่า ความรู้มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงตำบลเกาะสะท้อน อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r=0.22$, $p<0.001$) เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของความรู้รายด้าน พบว่า ความรู้ด้านสาเหตุการเกิดโรคและความรู้ด้านการปฏิบัติตัวมีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงตำบลเกาะสะท้อน อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส อย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ (r=0.192, p<0.01, r=0.241, p<0.001) ตามลำดับ แต่ความรู้ด้านอาการของโรคไม่พบความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ตำบลเกาะสะท้อน อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส (r=0.038, p>0.05) สำหรับด้านทัศนคติ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงตำบลเกาะสะท้อน อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส (r=0.172, p<0.01) เมื่อพิจารณาทัศนคติรายด้านพบว่า ทัศนคติด้านการรับประทานอาหารและด้านการออกกำลังกายมีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงตำบลเกาะสะท้อน อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r=0.238, p<0.001, r=0.163, p<0.01 ตามลำดับ) ส่วนทัศนคติด้านการรับประทานยาไม่พบความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ตำบลเกาะสะท้อน อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส (r=0.115, p>0.05) (ดังตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 สัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างปัจจัยด้านความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงตำบลเกาะสะท้อน อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส

ความรู้และทัศนคติ	พฤติกรรมการดูแลตนเอง		
	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (r)	p-value	ระดับความสัมพันธ์
ปัจจัยด้านความรู้	**0.217**	**0.000*** **	**มีความสัมพันธ์**
ด้านสาเหตุการเกิดโรค	0.192	0.002**	มีความสัมพันธ์
ด้านอาการของโรค	0.038	0.545	ไม่มีความสัมพันธ์
ด้านการปฏิบัติตัว	0.241	0.000***	มีความสัมพันธ์
ปัจจัยด้านทัศนคติ	**0.172**	**0.006****	**มีความสัมพันธ์**
ด้านการรับประทานอาหาร	0.238	0.000***	มีความสัมพันธ์
ด้านการรับประทานยา	0.115	0.066	ไม่มีความสัมพันธ์
ด้านการออกกำลังกาย	0.164	0.009**	มีความสัมพันธ์

**p-value < 0.01, ***p-value < 0.001,

การอภิปรายผล

ระดับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงตำบลเกาะสะท้อน อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส ประกอบด้วย การรับประทานอาหาร การรับประทานยาและการออกกำลังกาย ในภาพรวมอยู่ระดับปานกลาง (ร้อยละ 60.9) เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการรับประทานอาหาร พบว่าผู้ป่วยส่วนใหญ่ชอบทานอาหารหมักดอง แต่ในทุกมื้ออาหารผู้ป่วยจะรับประทานผักที่เป็นส่วนประกอบของอาหาร สำหรับการทานอาหารประเภททอดจะพบเพียงส่วนน้อย สำหรับพฤติกรรมการรับประทานยา พบว่า ผู้ป่วยส่วนใหญ่กินยาตามจำนวนและปริมาณที่แพทย์สั่งในแต่ละมื้อแต่ยังพบผู้ป่วยที่ลืมทานยาตามเวลาและมักจะทานยาเพิ่มเป็นสองเท่าในมื้อต่อไป และมีผู้ป่วยที่กินยาแล้วเกิดอาการข้างเคียงของยาแต่ผู้ป่วยยังกินยาต่อไปเนื่องจากมีอาการข้างเคียงไม่มาก ด้านพฤติกรรม

การออกกำลังกาย พบว่า ผู้ป่วยมีการออกกำลังกายด้วยการเล่นกีฬาเบาๆหรือทำงานบ้านที่ไม่ทำให้รู้สึกเหนื่อยหรือเหนื่อยเล็กน้อยอย่างน้อยสัปดาห์ละ 5 วัน วันละ 60 นาที นอกจากนี้ มีการทำเกษตรที่ทำให้รู้สึกเหนื่อยมีเหงื่อออกอย่างน้อยสัปดาห์ละ 3 วัน

ความรู้ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ตำบลเกาะสะท้อน อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value<0.001) อธิบายเหตุผลได้ว่า ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่มีความรู้เรื่องสาเหตุและอาการของโรคความดันโลหิตสูง และมีความรู้เรื่องการดูแลตนเองเพื่อป้องกันภาวะแทรกซ้อน ถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นที่มีผลต่อพฤติกรรมการดูแลตนเอง (สมใจ จางวาง เทพกร พิทยภินัน และนิรชร ชูติพัฒนะ, 2559) ตรงกับแนวคิดของ Green, L. W., & Kreuter, M. W. (1991) กล่าวว่า ความรู้เป็นปัจจัยที่สำคัญที่จะส่งผลต่อการแสดงพฤติกรรมหรือการกระทำอย่างใดอย่างหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมสุขภาพของแต่ละบุคคล ซึ่งความรู้เป็นปัจจัยที่เกิดจากการเรียนรู้หรือประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้ของแต่ละบุคคล สอดคล้องกับแนวคิดของ Ajzen, I., & Fishbein, M. (1980) กล่าวว่า การที่บุคคลจะมีความตั้งใจที่จะแสดงพฤติกรรมอันใดอันหนึ่งนั้น บุคคลนั้นจะต้องประเมินว่าพฤติกรรมนั้นมีผลทางบวกต่อตัวเขาเอง นอกจากนี้ ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงสามารถเข้าถึงสถานบริการสาธารณสุขได้อย่างทั่วถึง เนื่องจากปัจจุบันการเดินทางมีความสะดวกเพิ่มขึ้นเพราะทุกหลังคาเรือนมียานพาหนะที่ใช้ในการเดินทางอีกทั้งการจัดบริการสาธารณสุขส่งเสริมให้เกิดการเข้าถึงระบบบริการสาธารณสุขอย่างทั่วถึง มีแพทย์ออกหน่วยให้บริการที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลใกล้บ้านส่งผลให้ผู้ป่วยสามารถเข้าถึงบริการได้พบแพทย์และได้รับคำแนะนำจากแพทย์หรือเจ้าหน้าที่สาธารณสุขอย่างต่อเนื่อง ตลอดจนการเข้าถึงสื่อต่างๆ ได้แก่ โทรทัศน์และวิทยุ ทำให้ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงเกิดความรู้ ความเข้าใจ เกิดสติปัญญา ทำให้มีโอกาสรับรู้ข่าวสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพและความเจ็บป่วยมีการตัดสินใจที่ดีและสามารถปฏิบัติตนได้ถูกต้องเหมาะสมสามารถนำความรู้ไปใช้ในการควบคุมรักษาโรคความดันโลหิต ทำให้เกิดการตอบสนองในเรื่องการป้องกันด้านสาเหตุการเกิดโรค รู้ถึงอาการอันตรายของโรคความดันโลหิตสูงและการปฏิบัติตัวเพื่อป้องกันโรคความดันโลหิตสูง เช่น ความเครียดทำให้ความดันโลหิตสูงได้ อาการของโรคได้แก่อาการปวดหัวบ่อย ปวดท้ายทอย การรับประทานยาสม่ำเสมอทำให้สามารถควบคุมโรคความดันโลหิตได้ จากข้อมูลผลการวิจัยของ ณัฐพร อยู่ปาน (2558) ได้ข้อค้นพบว่า ผู้ป่วยความดันโลหิตสูงเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครนายก ที่ได้รับความรู้ที่ถูกต้องจะส่งผลต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยดีขึ้นและควบคุมความดันโลหิตได้ดีขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของเนาวรัตน์ จันทานนท์ (2554) พบว่า ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่มีความรู้เรื่องโรคความดันโลหิตสูงในระดับสูงจะมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองอย่าง ผลวิจัยแตกต่างจากการศึกษาที่ผ่านมา (วัจน์กร ธรรมวณิชย์ ศุภโชค อมรศิริกุล พลอยฉัตร อิงสกุลรุ่งเรือง และอภิญญา พูลหลวง, 2556) พบว่า ความรู้ไม่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของผู้ป่วย (r=-0.074, p-value=0.455)

ด้านทัศนคติ มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ตำบลเกาะสะท้อน อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value=0.006) อธิบายเหตุผลได้ว่า ทัศนคติเป็นความเชื่อหรือการยอมรับประการหนึ่งของบุคคลที่จะส่งผลต่อพฤติกรรมที่แสดงออกทั้งในทางปฏิบัติตามและการไม่ปฏิบัติตาม ซึ่งเกิดจากทัศนคติที่มีต่อสิ่งนั้นทั้งในทัศนคติที่ดีหรือทัศนคติที่ไม่ดี สอดคล้องกับ Thurstone, L. L. (1970) กล่าวว่า ทัศนคติเป็น

ระดับความมากน้อยของความรู้สึกในด้านบวกหรือลบที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งเป็นความรู้สึกที่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างว่าเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย เช่นเดียวกับ Ajzen, I., & Fishbein, M. (1980) กล่าวว่า ทัศนคติที่มีผลต่อพฤติกรรมหมายถึงการประเมินทางบวกและทางลบของบุคคลต่อการกระทำนั้นหรือเป็นความรู้สึกโดยรวมของบุคคลที่เป็นทางบวกทางลบหรือสนับสนุนและต่อต้านการกระทำนั้นๆ ทัศนคติเป็นความสัมพันธ์ที่คาบเกี่ยวระหว่างความรู้สึกและความเชื่อ โดยพฤติกรรมที่แสดงออกมักเป็นการตอบโต้ต่อเป้าหมายของทัศนคติ ซึ่งทัศนคติย่อมมีความแตกต่างไปตามความเชื่อและวัฒนธรรมของชุมชนซึ่งการเปลี่ยนแปลงทางด้านทัศนคติจะต้องใช้วิธีการที่หลากหลายและใช้ระยะเวลาพอสมควร หากเราสามารถปรับเปลี่ยนทัศนคติให้เป็นทัศนคติที่เป็นด้านดีได้ย่อมนำไปสู่พฤติกรรมทางด้านสุขภาพที่ดีได้เช่นกัน ดังนั้น ทัศนคติจึงมีบทบาทสำคัญต่อพฤติกรรมหรือการปฏิบัติเพราะถ้าคนเรามีทัศนคติที่ดีต่อพฤติกรรมนั้นๆ แล้วจะช่วยให้เกิดการปฏิบัติหรือเกิดพฤติกรรมที่เหมาะสมขึ้น นอกจากนี้ ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่มีทัศนคติที่ดีเกี่ยวกับการปฏิบัติตัวในการดูแลตนเอง ทำให้เกิดการเรียนรู้ ประสบการณ์ เกิดทัศนคติที่ถูกต้องเกี่ยวกับโรคความดันโลหิตสูง เช่น ทัศนคติด้านการรับประทานอาหาร เชื่อว่าผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงควรหลีกเลี่ยงอาหารเค็ม มัน ทัศนคติด้านการรับประทานยาโดยเชื่อว่าการรับประทานยาสม่ำเสมอตามคำแนะนำของแพทย์จะสามารถควบคุมระดับความดันโลหิตได้ซึ่งเป็นการให้ความไว้วางใจที่จะได้รับความช่วยเหลือจากบุคลากรทางสาธารณสุข ทำให้เกิดการรับรู้ สนใจและปฏิบัติตามแผนการรักษา และทัศนคติด้านการออกกำลังกายมีความเชื่อว่าการออกกำลังกายทำให้ระบบไหลเวียนเลือดดีขึ้นป้องกันโรคความดันโลหิตสูงได้ ตลอดจนประชาชนในพื้นที่มีอาชีพหลักคือการเกษตร เลี้ยงสัตว์ ทำนาปลูกผัก ทำให้ผู้ป่วยได้ออกกำลังกายจากการประกอบอาชีพในชีวิตประจำวันส่งผลดีต่อสุขภาพคือเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของหัวใจและปอด ระบบการไหลเวียนโลหิตดีขึ้น ระบบต่อมไร้ท่อทำงานดีขึ้นและช่วยลดสภาวะเครียดลงได้ ซึ่งส่งผลให้การควบคุมระดับความดันโลหิตดีขึ้น ทำให้ความดันโลหิตลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปฐญาภรณ์ ลาลุน (2554) ได้ข้อค้นพบว่า ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่มีทัศนคติเกี่ยวกับโรคความดันโลหิตสูง มีการเข้าถึงบริการสุขภาพและการได้รับข้อมูลข่าวสารทางด้านสุขภาพเกี่ยวกับโรคความดันโลหิตสูงจะมีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ตรงกับงานวิจัยของ เนาวรัตน์ จันทานนท์ บุษราคัม สิงห์ชัย และวิวัฒน์ วรวงษ์ (2554) ได้ทำการวิจัยเรื่องพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง จังหวัดชุมพร พบว่า ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่มีระดับทัศนคติในระดับสูง จะมีพฤติกรรมการดูแลตนเองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าระบบเทคโนโลยีสารสนเทศมีความเจริญรุดหน้าไปมาก การได้รับข้อมูลข่าวสารทางด้านสุขภาพส่งผลให้ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงเกิดการเรียนรู้ได้จากหลายช่องทางและเกิดการพัฒนาด้านความคิด ทัศนคติและมีเจตคติที่ดีต่อการดูแลสุขภาพตนเองและเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมสุขภาพด้านการปฏิบัติที่ถูกต้องตามมา ผลวิจัยแตกต่างจากการศึกษาที่ผ่านมา (นิตยา นิยมการ และนิรัตน์ อิมามี, 2552) พบว่า ทัศนคติด้านการดูแลสุขภาพ ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของผู้ปกครอง (p-value>0.05)

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงส่วนใหญ่เป็นกลุ่มผู้สูงอายุ ดังนั้น บุคลากรสาธารณสุขควรเน้นการให้ความรู้ที่ถูกต้องและมีรูปแบบที่มีความเหมาะสมกับผู้สูงอายุโดยเน้นสาเหตุของการเกิดโรคความดันโลหิตสูง และประยุกต์กิจกรรมการให้ความรู้ที่ผู้สูงอายุที่เป็นโรคความดันโลหิตสูงสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง เช่น การสร้างบุคคลต้นแบบที่เป็นผู้สูงอายุด้วยกันมาเล่าประสบการณ์ในการดูแลสุขภาพตนเองและการปรับพฤติกรรมสุขภาพที่เหมาะสมกับวัย เพื่อควบคุมระดับความดันโลหิตให้อยู่ในเกณฑ์ปกติ รวมทั้งใช้วิธีการสาธิตกิจกรรมส่งเสริมสุขภาพที่เหมาะสมกับผู้สูงอายุ เช่น เมนูอาหารที่เหมาะสมกับผู้สูงอายุ การออกกำลังกายโดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และการจัดการความเครียดโดยการนั่งสมาธิ ส่งเสริมการให้สุขศึกษาทั้งในคลินิกและหมู่บ้าน เช่น เสียงตามสาย วัด มัสยิด สอดแทรกในกิจกรรมต่างๆตามภาษาท้องถิ่นที่ทำให้ประชาชนเข้าใจ เช่น ภาษายาวีสำหรับผู้ป่วยที่พูดและฟังภาษาไทยไม่ได้ นอกจากนี้ได้ประยุกต์ใช้ปัจจัยด้านทัศนคติโดยส่งเสริมวิธีการให้ผู้ป่วยได้ปฏิบัติจริงและเห็นของจริง เช่น การสาธิตอาหารสำหรับผู้ป่วย การประกอบอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง การไปเยี่ยมผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่มีภาวะแทรกซ้อน เพื่อให้เกิดการตระหนัก สอนวิธีการดูแลตนเอง การสร้างเครือข่ายการปฏิบัติงานให้ประชาชนมีส่วนร่วม เกิดการสนับสนุนทางสังคม เช่น ชมรมผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ชมรมเพื่อนช่วยเพื่อน เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

ณัฐพร อยู่ปาน พัชรี ดวงจันทร์ และพนิดา แจ่มผล. (2558). ความสัมพันธ์ระหว่างการสนับสนุนทางสังคม ความเชื่อด้านสุขภาพพฤติกรรมกรดูแลตนเองและความดันโลหิตของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงในอำเภอเมือง จังหวัดนครนายก. *วารสารไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ,* 10(1), 10-18.

ถาวร มาต้น. (2557). *การป้องกันควบคุมโรคไม่ติดต่อเรื้อรังและรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.* คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง วิทยาเขตจังหวัดสุโขทัย.

นิตยา นิยมการ และนิรัตน์ อิมามี. (2552). ความรู้ การรับรู้และพฤติกรรมการดูแลสุขภาพช่องปากเด็กของผู้ปกครองศูนย์เด็กเล็ก ตำบลพังราด อำเภอแกลง จังหวัดระยอง**.** *วารสารสุขศึกษา,* 34(119), 38-48.

เนาวรัตน์ จันทานนท์ บุษราคัม สิงห์ชัย และวิวัฒน์ วรวงษ์. (2554). พฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงในอำเภอเมือง จังหวัดชุมพร. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น,* 16(6), 749-758.

ปฐญาภรณ์ ลาลุน. (2554). *พฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่มารับบริการแผนกผู้ป่วยนอกอายุรกรรม โรงพยาบาลศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสุขศึกษา มหาวิทยาลัยศรีครินทรวิโรฒ.

ปุณยวีร์ ประเสริฐไทย จอม สุวรรณโณ และจิราภรณ์ สรรพวีรวงศ์. (2553). ผลของการออกกำลังกายขนาดความหนักปานกลางที่บ้านในการลดความดันโลหิตของผู้ที่มีภาวะความดันโลหิตเกือบสูง**.** *วารสารสภาการพยาบาล,* 25(4), 80-95.

โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลเกาะสะท้อน จังหวัดนราธิวาส. (2558). *ทะเบียนผู้ป่วยโรคเรื้อรัง ตำบลเกาะสะท้อน ปี 2556-2558***.**

วัจน์กร ธรรมวณิชย์ ศุภโชค อมรศิริกุล พลอยฉัตร อิงสกุลรุ่งเรือง และอภิญญา พูลหลวง. (2556). ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ ทัศนคติและพฤติกรรมการดูแลทันตสุขภาพกับสภาวะปริทันต์ของผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 จังหวัดบุรีรัมย์**.** *การประชุมวิชาการทันตสาธารณสุข ครั้งที่ 2 ปี 2556 "มหกรรมตำบลฟันดี"*. กรุงเทพมหานคร.

สมใจ จางวาง เทพกร พิทยภินัน และนิรชร ชูติพัฒนะ. (2559). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองเพื่อป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงของประชาชนกลุ่มเสี่ยง. *วารสารเครือข่ายวิทยาลัยพยาบาลและการสาธารณสุขภาคใต้,* 3(1), 110-128.

สำนักโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2558). *รายงานประจำปี 2558.* กรุงเทพฯ: สำนักงานกิจการโรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึกในพระบรมราชูปถัมภ์.

Ajzen, I., & Fishbein, M. (1980). *Understanding attitudes and predicting social behavior***.** Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Best, J. W. (1977). *Research is Evaluation*. (3rd ed). Englewod cliffs: N.J. Prentice Hall.

Bloom, B. S. (1975). *Taxonomt of Education*. New York: David McKay Company Inc.

Daniel, W. W. (2010). *Biostatistics: Basic Concepts and Methodology for the Health Sciences*. (9th ed). New York: John Wiley & Sons.

Green, L. W., & Kreuter, M. W. (1991). *Health Promotion Planning: An Educational and Environment Approach*. California: Mayfield Publishing.

Thurstone, L. L. (1970). *Reading in Attitude Theory and Measurement*. New York: John Wiley and Sons Inc.

World Health Organization. (2011). *Global status report on non-communicable diseases 2010.* Geneva: World Health Organization.

World Health Organization. (2013). *Global action plan for the prevention and control of Non-communicable diseases 2013-2020*. Geneva: World Health Organization.

บทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

Web–Based Instruction for Review on Integer System for Grade 7 Students

วรรษมล ชนะศิลป์[1*] ไพฑูรย์ พิมดี[2] และ ฐิยาพร กันตาธนวัฒน์[3]

Vassamon Chanasil[1*], Paitoon Pimdee[2] and Thiyaporn Kantathanawat[3]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนบพิตำวิทยา จังหวัดนครศรีธรรมราช ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ที่ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่มโดยการจับสลากมา 2 ห้องเรียน จำนวน 70 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย บทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม แบบประเมินคุณภาพบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งมีค่าความยากง่าย (p) ระหว่าง 0.35–0.68 ค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.24-0.59 และมีค่าความเชื่อถือได้ (KR-20) เท่ากับ 0.88 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) และการทดสอบค่าทีชนิดสองกลุ่มไม่เป็นอิสระต่อกัน (T-test for dependent samples) ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม มีคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.58 S = 0.50) คุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.33 S = 0.61) มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 80.83/80.10 และนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ($\bar{X}$ = 24.20 S = 3.44) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{X}$ = 13.77 S = 4.04) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ: บทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ระบบจำนวนเต็ม คุณภาพและประสิทธิภาพ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

[1] สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[2] ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[3] ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

* Corresponding author e-mail: vassamon070@gmail.com

Abstract

The purposes of this research were to create and find out the quality and efficiency of web–based instruction (WBI) for review on integer system for grade 7 students and to compare pretest and posttest achievement scores of subjects learning with WBI for review on integer system. The sample consisted for grade 7 students in Noppitam Wittaya School year 2017 by the cluster random sampling 2 classes overall 70 students. The research instruments included a WBI for review on integer system, a quality assessment form, a learning achievement test (with p = 0.35-0.68, r = 0.24-0.59, and KR-20 = 0.88). The data were analyzed by using mean ($\bar{X}$), standard deviation (S) and t-test for dependent samples

The result showed that the quality of WBI for review on standard of network connectivity were at a high level ($\bar{X}$ = 4.58, S = 0.50) in the aspect of the lesson content and also the media production ($\bar{X}$ = 4.33, S = 0.61) with the efficiency of 81.11/82.67. The results of learning achievement tests showed that the post-test scores ($\bar{X}$ = 24.20, S = 3.44) of the students were significantly higher than the pre-test scores ($\bar{X}$ = 13.77, S = 4.04)

Keywords: web-based instruction for review, integer system, quality and efficiency, learning achievement, grade 7 students.

บทนำ

วิชาคณิตศาสตร์จัดเป็นวิชาที่มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ มีส่วนสนับสนุนให้มนุษย์คิดอย่างมีเหตุผล มีความคิดสร้างสรรค์ สามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบ นอกจากนี้แล้ววิชาคณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือพื้นฐานในการศึกษาวิชาทางด้านศาสตร์อื่นๆ ซึ่งจะช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้สมบูรณ์ จากความสำคัญดังกล่าวครูผู้สอนจำเป็นต้องสอนวิชาคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพ แต่สภาพการเรียนการสอนจากอดีตจนถึงปัจจุบันพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้อาจจะมีสาเหตุมาจากนักเรียนมีพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์ไม่เพียงพอ หรือในการเรียนการสอนส่วนใหญ่มักจะสอนแบบบรรยายไม่ใช้สื่อการเรียนการสอน ทำให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่าย ไม่ตั้งใจเรียน จึงส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ต่ำ (กองบรรณาธิการ, 2545)

ในจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนบพิตำวิทยา จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งเนื้อหา เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม ครูผู้สอนจะมุ่งสอนเพื่อให้นักเรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจ สามารถนำความรู้ดังกล่าวไปเป็นพื้นฐานในเรื่องที่จะเรียนในระดับที่ยากขึ้น รวมถึงเป็นพื้นฐานในการศึกษาวิชาอื่นๆ ต่อไป โดยปกติครูผู้สอนจะสอนให้นักเรียนทุกคนได้เรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ในทาง

ปฏิบัตินั้นเป็นไปได้ยากมากเนื่องจากในห้องเรียนหนึ่งๆ นักเรียนมีเชาว์ปัญญา ความสามารถ ความถนัดแตกต่างกัน และเนื่องด้วยเวลาที่ใช้ในการสอนแต่ละเนื้อหาที่จำกัด ถ้านักเรียนที่ไม่เข้าใจในเนื้อหาเรื่องใด ก็ต้องไปทบทวนความรู้ด้วยตนเองโดยอาจจะศึกษาเพิ่มเติมจากเอกสารต่างๆ ซักถามเพื่อน หรือปรึกษาครูผู้สอน แต่ยังขาดสื่อที่ประกอบด้วยเนื้อหา ภาพเคลื่อนไหว และแบบทดสอบที่ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของรายวิชาที่สามารถทบทวนได้อย่างไม่มีข้อจำกัด จะเห็นได้ว่าที่กล่าวมานั้นเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาในการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนได้บรรลุเป้าหมายของการเรียนอย่างสูงสุด

นวัตกรรมการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต จึงเข้ามามีบทบาทส่งเสริมการจัดการศึกษาให้ก้าวหน้า ช่วยให้การเรียนการสอนมีคุณภาพ โดยผู้สอนจะออกแบบกิจกรรมการเรียนเรื่องใดเรื่องหนึ่ง เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาด้วยตนเองตามเวลาที่นักเรียนจะสะดวก หรือศึกษาเพิ่มเติมจากในชั้นเรียนได้ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2551) เทคโนโลยีสารสนเทศจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนในสาขาวิชาต่างๆ เพราะเป็นความหวังที่จะพัฒนาคุณภาพการศึกษา ด้วยความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลทั้งภาพ และเสียงในเวลาเดียวกัน (มธุรส จงชัยกิจ, 2546) เทคนิคการสอนผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ จึงกลายเป็นทางเลือกใหม่ในการส่งเสริมการเรียนรู้และนำการศึกษาไปสู่ผู้ที่ขาดโอกาสด้วยข้อจำกัดด้านเวลาและสถานที่ อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนั้นจะต้องเลือกให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ประกอบกับใช้คุณลักษณะของคอมพิวเตอร์ควบคู่กับการดูแลของผู้สอนอย่างใกล้ชิด ซึ่งจะสามารถให้คุณประโยชน์อย่างแท้จริง

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะสร้างบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนบพิตำวิทยา จังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อเป็นสื่อสำหรับทบทวนให้นักเรียนได้รับความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา และทฤษฎีด้วยตนเองผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้สะดวกรวดเร็ว ในทุกที่ทุกเวลา ช่วยให้เกิดแรงผลักดันในการจัดการศึกษารูปแบบแปลกใหม่มากขึ้น อันเป็นประโยชน์ในการพัฒนาการศึกษา ช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นและเป็นพื้นฐานที่ดีในการเรียนวิชาอื่นๆ ต่อไปได้ มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อพัฒนาบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม ที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพ และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สมมติฐานของการวิจัย

1) บทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม ที่พัฒนามีระดับคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับดี และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด E_1/E_2 มีค่าไม่ต่ำกว่า 80/80

2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2. กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

2.1 กรอบแนวคิดในการพัฒนาบทเรียน ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาตามขั้นตอน ณัฐกร สงคราม สรุปขั้นตอนของกระบวนการพัฒนาบทเรียนได้ ดังนี้ (ณัฐกร สงคราม, 2553)

ขั้นที่ 1 การวางแผน (Planning)

ขั้นที่ 2 การออกแบบ (Design)

ขั้นที่ 3 การพัฒนา (Development)

ขั้นที่ 4 การประเมินและปรับปรุง (Evaluate and Revise)

2.2 กรอบแนวคิดในการหาคุณภาพของบทเรียน ผู้วิจัยใช้กรอบแนวคิดของ ไพโรจน์ ตีรณธนากุล และคณะ ประกอบด้วย (ไพโรจน์ ตีรณธนากุล, ไพบูรณ์ เกียรติโกมล และ เสกสรรค์ แย้มพินิจ, 2546)

ด้านที่ 1 ด้านเนื้อหา

ด้านที่ 2 ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

2.3 กรอบแนวคิดในการหาประสิทธิภาพของบทเรียน ผู้วิจัยใช้แนวคิดของชัยยงค์ พรหมวงศ์ ในการหาประสิทธิภาพของบทเรียน ประกอบด้วย (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2556)

1) ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)

2) ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)

2.4 กรอบแนวคิดในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยใช้แนวคิดของ Krathwohl และ Anderson ซึ่งวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ ดังนี้ (Krathwohl, D., & Anderson, L., 2001)

1) จำ (Remembering)

2) เข้าใจ (Understanding)

3) ประยุกต์ใช้ (Applying)

4) วิเคราะห์ (Applying)

3. ขอบเขตของการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนบพิตำวิทยา จังหวัดนครศรีธรรมราช ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 3 ห้อง รวมทั้งสิ้น 105 คน ซึ่งเคยเรียน เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม วิชาคณิตศาสตร์ 1 มาแล้ว โดยนักเรียนแต่ละห้องเรียนมีทั้งเก่ง ปานกลาง และอ่อน คละกัน

กลุ่มตัวอย่างได้จากการเลือกโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม ด้วยการจับสลากมาจำนวน 2 ห้อง จำนวน 70 คน โดยนักเรียนมีทั้งเก่ง ปานกลาง อ่อน คละกัน

- ห้องที่ 1 ใช้ในการหาประสิทธิภาพของบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม จำนวน 35 คน

- ห้องที่ 2 ใช้ในการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน จำนวน 35 คน

3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

3.2.1 ตัวแปรเกี่ยวกับการพัฒนาบทเรียน ประกอบด้วย

1) คุณภาพของบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม

2) ประสิทธิภาพของบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม

3.2.2 ตัวแปรเกี่ยวกับการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตัวแปรต้น คือ การเรียนด้วยบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม

ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม ของนักเรียน

3.3 ด้านเนื้อหา เนื้อหาที่ใช้ในการสร้างบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ผู้วิจัยแบ่งเนื้อหาของหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม ออกเป็น 6 เรื่อง ดังนี้

1) จำนวนเต็ม
2) การบวกจำนวนเต็ม
3) การลบจำนวนเต็ม
4) การคูณจำนวนเต็ม
5) การหารจำนวนเต็ม
6) สมบัติของจำนวนเต็ม

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) บทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ผู้วิจัยได้พัฒนาและอัพโหลดบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไว้ที่ http://www.reviewonmath1.com/ ซึ่งในหน้าแรกของบทเรียนนักเรียนจะต้องทำการสมัครสมาชิกเพื่อเข้าใช้งาน เมื่อสมัครเรียบร้อยแล้วก็ลงชื่อเข้าสู่ระบบ โดยเมื่อเข้าสู่ระบบเรียบร้อยแล้ว นักเรียนจะต้องทำแบบทดสอบก่อนเรียน ที่เป็นข้อสอบแบบปรนัย (Multiple-choice) ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ เมื่อทำครบทุกข้อจะมีหน้าสรุปคะแนนให้ทราบ และข้อมูลคะแนนจะถูกบันทึกลงในระบบฐานข้อมูล หลังจากนักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนเสร็จแล้ว นักเรียนเลือกเรียนเนื้อหา เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม ทั้ง 6 หน่วยการเรียน โดยแต่ละหน่วยการเรียนจะมีคำอธิบายจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา และแบบฝึกหัด ซึ่งแบบฝึกหัดจะเป็นแบบเลือกตอบถูก-ผิด หน่วยการเรียนละ 10 ข้อ ในกรณีที่นักเรียนยังไม่เข้าใจเนื้อหาที่เรียน หรืออยากศึกษาทบทวนอีกครั้ง สามารถกลับไปศึกษาได้ และเมื่อนักเรียนเรียนครบทั้ง 6 หน่วยการเรียนแล้ว นักเรียนจะต้องทำแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 30 ข้อ เมื่อทำครบทุกข้อจะมีหน้าสรุปคะแนนให้ทราบ และข้อมูลคะแนนจะถูกบันทึกลงในระบบฐานข้อมูล



ภาพที่ 1 แสดงหน้าหลักบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม



ภาพที่ 2 แสดงเนื้อหา เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม จำนวน 6 หน่วยการเรียนรู้

2) แบบประเมินคุณภาพบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก
ระดับ 4 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับดี
ระดับ 3 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง
ระดับ 2 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับพอใช้
ระดับ 1 หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับควรปรับปรุง

3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม เป็นข้อสอบแบบปรนัย (Multiple-choice) ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ซึ่งมีค่าดัชนีความ

สอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.67–1.00 ค่าความยากง่าย (p) ระหว่าง 0.35-0.68 ค่าอำนาจจำแนก (r) ระหว่าง 0.24-0.59 และมีค่าความเชื่อถือได้ (KR-20) เท่ากับ 0.88

3.5 การทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การทดลองใช้บทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนบพิตำวิทยา จังหวัดนครศรีธรรมราช ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ผู้วิจัยใช้แบบการทดลองแบบกลุ่มเดียว มีการวัดก่อนและหลังให้สิ่งทดลอง (พรรณี ลีกิจวัฒนะ, 2558) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การทดลองแบบกลุ่มเดียวมีการวัดก่อน และหลังให้สิ่งทดลอง

กลุ่ม	วัดก่อน	สิ่งทดลอง	วัดหลัง
E	T_1	X	T_2

E หมายถึง กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนบพิตำวิทยา จังหวัดนครศรีธรรมราช ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 70 คน

T_1 หมายถึง การทดสอบก่อนเรียน คือ ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน

X หมายถึง การให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างศึกษาบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม ซึ่งเป็นสิ่งทดลอง

T_2 หมายถึง การทดสอบหลังเรียน คือ ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1) แนะนำกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับขั้นตอนการเรียนด้วยบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

2) ให้กลุ่มตัวอย่างศึกษาบทเรียนด้วยตนเอง โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pretest) และศึกษาเนื้อหาบทเรียนประกอบด้วยเนื้อหา 6 เรื่อง เมื่อศึกษาเนื้อหาในแต่ละเรื่องจบให้ทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน เมื่อเรียนจบทุกเรื่องให้ทำแบบทดสอบหลังเรียน (Posttest) โดยเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกับก่อนเรียน แต่สลับข้อคำถาม

3) ผู้วิจัยนำผลคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน รวมถึงแบบฝึกหัดระหว่างเรียนไปวิเคราะห์ เพื่อหาประสิทธิภาพบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การหาคุณภาพของบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม ซึ่งได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ โดยใช้สถิติค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (พรรณี ลีกิจวัฒนะ, 2558) และใช้เกณฑ์การแปลความหมายของค่าเฉลี่ยคุณภาพของบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ดังนี้

4.50-5.00 หมายถึง คุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

3.50-4.49 หมายถึง คุณภาพอยู่ในระดับดี

2.50-3.49 หมายถึง คุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง

1.50-2.49 หมายถึง คุณภาพอยู่ในระดับพอใช้

1.00-1.49 หมายถึง คุณภาพอยู่ในระดับควรปรับปรุง

2) การหาประสิทธิภาพของบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม ใช้สูตร E_1 / E_2 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2556)

3) การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ก่อนเรียนกับหลังเรียน ใช้สถิติการทดสอบค่าทีชนิดสองกลุ่มไม่เป็นอิสระต่อกัน (T-test for dependent samples) (พรรณี ลีกิจวัฒนะ, 2558)

ผลการวิจัย

1. ผลการหาคุณภาพบทเรียนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

การวิเคราะห์หาคุณภาพบทเรียนทบทวนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต แบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ คุณภาพด้านเนื้อหา และคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ซึ่งผลการประเมินแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ด้าน	$\bar{X}$	S	ระดับคุณภาพ
เนื้อหา	4.58	0.50	ดีมาก
เทคนิคการผลิตสื่อ	4.33	0.61	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	4.46	0.56	ดี

จากตารางที่ 2 พบว่าคุณภาพบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ภาพรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.46 , S = 0.56) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านเนื้อหา อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.58 , S = 0.50) และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.33 , S = 0.61)

2. ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ตารางที่ 3 แสดงประสิทธิภาพของบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

คะแนน	คะแนนสอบ		ค่าเฉลี่ยร้อยละ	เกณฑ์ที่กำหนด
	เต็ม	เฉลี่ย		
ระหว่างเรียน	60	48.50	80.83(E_1)	80
หลังเรียน	30	24.03	80.10(E_2)	80

จากตารางที่ 3 พบว่าประสิทธิภาพของกระบวนการจากแบบฝึกหัดระหว่างเรียน (E_1) มีค่าเท่ากับร้อยละ 80.83 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์แบบทดสอบหลังเรียน (E_2) มีค่าเท่ากับร้อยละ

80.10 แสดงว่าผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียน (E_1 / E_2) มีค่าเท่ากับ 80.83/80.10 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80

3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนกับหลังเรียน ด้วยบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ตารางที่ 4 แสดงเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (n = 35)

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	S	t	Sig.
หลังเรียน	30	24.20	3.44	29.51*	.00
ก่อนเรียน	30	13.77	4.04		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อภิปรายผลการวิจัย

1. ด้านคุณภาพของบทเรียน จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ พบว่าคุณภาพของบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต อยู่ในระดับดี ($\overline{X}$ = 4.46, S = 0.56) โดยที่ด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.48, S = 0.50) และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ อยู่ในระดับดี ($\overline{X}$ = 4.33, S = 0.61) ในการพัฒนาบทเรียนผู้วิจัยได้ดำเนินงานตามขั้นตอนที่ได้วางแผนเอาไว้ โดยเริ่มจากการวิเคราะห์หลักสูตร วิเคราะห์เนื้อหา กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ที่สอดคล้องกับเนื้อหา และเลือกเทคโนโลยีให้เหมาะสมกับการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบัน เพื่อให้บทเรียนมีความทันสมัยและตอบสนองกับความต้องการของนักเรียนมากที่สุด โดยได้พัฒนาบทเรียนตามแนวคิดในการพัฒนาบทเรียนของ ณัฐกร สงคราม (ณัฐกร สงคราม, 2553) ซึ่งเริ่มต้นจากการวางแผน การออกแบบ การพัฒนา การประเมินผลและการปรับปรุง ทำให้บทเรียนที่พัฒนาขึ้นมีองค์ประกอบในการจัดแบ่งหน้าจอ การจัดวางอักษร ภาพ ปุ่มควบคุมเหมาะสม มีความสมบูรณ์ในด้านเนื้อหา การปฏิสัมพันธ์และการให้ผลป้อนกลับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วรัญญู ต้นแก้ว (2554) ได้พัฒนาสื่อหลายมิติแบบปรับตัวเพื่อทบทวน เรื่อง ระบบเลขฐานสอง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า สื่อหลายมิติแบบปรับตัวเพื่อทบทวน เรื่อง ระบบเลขฐานสอง ที่สร้างขึ้นด้านเนื้อหามีคุณภาพอยู่ในระดับดี

2. ด้านประสิทธิภาพของบทเรียน จากผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม ผู้วิจัยได้นำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 35 คน พบว่า ประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ เท่ากับ 80.83/80.10 ซึ่งไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ (E_1 / E_2) ที่ได้กำหนดไว้ 80/80 ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ มัลลิกา บ้งชมโพธิ์ (2557) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต วิชาคณิตศาสตร์ 1 เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1

พบว่า ประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต วิชาคณิตศาสตร์ 1 เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 89.43/93.43 และสอดคล้องกับการวิจัยของ สัณห์ศักดิ์ ศรีทองเพชร (2551) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวกและการลบ ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 พบว่าประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวกและการลบ ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 89.35/88.25 และสอดคล้องกับการวิจัยของ แสงเดือน อิศรานันทศิริ (2551) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การคูณ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.35/84.02

3. ด้านการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เพราะในการทำแบบทดสอบก่อนเรียนนักเรียนยังไม่มีความรู้เกี่ยวกับเรื่องที่เรียนมากพอ การตอบคำถามจึงเป็นการเดาคำตอบ และหลังจากเรียนเนื้อหาครบ นักเรียนเกิดการเรียนรู้แล้ว ส่งผลให้คะแนนสอบได้มากขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ได้ผ่านขั้นตอนกระบวนการสร้างและพัฒนาให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพอย่างมีระบบ ส่งผลให้บทเรียนมีคุณภาพและประสิทธิภาพสูง สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จารุวรรณ จันทร์ทอง (2551) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ พิริยาพร พัฒนาพรพงศ์ (2550) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การหาร สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 1 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดสามัคคีศรัทธาราม พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ พจนา โม่มาลา (2555) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบแก้ปัญหาเรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดบัวงาม (โสภณปทุมรักษ์ประชาสรรค์) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบแก้ปัญหาเรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวหลังเรียน (ร้อยละ 71.94) สูงกว่าก่อนเรียน (ร้อยละ 30.93)

สรุปผลการวิจัย

1) คุณภาพของบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม มีภาพรวมอยู่ในระดับดี ($\overline{X}$ = 4.46 S = 0.56) โดยที่ด้านเนื้อหา อยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.58 S = 0.50) และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ อยู่ในระดับดี ($\overline{X}$ = 4.33 S = 0.61)

2) ประสิทธิภาพของบทเรียนทบทวนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (E_1/E_2) เท่ากับ 80.83/80.10

3) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ($\bar{X}$ = 24.20, S = 3.44) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{X}$ = 13.77 S = 4.04) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1) ครูผู้สอนสามารถนำบทเรียนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อทบทวน เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนบพิตำวิทยา จังหวัดนครศรีธรรมราช ไปใช้ประกอบเป็นสื่อการเรียนการสอนในชั้นเรียนได้ และผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองโดยไม่มีข้อจำกัดเรื่องเวลา

2) บุคคลทั่วไปและผู้มีความสนใจ สามารถเข้ามาศึกษาบทเรียนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อทบทวน เรื่อง ระบบจำนวนเต็มได้

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1) สามารถพัฒนาบทเรียนในรูปแบบที่เหมาะสมและทันสมัย ยกตัวอย่างเช่น Mobile Application

2) สามารถพัฒนาบทเรียนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตให้มีเนื้อหารายวิชาครบถ้วน หรือสามารถเพิ่มรายวิชาอื่นๆ ได้ เพื่อเป็นการการจัดการเรียนการสอนให้ดียิ่งขึ้น และช่วยให้ผู้เรียนหรือผู้ที่สนใจสามารถทบทวนความรู้ได้ทุกที่ ทุกเวลา

3) ควรมีการนำบทเรียนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อการทบทวนไปทดลองใช้กับนักเรียนในสถานศึกษาอื่นๆ เพื่อเป็นการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กองบรรณาธิการ. (2545). การศึกษากับชุมชน. *สานปฏิรูป*, 3(6), 33.

จารุวรรณ จันทร์ทอง. (2551). *การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์, ฉะเชิงเทรา.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. *วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย*, 5(1), 2-12.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2551). *การพัฒนาคอร์สแวร์และบทเรียนบนเครือข่าย.* (พิมพ์ครั้งที่ 12). มหาสารคาม: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ณัฐกร สงคราม. (2553). *การออกแบบและพัฒนามัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรรณี ลีกิจวัฒนะ. (2558). *วิธีการวิจัยทางการศึกษา.* (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พิริยาพร พัฒนาพรพงศ์. (2550). *บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การหาร สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 1 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดสามัคคีศรัทธาราม เขตพื้นที่การศึกษาสมุทรสาคร.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

พจนา โม่มาลา. (2555). *บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบแก้ปัญหา เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดบัวงาม (โสภณปทุมรักษ์ประชาสรรค์).* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

ไพโรจน์ ตีรณธนากุล ไพบูรณ์ เกียรติโกมล และเสกสรรค์ แย้มพินิจ. (2546). *การออกแบบและการผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสำหรับ e-Learning*. กรุงเทพฯ: ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.

มธุรส จงชัยกิจ. (2546). E-learning กับการเรียนการสอนในสถานศึกษา. *วารสารการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี*, 31(123), 12-18.

มัลลิกา บ้งชมโพธิ์. (2557). *บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต วิชาคณิตศาสตร์ 1 เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

วรัญญู ต้นแก้ว. (2554). *การพัฒนาสื่อหลายมิติแบบปรับตัวเพื่อทบทวน เรื่อง ระบบเลขฐานสอง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบางละมุง.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

สัณห์ศักดิ์ ศรีทองเพชร. (2551). *การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวกและการลบ ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีและการสื่อสารการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม, กรุงเทพฯ.

แสงเดือน อิศรานันทศิริ. (2551). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การคูณ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์, ฉะเชิงเทรา.

Krathwohl, D., & Anderson, L. (2001). *Current Trends and Future Practices for Digital Literacy and Competence*. Italy: Russell A. Spangler.

เงื่อนไขจำเป็นและเพียงพอสำหรับการแปลงเชิงเส้นขยายซ้ายและขยายขวา
Necessary and Sufficient Conditions for Left Magnifying and Right Magnifying Linear Transformations

รณสรรพ์ ชินรัมย์[1*] ศรายุธ มั่นคงวิวัฒน์[1] และ สำรวม บัวประดิษฐ์[2]
Ronnason Chinram[1*], Sarayut Mankongwiwat[1] and Samraum Baupradist[2]

บทคัดย่อ

ให้ V เป็นปริภูมิเวกเตอร์และ $L(V) = \{f \mid f: V \to V$ เป็นการแปลงเชิงเส้น$\}$ ให้ $f \in L(V)$ เรียก f ว่า การแปลงเชิงเส้นขยายซ้าย ถ้ามีเซตย่อยแท้ M ของ $L(V)$ ที่ทำให้ $f \circ M = L(V)$ และเรียก f ว่า การแปลงเชิงเส้นขยายขวา ถ้ามีเซตย่อยแท้ M ของ $L(V)$ ที่ทำให้ $M \circ f = L(V)$ บทความนี้นำเสนอการพิสูจน์เงื่อนไขจำเป็นและเพียงพอสำหรับการแปลงเชิงเส้นขยายซ้ายและขยายขวาโดยใช้เพียงสมบัติพื้นฐานของปริภูมิเวกเตอร์และการแปลงเชิงเส้น

คำสำคัญ: ฐานหลัก ปริภูมิเวกเตอร์ การแปลงเชิงเส้น การแปลงเชิงเส้นขยายซ้าย
การแปลงเชิงเส้นขยายขวา

Abstract

Let V be a vector space and $L(V) = \{f \mid f: V \to V$ is a linear transformation$\}$. Let $f \in L(V)$. f is called a left magnifying linear transformation if there exists a proper subset M of $L(V)$ such that $f \circ M = L(V)$ and f is called a right magnifying linear transformation if there exists a proper subset M of $L(V)$ such that $M \circ f = L(V)$. In this paper, we prove necessary and sufficient conditions for left magnifying and right magnifying linear transformations by using some basic properties of vector spaces and linear transformations.

Keywords: basis, vector spaces, linear transformations, left magnifying linear transformations, right magnifying linear transformations

[1] ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[2] ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

* Corresponding author e-mail: ronnason.c@psu.ac.th

บทนำ

โครงสร้างทางพีชคณิตประกอบด้วยเซตไม่ว่างและการดำเนินการ การศึกษาสมบัติของโครงสร้างทางพีชคณิตมีการศึกษาวิจัยในหลายโครงสร้างพีชคณิต ตัวอย่างเช่น รณสรรพ์ ชินรัมย์ (2552) รัตนาภรณ์ ศรีภากรณ์ และรณสรรพ์ ชินรัมย์ (2552) ได้ศึกษางานวิจัยเกี่ยวข้องกับทฤษฎีกึ่งกรุป และ ณัฐวุฒิ พลอาสา และอัยเรศ เอี่ยมพันธ์ (2556) ได้ศึกษากรุปของจำนวนเศษเหลือ สุทิน ทองรักษ์ และอัยเรศ เอี่ยมพันธ์ (2557) ได้ศึกษาริงของจำนวนเศษเหลือ วรเชษฐ์ สมมะณี (2558) ได้ศึกษากรุปสมมาตร เป็นต้น

กึ่งกรุปเป็นโครงสร้างทางพีชคณิตซึ่งประกอบด้วยเซตย่อยไม่ว่างและการดำเนินการทวิภาคที่มีสมบัติปิดและเปลี่ยนหมู่ ปี ค.ศ. 1963 Ljapin ได้แนะนำสมาชิกขยายซ้าย (left magnifying element) และสมาชิกขยายขวา (right magnifying element) ของกึ่งกรุป (Ljapin, E. S., 1963) ต่อมาในปี ค.ศ. 1992 Catino และ Migliorini ได้ศึกษาและให้ผลลัพธ์ที่สำคัญในการศึกษาสมาชิกขยายซ้ายและสมาชิกขยายขวาของกึ่งกรุป (Catino, F. & Migliorini, F., 1992) ต่อมาในปี ค.ศ. 1994 Magill, Jr. ได้พิจารณาสมาชิกขยายซ้ายและสมาชิกขยายขวาของกึ่งกรุปการแปลง พร้อมทั้งพิสูจน์เงื่อนไขจำเป็นและเพียงพอสำหรับการแปลงเชิงเส้นขยายซ้ายและการแปลงเชิงเส้นขยายขวา (Magill, Jr. K. D., 1994) อย่างไรก็ดี การพิสูจน์ดังกล่าวมีความซับซ้อน

ให้ V เป็นปริภูมิเวกเตอร์และ $L(V) = \{f \mid f: V \to V$ เป็นการแปลงเชิงเส้น$\}$ พบว่า $(L(V),\circ)$ เป็นกึ่งกรุปและ $(L(V),+,\circ)$ เป็นริง โดยที่ $\circ$ เป็นการประกอบของฟังก์ชัน และเรียก $(L(V),\circ)$ ว่ากึ่งกรุปการแปลงเชิงเส้นและเรียก $(L(V),+,\circ)$ ว่าริงการแปลงเชิงเส้น งานวิจัยเกี่ยวกับกึ่งกรุปการแปลงเชิงเส้นและริงการแปลงเชิงเส้นมีการศึกษาอย่างมากมาย ตัวอย่างเช่น ยุพาภรณ์ได้ให้เงื่อนไขที่จำเป็นและเพียงพอของสมาชิกปรกติในกึ่งกรุปการแปลงเชิงเส้นนัยทั่วไป (Kemprasit, Y., 2002) ยุพาภรณ์และรณสรรพ์ได้ให้เงื่อนไขจำเป็นและเพียงพอของริงการแปลงเชิงเส้นนัยทั่วไปที่มีสมบัติส่วนร่วมของควอซี-ไอดีล (Kemprasit, Y. & Chinram, R., 2002) ยุพาภรณ์และรณสรรพ์ได้ให้เงื่อนไขจำเป็นและเพียงพอของควอซี-ไอดีล 0-เล็กสุดเฉพาะกลุ่มของกึ่งกรุปการแปลงเชิงเส้นนัยทั่วไป (Kemprasit, Y. & Chinram, R., 2003) รณสรรพ์ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของกรีนและความเป็นปรกติของกึ่งกรุปการแปลงเชิงเส้นนัยทั่วไป (Chinram, R., 2009) ธวัชและ sulivan ได้ศึกษาสมาชิกนิจพลเสมือนของกึ่งกรุปการแปลงเชิงเส้น (Changphas, T. & Sulivan, R.P., 2010) สุรีย์พร ธีระพงษ์ และพงษ์สัญ ได้ศึกษาอันดับบางส่วนของการแปลงเชิงเส้น (Chopraknoi, S., Phongpatanacharoen, T. & Prakitsri, P., 2015) วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อพิจารณาสมาชิกขยายซ้ายและสมาชิกขยายขวาของกึ่งกรุปการแปลงเชิงเส้นโดยนิยามผ่านบทนิยามของการแปลงเชิงเส้นขยายซ้ายและการแปลงเชิงเส้นขยายขวา พร้อมทั้งพิสูจน์เงื่อนไขจำเป็นและเพียงพอสำหรับการแปลงเชิงเส้นขยายซ้ายและการแปลงเชิงเส้นขยายขวาโดยใช้เพียงสมบัติพื้นฐานของปริภูมิเวกเตอร์และการแปลงเชิงเส้น

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัย ใช้บทนิยามเบื้องต้น ดังต่อไปนี้

ให้ V เป็นปริภูมิเวกเตอร์และ $L(V) = \{f \mid f: V \to V$ เป็นการแปลงเชิงเส้น$\}$

ฐานหลัก (basis) ของปริภูมิเวกเตอร์ V คือ เซตย่อย B ของปริภูมิเวกเตอร์ V ที่เป็นเซตที่อิสระเชิงเส้น (linearly independent) และแผ่ทั่ว (span) ปริภูมิเวกเตอร์ V

การแปลงเชิงเส้นเอกลักษณ์ id_V คือ การแปลงเชิงเส้น $id_V: V \longrightarrow V$ โดยที่ $id_V(v) = v$ สำหรับทุก $v \in V$

สำหรับ $f \in L(V)$ **เรนจ์**ของ f คือ $\{f(v) | v \in V\}$ แทนด้วยสัญลักษณ์ $ran\, f$

วิธีดำเนินการวิจัยขั้นที่ 1 นิยามการแปลงเชิงเส้นขยายซ้ายและขยายขวา ดังบทนิยามต่อไปนี้

บทนิยาม 1 ให้ $f \in L(V)$ เรียก f ว่า การแปลงเชิงเส้นขยายซ้าย (left magnifying linear transformation) ถ้า มีเซตย่อยแท้ M ของ $L(V)$ ที่ทำให้ $f \circ M = L(V)$

บทนิยาม 2 ให้ $f \in L(V)$ เรียก f ว่า การแปลงเชิงเส้นขยายขวา (right magnifying linear transformation) ถ้า มีเซตย่อยแท้ M ของ $L(V)$ ที่ทำให้ $M \circ f = L(V)$

วิธีดำเนินการวิจัยขั้นที่ 2 พิจารณาเงื่อนไขจำเป็นและเพียงพอสำหรับการแปลงเชิงเส้นขยายซ้ายและขยายขวา พร้อมทั้งพิสูจน์ตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยใช้สมบัติพื้นฐานของปริภูมิเวกเตอร์และการแปลงเชิงเส้นในการพิสูจน์

ผลการวิจัย

ในการวิจัย ผู้วิจัยได้บทตั้งและทฤษฎีบท ดังต่อไปนี้

บทตั้ง 1 *ให้ $f \in L(V)$ ถ้า f เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่งทั่วถึง แล้ว $f \circ L(V) = L(V)$ และ $L(V) \circ f = L(V)$*

บทพิสูจน์ *ให้ f เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่งทั่วถึง ทำให้ได้ว่า f^{-1} นิยามและเป็นการแปลงเชิงเส้น เนื่องจาก $f \in L(V)$ จึงทำให้ได้ว่า $f^{-1} \in L(V)$ และเนื่องจากสำหรับทุก $g \in L(V)$ ได้ว่า $f^{-1} \circ g \in L(V)$ และ $g \circ f^{-1} \in L(V)$ พบว่า $f \circ (f^{-1} \circ g) = g$ และ $(g \circ f^{-1}) \circ f = g$ ซึ่งทำให้ได้ว่า $f \circ L(V) = L(V)$ และ $L(V) \circ f = L(V)$*

บทตั้ง 2 ถ้า f เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายซ้าย แล้ว f เป็นฟังก์ชันทั่วถึง

บทพิสูจน์ ให้ f เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายซ้าย ดังนั้นจะมีเซตย่อยแท้ M ของ $L(V)$ ซึ่งทำให้ $f \circ M = L(V)$ เนื่องจากการแปลงเชิงเส้นเอกลักษณ์ $id_V \in L(V)$ ทำให้ได้ว่า จะมี $g \in M$ ที่ทำให้ $f \circ g = id_V$ ซึ่งทำให้ได้ว่า f เป็นฟังก์ชันทั่วถึง

บทตั้ง 3 ให้ $f \in L(V)$ ถ้า f เป็นฟังก์ชันทั่วถึงแต่ไม่หนึ่งต่อหนึ่ง แล้ว f เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายซ้าย

บทพิสูจน์ ให้ f เป็นฟังก์ชันทั่วถึงแต่ไม่หนึ่งต่อหนึ่ง

ให้ $M = \{h \in L(V) | h$ ไม่เป็นฟังก์ชันทั่วถึง$\}$ เห็นได้ชัดเจนว่า $M \neq L(V)$ ให้ g เป็นการแปลงเชิงเส้นใดๆ และให้ B เป็นฐานหลักของ V เนื่องจาก f เป็นฟังก์ชันทั่วถึง จึงได้ว่าสำหรับทุก $x \in B$ จะมี $y_x \in V$ ซึ่ง $f(y_x) = g(x)$ นิยามการแปลงเชิงเส้น $h \in L(V)$ บนฐานหลัก B โดย $h(x) = y_x$ สำหรับทุก $x \in B$ เนื่องจาก f ไม่เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่ง จึงได้ว่า h ไม่เป็นฟังก์ชันทั่วถึง สำหรับทุก

$x \in B$ พบว่า $f \circ h(x) = f\big(h(x)\big) = f(y_x) = g(x)$ ดังนั้น $f \circ h = g$ ทำให้ได้ $f \circ M = L(V)$ ซึ่งทำให้ได้ว่า f เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายซ้าย

บทตั้ง 4 ถ้า f เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายขวา แล้ว f เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่ง

บทพิสูจน์ ให้ f เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายขวา ดังนั้นจะมีเซตย่อยแท้ M ของ $L(V)$ ซึ่งทำให้ $M \circ f = L(V)$ เนื่องจาก $id_V \in L(V)$ ทำให้ได้ว่า จะมี $g \in M$ ที่ทำให้ $g \circ f = id_V$ ซึ่งทำให้ได้ว่า f เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่ง

บทตั้ง 5 ให้ $f \in L(V)$ ถ้า f เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่งแต่ไม่ทั่วถึง แล้ว f เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายขวา

บทพิสูจน์ ให้ f เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่งแต่ไม่ทั่วถึง ให้ B' เป็นฐานหลักของ $ran\ f$ และ B เป็นฐานหลักของ V บรรจุ B'

ให้ $M = \{h \in L(V) \,|h(x) = x \quad$ สำหรับทุก $x \notin ran\ f\}$ เห็นได้ชัดเจนว่า $M \neq L(V)$ ต่อไปจะแสดงว่า $M \circ f = L(V)$ ให้ g เป็นการแปลงเชิงเส้นใดๆ นิยาม การแปลงเชิงเส้น $h \in L(V)$ บน B โดย สำหรับ $y \in B$

$$h(y) = \begin{cases} g(x) & \text{ถ้า } y \in ran\ f \text{ และ } y = f(x) \\ y & \text{ถ้า } y \notin ran\ f \end{cases}$$

จากการนิยามได้ว่า $h \in M$ และเห็นได้ชัดว่า $B'' = \{x \in V | f(x) \in B'\}$ เป็นฐานหลักของ V และสำหรับทุก $x \in B''$ ได้ว่า

$$h \circ f(x) = h\big(f(x)\big) = g(x)$$

ดังนั้น $h \circ f = g$ ทำให้ได้ $M \circ f = L(V)$ ซึ่งทำให้ได้ว่า f เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายขวา

ทฤษฎีบท 1 สำหรับ $f \in L(V)$ ได้ว่า

1. f เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายซ้าย ก็ต่อเมื่อ f เป็นฟังก์ชันทั่วถึงแต่ไม่หนึ่งต่อหนึ่ง
2. f เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายขวา ก็ต่อเมื่อ f เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่งแต่ไม่ทั่วถึง

บทพิสูจน์

1. ให้ f เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายซ้าย ดังนั้นมีเซตย่อยแท้ Mของ $L(V)$ ที่ทำให้ $f \circ M = L(V)$ โดยบทตั้ง 2 ได้ว่า f เป็นฟังก์ชันทั่วถึง สมมติว่า f เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่ง โดยบทตั้ง 1 ได้ว่า $L(V) = f^{-1} \circ L(V) = f^{-1} \circ f \circ M = M$ ซึ่งขัดแย้ง ทำให้ ได้ว่า f ไม่เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่ง นั่นคือ f เป็นฟังก์ชันทั่วถึงแต่ไม่หนึ่งต่อหนึ่ง

ในการพิสูจน์อีกด้านหนึ่ง ให้ f เป็นฟังก์ชันทั่วถึงแต่ไม่หนึ่งต่อหนึ่ง โดยบทตั้ง 3 ได้ว่า f เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายซ้าย

2. ให้ f เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายขวา ดังนั้น มีเซตย่อยแท้ M ของ $L(V)$ ที่ทำให้ $M \circ f = L(V)$ โดยบทตั้ง 4 ได้ว่า f เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่ง สมมติว่า f เป็นฟังก์ชันโดยบทตั้ง 1 ได้ว่า $L(V) = L(V) \circ f^{-1} = M \circ f \circ f^{-1} = M$ ซึ่งขัดแย้ง ทำให้ ได้ว่า f ไม่เป็นฟังก์ชันทั่วถึง นั่นคือ f เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่งแต่ไม่ทั่วถึง

ในการพิสูจน์อีกด้านหนึ่ง ให้ f เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่งแต่ทั่วถึงโดยบทตั้ง 5 ได้ว่า f เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายขวา

ในส่วนสุดท้ายของบทความ ขอนำเสนอสมบัติที่น่าสนใจอื่นเกี่ยวกับการแปลงเชิงเส้นขยายซ้ายและการแปลงเชิงเส้นขยายขวา ดังต่อไปนี้

ทฤษฎีบท 2 ให้ f และ g เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายซ้าย แล้ว $f \circ g$ เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายซ้าย

บทพิสูจน์ ให้ f และ g เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายซ้าย ดังนั้น จะมี M_1 และ M_2 เป็นเซตย่อยแท้ของ $L(V)$ ซึ่ง $f \circ M_1 = L(V)$ และ $g \circ M_2 = L(V)$ พิจารณา $(f \circ g) \circ M_2 = f \circ (g \circ M_2) = f \circ L(V)$ และ เนื่องจาก $L(V) = f \circ M_1 \subseteq f \circ L(V)$ จึงได้ว่า $(f \circ g) \circ M_2 = L(V)$ ดังนั้น $f \circ g$ เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายซ้าย

ทฤษฎีบท 3 ให้ f และ g ไม่เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายซ้าย แล้ว $f \circ g$ ไม่เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายซ้าย

บทพิสูจน์ สมมติให้ $f \circ g$ เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายซ้าย ดังนั้นจะมี M เป็นเซตย่อยแท้ของ $L(V)$ ซึ่ง $(f \circ g) \circ M = L(V)$ จะได้ว่า $L(V) = (f \circ g) \circ M = f \circ (g \circ M)$ เนื่องจาก f ไม่เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายซ้าย จึงเห็นได้ชัดว่า $g \circ M = L(V)$ และ เนื่องจาก g ไม่เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายซ้าย จึงได้ว่า $M = L(V)$ ซึ่งขัดแย้งกับข้างต้น ดังนั้น $f \circ g$ ไม่เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายซ้าย

ทฤษฎีบท 4 ให้ f และ g เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายขวา แล้ว $f \circ g$ เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายขวา

บทพิสูจน์ ให้ f และ g เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายขวา ดังนั้น จะมี M_1 และ M_2 เป็นเซตย่อยแท้ ของ $L(V)$ ซึ่ง $M_1 \circ f = L(V)$ และ $M_2 \circ g = L(V)$ พิจารณา $M_1 \circ (f \circ g) = (M_1 \circ f) \circ g = L(V) \circ g$ และ เนื่องจาก $L(V) = M_2 \circ g \subseteq L(V) \circ g$ จึงได้ว่า $M_1 \circ (f \circ g) = L(V)$ ดังนั้น $f \circ g$ เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายขวา

ทฤษฎีบท 5 ให้ f และ g ไม่เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายขวา แล้ว $f \circ g$ ไม่เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายขวา

บทพิสูจน์ สมมติให้ $f \circ g$ เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายขวา ดังนั้นจะมี M เป็นเซตย่อยแท้ของ $L(V)$ ซึ่ง $M \circ (f \circ g) = L(V)$ จะได้ว่า $L(V) = M \circ (f \circ g) = (M \circ f) \circ g$ เนื่องจาก g ไม่เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายขวา จึงเห็นได้ชัดว่า $M \circ f = L(V)$ และเนื่องจาก f ไม่เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายขวา จึงได้ว่า $M = L(V)$ ซึ่งขัดแย้งกับข้างต้น ดังนั้น $f \circ g$ ไม่เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายขวา

การอภิปรายผลการวิจัย สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ในบทความนี้ ได้พิสูจน์เงื่อนไขจำเป็นและเพียงพอของการที่การแปลงเชิงเส้นจะเป็นการแปลงเชิงเส้นขยายซ้ายและการแปลงเชิงเส้นขยายขวา

1. f เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายซ้าย ก็ต่อเมื่อ f เป็นฟังก์ชันทั่วถึงแต่ไม่หนึ่งต่อหนึ่ง
2. f เป็นการแปลงเชิงเส้นขยายขวา ก็ต่อเมื่อ f เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่งแต่ไม่ทั่วถึง

ซึ่งการพิสูจน์ใช้เพียงสมบัติของปริภูมิเวกเตอร์และการแปลงเชิงเส้นเท่านั้นและมีความแตกต่างกับการพิสูจน์โดย Magill, Jr. ซึ่งมีความซับซ้อนและมีความเป็นนามธรรมกว่ามากและเหมาะกับผู้ที่มีความรู้ทางด้านทฤษฎีกึ่งกรุป ผู้สนใจสามารถศึกษาการพิสูจน์ของ Magill, Jr. ได้ที่ (Magill, Jr. K. D., 1994)

สำหรับงานวิจัยสำหรับผู้สนใจที่จะต่อยอดงานวิจัยดังกล่าวสามารถทำได้ โดยอาจพิจารณาการหาเงื่อนไขจำเป็นและเพียงพอสำหรับการแปลงเชิงเส้นขยายซ้ายและการแปลงเชิงเส้นขยายขวาของกึ่งกรุปการแปลงเชิงเส้นอื่นๆ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณเป็นอย่างสูงสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้ให้คำแนะนำสำหรับบทความวิจัย และ ผู้เขียนขอขอบคุณหน่วยวิจัยพีชคณิตและการประยุกต์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่ให้การสนับสนุน

เอกสารอ้างอิง

ณัฐวุฒิ พลอาสา และอัยเรศ เอี่ยมพันธ์. (2556). ความสวยงามวางนัยทั่วไป: การเริ่มต้นของกรุปของจำนวนเศษเหลือ. *วารสารนเรศวรพะเยา*, 6(1), 25-30.

รณสรรพ์ ชินรัมย์. (2552). ความสัมพันธ์กรีนและความเป็นปกติของกึ่งกรุปการแปลงเต็มวางนัยทั่วไป. *วารสารวิทยาศาสตร์ มข.*, 37(3), 348-356.

รัตนาภรณ์ ศรีภากรณ์ และรณสรรพ์ ชินรัมย์. (2552). ควอซี-ไอดีลวางนัยทั่วไปของกึ่งกรุป. *วารสารวิทยาศาสตร์ มข.*, 37(2), 213-220.

วรเชษฐ์ สมมะณี. (2558). แรงกของผลคูณตรงของสองกรุปสมมาตร. *สักทอง: วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 2(1), 13-20.

สุทิน ทองรักษ์ และอัยเรศ เอี่ยมพันธ์. (2557). ความสวยงามวางนัยทั่วไป : การเริ่มต้นของริงของจำนวนเศษเหลือ. *วารสารนเรศวรพะเยา*, 7(1), 85-90.

Catino, F. & Migliorini, F. (1992). Magnifying elements of semigroups. *Semigroup Forum*, 44(1), 314-319.

Changphas, T. & Sulivan, R.P. (2010). Skew idempotents in linear transformation semigroups. *Linear and Multilinear Algebra*, 58(4), 299-411.

Chinram, R. (2009). Green's relations and regularity of generalized semigroups of linear transformations. *Lobachevskii Journal of Mathematics*, 30(4), 253-256.

Chopraknoi, S., Phongpatanacharoen, T. & Prakitsri, P. (2015). The natural partial order on linear transformations with nullity and co-rank bounded below. *Bulletin of the Australian Mathematical Society*, 91(1), 104-115.

Kemprasit, Y. (2002). Regularity and unit-regularity of generalized semigroups of linear transformations. *Southeast Asian Bulletin of Mathematics*, 25(4), 617-622.

Kemprasit, Y. & Chinram, R. (2002). Generalized rings of linear transformations having the intersection property of quasi-ideals. *Vietnam Journal of Mathematics*, 30(2), 283-288.

Kemprasit, Y. & Chinram, R. (2003). 0-minimal quasi-ideals of generalized linear transformation semigroups. *Communications in Algebra*, 31(10), 4765-4774.

Ljapin, E. S. (1963). Semigroups, American Mathematical Society, Providence, R.I.

Magill, Jr. K. D. (1994). Magnifying Elements of Transformation Semigroups. *Semigroup Forum*, 48(1), 119-126.

การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อย และเถ้าซังข้าวโพด

Mechanical Properties Study of Concrete Block Containing Bagasse Ash and Corn Cob Ash

เจษฎาพงษ์ หาญสุทธิเวชกุล[1] วิภาวรรณ อุตรชน[1] วีรณัฐ นันต๊ะพรม[1]
อภิญญา นวลศรีใส[1] และมงคลกร ศรีวิชัย[1]*
Chetsadaphong Hansudewechakul[1], Wipawan Uttavachon[1], Veranut Nuntarplom[1],
Apinya Noalseesai[1] and Mongkonkorn Srivichai[1]*

บทคัดย่อ

วัสดุเหลือจากการเกษตรโดยเฉพาะชานอ้อยและซังข้าวโพดมีมาก จะส่งผลกระทบต่อมลภาวะหากไม่ได้นำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อย และเถ้าซังข้าวโพดภายใต้การรับกำลังอัด และการดูดซึมน้ำ ซึ่งเพิ่มอัตราส่วนผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าซังข้าวโพด ตั้งแต่ร้อยละ 0 ถึง 40 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ ทดสอบขนาดคอนกรีตบล็อกตัวอย่างขนาด 7x39x19 เซนติเมตร ผลการศึกษาพบว่า คอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าซังข้าวโพดแทนปูนซีเมนต์ที่มีกำลังอัดที่อายุ 28 วัน อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดคือแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 25.0 และ 22.5 ตามลำดับ มีค่ากำลังอัดเท่ากับ 127.77 และ 130.78 ksc ตามลำดับ มีการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกที่อายุ 28 วัน เท่ากับร้อยละ 9.77 ในคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าชานอ้อยและร้อยละ 7.94 ในคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าซังข้าวโพด สรุปการนำเอาเถ้าชานอ้อย และเถ้าซังข้าวโพดมาใช้ในการผสมแทนที่ปูนซีเมนต์ สามารถทำได้เนื่องจากให้กำลังอัดสูงกว่าที่มาตรฐานผลิตภัณอุตสาหกรรม (มอก. 58-2533) ชนิดคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักกำหนดไว้ที่ 25 ksc

คำสำคัญ: คอนกรีตบล็อก เถ้าชานอ้อย เถ้าซังข้าวโพด

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

* Corresponding author e-mail: srivichai.m@gmail.com

Abstract

As the large amount of bagasse and corn cob, this could be the source of pollution if they are utilized. This study aims to study the mechanical properties of concrete block from bagasse ash and corn cob ash. There are investigated parameters which are compression and water absorption. The ratio of bagasse ash and corn cob ash was varied from 0-40 percent of the concrete. This mixed concrete size is 7x39x19 cm. These samples were incubated around 28 days before tested their compression and water absorption properties. It was found that the concrete block could be replaced around 25 and 22.5 percent of ashes and the compressions are 127.77 and 130.78 ksc, respectively. The water absorption properties of those two mixing ratio are 9.77 percent and 7.94 percent, respectively. It could be concluded bagasse ash and corn cob ash could be used as alterative material for concrete block. The mixed concrete block provide the compression value higher than the TIS 58-2533 requirement of concrete blocks without absorb weight at 25 ksc.

Keywords: Concrete block, Bagasse Ash, Corn Cob Ash

บทนำ

ในสภาวะปัจจุบันการก่อสร้างอาคารบ้านเรือนจะนิยมสร้างด้วยคอนกรีต โดยใช้คอนกรีตบล็อกเป็นวัสดุก่อผนังซึ่งจำเป็นต้องใช้คอนกรีตบล็อกเป็นจำนวนมาก จึงจำเป็นต้องใช้ส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกราคาถูกลงเนื่องจากวัสดุหลักที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตบล็อกคือ ปูนซีเมนต์ ซึ่งมีราคาสูง และเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้คอนกรีตบล็อกราคาสูงขึ้นตามวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต การคำนึงถึงสิ่งที่เหลือใช้ในภาคการเกษตรที่ไร้ประโยชน์ เพื่อนำเข้ามาในรูปของวัสดุผสมเพิ่ม (ชัยยันต์ ทรัพย์ทวี อดิสรณ์ พงษ์สุวรรณ และดำเนินภร คงพาลา, 2556) ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการใช้วัสดุจากธรรมชาติที่จัดว่าเป็นวัชพืชให้เกิดประโยชน์มากที่สุด (นฤมล อัศวเกศมณี, 2559) หรือทดแทน หรือดัดแปลงส่วนผสมของบล็อกซีเมนต์เนื่องจากเถ้าชานอ้อยเป็นของเหลือทิ้งจากการผลิตน้ำตาลขายตามตลาดทั่วไปหรือโรงงานผลิตน้ำตาลที่ได้จากการเผาชานอ้อยเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในโรงงานบางส่วนขายให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิต และการนำเถ้าชานอ้อยไปใช้ประโยชน์ในปัจจุบันยังทำได้น้อยมากส่งผลให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมา เช่น การกำจัดทิ้งเป็นบริเวณกว้าง และรอบๆ บริเวณพื้นที่จัดทิ้งยังได้รับผลกระทบจากฝุ่นละอองของเถ้าชานอ้อยอีกด้วย การออกแบบส่วนผสมมีความสำคัญต่อองค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก (ประเสริฐ ศิรินรานันตร์, 2557) เนื่องจากขนาดของมวลรวมละเอียดที่นำมาผสมมีขนาดแตกต่างกัน (ศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง, อุปวิทย์ สุวคันธกุล และสุดใจ เหง้าสีไพร, 2550)

พื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยมีการปลูกข้าวโพดเป็นจำนวนมากอีกทั้งโรงงานอุตสาหกรรมข้าวโพดอยู่ทั่วไปในทุกพื้นที่ ทำให้เกิดเศษวัสดุเหลือจากกระบวนการผลิต คือ ซังข้าวโพด ซึ่งเกิดจากการนำซังข้าวโพดมาเผาก็ได้จากเถ้าซังข้าวโพดในปริมาณมากและยากต่อการกำจัด

ดังนั้นทางคณะศึกษา จึงมีแนวคิดที่จะช่วยลดปริมาณเถ้าชานอ้อยกับเถ้าซังข้าวโพด และพัฒนาวัสดุในงานก่อสร้างรูปแบบใหม่ๆ ขึ้น โดยการนำเถ้าชานอ้อย และเถ้าซังข้าวโพดไปผสมแทนที่ปูนซีเมนต์ในการผลิตคอนกรีตบล็อกในอัตราส่วนผสมปกติ เพื่อศึกษาคุณสมบัติในการอัด และการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อก (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2517) เพื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกธรรมดาเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.58-2533) ชนิดคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2533) ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและทดสอบคุณสมบัติกำลังอัดของคอนกรีต บล็อกผสมเถ้าชานอ้อย และเถ้าซังข้าวโพดที่อายุ 7 14 และ 28 วัน เพื่อศึกษาส่วนผสมที่ทำให้กำลังอัดดีที่สุดของเถ้าชานอ้อย และเถ้าซังข้าวโพด และเพื่อศึกษาคุณสมบัติการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

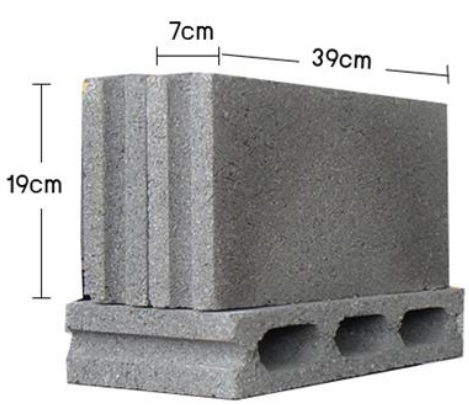
วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

มีดังต่อไปนี้ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทรายหยาบ หินฝุ่นหรือหอนคลุก น้ำ เถ้าชานอ้อย และเถ้าซังข้าวโพด

2. วิธีดำเนินโครงการ

กำหนดและออกแบบส่วนผสมคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อย และเถ้าซังข้าวโพดในอัตราส่วนผสมเท่ากับ ร้อยละ 0 10 12.5 15 17.5 20 22.5 25 27.5 30 32.5 35 37.5 และ 40 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ โดยทุกชุดการทดลองทดสอบกำลังอัดที่อายุ 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน ชุดละ 5 ก้อน รวมทดสอบทั้งสิ้น 420 ก้อน และทดสอบการซึมน้ำอายุคอนกรีตบล็อกที่ 28 วัน จำนวนการทดลองครั้งละ 10 ก้อน ขนาดดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 คอนกรีตบล็อกแบบชนิดไม่รับน้ำหนัก

3. วิธีการผลิตคอนกรีตบล็อก

3.1 ชั่งอัตราส่วนผสมคอนกรีตบล็อก โดยผสมทรายกับหินฝุ่นให้เข้ากันก่อน แล้วจึงเทเถ้าชานอ้อย เถ้าซังข้าวโพด และปูนซีเมนต์ผสมเข้ากันอีกครั้ง แล้วจึงใส่น้ำจะได้ส่วนผสมที่แห้งหมาดๆ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการผสมคอนกรีต

3.2 นำวัสดุผสมที่ได้รับการผสมเรียบร้อยแล้ว เทใส่แบบหล่อ เมื่อเทลงไปจนเต็มแบบเครื่องจะทำการเขย่าให้ส่วนผสมมีความแน่นหลังจากนั้นอัดลงในแบบหล่อให้แน่น ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการอัดคอนกรีตบล็อกด้วยเครื่องจักร

3.3 เมื่อถอดแบบหล่อเรียบร้อยแล้ว จะทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง เพื่อให้เถ้าชานอ้อย เถ้าซังข้าวโพด และปูนซีเมนต์ในคอนกรีตบล็อกก่อตัว และแข็งตัวก่อนที่จะนำไปใช้งานต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ขั้นตอนถอดแบบคอนกรีตบล็อก

3.4 คอนกรีตบล็อกที่ใช้ทดสอบทั้งหมด ใช้วิธีการไม่ควบคุมความชื้น (มอก. 58-2533) ผู้ทำโครงงานต้องการให้วัสดุใกล้เคียงกับการใช้งานจริงมากที่สุด

4. การทดสอบคอนกรีตบล็อก

4.1 การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัด (Compressive strength) เพื่อหากำลังต้านทานแรงอัดสูงสุด (Maximum compressive strength) ของคอนกรีตบล็อกธรรมดาเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 58-2533) ชนิดคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก กับคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อย และเถ้าซังข้าวโพดที่ผลิตขึ้นมา โดยนำปูนปลาสเตอร์การเคลือบหัวท้ายคอนกรีตบล็อก ความหนาไม่เกิน 3 มิลลิเมตร กำหนดส่วนผสมในการทดสอบ จำนวน 0 10 12.5 15 17.5 20 22.5 25 27.5 30 32.5 35 37.5 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 7 14 และ 28 วัน ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 58-2533) มีขั้นตอนดังนี้

4.1.1 วัดขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาของก้อนตัวอย่างคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อย และเถ้าซังข้าวโพด แล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่างแต่ละก้อนไว้

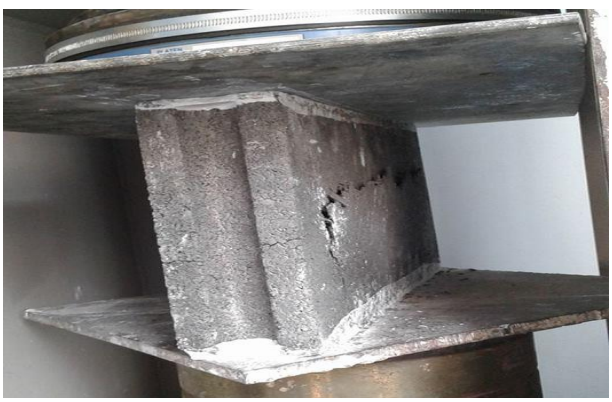
4.1.2 นำก้อนตัวอย่างคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อย และเถ้าซังข้าวโพดเข้าเครื่องทดสอบกำลังอัด แล้วเดินเครื่องทดสอบด้วยอัตราการเพิ่มกำลังอัดอย่างสม่ำเสมอจนกระทั่งก้อนตัวอย่างเกิดการวิบัติ แล้วบันทึกค่า กำลังอัดสูงสุด คำนวณค่ากำลังอัดสูงสุดตามสมการที่ 1

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

โดยที่ σ = กำลังรับแรงอัด (ksc)

P = แรงกดที่ทำให้ก้อนตัวอย่างเกิดการวิบัติ (kg)

A = พื้นที่รับแรงอัดของก้อนตัวอย่าง (cm^2)



ภาพที่ 5 ลักษณะของก้อนตัวอย่างที่ผ่านการกดแล้ว

4.2 การทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อย และเถ้าซังข้าวโพด

การทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อย และเถ้าซังข้าวโพด ที่มีอายุ 28 วัน ทำการทดสอบทำตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 109-2517) วิธีการชักตัวอย่าง และการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต เพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 58-2533) โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.2.1 นำก้อนตัวอย่างคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อย และเถ้าซังข้าวโพด ที่เตรียมไว้ วัดขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาของตัวอย่างแต่ละก้อนตัวอย่าง

4.2.2 นำก้อนตัวอย่างคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อย และเถ้าซังข้าวโพดเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 110 ±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้องไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักก้อนตัวอย่างคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อย และเถ้าซังข้าวโพด จดบันทึกค่าน้ำหนัก

4.2.3 นำก้อนตัวอย่างคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อย และเถ้าซังข้าวโพดแช่น้ำให้ท่วมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำก้อนตัวอย่างคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อย และเถ้าซังข้าวโพดขึ้นจากน้ำ ทิ้งไว้ให้ระบายน้ำออกเป็นเวลา 1 นาที ใช้ผ้าซับน้ำบนผิวก้อนตัวอย่างคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อย และเถ้าซังข้าวโพดแล้วชั่งน้ำหนักให้เสร็จภายใน 3 นาที จดบันทึกค่าน้ำหนัก

4.2.4 การคำนวณค่าการดูดซึมน้ำตามสมการที่ 2

$$A = \left[\frac{W_2 - W_1}{W_1} \right] \times 100$$

โดยที่ A = ร้อยละการดูดซึมน้ำ

W_1 = น้ำหนักก้อนตัวอย่างอบแห้ง (kg)

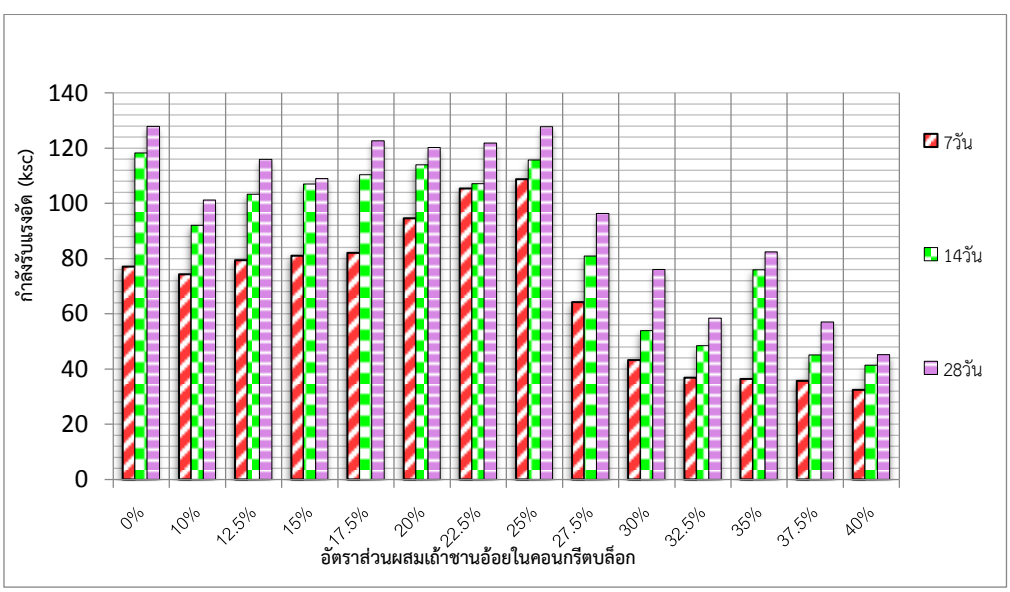
W_2 = น้ำหนักก้อนตัวอย่างที่อิ่มตัวผิวแห้ง (kg)

ผลการวิจัย

จากการศึกษาพฤติกรรมภายใต้กำลังรับแรงอัด และการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าซังข้าวโพด ซึ่งเป็นการนำวัสดุชีวมวลมาประยุกต์เป็นส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก เพื่อลดปริมาณของปูนซีเมนต์ที่ใช้เป็นส่วนผสมหลัก สามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตที่ปัจจุบันปูนซีเมนต์มีราคาที่แพงเพิ่มขึ้น

1. การทดสอบด้านกำลังอัด

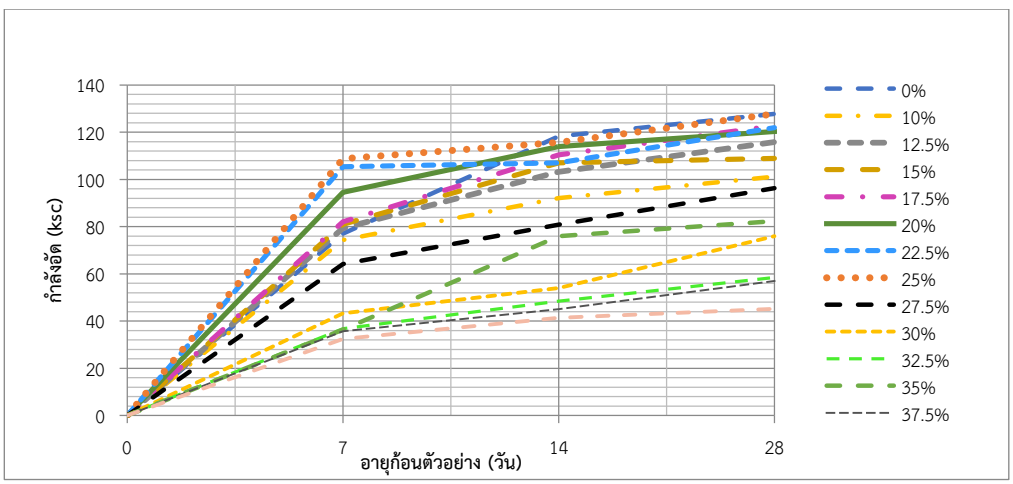
1.1 คอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อย



ภาพที่ 6 กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อยอายุ 7 14 และ 28 วัน

จากภาพที่ 6 พบว่า ใน 7 วันแรกคอนกรีตบล็อกที่ไม่มีการผสมเถ้าชานอ้อยมีค่ากำลังอัดไม่สูง มีค่ากำลังอัดอยู่ที่ 77.02 ksc แต่กำลังอัดจะเพิ่มขึ้นอยู่ในค่ากำลังอัดที่สูงในช่วงอายุ

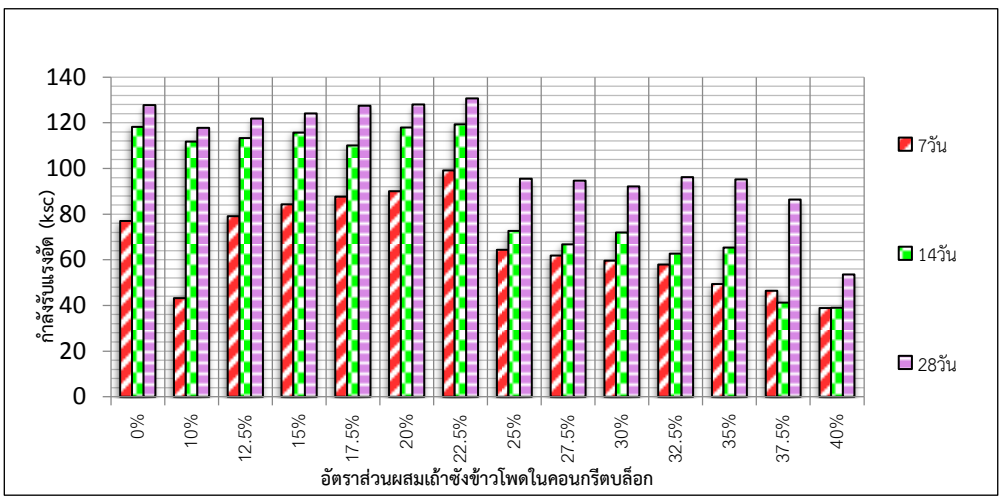
14 วัน และ 28 วัน ซึ่งมีค่ากำลังอัดอยู่ที่ 118.27 ksc และ 127.80 ksc ตามลำดับ ส่วนคอนกรีตบล็อกที่มีส่วนผสมของเถ้าชานอ้อยที่อายุ 7 14 และ 28 วัน พบว่า มีกำลังอัดเพิ่มสูงขึ้นเฉลี่ยอยู่ที่ 25 เปอร์เซ็นต์ หรือเท่ากับ 108.74 ksc, 115.72 ksc และ 127.70 ksc ตามลำดับ จากนั้นค่ากำลังอัดจะลดลงตามส่วนผสมที่มากขึ้น



ภาพที่ 7 การพัฒนากำลังของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อย

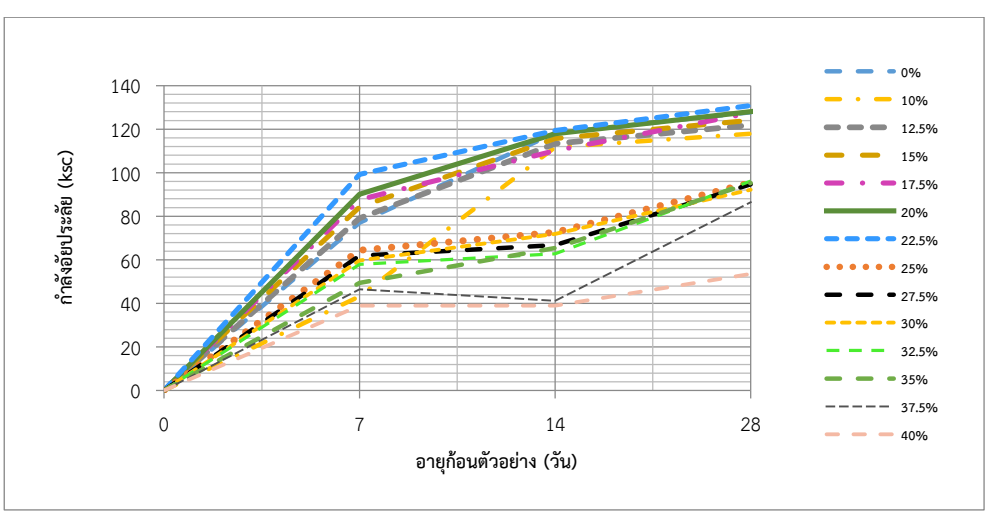
จากภาพที่ 7 จะเห็นได้ว่าการพัฒนาของกำลังอัดที่อายุ 7 วัน มีความชันของกราฟที่สูง แสดงถึงผลของอัตราส่วนผสมต่างๆ ที่มีการพัฒนากำลังอัดค่อนข้างสูงในระยะแรก และหลังจากอายุ 7 วัน การพัฒนากำลังอัดจะลดลง ซึ่งในแต่ละส่วนผสมมีการให้กำลังรับอัดที่แตกต่างกัน โดยอัตราส่วนผสมแทนที่ปูนซีเมนต์ที่ 10 เปอร์เซ็นต์ ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ ให้กำลังอัดสูงกว่าตัวอย่างควบคุมที่อายุ 7 วัน และหลังจากนั้นการพัฒนากำลังอัดจะเริ่มลดลง ในอายุ 14 วัน จะเห็นว่ากำลังอัดของตัวอย่างควบคุมจะสูงกว่าตัวอย่างที่ผสมเถ้าชานอ้อย ยกเว้นที่อัตราส่วนผมสมเถ้าชานอ้อยที่ 25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งยังคงให้กำลังอัดใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม และที่อายุ 28 วัน ก็ยังคงให้ค่ากำลังอัดใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าส่วนผสมคอนกรีตบล็อกที่มีการผสมเถ้าชานอ้อยแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วน 25 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ให้กำลังอัดสูงที่สุด ในด้านอัตราส่วนผสมอื่นๆ ก็ยังให้กำลังอัดที่อายุ 28 วัน ซึ่งผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.58-2533) เรื่องคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่กำหนดค่ามาตรฐานต่ำสุดไว้ที่ 25 ksc

1.2 คอนกรีตบล็อกผสมเถ้าซังข้าวโพด



ภาพที่ 8 กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าซังข้าวโพด ที่อายุ 7 14 และ 28 วัน

จากภาพที่ 8 พบว่า ใน 7 วันแรกคอนกรีตบล็อกที่ไม่มีการผสมเถ้าซังข้าวโพดมีค่ากำลังอัดไม่สูง มีค่ากำลังอัดอยู่ที่ 77.02 ksc แต่กำลังอัดจะเพิ่มขึ้นที่อายุ 14 วัน และ 28 วัน ซึ่งมีค่ากำลังอัดอยู่ที่ 117.27 ksc และ 125.58 ksc ตามลำดับ ส่วนคอนกรีตบล็อกที่มีผสมเถ้าซังข้าวโพดที่อายุ 7 14 และ 28 วัน พบว่า มีกำลังอัดเพิ่มสูงขึ้นเฉลี่ยอยู่ที่ 22.50 เปอร์เซ็นต์ หรือเท่ากับ 99.22 ksc 119.41 ksc และ 130.70 ksc ตามลำดับ จากนั้นค่ากำลังอัดจะลดลงตามส่วนผสมที่มากขึ้น



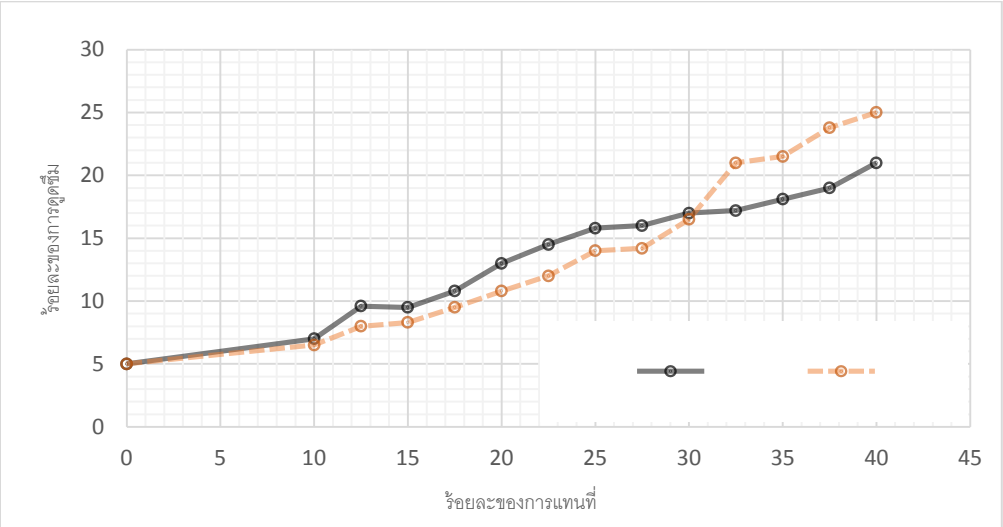
ภาพที่ 9 การพัฒนากำลังของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าซังข้าวโพด

จากภาพที่ 9 จะเห็นได้ว่าการพัฒนาของกำลังอัดที่อายุ 7 วัน มีความชันของกราฟสูงแสดงว่าในอัตราส่วนผสมต่างๆ มีการพัฒนากำลังอัดค่อนข้างสูงในระยะแรก และหลังจากอายุ 7 วัน การพัฒนากำลังอัดจะลดลง ซึ่งในแต่ละส่วนผสมมีการให้กำลังอัดค่อนข้างแตกต่างกัน โดยอัตราส่วนผสมแทนที่ปูนซีเมนต์ที่ 10 เปอร์เซ็นต์ ถึง 22.50 เปอร์เซ็นต์ ให้กำลังอัดสูงกว่าตัวอย่างควบคุมที่อายุ 7 วัน และหลังจากนั้นการพัฒนากำลังอัดจะเริ่มลดลง และที่อายุ 14 วัน จะเห็นว่ากำลังอัดของตัวอย่างควบคุมจะสูงกว่าตัวอย่างที่ผสมเถ้าชานอ้อย ยกเว้นที่อัตราส่วนผสมเถ้าซังข้าวโพดที่ 22.50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งยังคงให้กำลังอัดสูงกว่าตัวอย่างควบคุม และที่อายุ 28 วัน ก็ยังคงให้ค่ากำลังอัดสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ดั้งนั้นจึงสรุปได้ว่าส่วนผสมคอนกรีตบล็อกที่มีการผสมเถ้าซังข้าวโพดแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วน 22.50 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ให้กำลังอัดสูงที่สุด ในด้านอัตราส่วนผสมอื่นๆ ก็ยังให้กำลังรับอัดที่อายุ 28 วัน ซึ่งผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ (มอก. 58-2533) เรื่องคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ที่กำหนดค่ามาตรฐานต่ำสุดไว้ที่ 25 ksc

จากผลการทดสอบ คอนกรีตบล็อกที่มีส่วนผสมเถ้าชานอ้อยกับเถ้าซังข้าวโพดโดยแทนที่ในปูนซีเมนต์ในอัตราส่วน 0 10 12.5 15 17.5 20 22.5 25 27.5 30 32.5 35 37.5 และ 40 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก จึงได้ผลวิเคราะห์ว่า ส่วนผสมที่ 25 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ให้กำลังอัดสูงที่สุดมีค่ากำลังอัดประลัยที่ 28 วัน ใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม มีค่าน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม 1 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผสมที่แทนทีด้วยเถ้าซังข้าวโพดส่วนผสมที่ 22.5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักปูนซีเมนต์มีค่ากำลังอัดที่ 28 วัน ใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม มีค่ามากกว่าตัวอย่างควบคุม 2 เปอร์เซ็นต์ สรุปได้ว่าวัสดุเถ้าชานอ้อย และเถ้าซังข้าวโพดมีคุณสมบัติความเป็นปอซโซลาน มีปริมาณซิลิกาสูง ทำให้ส่วนที่เหมาะสมให้กำลังอัดที่สูง แต่เมื่อส่วนผสมมากเกินไปจะทำให้กำลังอัดลดลงไปด้วยตามส่วนผสมที่มากขึ้น แต่ก็ยังให้กำลังอัดสูงกว่าค่าที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.58-2533) ได้กำหนดไว้ คือ 25 ksc

2. ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อย

จากการทดสอบคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าชานอ้อย และเถ้าชานข้าวโพดได้กำหนดตัวอย่างที่ในการทดสอบจำนวน 5 ก้อน ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 109-2517) โดยนำ คอนกรีตที่ใช้ในการทดสอบมีอายุครบ 28 วัน แล้วนำลงไปแช่ในน้ำทั้งก้อน เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พอครบกำหนดเอาคอนกรีตบล็อกที่แช่ไว้ขึ้นจากน้ำ พักไว้ 1 นาที เช็ดน้ำที่มองเห็นออกให้หมด นำมาชังจะได้ค่าของคอนกรีตที่มีน้ำเต็ม จากนั้นนำคอนกรีตบล็อกที่ผ่านการชั่งแล้วเข้าเครื่องอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 10 การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกที่อายุ 28 วัน

จากภาพที่ 10 พบว่าที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 40 ของน้ำหนักมีค่าการดูดซึมสูงที่สุดที่ร้อยละ 21.15 และอัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกที่ไม่ผสมเถ้าชานอ้อยมีค่าการดูดซึมน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับร้อยละ 5.17 การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าซังข้าวโพดเป็นส่วนผสมแทนที่ปูนซีเมนต์ พบว่าที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 40 ของน้ำหนักมีค่าการดูดซึมสูงที่สุดที่ร้อยละ 25.08 และอัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกที่ไม่ผสมเถ้าซังข้าวโพดมีค่าการดูดซึมน้อยที่สุดที่ร้อยละ 5.17

ผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่ายิ่งมีอัตราส่วนขี้เถ้าชานอ้อย และเถ้าซังข้าวโพดผสมแทนที่ปูนซีเมนต์มากเท่าไหร่ การดูดซึมของคอนกรีตบล็อกจะมากขึ้นเท่านั้น เพราะคอนกรีตบล็อกที่ผสมขี้เถ้าชานอ้อย และเถ้าซังข้าวโพดเข้าไปทำให้เกิดช่องว่างในคอนกรีตบล็อกมาก และยังมีความหนาแน่นน้อยกว่าปูนซีเมนต์จึงทำมีช่องว่างมาก และมีปริมาณซิลิกาสูง ซึ่งซิลิกามีคุณสมบัติดูดความชื้นสูงสำหรับการนำไปใช้เป็นส่วนผสมในการแทนที่ปูนซีเมนต์สำหรับผลิตคอนกรีตบล็อกในงานก่อสร้าง ควรเสนอให้มีการรดน้ำก้อนคอนกรีตบล็อกก่อนที่จะเอาไปใช้งาน

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาพฤติกรรมภายใต้กำลังรับแรงอัด และการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าซังข้าวโพด คอนกรีตบล็อกที่ไม่ผสมเถ้าชานอ้อย และเถ้าซังข้าวโพดเข้าไปแทนปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนต่างๆ พบว่าในอายุ 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน มีกำลังอัด เท่ากับ 77.02 ksc 118.27 ksc และ 127.80 ksc ตามลำดับ คอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าชานอ้อยเข้าไปแทนปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนต่างๆ พบว่าในอายุ 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน มีอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดของเถ้าชานอ้อยแทนที่ปูนซีเมนต์อยู่ที่ 25 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก มีกำลังอัด เท่ากับ 108.74 ksc 115.72 ksc และ 127.77 ksc ตามลำดับ ซึ่งพบว่ามีกำลังรับแรงอัดน้อยกว่าตัวอย่างควบคุมอยู่ 1 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าซังข้าวโพดเข้าไปแทนปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนต่างๆ พบว่าในอายุ 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน มีอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดของเถ้าซังข้าวโพดแทนที่ปูนซีเมนต์อยู่ที่ 22.5

เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก มีกำลังอัด เท่ากับ 9.22 ksc 119.41 ksc และ 130.78 ksc ซึ่งพบว่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่าตัวอย่างควบคุมถึง 2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทุกส่วนผสมสามารถรับกำลัดอัดได้มากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ที่กำหนดให้รับแรงอัดได้ไม่ต่ำกว่า 25 ksc

ผลทดสอบการดูดซึมน้ำที่อายุ 28 วันของคอนกรีตบล็อกที่ไม่ผสมเถ้า ผสมเถ้าชานอ้อย และผสมเถ้าซังข้าวโพดมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 5.17 21.15 และ 25.08 ตามลำดับ พบว่าการดูดซึมน้ำจะมากขึ้นเรื่อยๆ ตามส่วนผสมการแทนที่ที่มากขึ้น เป็นผลมาจากการแทนที่ของขี้เถ้าชานอ้อย และเถ้าซังข้าวโพดทำให้เกิดช่องว่างรูพรุนในคอนกรีตบล็อก ในส่วนของข้อเสียคือ อาจทำให้อายุการใช้งานของคอนกรีตบล็อกลดลง แต่จะทำให้คอนกรีตบล็อกมีน้ำหนักเบาขึ้น ซึ่งคอนกรีตบล็อกประเภทไม่รับน้ำหนัก ที่กำหนดให้ค่าการดูดซึมน้ำต้องไม่เกินร้อยละ 35 ดังนั้นเมื่อพิจารณาผลการทดสอบการดูดซึมน้ำในของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าซังข้าวโพด ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 58-2533) ชนิดคอนกรีตบล็อกประเภทไม่รับน้ำหนัก

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงอุตสาหกรรม. (2517). *มาตรฐานอุตสาหกรรม: วิธีชักตัวอย่าง และการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต มาตรฐาน เลขที่ มอก.109/2517*. กรุงเทพฯ: ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 123.

กระทรวงอุตสาหกรรม. (2530). *มาตรฐานอุตสาหกรรม: คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก.58/2530*. กรุงเทพฯ: ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 1295.

กระทรวงอุตสาหกรรม. (2533). *มาตรฐานอุตสาหกรรม: คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก.58/2533*. กรุงเทพฯ: ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 1619.

ชัยยันต์ ทรัพย์ทวี อดิสรณ์ พงษ์สุวรรณ และดำเนินภร คงพาลา. (2556). บล็อกซีเมนตผสมซังข้าวโพด. *วารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร*, (ฉบับพิเศษ), 538–545.

นฤมล อัศวเกศมณี. (2559). การใช้ผักตบชวาแห้งเป็นอาหารสมทบสำหรับเลี้ยงปลาตะเพียนขาว. *วารสารวิชชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช*, 35(1), 70-78.

ประเสริฐ ศิรินรานันตร์. (2557). การออกแบบส่วนผสมมอร์ต้าร์โดยหลักการมวลรวมละเอียดมีรูปร่างทรงกลมและกรณีศึกษา. *วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยรังสิต*, 17(2), 1-8.

ศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง อุปวิทย์ สุวคันธกุล และสุดใจ เหง้าสีไพร. (2550). การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุผสมสำหรับคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับนำหนักทีมีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว. *วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา*, 1(1), 77–87.

การศึกษาเถ้าปาล์มน้ำมันเพื่อผลิตแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า
A Study of Palm oil fuel Ash in Manufacturing in Production Footpaths Concrete Stabs

เตือนใจ ปิยัง[1*] กัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์[1] และ อเนก สาวะอินทร์[1]
Tuanjai Piyang[1*], Kattinat Sagulsawasdipan[1] and Aneak Sawain[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าปาล์มน้ำมันต่อคุณสมบัติของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า (ขนาด 11.3 × 19.3 × 6.0 เซนติเมตร) ซึ่งออกแบบการทดลอง 6 ชุดการทดลอง โดยใช้เถ้าปาล์มน้ำมันวัสดุเศษเหลือจากอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มดิบแทนที่ปูนซีเมนต์ที่แตกต่างกัน อัตราส่วนร้อยละ 0 10 20 30 40 และ 50 โดยน้ำหนัก พบว่าคุณสมบัติของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าอื่นๆ เช่น ขนาด และน้ำหนักของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าทุกอัตราส่วนมีค่าใกล้เคียงกัน ค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นคอนกรีตปูทางเท้าอัตราส่วนที่ผสมเถ้าปาล์มน้ำมันมากมีแนวโน้มการดูดซึมน้ำขึ้นสูงกว่า สำหรับความต้านทานแรงอัด ระยะเวลาการบ่ม 7 14 และ 28 วัน ความต้านทานแรงอัดของแผ่นคอนกรีตปูทางเท้าที่มีส่วนผสมของเถ้าปาล์มน้ำมันลดลงเมื่ออัตราส่วนผสม เถ้าปาล์มน้ำมันเพิ่มมากขึ้น และพบว่าการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าปาล์มน้ำมันในปริมาณมากขึ้นส่งผลให้ต้นทุนการผลิตแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าลดลง เมื่อแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าปาล์มน้ำมันในอัตราส่วน 10 เปอร์เซ็นต์ ต้นทุนการผลิตถูกว่าการใช้ปูนซีเมนต์อย่างเดียว

คำสำคัญ: เถ้าปาล์มน้ำมัน แผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

[*] Corresponding author email: tuanjai2527@gmail.com

Abstract

The object of this research was to determine the effects of palm oil fuel ash as cement substitution on flooring paving slabs (size 11.3 × 19.5 × 6.0 cm.) properties. The palm oil fuel ash is a byproduct from palm oil industry. The experiment consisted of 6 treatments which were different palm oil fuel ash ration: 0, 10, 20, 30, 40 and 50 percent by weight. The results showed that properties of cement flooring paving slabs e.g. size and weight of all rations were similar. Water absorption percentage of the palm oil fuel ash concrete mixtures were higher. The results showed that the replacing cement with palm oil fuel ash content decrease the cost of cement flooring paving slabs. When replacing cement with palm oil ash at a ratio of 10 percent the cost of production was that of using cement alone.

Keywords: Palm oil fuel ash, Footpaths concrete stabs

บทนำ

ในปัจจุบันได้มีการศึกษาเพื่อนำวัสดุเหลือทิ้งต่างๆ มาใช้ทดแทนปูนซีเมนต์ในการผลิตคอนกรีต ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตและช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมในการผลิตปูนซีเมนต์ 1 ตัน ตลอดจนการขนส่งปูนซีเมนต์ไปยังผู้จัดจำหน่าย มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา 973-980 กิโลกรัม ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 909 กิโลกรัม เกิดจากกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์เพื่อให้ได้ปูนเม็ด แสดงให้เห็นว่าการเผาวัตถุดิบเพื่อผลิตปูนซีเมนต์เป็นกระบวนการที่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศมากที่สุด (พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์ อธิวัตร จิรจริยาเวช วัชรพงษ์ ศิลาเลิศรักษา และวุฒิพงษ์ ปรีดาภัทรพงษ์, 2548) ซึ่งเมื่อพิจารณาทิศทางอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มดิบ มีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากอัตราการผลิตและจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดมลภาวะที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม ซึ่งปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมจากอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มดิบที่ปรากฏขึ้นได้แก่ กระบวนการผลิตต้องใช้น้ำและพลังงานมาก ทำให้เกิดน้ำเสียและวัสดุเศษเหลือ จากกระบวนการผลิตทั้งในรูปของทะลายเปล่า (Empty fruit bunches) เส้นใยปาล์ม (Palm pericarp fiber) กากเนื้อผลปาล์ม (Palm kernel cake) กะลาปาล์ม (Palm shell) และตะกอนสลัดจ์ (Sludge) เป็นปริมาณมาก และส่วนที่เป็นของเหลว คือน้ำทิ้ง (Palm oil mill effluent, POME) (Chavlaparit, O., Rulkens, W. H., Mol, A. P. J. & Khaodhair, S., 2006) สำหรับเถ้าปาล์มน้ำมัน (palm oil fuel ash) เป็นวัสดุพลอยได้จากการนำกากของผลปาล์มน้ำมัน ได้แก่ เศษกะลา เส้นใย และทลายปาล์มเปล่าของผลปาล์ม เผาเป็นเชื้อเพลิงให้กับหม้อกำเนิดไอน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า มีอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาไหม้ประมาณ 800-900 องศาเซลเซียส (ชัย จาตุรพิทักษ์กุล, 2553) ซึ่งปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมันทุกวันปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นทุกวัน แต่มีการนำไปใช้ประโยชน์น้อยกว่าที่เกิดขึ้น ส่งผลให้ต้องการพื้นที่ในการจัดเก็บ หากสามารถนำวัสดุดังกล่าวมาใช้เป็นวัสดุแทนที่ปูซีเมนต์ในการผลิต

คอนกรีตได้ โดยยังสามารถคงคุณภาพที่ได้มาตรฐานก็จะเป็นการช่วยลดปัญหาการจัดการพื้นที่ในการนำเถ้าปาล์มน้ำมันไปทิ้ง อีกทั้งช่วยลดค่าขนส่งไปยังสถานที่จัดทิ้งลงไป

ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาของคอนกรีตที่ใช้เถ้าปาล์มน้ำมันแทนที่ปูซีเมนต์บางส่วน ซึ่งจะเป็นการนำวัสดุผลพลอยได้อย่างเถ้าปาล์มน้ำมันมาใช้ให้เกิดประโยชน์ อีกทั้งเป็นการช่วยลดมลพิษทางอากาศที่เกิดจากกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ได้อีกด้วย (ปิญชาน์ ต่อกิตติกุล, 2551) นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการใช้เถ้าปาล์มน้ำมันในงานด้านคอนกรีตต่อไปในอนาคต เพื่อผลิตแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ประกอบการและคนในท้องถิ่น ได้นำเถ้าปาล์มน้ำมันไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากกว่าจะนำไปทิ้งให้ก่อมลภาวะต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัสดุอุปกรณ์

การเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย เหล็กแผ่นสำหรับออกแบบบล็อก น้ำมันดำ ปูนซีเมนต์ ทราย หินคลุก จอบ เถ้าปาล์มน้ำมัน เกียงก่ออิฐ ตาชั่ง คีม ถังปูนตะแกรงร่อน น้ำ กระเบื้องแผ่นเรียบ และเหล็กลวด

2. วิธีการวิจัย

2.1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ตัวแปรต้น ปูนซีเมนต์ เถ้าปาล์มน้ำมัน

2.1.2 ตัวแปรตาม แผ่นคอนกรีตปูทางเท้า

2.1.3 ตัวแปรควบคุม ทราย หิน และน้ำ

2.2 การออกแบบส่วนผสม แผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าทำการศึกษาปริมาณของเถ้าปาล์มน้ำมันปริมาณที่แตกต่างกัน โดยวางแผนการทดลอง 6 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ คือ การแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าปาล์มน้ำมันในอัตราส่วนร้อยละ 0 10 20 30 40 และ 50 ตามลำดับ รายละเอียดสัดส่วนผสมของคอนกรีตสำหรับหล่อตัวอย่างแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า ดังตารางที่ 1

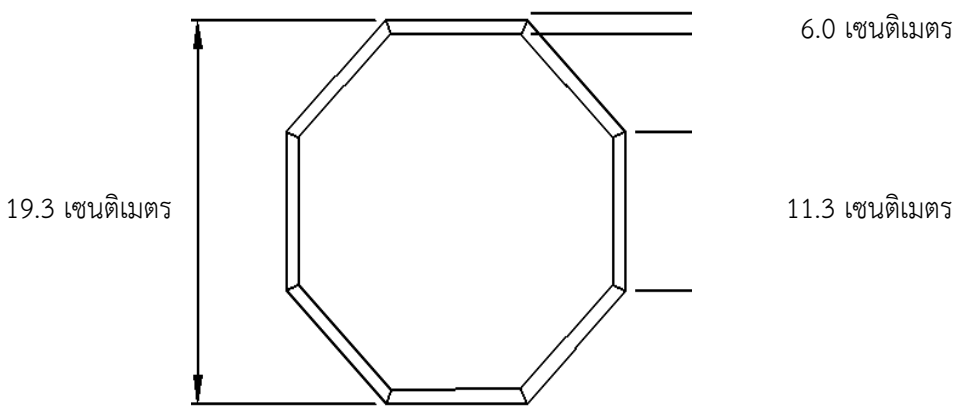
ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมในการผลิตแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า

ชุดการทดลอง	สัดส่วนการแทนที่ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)		อัตราส่วนผสม (กรัม)				
	ปูนซีเมนต์	เถ้าปาล์มน้ำมัน	ปูนซีเมนต์	เถ้าปาล์มน้ำมัน	ทราย	หิน	น้ำ
1 (ชุดควบคุม)	100	-	1,282	-	1,328	1,390	400
2	90	10	1,154	128	1,328	1,390	400
3	80	20	1,026	256	1,328	1,390	400
4	70	30	896	386	1,328	1,390	400
5	60	40	770	512	1,328	1,390	400
6	50	50	640	642	1,328	1,390	400

หมายเหตุ: น้ำหนักต่อแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า 4.4 กิโลกรัม

2.3 การเตรียมตัวอย่างเถ้าปาล์มน้ำมัน เถ้าปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการศึกษานี้นำมาจากบริษัทตรังปาล์มน้ำมัน จำกัด โดยนำเถ้าปาล์มน้ำมันที่ได้จากโรงงานร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 16 เพื่อแยกสิ่งเจือปนอนุภาคใหญ่ และนำมาร่อนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 325 ให้มีความละเอียด

2.4 เตรียมตัวแม่พิมพ์หรือตัวบล็อก ภาพที่ 1 ตัวอย่างแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า ขนาด 11.3 X 19.3 X 6.0 เซนติเมตร (กว้าง X ยาว X หนา) สำหรับทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำ และทดสอบความต้านทานรับแรงอัด



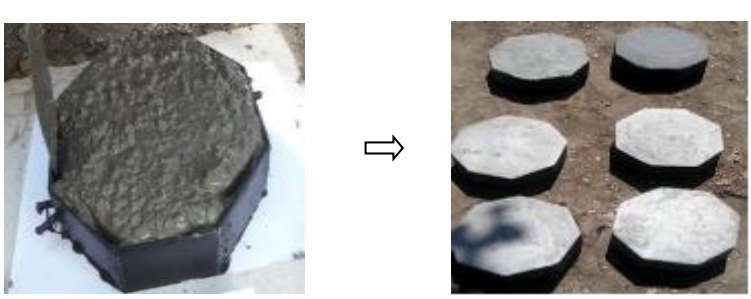
ภาพที่ 1 ตัวอย่างแม่พิมพ์แผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าขนาด 11.3 X 19.3 X 6.0 เซนติเมตร

2.5 ขั้นตอนการผลิตแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า สำหรับการผลิตแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าจากเถ้าปาล์มน้ำมัน เพื่อหาปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมันที่เหมาะสมเพื่อทดแทนปูนซีเมนต์ ซึ่งมีขั้นตอนการทดลอง ดังนี้

2.5.1 นำส่วนผสมตามชุดการทดลองทั้งหมดที่เตรียมไว้ในภาชนะคลุกเคล้าให้เนื้อเข้ากันเป็นหนึ่งเดียว

2.5.2 นำส่วนผสมทั้งหมดเทลงบนบล็อกที่เตรียมไว้ให้ทั่ว ใช้เกรียงเหล็กเกลี่ยให้ทั่วทั้งบล็อก

2.5.3 รอให้แห้งแข็งทำการแกะแบบออกจากนั้นเอาออกจากบล็อก ดังภาพที่ 2 นำไปแช่น้ำ



ภาพที่ 2 ตัวอย่างแม่พิมพ์แผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า

2.6 การศึกษาคุณสมบัติทั่วไป

2.6.1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเถ้าปาล์มน้ำมัน การศึกษาเริ่มจากการนำเถ้าปาล์มน้ำมันนำมาร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 16 หลังจากนั้นทำการปรับปรุงคุณภาพของเถ้าปาล์มน้ำมันที่ผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 16 โดยการบดให้มีความละเอียดมากขึ้นอีก 2 ขนาด คือ ขนาดอนุภาคที่ค้างบนตะแกรงเบอร์ 325 ในช่วงร้อยละ 15 - 20 และน้อยกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนักรวมขนาดที่ไม่ได้บดเป็น 3 ขนาดแล้วจึงทำการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเถ้าปาล์มน้ำมันแต่ละขนาด ได้แก่ ลักษณะความละเอียดของเถ้าปาล์มน้ำมัน

2.6.2 ศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า ศึกษาคุณสมบัติที่ต้องการตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นทางเท้า รูปร่างแบบศิลาหกเหลี่ยม (มอก. 827-2531) ซึ่งคุณสมบัติที่ต้องการประกอบด้วย การวัดขนาดแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า การแข็งตัวของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า ค่าการดูดซึมน้ำ และกำลังต้านทานแรงอัด โดยมีรายละเอียดวิธีการทดสอบดังนี้

1) การวัดขนาดแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า การวัดขนาดของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า โดยวิธีทดสอบว่าอยู่ในสภาพสมบูรณ์หรือไม่แตกหักจำนวนทั้งหมดและทดสอบโดยวัดความกว้าง ความยาว และความหนาของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า

2) การแข็งตัวของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า การแข็งตัวของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าจะทำการศึกษาโดยการจับเวลาในการแข็งตัวของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าในแต่ละชุดการทดลอง

3) การดูดซึมน้ำ ในการทดสอบการดูดซึมน้ำนี้ผู้วิจัยได้มีการใช้วิธีทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นทางเท้า (มอก. 827-2531) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ โดย เมื่อนำตัวอย่างแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าที่ระยะเวลาบ่ม 24 ชั่วโมง มาล้างทำความสะอาดสิ่งสกปรกที่อาจติดอยู่ที่ผิวออกเช็ดด้วยผ้าให้ผิวแห้ง และนำไปชั่งน้ำหนักเริ่มต้น หลังจากนั้นนำตัวอย่างแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าไปตากแดดให้แห้งเสร็จแล้วนำไปชั่งน้ำหนักสุดท้าย โดยค่าร้อยละของการดูดซึมน้ำสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$\frac{M_1 - M_2}{M_2} \times 100$$

เมื่อ M_1 คือ น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)

M_2 คือ น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)

4) ความต้านทานแรงอัด ในการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้านี้จะกระทำโดยการนำตัวอย่างไปมีระยะเวลาในการบ่ม 7 14 และ 28 วัน จึงนำชิ้นตัวอย่างเช็ดให้ผิวแห้ง แล้วนำตัวอย่างกดทดสอบกับเครื่อง Compression machine โดยนำแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าวางบนแท่นกดสัมผัสหน้าแท่นทดสอบตั้งเกย์ Compression machine ไว้ที่ขีด 0 แล้วจึงเดินเครื่องอย่างสม่ำเสมอในอัตราประมาณ 1.43 – 3.47 กิโลกรัมต่อเซนติเมตร 2 วินาที บันทึกค่าต่างๆ ไว้เพื่อนำไปพล็อต Stress-strain curves ต่อไปเมื่อกดแท่งทดสอบจนถึง Yield point แล้ว ให้ถอดเครื่อง Compression machine ออกแล้วค่อยๆ เพิ่ม

น้ำหนักจนแตก บันทึกน้ำหนักสูงสุดที่แท่งทดสอบสามารถรับได้ ลักษณะการแตกแท่งทดสอบด้วย เปรียบเทียบกับมาตรฐาน ASTM C31 (ธนกาญจน์ สำเภาลอย, 2559)

2.7 การวิเคราะห์ผลจากการทดลอง

วิเคราะห์ข้อมูลการวัดขนาด ระยะเวลาการก่อตัว ค่าความต้านทานแรงอัด และทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำ ในการวิเคราะห์ หาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลในการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และมีการทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดด้วยวิธี Duacan's New Multiple Rang Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติจากอัตราส่วนต่างๆ

ผลการวิจัย

การศึกษาการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าปาล์มน้ำมันเพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมของเถ้าปาล์มน้ำมัน สำหรับการผลิตแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของเถ้าปาล์มน้ำมัน และคุณสมบัติแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า เช่นการวัดขนาด น้ำหนัก ค่าการดูดซึมน้ำ และค่าความต้านทานรับแรงอัดของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าในการเปรียบเทียบคุณสมบัติของคอนกรีตที่ใช้เถ้าปาล์มน้ำมันทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วนเปรียบกับชุดควบคุมที่ไม่ใช้เถ้าปาล์มน้ำมัน ผลจากการศึกษาแสดงต่อไปนี้

1. ลักษณะทางกายภาพของเถ้าปาล์มน้ำมัน

เถ้าปาล์มน้ำมันก่อนบดมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ผิวขรุขระ ความพรุนสูง รูปร่างกลมมนติดต่อกันเป็นกลุ่มก้อน และขนาดไม่สม่ำเสมอ ส่วนเถ้าปาล์มน้ำมันหลังบดมีลักษณะอนุภาคเป็นเหลี่ยมมุม รูปร่างไม่แน่นอน อนุภาคมีขนาดและความพรุนลดลงเมื่อเทียบกับเถ้าปาล์มน้ำมันก่อนบด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของเถ้าปาล์มน้ำมันก่อนและหลังร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 325

ลักษณะเถ้าปาล์มน้ำมัน ก่อนร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 325	ลักษณะเถ้าปาล์มน้ำมัน หลังร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 325
- ขนาดใหญ่ความพรุนสูง	- ลักษณะอนุภาคเป็นเหลี่ยมมุม
- บางส่วนกลมมนติดกันเป็นกลุ่มก้อน	- รูปร่างไม่แน่นอน
- ขนาดไม่สม่ำเสมอ	- ขนาดและความพรุนลดลงเมื่อเทียบกับก่อนบด

2. ลักษณะทางกายภาพของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า

ลักษณะทางกายภาพของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า จากการทดลองใช้ปริมาณของเถ้าปาล์มน้ำมันในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน โดยการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าปาล์มน้ำมันในอัตราส่วนร้อยละ 0 10 20 30 40 และ 50 ตามลำดับ ซึ่งลักษณะกายภาพของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้ามีลักษณะแตกต่างกัน คือชุดการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) แผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าอัตราส่วนร้อยละ 100 มีความแข็งแรงมากที่สุด เพราะมีใช้ปูนซีเมนต์เป็นส่วนผสมอย่างเดียว ไม่มีการแทนที่ด้วยเถ้า

ปาล์มน้ำมัน ซึ่งปูนซีเมนต์มีความละเอียดจึงส่งผลให้มีความแข็งแรง และมีผลต่อสีแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า มีลักษณะเป็นสีเทา รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ 2 เถ้าปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสม ร้อยละ 10 จึงมีความแข็งแรงน้อยกว่าชุดการทดลองที่ 1 เพราะว่าเถ้าปาล์มน้ำมันมีความพรุนน้อยจึงส่งผลให้การก่อตัวไม่แข็งแรงเท่ากับปูนซีเมนต์ และลักษณะแผ่นคอนกรีตปูเท้าทางเท้าสีเทา รองลงมาชุดการทดลองที่ 3 มีเถ้าปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสม ร้อยละ 20 30 40 และ 50 ตามลำดับ ความแข็งแรงน้อยและมีการแตกได้ง่ายยิ่งมีปริมาณของเถ้าปาล์มน้ำมันมากแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าก็ยิ่งมีความแข็งแรงน้อยลง และสีแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าเป็นสีเทาสีเหมือนกับเถ้าปาล์มน้ำมัน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายภาพแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าที่ใช้ปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมันในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

ชุดการทดลอง ปูนซีเมนต์: เถ้าปาล์มน้ำมัน (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	**ลักษณะทางกายภาพ**	**ผลการทดลอง**
ชุดการทดลองที่ 1 : 100 : 0		- มีสีเทาเข้ม - แข็งแรงมาก - ไม่เปราะ
ชุดการทดลองที่ 2 : 90 : 10		- มีลักษณะสีเทา - แข็งแรง - ไม่เปราะ
ชุดการทดลองที่ 3 : 80 : 20		- มีลักษณะสีเทาเข้ม - แข็งแรง - ไม่เปราะ
ชุดการทดลองที่ 4 : 70 : 30		- มีลักษณะสีน้ำเงินเทาจาง - เปราะ
ชุดการทดลองที่ 5 : 60 : 40		- มีลักษะสีกลมดำเข้ม - เปราะ

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ชุดการทดลอง ปูนซีเมนต์: เถ้าปาล์มน้ำมัน (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	ลักษณะทางกายภาพ	ผลการทดลอง
ชุดการทดลองที่ 6 : 50 : 50		- มีลักษณะสีน้ำเงินเข้ม - เปราะ - แตกหักง่าย

3. ศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า

คุณสมบัติของตัวอย่างแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าผสมเถ้าปาล์มน้ำมันในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า เช่น การวัดขนาดแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าและระยะเวลาในการแข็งตัวของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า นอกจากนี้ทำการศึกษา ค่าการดูดซึมน้ำและกำลังต้านทานหรือแรงอัด ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นรูปร่างแบบศิลาหกเหลี่ยม (มอก.827-2531) ผลการศึกษาพบว่า

3.1 น้ำหนักและขนาดแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า พบว่าในแต่ละชุดการทดลองมีน้ำหนักที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งในแต่ละชุดการทดลองไม่แตกต่างกันมาก ซึ่งชุดการทดลองที่ 1 (ควบคุม) แผ่นคอนกรีตปูทางเท้าที่มีอัตราส่วนปูนซีเมนต์อย่างเดียว มีน้ำหนักมากที่สุดคือ 4.80±0.06 เพราะว่ามีส่วนผสมของปูนซีเมนต์อยู่จึงทำให้แผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้ามีน้ำหนักมากที่สุด เนื่องจากมีอัตราส่วนผสมของเถ้าปาล์มน้ำมันเพียงอย่างเดียว รองลงมา คือชุดการทดลองที่ 2 มีน้ำหนัก 4.67± 0.06 และชุดการทดลองที่มีน้ำหนักน้อยที่สุด คือชุดการทดลองที่ 6 มีน้ำหนัก คือ 4.20±0.00 เห็นได้ว่าปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมันจะมีผลต่อน้ำหนักแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้ายิ่งใส่ปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมันมากส่งผลให้น้ำหนักแผ่นปูพื้นเท้าน้ำหนักลดลง สำหรับขนาดของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าชุดการทดลองที่ 1 มีขนาดเท่ากันกับมาตรฐาน ซึ่งมีขนาด 11.3 × 19.3 × 6.0 เซนติเมตร ส่วนชุดการทดลองที่ 2 3 4 5 และ 6 ตามลำดับ มีขนาดใกล้เคียงกันซึ่งไม่ต่างกันมากกับมาตรฐาน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 น้ำหนักและขนาดแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า

ชุดการทดลอง ปูนซีเมนต์ : เถ้าปาล์มน้ำมัน (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	น้ำหนักแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า (กิโลกรัม)	ขนาดแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า (เซนติเมตร)
ชุดการทดลองที่ 1 : 100 : 0	4.80 ± 0.06	11.3 × 19.3 × 6.0
ชุดการทดลองที่ 2 : 90 : 10	4.67 ± 0.06	11.2 × 19.5 × 6.0
ชุดการทดลองที่ 3 : 80 : 20	4.50 ± 0.00	11.3 × 19.4 × 6.0
ชุดการทดลองที่ 4 : 70 : 30	4.40 ± 0.00	11.4 × 19.6 × 6.0
ชุดการทดลองที่ 5 : 60 : 40	4.27 ± 0.00	11.3 × 19.5 × 6.0
ชุดการทดลองที่ 6 : 50 : 50	4.20 ± 0.00	11.4 × 19.3 × 6.0

หมายเหตุ : มาตรฐานกำหนด (มอก. 827-2531) น้ำหนักต่อแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า 4.4 กิโลกรัม ซึ่งมีขนาด 11.3 × 19.3 × 6.0 เซนติเมตร

3.2 การแข็งตัวของแผ่นคอนกรีตปูพื้นแผ่นทางเท้า พบว่าชุดการทดลองที่ 1 (ควบคุม) แผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า ที่มีอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์อย่างเดียวส่งผลให้การก่อตัวในการแข็งตัวเร็วที่สุดใช้ระยะเวลาในการแข็งตัว 10 นาที รองลงมา คือ ชุดการทดลองการที่ใช้เถ้าปาล์มน้ำมันแทนที่ปูซีเมนต์ ร้อยละ 10 20 30 40 และ 50 ตามลำดับ ซึ่งใช้เวลาในการก่อตัวในการแข็งตัว 15 20 40 60 และ 1 ชั่วโมง 15 นาที ตามลำดับ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ระยะเวลาการแข็งตัวของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า

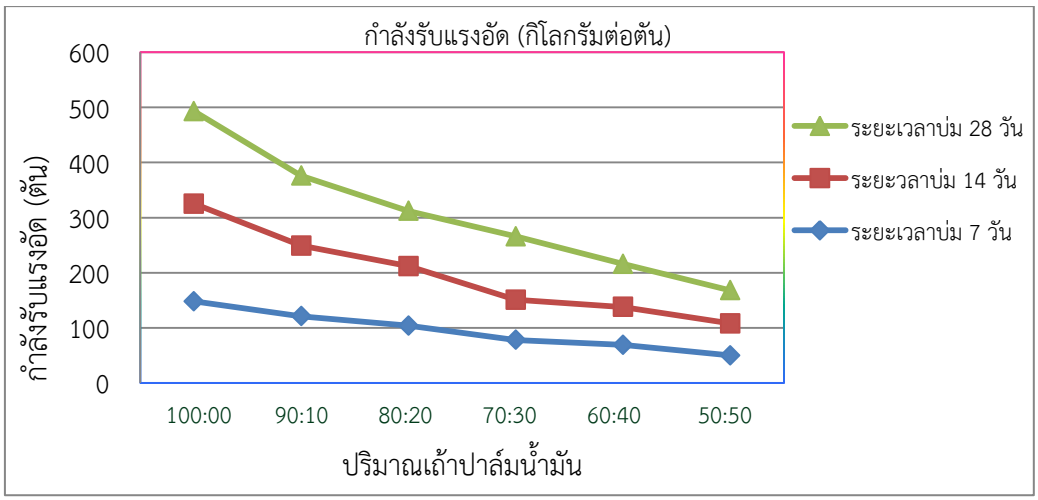
ชุดการทดลอง ปูนซีเมนต์ : เถ้าปาล์มน้ำมัน (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	การแข็งตัวของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า (ชั่วโมง)
ชุดการทดลองที่ 1 : 100 : 0	10 นาที
ชุดการทดลองที่ 2 : 90 : 10	15 นาที
ชุดการทดลองที่ 3 : 80 : 20	20 นาที
ชุดการทดลองที่ 4 : 70 : 30	40 นาที
ชุดการทดลองที่ 5 : 60 : 40	60 นาที
ชุดการทดลองที่ 6 : 50 : 50	1 ชั่วโมง 15 นาที

3.3 การดูดซึมน้ำ พบว่าแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า ชุดการทดลองที่ 6 อัตราส่วนผสมของเถ้าปาล์มน้ำมันแทนที่ปูนซีเมนต์ ร้อยละ 50 มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด รองลงมา คือ ชุดการทดลองการที่ใช้เถ้าปาล์มน้ำมันแทนที่ปูซีเมนต์ ร้อยละ 40 และ 30 ตามลำดับ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การทดสอบการดูดซึมน้ำแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าระยะเวลา 24 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง ปูนซีเมนต์ : เถ้าปาล์มน้ำมัน (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	การดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมงคอนกรีตปูพื้นทางเท้า		
	น้ำหนักก่อนบ่ม (กิโลกรัม)	น้ำหนักหลังบ่ม (กิโลกรัม)	ค่าการดูดซึมน้ำ (เปอร์เซ็นต์)
ชุดการทดลองที่ 1 : 100 : 0	4.80 ± 0.06	4.90 ± 0.00	2.04
ชุดการทดลองที่ 2 : 90 : 10	4.67 ± 0.06	4.73 ± 0.06	1.27
ชุดการทดลองที่ 3 : 80 : 20	4.50 ± 0.00	4.57 ± 0.06	1.53
ชุดการทดลองที่ 4 : 70 : 30	4.40 ± 0.00	4.50 ± 0.10	2.22
ชุดการทดลองที่ 5 : 60 : 40	4.27 ± 0.00	4.43 ± 0.06	3.61
ชุดการทดลองที่ 6 : 50 : 50	4.20 ± 0.00	4.40 ± 0.00	4.54
ช่วงการดูดซึม		1.27 - 4.54	

3.4 ความต้านทานแรงอัด จากการทดสอบค่าความต้านทานรับแรงอัดของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าจากการทดลองใช้ปริมาณของเถ้าปาล์มน้ำมันในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน โดยการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าปาล์มน้ำมันในอัตราส่วนร้อยละ 10 20 30 40 และ 50 ตามลำดับ ที่อายุการบ่ม 28 วัน ทั้งนี้ทดสอบค่าความต้านทานรับแรงอัดแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าที่บ่มไว้เป็นระยะเวลา 7 14 และ 28 วัน พบว่า (ชุดควบคุม) แผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าที่มีอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์อย่างเดียวมีค่าความต้านทานแรงอัดมากที่สุด เพราะว่าไม่มีการแทนที่ด้วยเถ้าปาล์มน้ำมันจึงทำให้มีความแข็งแรงมาก รองลงมาชุดการทดลองที่ 2 3 4 5 และ 6 ตามลำดับ ซึ่งความต้านทานแรงอัดลดลงตามอัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าปาล์มที่ผสมยิ่งผสมมากความต้านทานแรงอัดจะลดลง ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ความต้านทานรับแรงอัดแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าระยะเวลาบ่มที่ 7 14 และ 28 วัน

3.4 ราคาต้นทุนการผลิต ต้นทุนการผลิตของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าขึ้นอยู่กับราคาวัสดุที่ใช้ในการผลิตซึ่งราคาวัสดุแต่ละชนิดต่อแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า 1 แผ่น และราคาต้นทุนรวมมีรายละเอียดดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ราคาต้นทุนแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า

รายการ	ราคา : แผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า 1 แผ่น (บาท)					
	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 4	ชุดที่ 5	ชุดที่ 6
ปูนซีเมนต์	4.02	3.50	3.00	2.50	2.00	1.50
เถ้าปาล์มน้ำมัน	-	-	-	-	-	-
ทรายหยาบ	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
หิน	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
น้ำ	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
น้ำมันดำ	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
รวมราคาวัสดุ	7.00	6.48	5.98	5.48	4.98	4.48

การอภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การผลิตแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าโดยทำการทดลอง 6 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ ใช้การแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าปาล์มน้ำมันในอัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ เถ้าปาล์มน้ำมัน 100 : 0 90 : 10 80 : 20 70 : 30 60 : 40 และ 50 : 50 ตามลำดับ สมบัติทางกายภาพของเถ้าปาล์มน้ำมันและคุณสมบัติต่างๆ แผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า ลักษณะอนุภาคของเถ้าปาล์ม

น้ำมันก่อนและหลังบด พบว่าเถ้าปาล์มน้ำมันก่อนบดมีลักษณะรูปร่างโดยรวมค่อนข้างหยาบความพรุนสูงรูปร่างกลมมนติดต่อกันเป็นกลุ่มก้อนและขนาดไม่สม่ำเสมอส่วนเถ้าปาล์มน้ำมันหลังบดมีลักษณะอนุภาคเป็นเหลี่ยมมุมรูปร่างไม่แน่นอนอนุภาคมีขนาดและความพรุนลดลง เมื่อเทียบกับเถ้าปาล์มน้ำมันก่อนบด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของลดาวัลย์ สินสุพรรณ์ วริญญา ใจใส และทิพนภา ทองโชติ (2556) เถ้าปาล์มน้ำมันที่ได้จากโรงงานโดยตรงมีความละเอียดต่ำและมีขนาดอนุภาคที่ใหญ่มาก ซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานได้น้อย การบดจึงเป็นการเพิ่มความละเอียดของเถ้าปาล์มน้ำมัน และเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการทำปฏิกิริยาปอซโซลานของเถ้าปาล์มน้ำมัน การบดไม่เพียงเพิ่มความละเอียดของเถ้าปาล์มน้ำมันแต่ยังเป็นการลดความพรุนของเถ้าปาล์มน้ำมันด้วย

คุณสมบัติของตัวอย่างแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าผสมเถ้าปาล์มน้ำมันในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติที่ต้องการตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นรูปร่างแบบศิลาแปดเหลี่ยม (มอก.827-2531) พบว่าแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าที่มีอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์อย่างเดียว มีการแข็งตัวเร็วกว่าเพราะว่าปูนซีเมนต์จะช่วยเสริมช่องว่างระหว่างมวลให้กำลังแก่คอนกรีตเมื่อคอนกรีตแข็งตัว รวมทั้งป้องกันการซึมผ่านของน้ำ ส่วนแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าปาล์มน้ำมัน มีการแข็งตัวของแผ่นคอนกรีตช้ากว่าแผ่นคอนกรีตที่ไม่ผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน เนื่องจากเถ้าปาล์มน้ำมันเป็นตัวแทรกประสานราคาถูกที่กระจายไปทั่วซีเมนต์เพสต์ ช่วยให้คอนกรีตมีความคงทน และปริมาณไม่เปลี่ยนแปลงมาก (แสงอรุณวัสดุก่อสร้าง, 2552) สำหรับคุณสมบัติที่ต้องการประกอบด้วยค่าการดูดซึมน้ำ เมื่อพิจารณาค่าค่าการดูดซึมน้ำ ในระยะเวลาการบ่มอายุ 28 วัน พบว่า การดูดซึมน้ำของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าที่มีการแทนที่ด้วยเถ้าปาล์มน้ำมันมีค่าน้อยกว่าแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์อย่างเดียว เนื่องจากเมื่อแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าปาล์มน้ำมัน (วีรชาติ ตั้งจิรภัทร จตุพล ตั้งปกาศิต ศักดิ์สินธุ์ แววคุ้ม และชัย จาตุรพิทักษ์กุล, 2546) ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ถึงแม้ว่าเถ้าปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้อาจมีคุณสมบัติเป็นวัสดุปอซโซลานแต่ด้วยระยะเวลาบ่มเพียง 24 ชั่วโมง จึงอาจยังไม่เพียงพอทำให้ผลผลิตของปฏิกิริยาปอซโซลานเกิดมากจนทดแทนปฏิกิริยาไฮเดรชั่นได้ ส่งผลให้เนื้อคอนกรีตมีปริมาตรโพรงน้อยลงจึงมีค่าการดูดซึมน้ำน้อยลง นอกจากนี้ยังพบว่าแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าที่แทนที่ด้วยเถ้าปาล์มน้ำมันจะมีค่าการดูดซึมน้ำน้อยลงตามอัตราส่วนการแทนที่ของเถ้าปาล์มน้ำมัน ร้อยละ 10 20 30 40 และ 50 ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะเมื่อแทนที่เถ้าปาล์มน้ำมันในปริมาณมากขึ้นส่งผลให้ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นเกิดน้อยลง นอกจากสาเหตุที่กล่าวมายังอาจมีผลจากอนุภาคของเถ้าปาล์มน้ำมันมีความพรุนน้อย จึงทำให้ปริมาณน้ำที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่นลดลงส่งผลให้ปริมาตรโพรงลดลงอีก เมื่อเปรียบเทียบค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าที่ไม่มีการแทนที่ของเถ้าปาล์มน้ำมันกับแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าที่มีการแทนที่ด้วยเถ้าปาล์มน้ำมันกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 827 - 2531) พบว่าแผ่นคอนกรีตทุกชุดการทดลองมีค่าการดูดซึมน้ำน้อยกว่าที่มาตรฐานกำหนด สำหรับค่าความต้านทานรับแรงอัด เมื่อเพิ่มปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมันตามชุดการทดลองที่ได้ทำการศึกษาจะมีคุณสมบัติที่เป็นตัวประสานได้เช่นเดียวกับปูนซีเมนต์ ชุดการทดลองที่ศึกษาพบว่าที่มีค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการแทนที่ กับชุดควบคุมที่ไม่มีส่วนผสมของเถ้าปาล์มน้ำมัน คือชุดการทดลองที่ 2 ปูนซีเมนต์ : เถ้าปาล์มน้ำมัน (โดยน้ำหนัก) คือ 90 : 10 และกำลังอัดที่ช่วงอายุก่อน 28 วัน มีค่าต่ำกว่าคอนกรีต

ควบคุม อย่างไรก็ตาม Hussin, M. W., & Awal, A. S. M. A. (1996) ได้ศึกษาการนำเถ้าปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นวัสดุปอซโซลานโดยบดเถ้าปาล์มน้ำมันให้มีความละเอียดมากกว่าปูนซีเมนต์และแทนที่ในอัตราร้อยละ 10-60 พบว่าคอนกรีตที่ผสมเถ้าปาล์มน้ำมันร้อยละ 30 ให้กำลังอัดสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการแทนที่อื่นๆ และกำลังอัดที่ช่วงอายุก่อน 28 วัน มีค่าต่ำกว่าคอนกรีตควบคุมแต่หลังจากนั้นความต้านทานรับแรงอัดมีการพัฒนาสูงกว่าคอนกรีตที่ไม่มีเถ้าปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมได้ และเมื่อพิจารณาค่าความต้านทานรับแรงอัดจะลดต่ำลงเรื่อยๆ จากการใส่ปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา วีรชาติ ตั้งจิรภัทร จตุพล ตั้งปกาศิต ศักดิ์สินธุ์ แววคุ้ม และชัย จาตุรพิทักษ์กุล (2546) พบว่าเถ้าปาล์มน้ำมันที่ได้จากโรงงานโดยตรงไม่เหมาะสมนำมาใช้เป็นวัสดุปอซโซลาน เนื่องจากให้ค่าความต้านทานรับแรงอัดที่ต่ำส่วนการใช้เถ้าปาล์มน้ำมันที่มีความละเอียด มีปริมาณค้างบนตะแกรงเบอร์ 325 น้อยกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก เป็นส่วนผสมมอร์ตาร์ในอัตราร้อยละ 10 และ 20 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน สามารถให้กำลังอัดสูงกว่ามอร์ตาร์มาตรฐานที่อายุ 90 วัน โดยมีค่าเท่า 104 และ 101 ตามลำดับซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา

เมื่อพิจารณาด้านต้นทุนการผลิต พบว่าการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าปาล์มน้ำมันทำให้ราคาต้นทุนการผลิตแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าถูกลง โดยอัตราส่วนที่ประหยัดที่สุดและเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ได้แก่อัตราส่วนผสมที่ทดแทนปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าปาล์มน้ำมันร้อยละ 10 ซึ่งมีต้นทุนถูกกว่าการใช้ปูนซีเมนต์อย่างเดียว

ข้อเสนอแนะ

1. เถ้าปาล์มน้ำมันที่นำมาใช้ควรเป็นเถ้าปาล์มน้ำมันที่บดละเอียดและมีความพรุนน้อยเพื่อเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการทำปฏิกิริยาปอซโซลานของเถ้าปาล์มน้ำมัน

2. ความละเอียดของเถ้าปาล์มน้ำมันก็เป็นปัจจัยหลักที่ต้องนำมาพิจารณาด้วย รวมถึงความต้องการน้ำของคอนกรีตที่ใช้เถ้าปาล์มน้ำมันบดละเอียดแทนที่ปูนซีเมนต์ เพราะอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานจะส่งผลโดยตรงต่อกำลังอัดและความทนทานของคอนกรีต

เอกสารอางอิง

ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. (2553). เถ้าปาล์มน้ำมัน: วัสดุปอซโซลานในอนาคตสำหรับคอนกรีต. *วารสารคอนกรีต*, (9), 1-8.

ธนกาญจน์ สำเภาลอย. (2559). *ทดสอบการหาค่าการยุบตัวของคอนกรีต*. ค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2559, จาก: http://mixdesign.cmtc.ac.th/project10/index.html.

ปิญชาน์ ต่อกิตติกุล. (2551). *การพัฒนาคอนกรีตต้นทุนต่ำและพลังงานต่ำจากวัสดุผลพลอยได้และวัสดุเหลือใช้*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์ อธิวัตร จิรจริยาเวช วัชรพงษ์ ศิลาเลิศรักษา และวุฒิพงษ์ ปรีดาภัทรพงษ์. (2548). *การจัดทำฐานข้อมูล การประเมินวัฏจักรชีวิตการผลิตปูนซีเมนต์และเหล็กกล้าเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อม*. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.827-2531. (2531). *คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น.* ค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2560, จาก: https://www.nqi.go.th/nqi/standard.php?item=1244.

ลดาวัลย์ สินสุพรรณ์ วริญญา ใจใส และทิพนภา ทองโชติ. (2556). *เถ้าปาล์มน้ำมันเถ้าชานอ้อยและวัสดุปอซโซลานชนิดอื่น*. วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

วีรชาติ ตั้งจิรภัทร จตุพล ตั้งปกาศิต ศักดิ์สินธุ์ แววคุ้ม และชัย จาตุรพิทักษ์กุล. (2546). วัสดุปอซโซลานชนิดใหม่จากเถ้าปาล์มน้ำมัน. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ*., 26(4), 459-479.

แสงอรุณวัสดุการก่อสร้าง. (2552). *การผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ*. ค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2560, จาก: http://www.sangaroon.com/index.php?lite=article&qid=324000.

Chavlaparit, O., Rulkens, W. H., Mol, A. P. J., & Khaodhair, S. (2006). Options for environmental sustainability of the crude palm oil Industry in Thailand though enhancement of industrial ecosystems. *Environment, Development and Sustainability*. 8(2), 271-287.

Hussin, M. W., & Awal, A. S. M. A. (1996). Palm oil fuel ash - a potential pozzolanic material in concrete construction. In *Proceedings of the International Conference on Urban Engineering in Asian Cities in the 21st Century* 20-23 November 1996 (pp. D.361-D.366) Bangkok, Thailand.

คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับสำหรับผู้เขียน
เพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิชชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

วารสารวิชชา เป็นวารสารวิชาการของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ เคมี ชีววิทยา ฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ คอมพิวเตอร์ วิทยาศาสตร์สุขภาพ เกษตรศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี ซึ่งมีกำหนดออกปีละ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม–มิถุนายน และฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม–ธันวาคม มีวัตถุประสงค์เพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ 1) บทความวิจัย (research articles) 2) บทความวิชาการหรือบทความปริทัศน์ (review articles) และ 3) บทความวิจารณ์หนังสือ (book review) ของคณาจารย์ นักศึกษามหาวิทยาลัยทั้งภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชและผู้เขียนภายนอก นักวิชาการทั่วไป และปราชญ์ชาวบ้าน

โดยผลงานที่ได้รับการพิจารณาลงตีพิมพ์ในวารสารวิชชา **"ต้องไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ที่ใดมาก่อน"** พร้อมทั้งได้รับการพิจารณาจากผู้ประเมินอิสระ (peer review) ในสาขาที่เกี่ยวข้องและได้รับความเห็นชอบจากกองบรรณาธิการ **ทั้งนี้ บทความอาจถูกตัดแปลง แก้ไขคำ สำนวน รูปแบบการอ้างอิง รูปแบบการนำเสนอ และอื่นๆ (ซึ่งไม่เกี่ยวกับเนื้อหาหรือสาระสำคัญ) ตามที่กองบรรณาธิการเห็นสมควร และผู้เขียนต้องรับผิดชอบในเนื้อหาของบทความ โดยกองบรรณาธิการวารสารวิชชา และมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ไม่จำเป็นต้องรับผิดชอบใดๆ**

การเตรียมต้นฉบับ

1. ต้นฉบับ

- พิมพ์เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้
- การใช้ภาษาไทยให้ยึดหลักการใช้คำศัพท์และการเขียนทับศัพท์ภาษาอังกฤษตามหลักของราชบัณฑิตยสถาน ควรหลีกเลี่ยงการเขียนภาษาอังกฤษปนภาษาไทยในข้อความ ยกเว้นกรณีจำเป็น เช่น ศัพท์ทางวิชาการที่ไม่มีคำแปลหรือคำที่ใช้แล้วทำให้เข้าใจง่ายขึ้น คำศัพท์ภาษาอังกฤษที่เขียนปนภาษาไทยให้ใช้ตัวเล็กทั้งหมด ยกเว้นชื่อเฉพาะ
- สำหรับต้นฉบับภาษาอังกฤษควรได้รับการตรวจสอบความถูกต้องด้านการใช้ภาษาจากผู้เชี่ยวชาญด้านภาษาเป็นเบื้องต้นก่อน
- ความยาวของบทความไม่ควรเกิน 15 หน้า รวมตาราง ภาพและเอกสารอ้างอิง ควรระบุเลขหน้าให้ชัดเจนและจัดให้อยู่ในรูปแบบเดียวกันทั้งฉบับ

2. รายละเอียดตัวอักษรและรูปแบบการพิมพ์

- จัดพิมพ์ด้วยโปรแกรม Microsoft Word ขนาดของต้นฉบับใช้กระดาษขนาด Executive (18.41 X 26.67 เซนติเมตร)

- ตั้งค่าหน้ากระดาษสำหรับการพิมพ์
  ด้านบน 2.5 เซนติเมตร ด้านล่าง 2.5 เซนติเมตร
  ด้านซ้าย 2.3 เซนติเมตร ด้านขวา 2.5 เซนติเมตร
- พิมพ์คอลัมน์เดียวกระจายเต็มบรรทัด
- ตัวอักษร TH SarabunPSK ขนาดตัวอักษร 15
- ควรตั้งค่ากำหนดเลขบรรทัดไว้ด้านซ้าย

3. ส่วนประกอบในบทความ

3.1 บทความวิจัย (research articles) เป็นการนำเสนอผลงานวิจัยที่เสร็จสมบูรณ์แล้วซึ่งผู้เขียนได้ดำเนินการด้วยตนเอง

3.1.1 ส่วนประกอบตอนต้น

- ชื่อเรื่อง (title) ควรสั้นกะทัดรัด ไม่ยาวจนเกินไป ให้เขียนชื่อเรื่องเป็นภาษาไทยก่อนแล้วตามด้วยภาษาอังกฤษในบรรทัดถัดไป

- ชื่อผู้เขียนบทความ (authors and co-authors) ให้ระบุชื่อเต็ม-นามสกุลเต็มทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ สำหรับภาษาอังกฤษใช้อักษรตัวพิมพ์ใหญ่เฉพาะอักษรตัวแรกของชื่อตัวและนามสกุล ถ้ามีผู้วิจัยหลายคนให้ใส่ลำดับเลข พร้อมระบุที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้และชื่อหน่วยงานของผู้วิจัยที่ส่วนล่างของหน้าแรก และให้ใส่เครื่องหมาย (*) ที่ตำแหน่งผู้ประสานงานหลักโดยระบุ Corresponding author e-mail: address

- บทคัดย่อ (abstract) ให้มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ความยาวไม่เกินอย่างละ 15 บรรทัด บทคัดย่อที่เขียนควรสั้น ตรงประเด็น และให้สาระสำคัญเท่านั้น โดยให้ลำดับบทคัดย่อภาษาไทยขึ้นก่อนตามด้วยบทคัดย่อภาษาอังกฤษ

- คำสำคัญ (keywords) ให้ใช้คำที่ปรากฏอยู่ในเนื้อเรื่องซึ่งเป็นตัวแทนบอกวิธีการวิจัย ประเด็นที่วิจัย ผลการวิจัย การใช้ประโยชน์หรือสถานที่ที่ทำวิจัย คำสำคัญนี้ให้เขียนทั้งในภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใส่ไว้ท้ายบทคัดย่อของแต่ละภาษาอย่างละไม่เกิน 5 คำ

3.1.2 เนื้อหาในบทความวิจัย ให้มีองค์ประกอบดังนี้

- บทนำ (introduction) อธิบายถึงที่มา ความสำคัญของปัญหา และเหตุผลที่นำไปสู่การศึกษาวิจัย ให้ข้อมูลทางวิชาการที่มีการตรวจเอกสาร (literature review) โดยระบุถึงแหล่งที่มาของข้อมูล (อ้างอิง) และจุดมุ่งหมายที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งวัตถุประสงค์ของการวิจัย

- วิธีดำเนินการวิจัย (research methods) อธิบายกระบวนการดำเนินการวิจัย โดยบอกรายละเอียดวัสดุ วิธีการศึกษา สิ่งที่นำมาศึกษา จำนวน ลักษณะเฉพาะของตัวอย่างที่ศึกษา ตลอดจนเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษา อธิบายแบบแผนการวิจัย การเลือกตัวอย่าง วิธีการเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และสถิติที่ใช้

- ผลการวิจัย และหรือการอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัย (results) รายงานผลการวิจัยให้ได้ใจความชัดเจนและตรงประเด็นโดยยึดแนวทางตามวัตถุประสงค์เป็นหลัก ควรอธิบายผลการวิจัยด้วยคำบรรยายเป็นหลัก

แต่ถ้ามีตัวเลขหรือตัวแปรมากควรนำเสนอเป็นภาพและตาราง แทรกในเนื้อหา พร้อมอธิบายผลการวิจัยให้ได้สาระครบถ้วนอย่างสั้นๆ

การอภิปรายผลการวิจัย (discussion) เป็นการชี้แจงผลการวิจัยว่าตรงกับวัตถุประสงค์/สมมติฐานของการวิจัย สอดคล้องหรือขัดแย้งกับผลการวิจัยของผู้อื่นที่มีอยู่ก่อนหรือไม่อย่างไร เหตุผลใดจึงเป็นเช่นนั้น และให้จบด้วยข้อเสนอแนะที่จะนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์หรือทิ้งประเด็นคำถามการวิจัย ซึ่งเป็นแนวทางสำหรับการวิจัยต่อไป

- สรุปผลการวิจัย (conclusion) สรุปผลการวิจัยให้ได้ใจความชัดเจนและตรงประเด็น

- ข้อเสนอแนะ (suggestion) (ถ้ามี)

- กิตติกรรมประกาศ (acknowledgements) ให้ระบุสั้นๆ ว่างานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนหรือความช่วยเหลือจากองค์กรใด และบุคคลใดบ้าง

- เอกสารอ้างอิง (references) ให้ระบุเฉพาะเอกสารที่ผู้เขียนบทความได้นำมาอ้างอิงในบทความวิจัยอย่างครบถ้วน โดยระบุรายละเอียดและใช้รูปแบบการเขียนที่ถูกต้องครบถ้วน (ตามข้อ3.) จัดเรียงลำดับตามตัวอักษร นำโดยกลุ่มเอกสารภาษาไทยและตามด้วยกลุ่มเอกสารภาษาอังกฤษ

3.2 บทความทางวิชาการ (review articles) เป็นบทความที่ผู้เขียนได้เรียบเรียงโดยศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร งานแปล และผลงานจากประสบการณ์ของผู้เขียนหรือได้รับการถ่ายทอดจากผู้อื่น มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ความรู้ องค์ความรู้ การเสนอความคิดเห็นที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ทางวิชาการของสาขาต่างๆ

3.2.1 ส่วนประกอบตอนต้น

- ชื่อเรื่อง (title) ควรสั้นกะทัดรัด ไม่ยาวจนเกินไป ให้เขียนชื่อเรื่องเป็นภาษาไทยก่อนแล้วตามด้วยภาษาอังกฤษในบรรทัดถัดไป

- ชื่อผู้เขียน (authors and co-authors) ให้ระบุชื่อเต็ม-นามสกุลเต็มทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ สำหรับภาษาอังกฤษใช้อักษรตัวพิมพ์ใหญ่เฉพาะอักษรตัวแรกของชื่อตัวและนามสกุล ถ้ามีผู้วิจัยหลายคนให้ใส่ลำดับเลข พร้อมระบุที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้ และชื่อหน่วยงานของผู้วิจัยที่ส่วนล่างของหน้าแรก และให้ใส่เครื่องหมาย (*) ที่ตำแหน่งผู้ประสานงานหลักโดยระบุ Corresponding author e-mail: address

- สาระสังเขป (summary)

เป็นการย่อเนื้อความของบทความทั้งเรื่องให้สั้นได้เนื้อหาสาระครบถ้วน

- คำสำคัญ (keywords) ให้ใช้คำที่ปรากฏอยู่ในเนื้อเรื่องซึ่งเป็นตัวแทนบอกวิธีการ สิ่งที่ศึกษา ผลการศึกษา สาขา การใช้ประโยชน์และสถานที่ คำสำคัญให้เขียนทั้งคำสำคัญภาษาไทย และภาษาอังกฤษแต่ละชุดไม่เกิน 5 คำ

3.2.2 เนื้อหา (main texts) ในบทความทางวิชาการมีองค์ประกอบดังนี้

- บทนำ (introduction) กล่าวถึงความน่าสนใจของเรื่องที่นำเสนอ ก่อนเข้าสู่เนื้อหา

- เนื้อความ (content) ควรนำเสนอพัฒนาการของเรื่องได้อย่างน่าสนใจ และเนื้อเรื่องมีเนื้อหาใหม่เหมาะสมกับสภาพปัจจุบัน

- สรุป (conclusion) เป็นการย่อเฉพาะข้อมูลจากเนื้อความให้สั้นได้เนื้อหาสาระของเนื้อความครบถ้วน

- เอกสารอ้างอิง (references) ให้ระบุเฉพาะเอกสารที่ผู้เขียนบทความได้นำมาอ้างอิงในบทความวิชาการอย่างครบถ้วน รูปแบบของการเขียนเอกสารอ้างอิงให้จัดทำตามที่ระบุไว้ในข้อ 3. (เอกสารอ้างอิง)

3.2.3 ตารางและภาพประกอบ ให้จัดแทรกไว้ในเนื้อเรื่องโดยคัดเลือกเฉพาะที่จำเป็นเท่านั้น

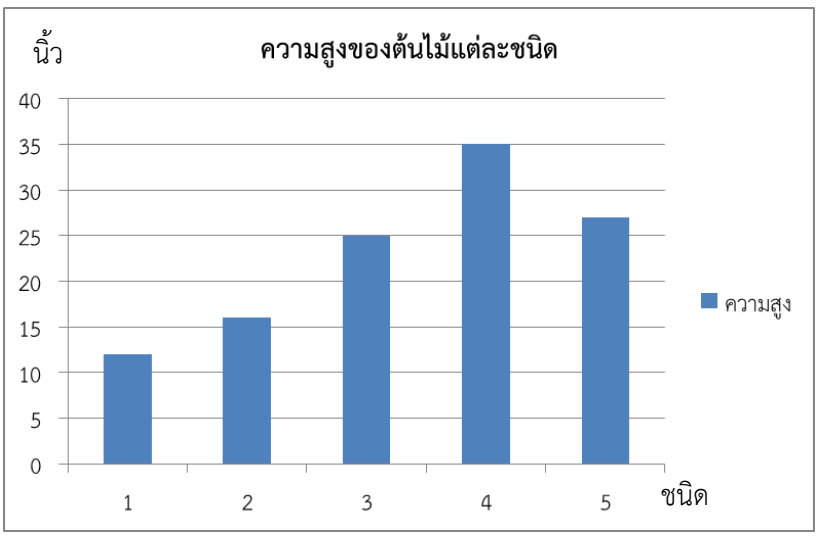
- ตาราง เมื่อวางรูปตารางข้อมูลเรียบร้อยแล้วต้อง “กำกับ” ไว้ที่ด้านบนของตารางด้วยข้อความที่เป็น “ตารางที่...(เว้น 1 วรรค และตามด้วยชื่อตารางหรือคำอธิบายสั้นๆ)” ส่วน “ที่มา” ของตาราง (ถ้ามี) ให้อยู่ด้านล่างของตาราง “ที่มา: ... (เว้น 1 วรรค และตามด้วยอ้างอิง” (ชื่อ-สกุล, ปี) ดังตัวอย่าง

ตารางที่ 1 จำนวนฟันเส้นผ่าศูนย์กลางและความเร็วรอบของจานโซ่

จานโซ่	จำนวนฟัน	เส้นผ่าศูนย์กลาง (mm)	ความเร็วรอบ (pm)
ตัวที่ 1 ติดกับมอเตอร์	20	59	600
ตัวที่ 2 รับกำลังจากมอเตอร์	14	70	700
ตัวที่ 3 ต่อจากมอเตอร์	30	85	800

ที่มา: จารุณี ศรีสุวรรณ, 2559 (ถ้ามี)

- ภาพประกอบ จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ เป็นภาพที่ใช้ประกอบเนื้อหา เมื่อจัดภาพเสร็จแล้วต้อง “กำกับ” ไว้ที่ใต้ภาพด้วยข้อความที่เป็น “ภาพที่..(เว้น 1 วรรค และตามด้วยชื่อภาพหรือคำอธิบายภาพประกอบสั้นๆ”) และบรรทัดที่ถัดลงมาคือ “ที่มา..” ใช้รูปแบบเดียวกับตารางทุกประการ ดังตัวอย่าง



ภาพที่ 1 ความสูงของต้นไม้แต่ละชนิด
ที่มา: ธิติมา ยั่งยืน, 2560 (ถ้ามี)

ตารางสรุปรูปแบบการพิมพ์ส่วนประกอบของบทความ

ส่วนประกอบของบทความ	ลักษณะของตัวอักษร	ขนาดของตัวอักษร	รูปแบบการจัดหน้าบทความ
ชื่อเรื่อง 1) ภาษาไทย 2) ภาษาอังกฤษ	 หนา หนา	 18 pt. 18 pt.	 กึ่งกลาง กึ่งกลาง
ชื่อผู้เขียนบทความ	หนา	15 pt.	ชิดขวา
บทคัดย่อ 1) ภาษาไทย 2) ภาษาอังกฤษ	 ปกติ ปกติ	 15 pt. 15 pt.	
คำสำคัญ	หัวข้อตัวหนาและคำสำคัญปกติ	15 pt.	ชิดซ้าย
เชิงอรรถ	ปกติ	13 pt.	ชิดซ้าย
- หัวข้อหลัก	หนา	15 pt.	ชิดซ้าย (ไม่มีตัวเลขกำกับ)
- หัวข้อย่อย	หนา ปกติ ปกติ	15 pt.	1. ชิดซ้าย (1.5 ซม.) 1.1 ชิดซ้าย (2 ซม.) 1.1.1 ชิดซ้าย (2.75 ซม.)
- เนื้อหา	ปกติ	15 pt.	
ตาราง	ปกติ	15 pt.	

4. การอ้างอิง (citation)

การอ้างอิงของวารสารวิชชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชใช้รูปแบบการอ้างอิงแบบ APA Style (American Psychological Association)

ผู้แต่งคนเดียว

1) ผู้แต่งชาวไทย: ชื่อ/ชื่อสกุล./(ปีพ.ศ.).

2) ผู้แต่งชาวต่างชาติ: ชื่อสกุล,/อักษรย่อชื่อต้น./(ปีค.ศ.).

ผู้แต่ง 2 คน

1) ผู้แต่งชาวไทย: ชื่อ/ชื่อสกุลคนที่1/และชื่อ/ชื่อสกุลคนที่2. /(ปีพ.ศ.).

2) ผู้แต่งชาวต่างชาติ: ชื่อสกุล,/อักษรย่อชื่อต้นคนที่1.,/&/ชื่อสกุล,/อักษรย่อชื่อต้นคนที่2. /(ปีค.ศ.).

ผู้แต่ง 3-6 คน

1) ผู้แต่งชาวไทย: ชื่อ/ชื่อสกุลคนที่1/ชื่อ//ชื่อสกุลคนที่2/ชื่อ/ชื่อสกุลคนที่3/ชื่อ/ชื่อสกุลคนที่4/ชื่อ/ชื่อสกุลคนที่5/และชื่อ/ชื่อสกุลคนที่6./(ปีพ.ศ.).

2) ผู้แต่งชาวต่างชาติ: ชื่อสกุล,/อักษรย่อชื่อต้นคนที่1.,/ชื่อสกุล,/อักษรย่อชื่อต้นคนที่2.,/ชื่อสกุล,/อักษรย่อชื่อต้นคนที่3.,/ชื่อสกุล,/อักษรย่อชื่อต้นคนที่4.,/ชื่อสกุล,/อักษรย่อชื่อต้นคนที่5.,/&/ชื่อสกุล,/อักษรย่อชื่อต้นคนที่6./(ปีค.ศ.).

ผู้แต่ง 6 คนขึ้นไป

1) ผู้แต่งชาวไทย: ชื่อ/ชื่อสกุลคนที่1/ชื่อ/ชื่อสกุลคนที่2/ชื่อ/ชื่อสกุลคนที่3/ชื่อ/ชื่อสกุลคนที่4/ชื่อ/ชื่อสกุลคนที่5/และชื่อ/ชื่อสกุลคนที่6/และคณะ./(ปีพ.ศ.).

2) ผู้แต่งชาวต่างชาติ: ชื่อสกุล,/อักษรย่อชื่อต้นคนที่1.,/ชื่อสกุล,/อักษรย่อชื่อต้นคนที่2.,/ชื่อสกุล,/อักษรย่อชื่อต้นคนที่3.,/ชื่อสกุล,/อักษรย่อชื่อต้นคนที่4.,/ชื่อสกุล,/อักษรย่อชื่อต้นคนที่5.,/&/ชื่อสกุล,/อักษรย่อชื่อต้นคนที่6.,*/et al./*(ปีค.ศ.).

4.1 การอิงในเนื้อหา ใช้การอ้างอิงแบบ “นาม-ปี” ทั้งนี้ให้ใส่ชื่อผู้แต่ง และปีที่พิมพ์เช่นเดียวกับการอ้างอิงท้ายบทความ

4.1.1. การเขียนอ้างอิงก่อนเนื้อหา

ผู้แต่งชาวไทย: จิรวัฒน์ พรหมพร (2554) ข้อความ.....

ผู้แต่งชาวต่างชาติ: Tomson G. W. (2014) ข้อความ.....

4.1.2. การเขียนเนื้อหาก่อนการอ้างอิง

ผู้แต่งชาวไทย: ข้อความ.....(จิรวัฒน์ พรหมพร, 2554)

ผู้แต่งชาวต่างชาติ: ข้อความ.....(Tomson G. W., 2014)

4.2 การอ้างอิงท้ายบทความ

4.2.1. หนังสือ

ชื่อ/ชื่อสกุล./(ปีพ.ศ.)./*ชื่อหนังสือ*./(ครั้งที่พิมพ์)./สถานที่พิมพ์:/สำนักพิมพ์.
ตัวอย่าง สรเมธี วชิรปราการ. (2551). *เปิดชีวิตเทวดานางฟ้าไขปริศนาแดนสวรรค์*. นนทบุรี: สมาร์ทบุ๊ค. เจือจันทร์ จงสถิต และรุ่งเรือง สุขาทิพย์. (2550). *การสังเคราะห์งานวิจัยคุณลักษณะและกระบวนการปลูกฝังจริยธรรมของประเทศต่างๆ*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพมหานคร: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. Almond, G.A. & Powell, B.G. (1976). *Comparative political today*. Boston: Little Brown and company.

4.2.2.วารสาร

ชื่อ/ชื่อสกุล./(ปีพ.ศ.)./ชื่อบทความ./*ชื่อวารสาร*,/ปีที่หรือเล่มที่(ฉบับที่),/หน้าแรก-หน้าสุดท้าย.
ตัวอย่าง สุกัญญา รัศมีธรรมโชติ. (2004). Competency: เครื่องมือการบริหารที่ปฏิเสธไม่ได้. *Productivity*, 9(53), 8-9. Palzzo, A.J., Cory,T.J. & Hardy, S.E. (2003). Root growth and metal uptake in four grasses grown on Zn-contaminated soil. *Journal of Environmental Quality*, 32(3), 834-840.

4.2.3. นิตยสารหรือหนังสือพิมพ์

ชื่อ/ชื่อสกุล./(วัน/เดือน/ปี)./ชื่อบทความ./*ชื่อนิตยสารหรือหนังสือพิมพ์*,/ปีที่,/หน้า.
ตัวอย่าง มาลินี ป้องกัน. (3 กรกฎาคม 2560). ลงทะเบียนคนจน. *มติชน*, 50, หน้า 12.

4.2.4. บทหนึ่งในหนังสือ

ชื่อ/ชื่อสกุลผู้เขียนบท./(ปีพ.ศ.)./ชื่อบทหรือตอน./ใน/ชื่อ/ชื่อสกุลบรรณาธิการ./*ชื่อหนังสือ*./(ครั้งที่พิมพ์/หน้าแรก-หน้าสุดท้ายของบทหรือตอน)./สถานที่พิมพ์:/สำนักพิมพ์.
ตัวอย่าง มาลีนนท์ วุฒิจักร. (2560). สาหร่ายพวงองุ่น. ใน บัณฑิต คิดดี. *เกษตรหน้าใหม่*. (พิมพ์ครั้งที่ 2 หน้า 100-110). กรุงเทพฯ: อุดมศิลป์.

4.2.5. วิทยานิพนธ์

ชื่อ/ชื่อสกุล./(ปีที่พิมพ์)./*ชื่อวิทยานิพนธ์*./ระดับวิทยานิพนธ์/สาขาวิชา/คณะ/ชื่อมหาวิทยาลัย,/เมืองที่ตั้งมหาวิทยาลัย.
ตัวอย่าง จงลักษณ์ จิ้มนับใจ. (2550). *สมรรถนะแห่งตนต่อการเฝ้าระวังโรคความดันโลหิตสูงของอาสาสมัคร*

สาธารณสุขอำเภอนาหมื่น จังหวัดน่าน. วิทยานิพนธ์พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพยาบาลสุขภาพจิตและจิตเวช คณะพยาบาล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

4.2.6. Web site

ชื่อผู้จัดทำ./(ปีพ.ศ.)./*ชื่อเรื่อง*./ค้นเมื่อ/วัน/เดือน/ปี,/จาก://http:..... .

ตัวอย่าง

อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์. (2542). *ความอุดมสมบูรณ์ของดิน*. ค้นเมื่อ 2 ตุลาคม 2542, จาก: http://158.108.200.11//scil/009hom~1/009421/chap1.html.

Sahra. (2005). *Efficient irrigation of turf*. Retrieved 27 May 2005, from: http://www.Sahra.arizona.edu/ programs/water.com/home/Lawn.html.

4.2.7. รายงานการประชุม

ชื่อผู้จัดทำ.//(ปีพ.ศ.).//ชื่อเรื่อง.//*ชื่อการประชุมหรือการสัมมนา*.//สถานที่พิมพ์.

ตัวอย่าง

สุรยุทธ แจ้งเกิด. (2559). ความมั่นคงทางอาหารของชุมชนบ้านบางปริก. *การประชุมวิชาการความมั่นคงทางอาหารแห่งชาติ*. กรุงเทพฯ.

4.2.8. บทหนึ่งในหนังสือการประชุม และเอกสารการสัมมนา

ชื่อผู้จัดทำ./(ปีพ.ศ.)./ชื่อบทความหรือบท/ใน/*ชื่อการประชุมหรือการสัมมนา*/วัน/เดือน/ปี/ณ/สถานที่จัดประชุม/(หน้าแรก-หน้าสุดท้าย)./สถานที่พิมพ์:/หน่วยงานที่จัดทำ.

ตัวอย่าง

กรวรรณ มากสุข. (2555). วาทกรรมความงามของเด็กมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดนครศรีธรรมราช ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏวิจัย ครั้งที่ 3* วันที่ 28-29 มกราคม 2555 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช (หน้า 22-35). นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช.

แบบเสนอขอส่งบทความตีพิมพ์ลงในวารสารวิชชา
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

ชื่อเรื่อง

(ภาษาไทย).....

.....

(ภาษาอังกฤษ).....

.....

ประเภทบทความ

☐ บทความวิจัย
☐ บทความวิชาการ
☐ บทความวิจารณ์หนังสือ
☐ บทความปริทรรศน์

ผู้เขียนบทความ

ชื่อ – สกุล (นาย/นาง/นางสาว/ตำแหน่งทางวิชาการ (ถ้ามี)/อื่นๆ)

.....

☐ นักศึกษา ระดับ .....คณะ/สาขา.....

☐ อาจารย์ คณะ/สาขา.....สถาบัน.....

☐ บุคคลทั่วไป ตำแหน่ง/หน่วยงาน

.....

ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้ เลขที่.....หมู่ที่.....ถนน.....ตำบล/แขวง.....
อำเภอ/เขต.....จังหวัด.....รหัสไปรษณีย์.....
โทรศัพท์(ที่ทำงาน).....โทรศัพท์(มือถือ).....
โทรสาร.....อีเมล์.....

ผู้เขียนร่วม (ถ้ามี)

1. ชื่อ-สกุล .....ตำแหน่ง/หน่วยงาน.....
2. ชื่อ-สกุล .....ตำแหน่ง/หน่วยงาน.....
3. ชื่อ-สกุล .....ตำแหน่ง/หน่วยงาน.....

สิ่งที่ส่งมาด้วย

☐ ส่งต้นฉบับ ซึ่งประกอบด้วยไฟล์ Microsoft Word และ PDF ทางเว็บไซต์
https://www.tci-thaijo.org/index.php/wichcha/login

“ข้าพเจ้าขอรับรองว่า บทความที่เสนอนี้ไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่มาก่อน ไม่อยู่ระหว่างการเสนอขอตีพิมพ์ในวารสารอื่น ข้าพเจ้ายอมรับและยินดีปฏิบัติตามหลักเกณฑ์การพิจารณาต้นฉบับ และยินยอมให้กองบรรณาธิการตรวจแก้ต้นฉบับได้ตามสมควร”

ลงชื่อ ..... เจ้าของบทความ

(.....)

...../...../.....

ใบสมัครสมาชิก



วารสาร วิชชา
WICHCHA JOURNAL
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
NAKHON SI THAMMARAT RAJABHAT UNIVERSITY

เลขที่สมาชิก □□□□□□
☐ ต่ออายุ ☐ สมาชิกใหม่

ข้อมูลผู้สมัคร

ชื่อ – สกุล (นาย/นาง/นางสาว/ตำแหน่งทางวิชาการ(ถ้ามี)/อื่น ๆ)

.....

☐ นักศึกษา ระดับ .....คณะ/สาขา.....

☐ อาจารย์ คณะ/สาขา.....สถาบัน.....

☐ บุคคลทั่วไป ตำแหน่ง/หน่วยงาน.....

ระยะเวลาที่บอกรับ

กำหนดออกวารสาร ปีละ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – มิถุนายน และ ฉบับที่ 2 เดือน กรกฎาคม– ธันวาคม

☐ สมัครสมาชิก 1 ปี อัตราค่าสมาชิก 200 บาท (2 ฉบับ)
โดยเริ่ม ปีที่ ..... ถึง ปีที่ .....

☐ สมัครสมาชิก 2 ปี อัตราค่าสมาชิก 400 บาท (4 ฉบับ)
โดยเริ่ม ปีที่ ..... ถึง ปีที่ .....

สถานที่จัดส่งวารสาร

ได้ เลขที่.....หมู่ที่.....ถนน.....ตำบล/แขวง.....
อำเภอ/เขต.....จังหวัด.....รหัสไปรษณีย์.....
โทรศัพท์(ที่ทำงาน).....โทรศัพท์(มือถือ).....
โทรสาร.....อีเมล์.....

การชำระค่าสมาชิก

☐ เงินสด (กรณีสมัครด้วยตนเอง) ☐ โอนเงินผ่านธนาคารทหารไทย สาขามหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ชื่อบัญชี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช เลขที่บัญชี 520-2-00592-1 ลงชื่อ.....ผู้สมัคร (.....) ...../...../.....	ส่งใบสมัครพร้อมหลักฐานการโอนเงินไปที่สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช หมู่ที่ 1 ต.ท่างิ้ว อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช 80280 (วงเล็บมุมซองด้านขวา “สมัครสมาชิกวารสารวิชชา”)

Wichcha Journal

Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
1 หมู่ 4 ต.ท่างิ้ว อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช 80280
http://rdi.nstru.ac.th