



วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY
JOURNAL OF SCIENCES AND TECHNOLOGY

ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 (2561) | Vol.6 Issue.2 (2018) | ISSN 2287-0083

บทความวิจัย

- INDIUM SEGREGATION IN MBE GROWN GAAS/INGAAS/GAAS QUANTUM WELLS 1
Aphirak Loykaew and Brian Francis Usher
- REDUCING INVERSION PROCESSES OF POINT ADDITION TO SPEED UP ELLIPTIC CURVE CRYPTOGRAPHY 15
Kritsanapong Somsuk
- ผลของสารสกัดน้ำผึ้งจากดอกไม้ชนิดต่าง ๆ ต่อคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การยับยั้ง
เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส 29
ปิยธิดา สุขเสนาะ, พิทยา ใจคำ และ ทิมพัลลรี สุวรรณ
- การเสริมคุณค่าทางโภชนาการโดยใช้ผงผักโขมในคุกกี้เนย 43
จุริมาศ คีอำมาตย์, นฤมล บุญประสิทธิ์, ชุติมา แยมชมสวน และ สุฤทัย อธิอักษร
- การพัฒนาระบบบันทึกเวลาเรียนด้วยอาร์เอฟไอดีและคิวอาร์โค้ด 53
ฉัตรกาญจน์ นามวิเศษ และ ภูเบศร์ พิพิธหิรัญการ
- เทคนิคภาพถ่ายทางความร้อนและการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาอบไก่ 67
สันหวัจน์ ทองแดง และ บัญชา ลำเลิศ
- ความเข้มข้นของผงฝุ่นคาร์บอนดำในบริเวณการเดินทางภายในเมืองโดยสองแถวและรถยนต์ส่วนบุคคล
ในเขต อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 81
วินัย มีแสง
- ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมทางกายและคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในจังหวัดอุดรธานี 97
อนันพร ทองลง
- การประเมินความเสี่ยงต่อบุคคลในโรงเรียน กรณีศึกษา: โรงเรียนเอกชนแห่งหนึ่ง 113
เขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา
ยุวดี บาคาล
- การพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งและการคิดวิเคราะห์ จากการเรียนประเด็นปัญหาทางสังคม
ที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์โดยใช้การเรียนแบบผสมผสานตามรูปแบบสมองเป็นฐาน
กับการเรียนแบบปกติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีเพศต่างกัน 133
ยุพารรณ์ รักศิวน, ชัยภัทร พลายบัว และ จีระพรรณ สุขศรีงาม



วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 (2561)

UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY

JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

Vol.6 Issue.2 (2018)

ISSN 2287-0083

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 (2561)

วัตถุประสงค์

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY; ISSN 2287-0083) ชื่อย่อภาษาอังกฤษ “UDRU Sci. & Tech. J.” มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการของคณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการและนักศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวารสารรับการตีพิมพ์เผยแพร่บทความ ในกลุ่มวิทยาศาสตร์ สาขาเคมี ฟิสิกส์ ชีววิทยา และคณิตศาสตร์ กลุ่มวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาศาสตร์การกีฬา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วัสดุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ กลุ่มเกษตรศาสตร์ สาขาพืชศาสตร์ เศรษฐศาสตร์เกษตร ประมง และสัตวศาสตร์ และกลุ่มวิศวกรรมศาสตร์ สาขาเครื่องกล พลังงาน อิเล็กทรอนิกส์ ไฟฟ้า และคอมพิวเตอร์โดยมีกำหนดจัดพิมพ์ออกเผยแพร่ ปีละ 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน) ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม – ธันวาคม) ของทุกปี

เจ้าของ

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์จรูญ ถาวรจักร์	อธิการบดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาติชาย ม่วงปฐม	รองอธิการบดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิตรา ธิญสุนทรสกุล	รองอธิการบดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤตภูมิ ชมพูวิเศษ	รองอธิการบดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทธิพงษ์ เบื้องคำ	คณบดีคณะเทคโนโลยี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัฒนาภรณ์ ชัยประเสริฐ	คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
ดร.เอกราช ดีนาง	ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

บรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.น.สพ.ฤทธิชัย พิลาไชย

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรารวรรณ กุณัน
ดร.ปิยวดี ยาบุษดี

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 (2561)

กองบรรณาธิการผู้ทรงคุณวุฒิ

Prof. Dr.Munehiro Tanaka	Saga University, Japan
Prof. Dr.Jeffrey C. Nash	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ศาสตราจารย์ ดร.อลงกลด แทนอมทอง	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ปิ่นล่อ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.ฉลอง วชิราภากร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.ลัดดา มีสุข	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ศิริปรัชญานันท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต กฤตาคม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร สุทธิบาก	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชภาคย์ จิตต์อารี	มหาวิทยาลัยมหิดล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิต วิชิตพันธ์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิติโรจน์ หวันตาหลา	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คำสิงห์ นนเลาพล	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิสิต คำหล้า	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิวัตร อังควิศิษฐพันธ์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำไพศักดิ์ ทีบุญมา	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา วงษ์สวัสดิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โมฆิต ศรีภูธร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงสมร กิจโกศล	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระวี พรหมหลวงศรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรียา แก้วนารี	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรถศาสตร์ วิเศียรศาสตร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราจิต พยอม	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 (2561)

กองบรรณาธิการผู้ทรงคุณวุฒิ (ต่อ)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญ ฟ้าใต้	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุขสันติ ประกอบวงษ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.น.สพ.ยศวริศ เสมามิ่ง	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ดร.อรรรจนา ด้วงแพง	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ดร.วัลย์ลักษณ์ แก้ววงษา	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

คณะกรรมการดำเนินงาน

รองศาสตราจารย์ ดร.น.สพ.ฤทธิชัย พิลาไชย	ประธานกรรมการ
ดร.ปิยวดี ยาบุษดี	รองประธานกรรมการ
ดร.ชาลี เกตุแก้ว	กรรมการ
ดร.น.สพ.ยศวริศ เสมามิ่ง	กรรมการ
นางสาวรุ่งใจ แสงทอง	กรรมการ
นางสาวพรทิพย์ คำหล้า	กรรมการ
นางสาวสุวรรณี พันธุ์โอภาส	กรรมการ
นางกาญจนา มุลอาจ	กรรมการ
นางสาวณิชา พันธุ์ควนิชัย	กรรมการ
นายไกรทอง โสมศรี	กรรมการ
นายธราดล ปราบภัย	กรรมการ
นางพิมพ์พรธม ศรีภูธร	กรรมการ
นางสาวนัชชา คำบุญมา	กรรมการ
นายนนทวิทย์ ภูมิสะอาด	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดร.นิรารรรณ กุณัน	กรรมการและเลขานุการ
นางสาวชฎารัตน์ วงษ์มีพันธุ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 (2561)

คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review)

รองศาสตราจารย์ ดร.วิษณุ เพชรภา	วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร.รัชพล สันติวารการ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.เฉลิม เรืองวิริยะชัย	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.วรัญญา จีระวิบูลวรรณ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร สุทธิปาก	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชภาคย์ จิตต์อารี	มหาวิทยาลัยมหิดล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรยา สารินทร์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ อัมพรสถิร	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาภรณ์ สุดหนองบัว	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิต วิชิตพันธ์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ คุ่มมะณี	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประยูรศักดิ์ เปลื้องผล	มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรรัตน์ ศุภมิตรโยธิน	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยศวริศ เสมามิ่ง	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระวี พรหมหลวงศรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญ ฝ่าไต้	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงภู อดุตรา	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑารัตน์ กุลสันติวงศ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงสมร กิจโกศล	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา วงษ์สวัสดิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สีปตระกูล สุชาติ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ดร.นนท์ธิดา หอมขำ	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ดร.เฉลิมวุฒิ น้อยอ่อนแสน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 (2561)

คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) (ต่อ)

ดร.สุศตะนึ่ง ฌ ระนอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

วิทยาเขตตรัง

ดร.สรญา แสนมาโนช

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ออกแบบปก

ศักดิ์ศรีอักษรการพิมพ์

กำหนดการเผยแพร่

2 ฉบับต่อปี ฉบับที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน)

ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม – ธันวาคม)

การจัดพิมพ์

จำนวน 200 เล่ม

สถานที่พิมพ์

ศักดิ์ศรีอักษรการพิมพ์

33 ถ.ทหาร ต.หมากแข้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000

โทรศัพท์: 042-341202 โทรสาร: 042-341203

สถานที่ติดต่อ

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

64 ถ.ทหาร ต.หมากแข้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000

โทรศัพท์: 042-211040 ต่อ 1702

โทรสาร: 042-241586

เว็บไซต์: <http://rdi.udru.ac.th>

อีเมล: udrujournal@udru.ac.th

บทบรรณาธิการ

กองบรรณาธิการยินดีที่จะแจ้งท่านผู้อ่านและสมาชิกที่เคารพ ด้วยศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (Thai Journal Citation Index-TCI) ได้ประกาศให้ วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ผ่านการประเมินคุณภาพให้อยู่ในฐานข้อมูล TCI กลุ่มที่ 2 ตั้งแต่บัดนี้ จนถึง 31 ธันวาคม 2562 โดยวารสารฉบับนี้ ซึ่งเป็นฉบับที่ 2 ปีที่ 6 ประจำปี พ.ศ. 2561 มีบทความวิจัยรวมจำนวน 10 บทความ ซึ่งมีเนื้อหาครอบคลุมทั้งด้านวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ วิทยาศาสตร์การอาหาร เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ โดยมีกำหนดในการจัดพิมพ์ออกเผยแพร่ ปีละ 2 ฉบับ ดังนั้นกองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขอเชิญชวนผู้ที่สนใจ ทั้งคณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการและนักศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยวารสารรับตีพิมพ์เผยแพร่บทความในกลุ่มวิทยาศาสตร์ สาขาเคมี ฟิสิกส์ ชีววิทยา และคณิตศาสตร์ กลุ่มวิทยาศาสตร์ประยุกต์สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาศาสตร์การกีฬา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วัสดุศาสตร์ และเทคโนโลยีชีวภาพ กลุ่มเกษตรศาสตร์ สาขาพืชศาสตร์ เศรษฐศาสตร์เกษตร ประมง และสัตวศาสตร์ และกลุ่มวิศวกรรมศาสตร์ สาขาเครื่องกล พลังงาน อิเล็กทรอนิกส์ ไฟฟ้า และคอมพิวเตอร์

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ต้องขอขอบคุณผู้เขียนบทความวิจัยที่ร่วมส่งบทความวิจัยในวารสารฉบับนี้ และต้องขอขอบคุณคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้ตรวจบทความในวารสารฉบับนี้ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าวารสารฉบับนี้จะ เป็นประโยชน์สำหรับผู้อ่านทุกท่าน

ฤทธิชัย พิลาไชย

บรรณาธิการ

“ข้อความที่ปรากฏในบทความแต่ละเรื่องในวารสารวิชาการเล่มนี้
ไม่ใช่ความคิดเห็นและความรับผิดชอบของคณะผู้จัดทำ บรรณาธิการ
กองบรรณาธิการ และมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรธานี
ซึ่งความรับผิดชอบด้านเนื้อหาและการตรวจร่างบทความ
แต่ละเรื่องเป็นของผู้เขียนแต่ละท่าน”

สารบัญ

บทความวิจัย

INDIUM SEGREGATION IN MBE GROWN GAAS/INGAAS/GAAS QUANTUM WELLS	1
<i>Aphirak Loykaew and Brian Francis Usher</i>	
REDUCING INVERSION PROCESSES OF POINT ADDITION TO SPEED UP ELLIPTIC CURVE CRYPTOGRAPHY	15
<i>Kritsanapong Somsuk</i>	
ผลของสารสกัดน้ำผึ้งจากดอกไม้ชนิดต่างๆ ต่อคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส	29
<i>ปิยธิดา สุดเสนาะ, พิทยา ใจคำ และ พิมพ์สิรี สุวรรณ</i>	
การเสริมคุณค่าทางโภชนาการโดยใช้ผงผักโขมในคุกกี้เนย	43
<i>จूरีมาศ ดีอำมาตย์, นฤมล บุญประสิทธิ์, ชุตติมา แยมขมสวน และ สุกัญญา ธัญอักษร</i>	
การพัฒนาระบบบันทึกเวลาเรียนด้วยอาร์เอฟไอดีและคิวอาร์โค้ด	53
<i>ฉัตรกาญจน์ นามวิเศษ และ ภูเบศร์ พิพิธรัฐการ</i>	
เทคนิคภาพถ่ายทางความร้อนและการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาอบไก่	67
<i>สัมพันธ์ ทองแดง และ บัญชา ล้ำเลิศ</i>	
ความเข้มข้นของผงฝุ่นคาร์บอนดำในบริเวณการเดินทางภายในเมืองโดยสองแถว และรถยนต์ส่วนบุคคล ในเขต อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี	81
<i>วินัย มีแสง</i>	
ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมทางกายและคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ ในจังหวัดอุดรธานี	97
<i>ธนมพร ทองลง</i>	
การประเมินความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุภายในโรงเรียน กรณีศึกษา: โรงเรียนเอกชนแห่งหนึ่ง เขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา	113
<i>ยุวดี บาคาล</i>	
การพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งและการคิดวิเคราะห์ จากการเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับ การใช้วิทยาศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบผสมผสานตามรูปแบบสมองเป็นฐานกับการเรียนแบบปกติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีเพศต่างกัน	133
<i>ยุพารมภ์ ภักดีชน, ชัยภัทร พลายบัว และ จีระพรรณ สุขศรีงาม</i>	

INDIUM SEGREGATION IN MBE GROWN GAAS/INGAAS/GAAS QUANTUM WELLS

Aphirak Loykaew* and Brian Francis Usher

Department of Physics, Faculty of Science, Udon Thani Rajabhat University

บทคัดย่อ

การใช้สารกึ่งตัวนำสถานะของแข็งที่ประกอบด้วยธาตุหมู่ 3 และหมู่ 5 สามารถใช้งานได้ดีในเทคโนโลยีการสร้างอุปกรณ์คลื่นไมโครเวฟความเร็วสูงและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสง ที่ผ่านมามีความพยายามที่จะตรวจวัดการแยกตัวของอินเดียมสู่พื้นผิวที่ตำแหน่งรอยต่อระหว่าง InGaAs/GaAs เพื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพที่รอยต่อดังกล่าว ซึ่งในการศึกษาที่ผ่านมานั้นยังไม่มีวิธีการใดที่เป็นวิธีการวัดการแยกตัวของอินเดียมโดยตรง อีกทั้งเมื่อมีการตีความที่ผิดของรูปแบบการกระจายตัวของปริมาณอินเดียมในระดับชั้นผลึกทำให้เกิดการผิดพลาดในการจำลองสมการทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายการแยกตัวของอินเดียมบนพื้นผิวผลึก การศึกษาในงานวิจัยนี้ทำการปลูกชั้นผลึกด้วยเครื่องปลูกผลึกด้วยลำโมเลกุล (Molecular Beam Epitaxy) และ เตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิคพิเศษเพื่อแปลงส่วนประกอบทางเคมีของชั้นผลึกตามความลึกไปยังพื้นผิวตามระยะแนวราบ และจากการตรวจวัดปริมาณอินเดียมโดยเครื่องใหม่ออฟฟิวด์แมสสเปกโตรเมตรีไอออนทุติยภูมิ พบว่าปริมาณอินเดียมแยกตัวที่วัดได้ในแต่ละตำแหน่งความลึกของชั้นผลึกนั้นขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ในการปลูกผลึกได้แก่ อุณหภูมิ สัดส่วนระหว่างปริมาณฟลักซ์ของ As_4 ต่อปริมาณฟลักซ์ของธาตุหมู่ 3 และ อัตราการปลูกผลึกซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณฟลักซ์ของธาตุหมู่ 3 จากการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายกลศาสตร์การปลูกผลึกด้วยสมการอัตราที่พิจารณาถึงพารามิเตอร์ในระหว่างการปลูกคืออุณหภูมิ สัดส่วนระหว่างปริมาณฟลักซ์ของ As_4 ต่อ ปริมาณฟลักซ์ของธาตุหมู่ 3 และ อัตราการปลูกผลึกโดยพิจารณากับผลที่ได้จากการทดลองและการตั้งสมมุติฐานที่โมเลกุล As_4 ชัดขวางการก่อตัวของธาตุหมู่ 3 เข้าสู่โครงสร้างผลึก พบว่าแบบจำลองนี้สามารถอธิบายปฏิกิริยาระหว่างธาตุหมู่ 3 และ ธาตุหมู่ 5 บนพื้นผิวผลึก

* ผู้ประสานงาน: อภิรักษ์ ลอยแก้ว

อีเมล: Apirak.Lo@udru.ac.th

ที่ปกคลุมด้วยแกเลียมและพื้นผิวผลึกที่ปกคลุมด้วยอาร์เซนิกในกระบวนการปลูกด้วยลำโมเลกุลได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: เครื่องปลูกผลึกด้วยลำโมเลกุล, สารกึ่งตัวนำชนิดธาตุหมู่ 3 และธาตุหมู่ 5, การแยกตัวของอินเดียม, เครื่องมือออฟโฟลท์-แมสสเปกโทรเมตรีไอออนทุติยภูมิ

Abstract

Solid state III-V semiconductor device technologies are well established for high speed microwave and optoelectronic devices. Many approaches have been taken to detect indium surface segregation at InGaAs/GaAs interfaces with the purpose of improving interface abruptness. Such studies are not straightforward and the experimental approaches of many of them misinterpreted indium profiles at the monolayer scale, producing unlikely surface segregation models. The present study employed molecular beam epitaxy (MBE) for layer growth and a novel sample preparation technique was devised which translated vertical chemical depth profiles into horizontal profiles. The use of Time of Flight Secondary Ion Mass Spectrometry (ToF-SIMS) then allowed vertical indium segregation to be observed and measured. Measured indium segregation profiles are found to depend on the primary growth conditions, substrate temperature, the As₄ to group III flux ratio and the group III growth rate. A rate equation model was developed that incorporates the primary growth parameters, As₄ flux rate, group III growth rate and substrate temperature, to model the growth process kinetically. This fits the experimental data, but only if As₄ molecules are assumed to play a site-blocking role that inhibits the chemical incorporation of the group III elements and indium. This model successfully explains the interaction of the group III and V species on gallium and arsenic terminated surfaces in the MBE growth process.

Keywords: MBE, III-V semiconductors, InGaAs/GaAs, Indium segregation, ToF-SIMS

Introduction

Indium segregation studies performed over the last 25 years mainly involved growing InGaAs on GaAs (100) substrates by MBE. Moison et al. (1989) studied the surface segregation of group III atoms in InAs, AlAs and ternary alloy heterostructures such as $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ and $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($x=0.2-0.7$) and found that the segregation energies of indium and gallium were in the range of 0.1-0.2 eV and that the segregation tendency followed the trend $\text{In} > \text{Ga} > \text{Al}$ with negligible aluminium segregation. Similar studies by Gérard et al. (1993), Gérard et al. (1995), Nagle et al. (1993), Zheng et al. (1994), Bosacchi et al. (1995), Yamaguchi et al. (1997), Martini et al. (2003) and Mishra et al. (2006), using a variety of physical techniques, produced results in broad agreement with these earliest studies. Since the surface segregation of indium is more obvious than that of gallium and aluminium, Muraki et al. (1992) measured indium segregation lengths in $\text{In}_{0.126}\text{Ga}_{0.874}\text{As}$ MQW structures grown on GaAs (100) substrates and proposed a simple model.

Most previous indium surface segregation studies have employed two main methods. They were (1) to compare indium compositions averaged over a layer of finite thickness with the indium composition in the surface and (2) to measure indium profiles at the bilayer scale. The latter is generally a more useful approach because the indium profiles can suggest the nature of the growth mechanism and the dependence of the indium segregation process on the growth conditions. Such indium profile studies require small sampling depths to minimize averaging effects which may be of the order of segregation lengths and can suggest that segregation is occurring even when it is not. It is therefore important that sampling depths associated with a technique should be measured experimentally.

The model of Muraki et al. is a phenomenological model which lacks physical detail and therefore has no predictive capacity and offers no insights

into how the segregation process might be inhibited or prevented. This is in contrast to the model developed here, which has a physical basis and accounts for the dependency of the segregation process on the growth conditions such as As_4 flux rate, group III flux rate and substrate temperature.

The novel sample preparation approach, sample characterization by High Resolution X-ray Diffraction and indium surface segregation measurements by static Time of Flight Secondary Ion Mass Spectrometry which were used here were developed to obtain Indium segregation profiles and have been reported previously (A. Loykaew et al. 2013). This paper proposes a new design of sample structure to provide indium segregation lengths as a function of a variety of growth conditions, presents a kinetic rate equation model to describe InGaAs segregation and describes a means of extracting Indium segregation lengths from experimental profiles for both rising and decaying indium edges.

Material and Method

A typical structure which was grown is shown in Fig. 1.

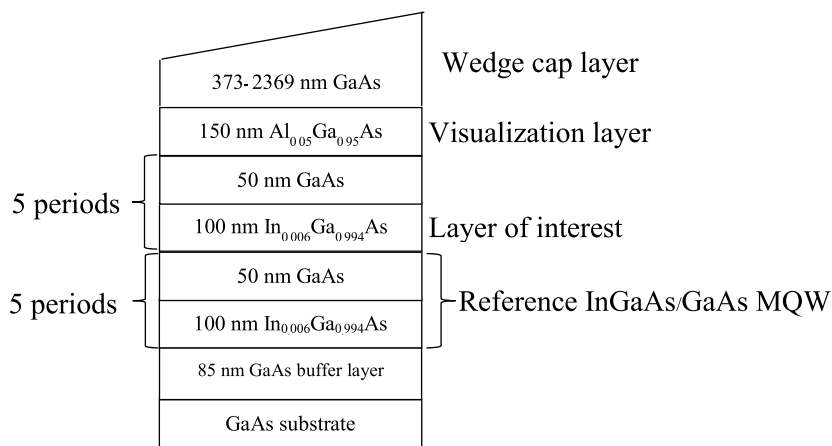


Fig. 1 Sample structure containing a reference InGaAs/GaAs MQW, five InGaAs layers of interest, a 150 nm AlGaAs visualisation layer and the GaAs wedge shaped cap layer.

InGaAs layers were grown with a range of combinations of group III growth rates, As₄ flux rates and substrate growth temperatures and these combinations are shown in table 1. The As₄ flux rates are specified by the multiplication factors which related fluxes to the minimum (optimum under normal circumstances) flux rate employed.

Table 1 The group III growth rates, As₄ flux multiplication factors and substrate growth temperatures used for the growth of the In_{0.006}Ga_{0.994}As layers of interest.

Indium Fraction x	Group III Growth Rates ($\mu\text{m}/\text{h}$)	As ₄ Flux Multiplication Factors	Substrate Temperatures ($^{\circ}\text{C}$)
0.006	0.20, 0.40, 0.6, 0.8 and 1.00	1, 2, 3, 4 and 5	440, 465, 490, 515 and 540

Table 1 lists the five multiple InGaAs layer samples that were subsequently grown and the conditions under which the InGaAs layers were grown in each of these five samples. The 5th sample which involved growth interruptions was not analysed in the present study. The rise and decay lengths of indium in the wells were measured across the transitions from GaAs to InGaAs and InGaAs to GaAs for the five layers using a ToF-SIMS instrument operating in static mode with a Bi⁺ primary ion total dose of less than 10^{13} ion.cm⁻² per pulse with typical pulse lengths of less than a few nanoseconds. Measurements were made by running across an 8 mm x 18 mm etched surface where the etched wedge profile cut through the multi quantum wells structure.

A Kinetic Rate Equations Describing InGaAs Growth by MBE Including Segregation As₄ processes – on an arsenic terminated surface

The equations which will be presented first relate to As₄ processes occurring on an arsenic terminated surface. Since the only process open to As₄ molecules arriving at a rate J_{As_4} is to thermally desorb with a temperature dependent time constant τ_{des,As_4}^V a rate equation describing the physisorbed As₄ population $\vartheta_{As_4}^V$ at steady-state is:

$$\frac{d\vartheta_{As_4}^V}{dt} = J_{As_4} - \frac{\vartheta_{As_4}^V}{\tau_{des,As_4}^V} = 0 \quad (1)$$

As₄ processes – on a group III terminated surface

On the group III surface the dominant As₄ process is the pairwise reaction and a rate equation to describe the physisorbed As₄ population $\vartheta_{As_4}^{III}$ is:

$$\frac{d\vartheta_{As_4}^{III}}{dt} = J_{As_4} - 2\sigma_1 D_{As_4} (\vartheta_{As_4}^{III})^2 - \frac{\vartheta_{As_4}^{III}}{\tau_{des,As_4}^{III}} \quad (2)$$

where consecutive terms on the RHS describe the arrival rate J_{As_4} of As₄ from the vacuum, the rate at which two As₄ molecules meet and participate in the pairwise reaction and the thermal desorption of As₄ molecules from the group III terminated surface. To explain some of the terms, σ_1 is a capture number, D_{As_4} is the diffusion constant of an As₄ molecule in the physisorbed state on a group III surface and τ_{des,As_4}^{III} is a time constant associated with the thermal desorption of an As₄ molecule from a group III surface. It is assumed that the two As₂ molecules produced by the pair-wise reaction immediately chemisorb and the time constant for As₄ desorption is assumed different on a group III surface than on an arsenic terminated surface. The time constant is large enough that the desorption rate is negligible.

As₄ sticking coefficient

As₄ sticking coefficients will depend on the rate at which As₄ desorbs from arsenic terminated surfaces and the rate of the pairwise reaction on group III terminated surfaces. The net incorporation rate of arsenic can be found by summing the incorporation rate due to the pairwise reaction on group III terminated surfaces and the loss due to segregation and subsequent thermal desorption of As₂ molecules from arsenic terminated surfaces. If the fraction of the surface that is group III terminated is designated as θ_{III} then the net incorporation rate can be found by scaling the incorporation or loss processes according to the group III or arsenic surface fractions. The net rate of incorporation I_{As} of arsenic across a surface of mixed terminations is then given by:

$$I_{As} = 4\sigma_1 D_{As_4} (\vartheta_{As_4}^{III})^2 \theta_{III} - \frac{2(1-\theta_{III})N_o}{\tau_{seg,As_2}} \quad (3)$$

Gallium and indium processes

An understanding of the nature of the arsenic terminated surface is required to appreciate the group III kinetics which are relevant to the indium segregation process during growth. For this surface it is assumed that arriving gallium atoms chemisorb with a short time constant $\tau_{Ga,chem}$, the physisorbed gallium population ϑ_{Ga}^V on an arsenic terminated surface is therefore:

$$\frac{d\vartheta_{Ga}^V}{dt} = J_{Ga} - \frac{\vartheta_{Ga}^V (1-F_{As_4})}{\tau_{chem,Ga}} \quad (4)$$

where J_{Ga} is the gallium flux arrival rate and the second term describes the rate of chemisorption of gallium atoms with a time constant $\tau_{chem,Ga}$. F_{As_4} is a physisorbed As₄ blocking factor expressed as the fraction of potential group III bonding sites that are covered by physisorbed As₄ molecules. This factor can be written as:

$$\vartheta_{In}(0) = \frac{J_{In}\tau_{chem,In}}{1-F_{As_4}} \left(1 + \frac{N_0}{(J_{In}+J_{Ga})\tau_{seg,In}} \right) = \frac{k_1}{k_2} \left(1 + \frac{k_3}{k_4} \right) \quad (5)$$

and $\theta_{In}(0) = \gamma_1 x_0 = \frac{k_1}{k_4}$. (6)

Rising edge

The rising edge equation can be approximated by:

$$\frac{x(t)}{x_0} \cong \{1 + \gamma e^{-\alpha_2 t}\} \quad (7)$$

where:

$$\gamma = \frac{-\alpha_3}{\sqrt{(k_2+k_3+k_4)^2 - 4k_2k_4}} \quad (8)$$

The strongest effect in equation (7) comes from the exponential factor $e^{-\alpha_2 t}$ with γ playing a lesser role in achieving a fit between this approximation and the experimentally observed profiles. γ was therefore initially free to be a fitting parameter less than -1 and following analysis of each of the three sets of experimental data which will yield values for all the k parameters in equation (8), an improved value of γ will be obtained and used in an iterative process to see if the values for α_2 can be improved upon.

Falling edge

The slow root α_4 dominates other than during an initial transient due to the fast root and so falling edge equation can be approximated by:

$$\frac{x}{x_0} = \delta e^{-\alpha_4 t} \quad (9)$$

where:

$$\delta = \frac{\alpha_4 - \gamma_1}{\alpha_4 - \alpha_5} \quad (10)$$

The pre-exponential δ was found to be restricted to values greater than 1 and as for the rising edge data δ was initially free to be a fitting parameter and following analysis of each of the three sets of experimental data, an

improved value of δ will be obtained and used in an iterative process to see if the values obtained for α_4 can be improved upon.

Results and Discussion

Extracting α values from experimental profiles

Figure 2 in which indium mole fraction in $\text{In}_{0.006}\text{Ga}_{0.994}\text{As}$ is plotted against depth in bilayer shows an example of the ToF-SIMS data obtained from one of five QWs in a sample designed to measure the effect of As_4 flux rate on the indium segregation process. The declining indium signal at the far left of the plot is from another QW presented in the same sample and it is clear that indium levels have declined to background levels before commencement of the rising edge of the QW which is featured in the plot. The background indium level had already been normalized to zero and the QW was thick enough that the indium signal had plateaued before measurements were stopped. Equation (7) could be compared with the experimental profile and the parameters γ and α_2 adjusted to obtain a fit which was matched at the upper end to the plateau. The fitting of the exponential to the data was guided by a least-squares criteria applied over the upper 70% of the transition part of the data, corresponding to the red exponential curve shown in figure 2. A similar procedure was used to obtain the slow root exponent factor α_4 from the falling edge data by matching equation (9) to the experimental data by adjusting the parameters δ and α_4 and the bilayer position at which the exponential should commence.

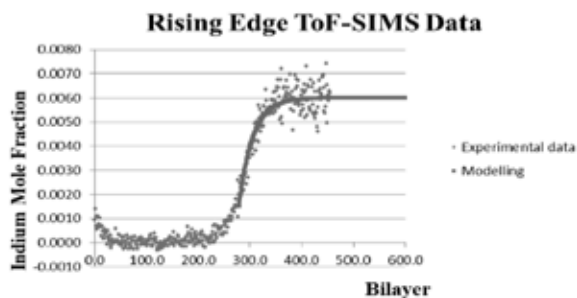


Fig. 2 ToF-SIMS data for a sample which was one of a set measuring the effect of variations in As_4 flux rates on indium segregation lengths.

Multiples of this minimum As_4 flux rate were obtained experimentally using beam equivalent pressure measurements performed to determine the relationship between arsenic furnace temperature and As_4 flux rates. The α_2 and α_4 data is also shown plotted in figure 3 from which, despite considerable scatter in the data, the trends in the two data sets are the same.

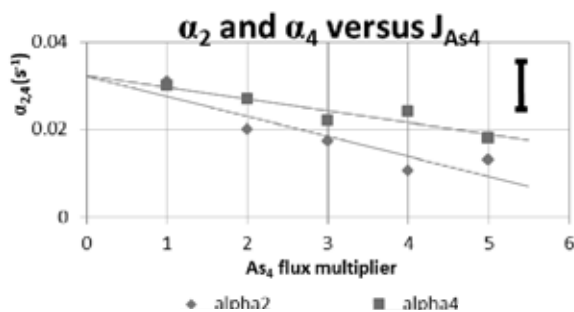


Fig. 3 Plots of α_2 and α_4 versus As_4 flux multiplier. The error bar associated with these measurements is shown in the top right corner of the figure.

A role for physisorbed As_4 in blocking the incorporation of the group III elements before they even have a chance of being more rapidly locked into the lattice by the faster chemisorption of an overlaying arsenic surface.

Identification of the As_4 site blocking role has successfully explained the observed data and was the only process that was found to give this agreement.

Following a similar procedure as was used to analyse the As_4 flux rate the indium profiles across QWs grown at different substrate growth temperatures and different Gallium flux rates were fitted with exponential functions and the values of α_2 and α_4 obtained are plotted as a function of temperature and Gallium flux in figure 4 and figure 5, respectively.

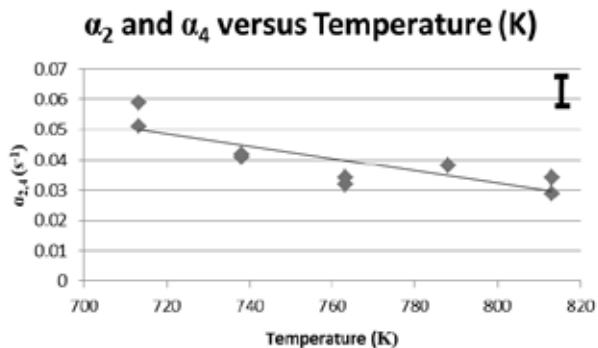


Fig. 4 α_2 and α_4 values plotted as a function of substrate growth temperature (K). The linear trend line is an aid to the eye. The error bar associated with these measurements is shown in the top right corner of the figure.

Most surface processes occurring in MBE growth and similar material systems are thermally activated therefore higher temperature provides more energy to arsenic atom to segregate back to physisorbed state.

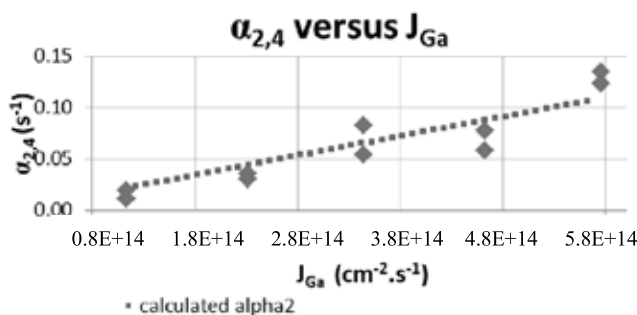


Fig. 5 α_2 and α_4 values plotted as a function of Gallium flux J_{Ga}

The main feature of the experimental group III growth rate data that required explanation was the decrease in indium segregation lengths (increases in α) with increasing growth rates. This behaviour was expected because higher growth rates should result in growth of the next bilayer locking in the indium atoms in the surface, thereby inhibiting the segregation process.

The segregation model was developed to explain the main experimental outcomes of the indium segregation measurements which had been made. These were that (i) an indium segregation process was clearly detected using the experimental approach described in experiment, (ii) indium segregation was more likely at higher substrate temperatures, (iii) indium segregation was suppressed at higher group III growth rates and (iv) indium segregation increased with increasing As_4 to group III flux ratios. The model has similarities with other segregation models although the approach taken to treat group III and group V terminated areas of the surface separately and to formulate different sets of rate equations on each of the surfaces was novel. This approach had the significant benefit that analytical solutions to the rate equations were readily obtained, avoiding the necessity to perform numerical integrations. One of the most important differences between this and other segregation models has been to include an As_4 site-blocking role, which inhibits the chemical

incorporation of the group III elements gallium and indium alike on a group V terminated surface.

Conclusions

The use of a kinetic rate equation approach with separate equations for each of the surface terminations was a novel approach and fortunately yielded analytical solutions to all experimental observables of interest. The indium segregation was more likely at higher substrate temperatures and higher As_4 to group III flux ratios due to As_4 site blocking role and thermal activation. On the other hand, indium segregation was suppressed at higher group III growth rates because growth of the next bilayer locks the indium into the crystal structure.

References

- Bosacchi, A., Colonna, F., Franchi, S., Pascarella, P., Allegri, P., & Avanzini, V. (1995). Indium surface segregation in InGaAs-based structures prepared by molecular beam epitaxy and atomic layer molecular beam epitaxy. *Crystal Growth*, *150*, 185-189.
- Foxon, C. T., & Joyce, B. A. (1975). Interaction kinetics of As_4 and Ga on {100} GaAs surfaces using a modulated molecular beam technique. *Surface Science*, *50*, 434-450.
- Gérard, J. M., d'Anterrosches, C., & Marzin, J. Y. (1993). Monolayer scale study of segregation effects in InAs/GaAs heterostructures. *Journal of crystal growth*, *127*(1), 536-540.
- Gérard, J. M., & d'Anterrosches, C. (1995). Growth of InGaAs/GaAs heterostructures with abrupt interfaces on the monolayer scale. *Journal of crystal growth*, *150*, 467-472.
- Loykaew, A., Usher, B. F., Jones, R. T., & Pigram, P. J. (2013). A Novel Sample Structure for the Measurement of Indium Segregation Profiles in GaAs/

- InGaAs/GaAs Heterostructures. *International Journal of Applied Physics and Mathematics*, *3*(3), 191-197.
- Martini, S., Quivy, A. A., da Silva, M. J., Lamas, T. E., da Silva, E. C. F., Leite, J. R., & Abramof, E. (2003). Ex-situ investigation of indium segregation in InGaAs/GaAs quantum wells using high-resolution x-ray diffraction. *Journal of applied physics*, *94*(11), 7052-7050 .
- Mishra, P., Ramesh, V., Srinivasan, T., Singh, S. N., Goyal, A., Sharma, R. K., & Muralidharan, R. (2006). Observation of indium segregation effects in structural and optical properties of pseudomorphic HEMT structures, *Semiconductor science and technology*, *21*(2), 131.
- Moison, J. M., Guille, C., Houzay, F., Barthe, F., & Van Rompay, M. (1989). Surface segregation of third-column atoms in group III-V arsenide compounds: Ternary alloys and heterostructures. *Physical Review B*, *40*(9), 6149-6162.
- Muraki, K., Fukatsu, S., Shiraki, Y., & Ito, R. (1992). Surface segregation of In atoms during molecular beam epitaxy and its influence on the energy levels in InGaAs/GaAs quantum wells. *Applied Physics Letters*, *61*, 557-559.
- Nagle, J., Landesman, J. P., Larive, M., Mottet, C., & Bois, P. (1993). Indium surface segregation in strained GaInAs quantum wells grown on GaAs by MBE. *Journal of crystal growth*, *127*(1), 550-554.
- Yamaguchi, K., Okada, T., & Hiwatashi, F. (1997). Analysis of indium surface segregation in molecular beam epitaxy of InGaAs/GaAs quantum wells. *Applied surface science*, *117*, 700-704.
- Zheng, J. F., Walker, J. D., Salmeron, M. B., & Weber, E. R. (1994). Interface segregation and clustering in strained-layer InGaAs/GaAs heterostructures studied by cross-sectional scanning tunneling microscopy. *Physical review letters*, *72*(15), 2414-2421.

REDUCING INVERSION PROCESSES OF POINT ADDITION TO SPEED UP ELLIPTIC CURVE CRYPTOGRAPHY

Kritsanapong Somsuk^{*}

Department of Computer and Communication Engineering, Faculty of Technology,
Udon Thani Rajabhat University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการปรับปรุงขั้นตอนวิธีสำหรับระบบพิกัดสัมพรรคเพื่อเพิ่มความเร็วกะบวนการเข้ารหัสลับและถอดรหัสลับบนวิธยการรหัสลับเส้นโค้งเชิงวงรี โดยการผกผัน กำลังสอง และการคูณคือกระบวนการหลักสำหรับทั้งการบวกของจุด และการเพิ่มเป็นสองเท่าของจุด จากทั้งสามวิธีพบว่าการผกผันใช้ทรัพยากรการคำนวณสูงที่สุด จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องการคำนวณหา $8P$ เมื่อ P ถูกแทนจุดที่อยู่บนเส้นโค้ง จำเป็นต้องคำนวณการผกผันถึงสองครั้ง ในทางกลับกันขั้นตอนวิธีที่นำเสนอจำเป็นต้องคำนวณการผกผันเพียงหนึ่งครั้งเพื่อคำนวณหา $8P$ จากผลการทดลองพบว่าขั้นตอนวิธีที่นำเสนอสามารถคำนวณหา $8P$ ได้เร็วกว่าวิธีที่เปรียบเทียบ (วิธีที่เปรียบเทียบคือคำนวณหา $2(4P)$) โดยขั้นตอนวิธีที่นำเสนอเหมาะสำหรับการคำนวณหา $R = kP$ เมื่อ $k = 8^i + j$ และ j คือจำนวนเต็มที่มีขนาดเล็ก นอกเหนือจากนั้นสามารถนำขั้นตอนวิธีที่นำเสนอไปประยุกต์ใช้ร่วมกับขั้นตอนวิธีไตรภาค/ทวิภาคซึ่งเป็นขั้นตอนวิธีที่ปรับปรุงจากการคูณของจุดเพื่อเร่งความเร็ววิธยการรหัสลับเส้นโค้งเชิงวงรี

คำสำคัญ: วิธยการรหัสลับเส้นโค้งเชิงวงรี, การบวกของจุด, การเพิ่มเป็นสองเท่าของจุด การผกผัน, เวลาการคำนวณ

^{*} ผู้ประสานงาน: กฤษณพงศ์ สมสุข

อีเมล: Kritsanapong@udru.ac.th

Abstract

In this paper, a modified algorithm for an affine coordinate system is proposed to speed up encryption and decryption processes in elliptic curve cryptography (ECC). In fact, inversion, squaring and multiplication are the main processes for both point addition and point doubling. For three different processes, the inversion process has the highest cost. In the related works, to find $8P$ where P is represented as a point on curve, at least two inversion processes are needed to perform this task. On the other hand, the proposed method requires only one inversion process to compute $8P$. The experimental results show that the proposed method can perform the process faster than $2(4P)$ method. In general, the method is suitable for computing $R = kP$, where $k = 8^i + j$ and j is a small integer. Moreover, the proposed method also can be chosen to apply with Ternary/Binary Approach which is an improved point multiplication method to speed up ECC.

Keywords: Elliptic Curve Cryptography (ECC), point addition, point doubling, inversion, Computation Time.

Introduction

Nowadays, Communication technology is grown very fast and users can communicate each other very easy. Because, the communication channel is insecure, the private message may be trapped during transferring via the channel. Therefore, protecting the secret information becomes a major issue. Cryptography used to protect information by using encryption and decryption process is one of security techniques. In deep, there are two types of cryptography, symmetric key cryptography and asymmetric key cryptography. Symmetric key cryptography is the fast method when it is compared with the other. However, the problem is about the way to exchange the secret key between sender and

receiver. In 1976, W. Diffie and M.E. Hellman (Diffie & Hellman, 1976) proposed the other cryptography, called asymmetric key cryptography (or public key cryptography). The main idea is about using two different keys. One which is disclosed to everyone is called public key and the other corresponding key which is kept secretly is called private key. With two different keys, public key cryptography can be chosen to solve the key exchanging problem. RSA is the best-well known public key algorithm proposed in 1978 (Rivest et al., 1978). This method is based on integer factorization. Although it is very difficult to break RSA, bits length for RSA should be at least 1024 bits. In 1980, Elliptic curve cryptography (ECC) (Koblitz, 1987) and (Miller, 1985) which is another public key cryptography was presented. The advantage of this method is security level which is very close to RSA, although bits length of ECC is very smaller than RSA. For example, (Prasana & Reddy, 2017) 160 bits length of ECC has the same security level with 1024 bit lengths of RSA. Therefore, ECC is well suitable with devices which have limited storages and low processing power such as smart phone. Furthermore, ECC can be applied with three different tasks, data encryption, digital signature and key agreement protocol (Elbirt, 2009).

Additionally, point addition and point doubling are the main processes to compute point multiplication: $Q = kP$, where P and Q are represented as the points on curve and k is integer. In fact, many techniques were proposed to speed up point multiplication such as binary method (Amara & Said, 2011) to compute $Q = kP$ by converting k as binary base for scanning bits of k from left to right or right to left and non-adjacent form (NAF) which is the signed binary representation having lower hamming weight in comparison to binary method (Karthikeyan, 2012).

Assuming, P is the generator point to find $Q = 8P$, usually three sequence point doublings are required, $Q = (2(2(2P)))$. First, $2P = P + P$ is performed to find $4P = 2P + 2P$. Then, the last is the process to find $8P = 4P + 4P$. That

means, three inversion processes are included for the computation. In fact, inverse computing is the highest cost in comparison to squaring and multiplication computing. In 2006, the improved process for affine coordinate system to find $4P$ requiring only one inversion process was proposed (Ciet et al., 2006). Thus, the process to find $8P = 2(4P)$ requires two inversions, one is for $4P$ and the other is for point doubling.

In this paper, the new technique to reduce inversion processes of point addition to speed up $8P$ is introduced. The proposed algorithm requiring only one inversion process is modified from the process to find $4P$ in (Ciet et al., 2006). In fact, assuming j is represented as small integer, the proposed method suits for $Q = kP$ when $k = 8^i + j$. Furthermore, the method can be chosen to speed up point multiplication process because the inversion process is reduced.

Related Works

Elliptic Curve Cryptography

ECC is one of public key cryptography proposed by Miller and Koblitz. This method has very high security level although bits length is small. Therefore, it is suitable for communication devices which have limited storages and low processing power. In fact, ECC can be applied with several sets such as real number field, prime field (\mathbb{F}_p), p is prime number, and binary field. However, only prime field is focused in this paper. The equation of ECC over prime field is as following:

$$y^2 = x^3 + ax + b \pmod{p} \quad (1)$$

Where a and b are the constants with

$$4a^3 + 27b^2 \neq 0 \pmod{p} \quad (2)$$

In general, addition between two points on curve is the main core. Assuming $P = (x_1, y_1)$ and $Q = (x_2, y_2)$ are represented as points on the curve. It is divided as two parts, point addition and point doubling as follow:

Point addition: ($P \neq Q$), $R = (x_3, y_3) = P + Q$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (3)$$

$$x_3 = m^2 - x_2 - x_1 \text{ mod } p \quad (4)$$

$$y_3 = m(x_1 - x_3) - y_1 \text{ mod } p \quad (5)$$

From (3) – (5), performing a point addition takes 1 inversion, 1 squaring and 1 multiplication.

Point doubling: ($P = Q$), $T = (x_4, y_4) = P + P$

$$m = \frac{3x_1^2 + a}{2y_1} \quad (6)$$

$$x_4 = m^2 - 2x_1 \text{ mod } p \quad (7)$$

$$y_4 = m(x_1 - x_4) - y_1 \text{ mod } p \quad (8)$$

From (6) – (8), performing a point doubling takes 1 Inversion, 2 squarings and 1 multiplication.

Improving point addition and point doubling

Recently, many researchers improved the equation in both of point addition and point doubling to reduce computation time. Assigning I, S and M are represented as inversion, squaring and multiplication, in order.

In 2003, the modified equation to compute $2P + Q$ (Eisentrager et al., 2003) was proposed by leaving some process to compute y . Generally, it usually takes 2I, 2S and 2M when the process is begun with $R = P + Q$ and is followed by $R + P = 2P + Q$, two point additions are included. Then, it becomes

taking $2I$, $3S$ and $2M$ whenever $2P$ is calculated before computing $2P + Q$. However, the modified equation takes only $2I$, $3S$ and $1M$.

Ciet et al. (2006) proposed the improved equations to reduce modular inversion. Although, processes of modular multiplication are increased, one inversion process is more expensive than many multiplications. In addition, the improved equation to find $2P + Q$, $3P$, $3P + Q$ and $4P$ were also introduced in that time. In fact, $4P$ takes $1I$, $9S$ and $9M$.

Moreover, the improved approach which is called Ternary/Binary Approach was proposed to speed up point multiplication. A recursive function is included in the process. However, k is divided by 6 whenever the function is recalled. Assuming $r = k \bmod 6$, the result is distinguished as 4 cases as follows:

Case 1: $r = 0$ or 3 , Return $3\left(\frac{k}{3}\right)P$

Case 2: $r = 2$ or 4 , Return $2\left(\frac{k}{2}\right)P$

Case 3: $r = 1$,

$$l = \frac{k-1}{6}$$

Return $2((3l)P) + P$

Case 4: $r = 5$

$$l = \frac{k+1}{6}$$

Return $2((3l)P) + P$

Algorithm: $4P$

Input: $P = (x_p, y_p)$

1. $A_1 = x_p$
2. $B_1 = 3x_p^2 + a$ S
3. $C_1 = y_p$
4. $A_2 = 2B_1^2 - 8A_1C_1^2$ SSM

5. $B_2 = 3xA_2^2 + 16aC_1^4$ SSM
6. $C_2 = B_1(4A_1C_1^2 - A_2) - 8C_1^4$ M
7. $A_3 = B_2^2 - 8A_2C_1^2$ SSM
8. $C_3 = B_2(4A_2C_2^2 - A_3) - 8C_2^4$ SM
9. IF $C_1C_2 = 0$ then
10. Return \emptyset
11. End IF
12. $l = (4C_1C_2)^{-1}$ MI
13. $x_q = A_3l^2$ SM
14. $y_q = C_3l^3$ MM

Output: $Q = (x_q, y_q)$

Furthermore, in 2011, the method (Li & Feng, 2011) to reduce inversion process to find $3P+Q$ was introduced. Usually to find $3P+Q$, three processes of point additions and point doublings are required, thus $3l$ must be also computed. For Li & Feng's method, although more multiplications and squarings are required, only one inversion is implemented, it takes only $1l$, $3S$ and $16M$ to compute $3P+Q$.

The Proposed Method

The aim of this research is to propose the new process to find $8P$ by reducing the inversion process. In fact, the proposed method is suitable for some point multiplications which have to compute continuously point doublings at least three times. In general, $4P$ using (Eisentrager et al., 2003) and point doubling are required, in order. Therefore, $2l$, $11S$ and $11M$ must be executed. However, only 1 inversion will be required to calculate $8P$ for the proposed method. Assuming $Q = (x_q, y_q) = 4P$, $R = (x_r, y_r) = 8P$, it implies that

$$\begin{aligned}
 M &= \frac{3x_q^2 + a}{2y_q} \\
 &= \frac{3x_q^2 + a}{2(C_3)^3} \\
 &= \frac{3x_q^2 + a}{(2C_3)^3} \\
 &= (3x_p^2 + a)(2C_3)^{-1}(I^3)^{-1} \\
 &= (3x_p^2 + a)(2C_3)^{-1}(I^1)^3
 \end{aligned}$$

Because, $I = (4C_1C_2)^{-1}$, then $(4C_1C_2) = I^{-1}$. Thus, it implies that

$$m = (3x_p^2 + a)(2C_3)^{-1}(4C_1C_2)^3$$

Assigning the values of $A_1, B_1, C_1, A_2, B_2, C_2, A_3$ and C_3 for the proposed method are similar to all of them which are during step 1 to step 11 in algorithm 4P. Therefore, the remaining steps to find 8P are as following:

Algorithm: The proposed method (8P)

Input: $P = (x_p, y_p)$

- | | |
|---|-----|
| 1. $H = 4C_1C_2$ | M |
| 2. $J = 2C_3$ | |
| 3. $I = (HJ)^{-1}$ | IM |
| 4. $I_1 = I, \quad (I_1 = (4C_1C_2)^{-1})$ | M |
| 5. $I_2 = IH^4, \quad (I_2 = (2C^3)^{-1}H^3)$ | MSS |
| 6. $x_q = A_3I_1^2$ | SM |
| 7. $y_q = C_3I_1^3$ | MM |
| 8. $K = (3x_p^2 + a)$ | S |
| 9. $L = KI_2$ | M |
| 10. $x_r = L^2 - 2x_q$ | S |
| 11. $y_r = L(x_q - x_p) - y_q$ | M |

Output: $R = (x_r, y_r) = 8P$

In fact, the computation costs in the remaining steps are 1I, 5S and 9M. Therefore, the total costs are 1I, 13S and 14M when they are combined with the other parts during step 1 to step 11 in algorithm 4P.

Example: Assigning $P = (31, 5)$ is the point on curve: $y^2 = x^3 + 29x + 3 \pmod{41}$, finding $R = 8P$ using the proposed method

Sol: From steps 1 – 11 of algorithm 4P, $A_1 = 31$, $B_1 = 1$, $C_1 = 5$, $A_2 = 33$, $B_2 = 35$, $C_2 = 35$, $A_3 = 3$ and $C_3 = 6$

Therefore, the process to find $8P$ using the proposed method can be performed as follows:

1. $H = 4*5*35 \pmod{41} = 3$
2. $J = 2*6 \pmod{41} = 12$
3. $I = (3*12)-1 \pmod{41} = 8$
4. $I_1 = 8*12 \pmod{41} = 14$
5. $I_2 = 8*34 \pmod{41} = 33$
6. $x_q = 3*142 \pmod{41} = 14$
7. $y_q = 6*143 \pmod{41} = 23$
8. $K = (3*142 + 29) \pmod{41} = 2$
9. $L = 2*33 \pmod{41} = 25$
10. $x_r = 252 - 2(14) \pmod{41} = 23$
11. $y_r = 25(14 - 23) - 23 \pmod{41} = 39$

Therefore, $R = (23, 39)$ is the result point requiring only one inversion process.

In fact, assume $i, j \in \mathbb{Z}$ and j is a small integer, the proposed method is suitable for the following equation: $Q = kP$, where $k = 8^i + j$, because,

$$8^i * P = \underbrace{(8(8(\dots(8P))))}_{i}$$

Experimental Result

In this section, the proposed method ($8P$) is chosen to compare about the speed to finish the process $8P$ with the compared method using $2(4P)$. 160 bits length of ECC is selected for the implementation. In addition, number of times to compute $8P$ are during 1000 -10000. However, Java Language and BigInteger Class (Deligiannidis, 2015) are selected to implement the proposed method and the compared one. In order to control the same settings, all experiments were conducted on 2.20 GHz an Intel® Core i7 with 4 GB memory.

The experimental results show that the proposed method can finish k loops of $8P$ faster than the compared method. Furthermore, the average computation time is decreased about 11%. In fact, if the compared method is chosen to find $8P$, then the total costs which are for $4P$ and point doubling are 2I, 11S and 11M. However, the proposed method takes only 1I, 13S and 14M. Although, both of squaring and multiplication processes of the proposed method are larger than the compared technique. The costs are only a little in comparison to the cost of inversion process.

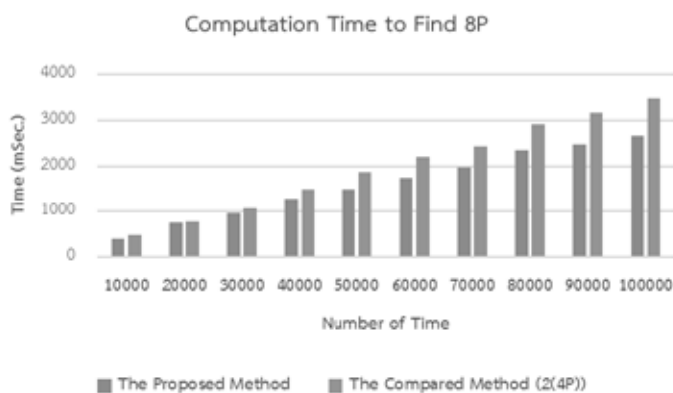


Fig. 1 Computation Time to find $8P$ by using The Proposed Method and Compared Method

Furthermore, the proposed method can be chosen to combine with Ternary/Binary Approach to speed up the process. In fact, some inversion processes can be removed whenever at least three points doubling are performed continuously.

For example, assuming k is equal to 52360, the beginning process to find kP by using Ternary/Binary Approach is as follows:

$$\text{Step 1: } (52360 \bmod 6 = 4), 52360 = 2(26180)P$$

$$\text{Step 2: } (26180 \bmod 6 = 2), 26180 = 2(13090)P$$

$$\text{Step 3: } (13090 \bmod 6 = 4), 13090 = 2(6545)P$$

In fact, for the first three steps to find $52360P$ by using Ternary/Binary Approach, three points doubling are required continuously. Therefore, if the proposed method is combined with Ternary/Binary Approach, then three points doubling can be replaced by the proposed method as follows:

$$52360 = 8(6545)P$$

Therefore, only one step is required instead of three points doubling.

Conclusion

In this research, the modified equation of affine coordinate system to speed up $8P$ is introduced. The key is to reduce the inversion process, although both of squaring and multiplication processes are a little increased. The reason is that inversion process takes very expensive cost when it is compared with squaring and multiplication processes. In fact, number of squarings and multiplications are larger than the compared method ($2(4P)$) about 2 and 3 processes, respectively. In addition, the experimental results show that the proposed method can finish process faster than the compared method. In deep, ECC is more suitable than RSA to be chosen to apply with low power and

limited communication devices, because it uses only small key length with high security level.

References

- Diffie, W., & Hellman, M. E. (1976). *New directions in cryptography*, IEEE Transactions on Information Theory, vol. 22, pp. 644–654.
- Rivest, R. L., Shamir, A., & Adleman, L. (1978). “*A method for obtaining digital signatures and public key cryptosystems*”, Communications of ACM, vol. 21, pp. 120 – 126.
- Koblitz, N. (1987). *Elliptic Curve Cryptosystems*. Mathematics of Computation, vol.48, pp. 203-209.
- Miller, V. S. (1985). *Use of Elliptic Curves in Cryptography, Advances in Cryptology*”. Proceedings of CRYPTO85, LNCS-218, pp. 417-426.
- Prasana, Y. L., & Reddy, E. M. (2017). *A Theoretical Study of Elliptic Curve Cryptography for Location Based Services*, Proceeding of 7th International Conference on Big Data Analytics and Computational Intelligenc, Chirala, India. pp.404-407.
- Elbirt, A. J. (2009). *Under Standing and Applying Cryptography and Data Security*. USA: Auer-bach Publications.
- Amara, M., & Said, A. (2011). *Elliptic Curve Cryptography and Its Applications*, Proceeding of 7th International Workshop on Systems, Signal Processing and their Applications, Tipaza, Algeria. pp. 247-250.
- Karthikeyan, E. (2012). Survey of Elliptic Curve Scalar Multiplication Algorithms, *Int. J. Advanced Networking and Applications*, 4, 1581 – 1590.
- Ciet, M., Joye, M., Lauter, K., & Montgomery, P. L. (2006). *Trading Inversions for Multiplications in Elliptic Curve Cryptography, Designs, Codes and Cryptography*, vol. 39, 189-206.

- Eisentrager, K., Lauter, K., & Montgomery, P. L. (2003). *Fast Elliptic Curve Arithmetic and Improved Weil Pairing Evaluation*, Lecture Notes in Computer Science, vol.2612, pp. 343-354.
- Li, Y., & Feng, L. (2011). *Overview of Scalar Multiplication in Elliptic Curve Cryptography*. Proceedings of International Conference on Computer Science and Network Technology, pp. 2670 – 2673, Harbin, China.
- Deligiannidis, L. (2015). *Elliptic curve cryptography in Java*. Proceedings of International Conference on Intelligence and Security Informatics, pp. 193 – 193, MD, USA.

ผลของสารสกัดน้ำผึ้งจากดอกไม้ชนิดต่าง ๆ ต่อคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ
และฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส

EFFECT OF DIFFERENT FLORAL HONEY EXTRACTS ON ANTIOXIDANT
PROPERTIES AND α -AMYLASE INHIBITION ACTIVITY

ปิยธิดา สุตเสนาะ¹, พิทยา ใจคำ^{1,*} และ พิมพัสรี สุวรรณ²

Piyatida Sudsanor¹, Pittaya Chaikham^{1,*} and Pimsiree Suwan²

¹ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

² สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญบางชนิด (กรดแอสคอร์บิก และ/หรือสารประกอบพอลิฟีนอล) และกิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระ (วิธี DPPH, FRAP และ ABTS⁺) ในน้ำผึ้ง และสารสกัดน้ำผึ้งดอกลำไย ดอกลิ้นจี่ และดอกไม้ป่า นอกจากนี้ยังได้ศึกษาฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสอีกด้วย โดยพบว่า น้ำผึ้งดอกลำไย มีปริมาณกรดแอสคอร์บิก สารประกอบพอลิฟีนอลทุกชนิด และค่า DPPH inhibition มากกว่าน้ำผึ้งดอกลิ้นจี่ และน้ำผึ้งดอกไม้ป่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ตัวอย่างน้ำผึ้งทั้งสามชนิดมีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ ค่า FRAP และฤทธิ์การยับยั้ง ABTS⁺ ที่ไม่แตกต่างกัน โดยปริมาณสารสำคัญ และประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของ สารสกัดจากน้ำผึ้งทั้งสามชนิดที่ตรวจพบมีระดับที่สอดคล้องกับน้ำผึ้งตัวอย่าง สารสกัดจาก น้ำผึ้งดอกลำไย และน้ำผึ้งดอกไม้ป่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ไม่แตกต่างกัน และมีความมากกว่าสารสกัดจากน้ำผึ้งดอกลิ้นจี่อย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นสรุปได้ว่า สารประกอบพอลิฟีนอลที่สกัดได้จากน้ำผึ้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในน้ำผึ้งดอกลำไยและน้ำผึ้ง

* ผู้ประสานงาน: พิทยา ใจคำ

อีเมล: pittaya.chaikham@gmail.com

ดอกไม้ป่ามีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสได้

คำสำคัญ: น้ำผึ้ง, ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ, การยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส

Abstract

This research aimed to investigate the quantities of bioactive components (ascorbic acid and polyphenol compounds) and antioxidant activities (DPPH, FRAP and ABTS⁺ assays) in honeys from longan, lychee and wild flowers and their extracts. The degree of α -amylase inhibition of the extracts was also determined. In this study, longan honey had a significantly higher ascorbic acid content, total phenolic compounds and DPPH inhibition than those of lychee and wild flower honeys. However, no significant differences in levels of total flavonoids, FRAP and ABTS⁺ inhibition values were observed among honey samples. The amounts of bioactive compounds and antioxidant capacities of the three honey extracts appeared to be similar to the honey samples. The difference in α -amylase inhibition capacity of longan and wild flower honey extracts was not significantly different. However, they were higher than that of lychee honey extract. Therefore, it can be concluded that extracted polyphenol compounds from longan and wild flower honeys displayed better antioxidative properties and greater α -amylase activity.

Keywords: Honey, Antioxidant capacity, α -amylase inhibition

บทนำ

น้ำผึ้ง หมายถึง ของเหลวรสหวานซึ่งผึ้งผลิตขึ้นจากน้ำหวานของดอกไม้หรือจาก ส่วนใดส่วนหนึ่งของพืชที่ผึ้งนำมาสะสมไว้ในรวงผึ้ง ผ่านขั้นตอนทางธรรมชาติของผึ้งจนได้ เป็นน้ำหวานที่มีความหอมหวาน ลักษณะเหนียวข้นหนืด และมีสีเหลืองอ่อนถึงสีน้ำตาลเข้ม (Chaikham et al., 2016) น้ำผึ้งถือว่าเป็นสินค้าเกษตรจากสัตว์ที่มีความสำคัญทาง เศรษฐกิจของไทย เนื่องจากมีราคาที่สูงกว่า ค่อนข้างสูง คุณภาพด้านต่าง ๆ ตามมาตรฐานของน้ำผึ้ง จะต้องไม่มีสี กลิ่นรสตามธรรมชาติ ปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 21 น้ำตาลกลูโคสรวมกับ น้ำตาลฟรุกโทสไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 น้ำตาลซูโครสไม่เกินร้อยละ 5 สารที่ไม่ละลายน้ำไม่ เกินร้อยละ 0.1 เถ้าไม่เกินร้อยละ 0.6 และปริมาณกรดทั้งหมดไม่เกิน 50 ppm นอกจากนี้ ต้องมีค่าไดแอสเทส (Diastase number) ไม่น้อยกว่า 3 มีปริมาณสารไฮดรอกซีเมทิลเฟอรัล (Hydroxymethylfurfural) ไม่เกิน 80 ppm และมีค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 0.8 มิลลิซีเมนซ์ ต่อเซนติเมตร รวมทั้งห้ามใช้วัตถุเจือปนอาหารทุกชนิดในน้ำผึ้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารปรุง แต่งสีและกลิ่นรส ต้องตรวจไม่พบสารตกค้างจากยาสัตว์ สำหรับข้อกำหนดคุณภาพด้าน จุลชีววิทยาต้องไม่พบ *Salmonella* spp. ในน้ำผึ้ง 25 กรัม ไม่พบ *Staphylococcus aureus* ในน้ำผึ้ง 0.1 กรัม และตรวจพบยีสต์และราได้ไม่เกิน 10 โคลนีนต่อน้ำผึ้ง 1 กรัม (สำนักงาน มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2556) ซึ่งน้ำผึ้งถือว่าเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ ที่มนุษย์ใช้เป็นอาหารและยามาเป็นเวลานานแล้ว มีการใช้น้ำผึ้งเป็นกระสายยาไทยหลาย ขนานมีสรรพคุณบำรุงกำลัง แก้สะอึก แก้ไข้ตรีโทษ เป็นยาอายุวัฒนะ และรักษาแผล เป็นต้น นอกจากการใช้ประโยชน์ทางยาแล้วยังมีการนำน้ำผึ้งมาเป็นส่วนประกอบของเครื่องสำอาง อีกด้วย จึงทำให้ความต้องการน้ำผึ้งในตลาดมีปริมาณเพิ่มขึ้น ปัจจุบันได้มีการพัฒนา และ ผลิตผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิดที่มีส่วนผสมของน้ำผึ้ง อาทิเช่น เครื่องดื่มพร้อมดื่ม นมผงเด็ก ผลิตภัณฑ์จากนม ผลิตภัณฑ์ขนมอบ และเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เป็นต้น (ศิริพร เหลียงกอบกิจ, 2547; สุमितร์ คุณเจตน์ และคณะ, 2560)

ดังนั้นจึงทำให้มีการเลี้ยงผึ้งเพื่อการค้ามากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางภาคเหนือของ ประเทศไทย ซึ่งส่วนมากเกษตรกรจะเลี้ยงผึ้งในสวนผลไม้ เช่น สวนลำไย และสวนลิ้นจี่ นอกจากนี้ยังมีน้ำผึ้งดอกไม้ป่าตามธรรมชาติที่สามารถเก็บผลผลิตได้ทั้งปีอีกด้วย จาก งานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่า สารสกัดจากน้ำผึ้งยังมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ป้องกัน มะเร็ง สามารถยับยั้งแบคทีเรีย ไวรัส และพยาธิบางชนิดได้ รวมทั้งมีประสิทธิภาพในการลด

การอักเสบได้ (Bogdanov et al., 2008; Devarajan & Venugopal, 2012; Ramos et al., 2018) เนื่องจากในน้ำผึ้งมีสารหลายชนิดที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ได้แก่ กรดฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ แอนโทไซยานิน แคโรทีนอยด์ และวิตามินซี โดยปริมาณสารเหล่านี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลาย ๆ อย่าง เช่น แหล่งของน้ำผึ้ง (ดอกไม้) ภูมิภาค ภูมิประเทศ และสายพันธุ์ของผึ้ง เป็นต้น (Kowalski, 2013; Chaikham et al., 2016) do Nascimento et al. (2018) พบว่า น้ำผึ้ง 49 ตัวอย่างจากดอกไม้ชนิดต่าง ๆ ในประเทศ บราซิล มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ทั้งหมด สารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และกิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระ (วิธี ORAC, FRAP และ DPPH) แตกต่างกันไปตามชนิดของดอกไม้ และ Deng et al. (2018) พบว่า น้ำผึ้งดอกบัควีท (Buckwheat) มีปริมาณสารประกอบฟอสฟินอล ได้แก่ phydroxybenzoic acid, chlorogenic acid และ *p*-coumaric acid สูงกว่าน้ำผึ้งดอกมานูกะ (Manuka) รวมทั้งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Staphylococcus aureus* และ *Pseudomonas aeruginosa* ได้ นอกจากนี้ Sangsrichan & Wanson (2008) ยังพบว่า น้ำผึ้งดอกลำไยที่เก็บมาใหม่ ๆ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และประสิทธิภาพ ในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าน้ำผึ้งดอกไม้ป่า น้ำผึ้งดอกทานตะวัน และน้ำผึ้งดอกลิ้นจี่ ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามยังมีการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารฟอสฟินอล และกิจกรรม ในการต้านอนุมูลอิสระ รวมทั้งประสิทธิภาพในฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ในน้ำผึ้งของไทยอยู่ค่อนข้างน้อย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาปริมาณกรด แอสคอร์บิก สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์การ ต้านอนุมูลอิสระ (วิธี DPPH, FRAP และ ABTS⁺) ของน้ำผึ้งดอกไม้ลำไย น้ำผึ้งดอกลิ้นจี่ และน้ำผึ้งดอกไม้ป่า

วิธีดำเนินการวิจัย

ตัวอย่างน้ำผึ้ง

น้ำผึ้งดอกลำไย ดอกลิ้นจี่ และดอกไม้ป่าถูกเก็บในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2561 จาก ฟาร์มผึ้งในสวนลำไย อำเภอบ้านโฮ้ง จังหวัดลำพูน ฟาร์มผึ้งในสวนสวนลิ้นจี่ อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ และป่าบนเทือกเขาขุนตาล อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน ตามลำดับ สำหรับ ตัวอย่างน้ำผึ้งดอกลำไย และดอกลิ้นจี่ ผึ้งถูกเลี้ยงภายใต้ระบบปิดโดยใช้มุ้งลวดคลุมพื้นที่ ต้นลำไย และต้นลิ้นจี่จำนวน 4 ต้น การเก็บ และเคลื่อนย้ายตัวอย่างทำได้โดยนำตัวอย่าง

เก็บในภาชนะที่บดแสงปิดสนิท และมีการรักษาอุณหภูมิให้เย็นอยู่ตลอดเวลาโดยใช้แผ่นเจลให้ความเย็น ก่อนนำไปวิเคราะห์ และทำการสกัดภายใน 12 ชั่วโมง

การสกัดตัวอย่างน้ำผึ้ง

สกัดสารประกอบพอลิฟีนอลในตัวอย่างน้ำผึ้งโดยวิธีคอลัมน์โครมาโทกราฟี (Column Chromatography) โดยขั้นตอนแรกให้ทำการเตรียม Amberlite XAD-2 resin ขนาดรูพรุน 9 นาโนเมตร และขนาดอนุภาค 0.3-1.2 มิลลิเมตร (Supelco, USA) ตามวิธีของ Devarajan & Venugopal (2012) จากนั้นนำตัวอย่างน้ำผึ้งมา 100 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร และปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ให้เท่ากับ 2 โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น นำสารผสมที่ได้ไปกรองผ่าน Amberlite XAD-2 resin ที่เตรียมเอาไว้อย่างช้า ๆ จากนั้นล้าง Amberlite XAD-2 resin ด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการปรับ pH ให้เท่ากับ 2 ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นปริมาตร 500 มิลลิลิตร ตามด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 600 มิลลิลิตร เพื่อล้างน้ำตาล และสารประกอบที่มีขี้ในน้ำผึ้งออกไป ทำการชะสารประกอบพอลิฟีนอลออกจากคอลัมน์ Amberlite XAD-2 resin ด้วยเมทานอลปริมาตร 300 มิลลิลิตร ระเหยเมทานอลออกให้หมดด้วยเครื่องกลั่นแบบหมุนสุญญากาศ นำตะกอนที่ได้ไปวิเคราะห์หาสารประกอบพอลิฟีนอล และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระต่อไป (Gheldof et al., 2002)

การวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญในน้ำผึ้ง และสารสกัดน้ำผึ้ง

นำตัวอย่างน้ำผึ้งทั้งสามชนิดมาวิเคราะห์หาปริมาณกรดแอสคอร์บิกด้วยเครื่อง High-Performance Liquid Chromatography (HPLC, Shimadzu LC-10CE, Shimadzu, Japan) และวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสารประกอบฟลาโวนอยด์ในตัวอย่างน้ำผึ้ง และสารสกัดน้ำผึ้งด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (Perkin Elmer UV WINLAB, Perkin Elmer, USA) โดยคำนวณออกมาในหน่วย mg GAE/100 g และ mg QE/100 g ตามลำดับ ตามวิธีของ Chaikham et al. (2016) และ Devarajan & Venugopal (2012)

การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำผึ้ง และสารสกัดน้ำผึ้ง

นำตัวอย่างน้ำผึ้ง และสารสกัดน้ำผึ้งจากดอกไม้ทั้งสามชนิดมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ โดยทำการเตรียม และสกัดตัวอย่างตามวิธีของ Chaikham et al. (2016) และวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยวิธี DPPH, FRAP และ ABTS⁺ โดยใช้

เครื่อง Perkin Elmer UV WINLAB Spectrophotometer ตามวิธีของ Devarajan & Venugopal (2012), Benzie & Stain (1996) และ Ramos et al. (2018) ตามลำดับ

การวิเคราะห์ฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสของสารสกัดน้ำผึ้ง

การวิเคราะห์ฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสของสารสกัดน้ำผึ้งทำตามวิธีของ Suthindhiran et al. (2009) โดยเตรียมความเข้มข้นของสารสกัดน้ำผึ้ง 3 ระดับ (5, 10 และ 15 $\mu\text{g/ml}$ ในเมทานอล) เพื่อทดสอบการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (Porcine pancreatic amylase) ที่ละลายในสารละลายโซเดียมบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ (pH 6.8) การวิเคราะห์นี้ใช้เมทานอลเป็นสารสกัดชุดควบคุม (Blank) วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Perkin Elmer UV WINLAB Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร จากนั้นคำนวณหาค่าฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (α -amylase inhibition activity) จากสมการต่อไปนี้

$$\alpha\text{-amylase inhibition activity (ร้อยละ)} = \left[\frac{A_{540\text{-ควบคุม}} - A_{540\text{-สารสกัด}}}{A_{540\text{-ควบคุม}}} \right] \times 100$$

เมื่อ $A_{540\text{-ควบคุม}}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดชุดควบคุมที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

$A_{540\text{-สารสกัด}}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างน้ำผึ้งที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ผลการทดลองในงานวิจัยนี้เป็นการทดลอง 3 ซ้ำ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี One-Way ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของชุดข้อมูลด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชัน 23 (SPSS Inc., USA)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากตารางที่ 1 พบว่า น้ำผึ้งดอกลำไย ($19.86 \pm 1.02 \text{ mg/100 g}$) มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกมากกว่าน้ำผึ้งดอกลิ้นจี่ ($16.03 \pm 0.87 \text{ mg/100 g}$) และดอกไม้ป่า ($12.69 \pm 0.41 \text{ mg/100 g}$) ตามลำดับ โดยน้ำผึ้งทุกชนิดมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกแตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เช่นเดียวกับสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดซึ่งพบมากที่สุด
 ในน้ำผึ้งดอกกล้วย (145.92±4.61 mg GAE/100 g) และมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับ
 น้ำผึ้งจากดอกไม้ชนิดอื่น ($P < 0.05$) รองลงมาคือ น้ำผึ้งดอกลิ้นจี่ (123.07±3.75 mg
 GAE/100 g) และดอกไม้ป่า (120.65±4.52 mg GAE/100 g) อย่างไรก็ตามเมื่อทำการ
 วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ในน้ำผึ้งจากดอกไม้ทั้งสามชนิดพบว่า
 มีปริมาณสารดังกล่าวไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 28.67±2.89 ถึง 30.95±3.19 mg
 QE/100 g ผลงานวิจัยนี้สอดคล้องกับรายงานของ Khan et al. (2018) ซึ่งพบว่า ในน้ำผึ้ง
 ของประเทศไนจีเรียมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และกรดแอสคอร์บิกอยู่ในช่วง
 36.26-102.80 mg/100 g และ 13.89-27.32 mg/100 g และ Tuksitha et al. (2018)
 พบว่า ในน้ำผึ้งของมาเลเซียมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฟลาโวนอยด์ทั้งหมด
 ประมาณ 99.04 ± 5.14 mg/ 100 ml และ 17.67 ± 0.75 mg/ 100 g ตามลำดับ นอกจากนี้
 Biluca et al. (2017) พบว่า ในตัวอย่างน้ำผึ้ง 9 ชนิด ของประเทศบราซิล ประกอบไปด้วย
 สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 26 ชนิด โดยมีสารชนิดหลัก คือ salicylic acid (8.02–94.8
 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), p-coumaric acid (4.54–64.3 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), naringin (4.00–32.0 $\mu\text{g}/100\text{ g}$)
 และ taxifolin (12.0–1920 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) รวมทั้งยังตรวจพบสาร mandelic acid, caffeic acid,
 chlorogenic acid, rosmarinic acid, aromadendrin, isoquercetrin, eriodictyol, vanillin,
 umbelliferone, syringaldehyde, sinapaldehyde และ carnosol อีกด้วย ซึ่งสารเหล่านี้
 มีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับคุณสมบัติหรือประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำผึ้ง

ตารางที่ 1 ปริมาณสารสำคัญในน้ำผึ้งจากดอกไม้ชนิดต่าง ๆ

ตัวอย่าง น้ำผึ้ง	ปริมาณสารสำคัญ		
	กรดแอสคอร์บิก (mg/100 g)	สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/100 g)	สารประกอบฟลาโวนอยด์ ^{ns} (mg QE/100 g)
ดอกกล้วย	19.86±1.02 ^a	145.92±4.61 ^a	28.67±2.89
ดอกลิ้นจี่	16.03±0.87 ^b	123.07±3.75 ^b	27.12±2.07
ดอกไม้ป่า	12.69±0.41 ^c	120.65±4.52 ^b	30.95±3.19

หมายเหตุ: - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 - ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกัน
 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 2ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำผึ้งจากดอกไม้ชนิดต่าง ๆ

ตัวอย่างน้ำผึ้ง	ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ		
	DPPH inhibition (ร้อยละ)	FRAP value ^{ns} (mM Fe(II)/100 g)	ABTS ⁺ inhibition ^{ns} (mM Trolox/100 g)
ดอกลำไย	45.97±1.40 ^a	22.71±1.14	17.60±0.97
ดอกลิ้นจี่	40.63±1.78 ^b	20.06±2.53	16.85±1.21
ดอกไม้ป่า	39.80±2.64 ^b	20.74±1.68	16.91±1.46

หมายเหตุ: - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อนำตัวอย่างมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ (ตารางที่ 2) พบว่า น้ำผึ้งดอกลำไยมีค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH มากที่สุด (ร้อยละ 45.97±1.40) และมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับน้ำผึ้งจากดอกไม้ชนิดอื่น ($P < 0.05$) ในขณะที่ น้ำผึ้งดอกลิ้นจี่ และน้ำผึ้งดอกไม้ป่ามีค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 39.80±2.64 - 40.63±1.78 และเมื่อทำการวิเคราะห์หาค่า FRAP และการยับยั้ง ABTS⁺ พบว่า น้ำผึ้งจากดอกไม้ทั้งสามชนิดมีค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 20.74±1.68 ถึง 22.71±1.14 mM Fe(II)/100 g และ 16.85±1.21 ถึง 17.60±0.97 mM Trolox/100 g ตามลำดับ Tuksitha et al. (2018) รายงานว่า น้ำผึ้งจากประเทศมาเลเซียมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ ค่า reducing power การยับยั้ง DPPH และค่า FRAP เฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 18.10±0.35 ร้อยละ 47.40±3.18 และ 50.66 ± 5.77 mM Fe(II)/100 g ตามลำดับ และจากรายงานของ Gül & Pehlivan (2018) พบว่า ปริมาณสารประกอบฟอสฟีนอล และฟลาโวนอยด์ที่พบในน้ำผึ้งมีความสัมพันธ์อย่างมากกับประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ (วิธี DPPH, FRAP และเบต้า-แคโรทีน) รวมทั้ง Chua et al. (2013) ยังได้รายงานเพิ่มเติมอีกว่า นอกจากสารประกอบฟอสฟีนอล และฟลาโวนอยด์ที่มีสัมพันธ์กับฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระของน้ำผึ้งแล้ว ยังมีสารอื่น ๆ อีกที่มีผลต่อค่าดังกล่าว ได้แก่ แคโรทีนอยด์ โปรตีน กรดอินทรีย์ กรดแอสคอร์บิก กรดอะมิโน วิตามินบีบางชนิด และสารที่เกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด เป็นต้น

ตารางที่ 3 ปริมาณสารประกอบในสารสกัดของน้ำผึ้งจากดอกไม้ชนิดต่าง ๆ

สารสกัดน้ำผึ้ง	ปริมาณสารสำคัญ	
	สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/g)	สารประกอบฟลาโวนอยด์ ^{ns} (mg QE/g)
ดอกลำไย	868.57±5.67 ^a	84.90±6.93
ดอกลิ้นจี่	769.02±7.80 ^b	83.68±5.11
ดอกไม้ป่า	771.84±6.21 ^b	85.56±5.09

หมายเหตุ: - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อนำสารสกัดจากน้ำผึ้งจากดอกไม้ทั้งสามชนิดมาวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสารประกอบฟลาโวนอยด์ (ตารางที่ 3) พบว่า สารสกัดจากน้ำผึ้งจากดอกลำไยยังคงมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (868.57±5.67 mg GAE/g) มากกว่าสารสกัดจากดอกไม้ชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่น้ำผึ้งดอกลิ้นจี่ และน้ำผึ้งดอกไม้ป่ามีปริมาณสารกลุ่มนี้ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 769.02±7.80 และ 771.84±6.21 mg GAE/g ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า น้ำผึ้งจากดอกไม้ทั้งสามชนิดมีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ไม่แตกต่างอย่างกัน ($P > 0.05$) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 83.68±5.11 ถึง 85.56±5.09 mg QE/100 g จะเห็นว่าเมื่อสกัดสารประกอบฟอสฟีนอลออกมาโดยใช้วิธีคอลัมน์โครมาโทกราฟีแล้วปริมาณของสารสกัดที่ได้จะมีปริมาณมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำผึ้งตัวอย่าง โดยปริมาณสารดังกล่าวจะมีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำผึ้ง

ตารางที่ 4ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดของน้ำผึ้งจากดอกไม้ชนิดต่าง ๆ

สารสกัด น้ำผึ้ง	ความ เข้มข้น (mg/ml)	ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ		
		DPPH inhibition (ร้อยละ)	FRAP value (mM Fe(II)/100 ml)	ABTS ⁺ inhibition (mMTrolox/100 ml)
ดอกกล้วย	2	75.69±1.46 ^c	35.42±1.32 ^c	25.91±0.85 ^c
	4	82.03±2.18 ^b	40.63±0.96 ^b	29.45±1.42 ^b
	6	88.94±3.03 ^a	43.89±2.65 ^a	33.60±1.07 ^a
ดอกลินจี่	2	70.16±2.61 ^d	36.04±1.73 ^c	23.82±1.71 ^c
	4	73.50±1.07 ^{cd}	39.87±0.86 ^b	29.17±0.76 ^b
	6	80.75±2.56 ^b	44.01±2.04 ^a	32.85±0.83 ^a
ดอกไม้ป่า	2	72.44±1.72 ^d	34.92±1.40 ^c	24.63±2.09 ^c
	4	75.06±0.95 ^c	40.17±0.85 ^b	30.06±1.73 ^b
	6	79.81±1.66 ^b	43.40±1.17 ^a	33.88±0.95 ^a

หมายเหตุ: - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการวิเคราะห์หาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดของน้ำผึ้งจากดอกไม้ชนิดที่ระดับความเข้มข้น 2 ถึง 4 mg/ml (ตารางที่ 4) พบว่า ค่าที่วิเคราะห์ได้จากวิธี DPPH, FRAP และ ABTS⁺ มีค่าสอดคล้องกับผลการทดลองจากการวิเคราะห์น้ำผึ้งในตารางที่ 2 โดยจะเห็นได้ชัดว่าสารสกัดน้ำผึ้งดอกกล้วยที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันจะมีค่าการยับยั้ง DPPH มากกว่าสารสกัดที่เหลือ และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนสารสกัดของน้ำผึ้งดอกลินจี่ และน้ำผึ้งดอกไม้ป่ามีค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) และเมื่อวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP และ ABTS⁺ ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันพบว่า สารสกัดจากน้ำผึ้งทางสามชนิดมีค่าเหล่านี้ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อปริมาณของสารสกัดเพิ่มขึ้นทำให้ค่า DPPH inhibition, FRAP value และ ABTS⁺ inhibition เพิ่มขึ้นไปด้วย โดยมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($P < 0.05$) งานวิจัยนี้สอดคล้องกับรายงานของ Devarajan & Venugopal (2012) ในน้ำผึ้งจากประเทศอินเดีย

จากการวิเคราะห์หาฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสของสารสกัดของน้ำผึ้งจากดอกไม้ทั้งสามชนิดที่ความเข้มข้น 5-15 $\mu\text{g/ml}$ (ตารางที่ 5) พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันสารสกัดของน้ำผึ้งลำไย และน้ำผึ้งป่ามีฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) และมีค่ามากกว่าสารสกัดของน้ำผึ้งดอกลิ้นจี่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อปริมาณของสารสกัดเพิ่มขึ้นทำให้ค่ากิจกรรมในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) จากรายงานของ Devarajan & Venugopal (2012) พบว่า ฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟอสฟีนอล และฟลาโวนอยด์ในตัวอย่างน้ำผึ้ง และ Kanjiro & Kanjiro (2006) พบว่า สาร luteolin, myrcetin และ quercetin ที่พบในน้ำผึ้งมีความสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสได้ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า สารสกัดฟอสฟีนอลจากน้ำผึ้งมีคุณสมบัติในการลดอัตราการย่อยแบ่งไปเป็นน้ำตาล ซึ่งอาจช่วยลดความเสี่ยงจากโรคเบาหวาน และโรคอ้วนได้

ตารางที่ 5 ฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสของสารสกัดของน้ำผึ้งจากดอกไม้ชนิดต่าง ๆ

สารสกัดน้ำผึ้ง	ความเข้มข้น ($\mu\text{g/ml}$)	α -Amylase inhibition (ร้อยละ)
ดอกลำไย	5	38.84 \pm 3.57 ^e
	10	71.62 \pm 2.64 ^c
	15	85.90 \pm 4.07 ^a
ดอกลิ้นจี่	5	32.73 \pm 1.83 ^f
	10	64.79 \pm 2.12 ^d
	15	77.65 \pm 3.98 ^b
ดอกไม้ป่า	5	37.85 \pm 1.84 ^e
	10	70.91 \pm 2.06 ^c
	15	84.78 \pm 1.61 ^a

หมายเหตุ: - ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองพบว่า น้ำผึ้งดอกกล้วยที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีปริมาณกรดแอสคอร์บิก สารประกอบฟอสฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ยับยั้ง DPPH มากกว่าน้ำผึ้งดอกลิ้นจี่ และน้ำผึ้งดอกไม้ป่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่กลับพบว่า น้ำผึ้งทั้งสามชนิดมีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ ค่า FRAP และฤทธิ์การยับยั้ง ABTS⁺ ไม่แตกต่างกัน โดยปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากน้ำผึ้งทั้งสามชนิดที่ตรวจพบมีระดับที่สอดคล้องกับน้ำผึ้งตัวอย่าง อย่างไรก็ตามเมื่อทำการวิเคราะห์หาฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสพบว่า สารสกัดน้ำผึ้งดอกกล้วย และน้ำผึ้งดอกไม้ป่ามีค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกัน และมีค่ามากกว่าน้ำผึ้งดอกลิ้นจี่อย่างเห็นได้ชัด แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้เป็นการศึกษา น้ำผึ้งจากดอกไม้เพียงสามชนิดเท่านั้น ในอนาคตควรศึกษาชนิดของน้ำผึ้งให้มากขึ้น รวมทั้งศึกษาคุณสมบัติด้านอื่น ๆ ของน้ำผึ้งด้วย อาทิเช่น การยับยั้งเซลล์มะเร็ง และการยับยั้งแบคทีเรียชนิดต่าง ๆ รวมทั้งการทดลองในสัตว์ทดลอง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัย (งบประมาณแผ่นดิน ปี พ.ศ. 2561) จากศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

เอกสารอ้างอิง

- ศิริพร เหลียงกอบกิจ. (2547). น้ำผึ้งกับการรักษาแผล. *จุลสารข้อมูลสมุนไพร*, 21(3), 3-11.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. (2556). *มาตรฐานสินค้าเกษตร (มกษ. 8003-2556) "น้ำผึ้ง"*. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร.
- สุมิตร คุณเจตน์, นิสาล ทศศรี, ทัดพล พุ่มดารา และ สหัชชา สุทธิผล. (2560). ผลของการลดความชื้นต่อารคงคุณภาพของน้ำผึ้งชันโรง. *แก่นเกษตร*, 45(ฉบับพิเศษ 1), 1355-1359.
- Biluca, F. C., de Gois, J. S., Schulz, M., Braghini, F., Gonzaga, L. V., Maltez, H. F., Rodrigues, E., Vitali, L., Micke, G. A., Borges, D. L. G., Costa, A. C. O., & Fett, R. (2017). Phenolic Compounds, Antioxidant Capacity and Bioaccessibility of

- Minerals of Stingless Bee Honey (Meliponinae). *Journal of Food Composition and Analysis*, 63, 89–97.
- Bogdanov, S., Jurendic, T., Sieber, R., & Gallmann, P. (2008). Honey for Nutrition and Health: A Review. *Journal of the American College of Nutrition*, 27(6), 667–689.
- Chaikham, P., Kemsawasd, V., & Apichartsrangkoon, A. (2016). Effects of Conventional and Ultrasound Treatments on Physicochemical Properties and Antioxidant Capacity of Floral Honeys from Northern Thailand. *Food Bioscience*, 15, 19–26.
- Chua, L. S., Rahaman, N. L. A., Adnan, N. A., & Tan, T. T. E. (2013). Antioxidant Activity of Three Honey Samples in Relation with Their Biochemical Components. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, <https://doi.org/10.1155/2013/313798>.
- Deng, J., Liu, R., Lu, Q., Hao, P., Xu, A., Zhang, J., & Tan, J. (2018). Biochemical Properties, Antibacterial and Cellular Antioxidant Activities of Buckwheat Honey in Comparison to Manuka Honey. *Food Chemistry*, 252, 243–249.
- Devarajan, S., & Venugopal, S. (2012). Antioxidant and α -Amylase Inhibition Activities of Phenolic Compounds in the Extracts of Indian Honey. *Chinese Journal of Natural Medicines*, 10(4), 255–259.
- do Nascimento, K. S., Sattler, J. A. G., Macedo, L. F. L., González, C. V. S., de Melo, I. L. P., da Silva Araújo, E., Granato, D., Sattler, A., & de Almeida-Muradian, L. B. (2018). Phenolic Compounds, Antioxidant Capacity and Physicochemical Properties of Brazilian *Apis mellifera* Honeys. *LWT-Food Science and Technology*, 91, 85–94.
- Gheldof, N., Wang, X. H., & Engeseth, N. H. (2002). Identification and Quantification of Antioxidant Components of Honeys from Various Floral Sources. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(21), 5870–5877.

- Gül, A., & Pehlivan, T. (2018). Antioxidant Activities of Some Monofloral Honey Types Produced Across Turkey. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *25*, 149–153. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.02.011>.
- Kanjiro, T., & Yuji, M. (2006). Inhibition of α -Glucosidase and α -Amylase by Flavonoids. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, *52*, 149–153.
- Khan, S. U., Anjum, S. I., Rahman, K., Ansari, M. J., Khan, W. U., Kamal, S., Khattak, B., Muhammad, A., & Khan, H. U. (2018). Honey: Single Food Stuff Comprises Many Drugs. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *25*, 320–325.
- Kowalski, S., (2013). Changes of Antioxidant Activity and Formation of 5-Hydroxymethylfurfural in Honey during Thermal and Microwave Processing. *Food Chemistry*, *141*, 1378–1382.
- Ramos, O. Y., Salomon, V., Libonatti, C., Cepeda, R., Maldonado, L., & Basualdo, M. (2018). Effect of Botanical and Physicochemical Composition of Argentinean Honeys on the Inhibitory Action Against Food Pathogens. *LWT-Food Science and Technology*, *87*, 457–463.
- Sangsrichan, S., & Wanson, W. (2008). The Antioxidant Capacity of Honey Samples Collected in the North Part of Thailand in Relationship with Its Total Polyphenol. *KMITL Science Journal*, *8*, 1–6.
- Suthindhiran, K. R., Jayasri, M. A., & Krishnan, K. (2009). α -Glucosidase and α -Amylase Inhibitory Activity of *Micromonospora* sp. VITSDK3 (EU551238). *International Journal of Integrative Biology*, *4*(3), 115–120.
- Tuksitha, L., Chen, Y. L. S., Chen, Y. L., Wong, K. Y., & Peng, C. C. (2018). Antioxidant and Antibacterial Capacity of Stingless Bee Honey from Borneo (Sarawak). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, *21*, 563–570.

การเสริมคุณค่าทางโภชนาการโดยใช้ผงผักโขมในคุกกี้เนย
NUTRITIONAL SUPPLEMENTATION USING SPINACH POWDER
IN BUTTER COOKIES

จूरีมาศ ดีอำมาตย์*, นฤมล บุญประสิทธิ์, ชุตติมา แยมชมนสวน และ สุรuthัย ธิอักษร
Jureemart Deeamart*, Narumon Boonprasid, Chutima Yamchomsuan
and Suruthai Thiakson

สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรธานีวิทยาเขตขอนแก่น ในพระบรมราชูปถัมภ์

บทคัดย่อ

การเสริมคุณค่าทางโภชนาการโดยใช้ผงผักโขมในคุกกี้เนย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา การเตรียมผงผักโขมที่เหมาะสม ศึกษาการใช้ผงผักโขมต่อปริมาณแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้ เนย และศึกษาทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ โดยมีปริมาณอัตราส่วนของผงผักโขมต่อแป้งสาลี ในคุกกี้เนยที่ 4 ระดับ คือ ร้อยละ 2:98, 4:96, 6:94 และ 8:92 คิดจากน้ำหนักแป้งสาลี ทั้งหมด จากนั้นประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9-point hedonic scale ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ด้วย Duncan's New Multiple Range test และนำผลิตภัณฑ์มาวิเคราะห์คุณลักษณะ ทางกายภาพ ซึ่งผลการศึกษาพบว่า การผลิตผงผักโขม โดยการตัดแต่งเอาเฉพาะใบนำมา ลวกในน้ำเดือด 1 นาที แล้วแช่น้ำเย็นทันที อบอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1.30 ชั่วโมง ที่ตู้อบลมร้อน เมื่อแห้งนำมาบั่นให้ละเอียดร่อนผ่านตะแกรง 80 เมช เมื่อนำผสม ลงในคุกกี้เนยสามารถใช้ผงผักโขมต่อแป้งสาลีได้ ร้อยละ 6:94 (15 กรัม) ลักษณะที่ได้มีสี และกลิ่นที่พอเหมาะ มีรสชาติกลมกล่อม เนื้อสัมผัสกรอบร่วน และยังคงลักษณะที่ดีของคุกกี้เนย อีกทั้งเมื่อทดสอบทางกายภาพด้านค่าสีของคุกกี้ผงผักโขมมีค่าความสว่างน้อยกว่าคุกกี้เนย

* ผู้ประสานงาน: จूरีมาศ ดีอำมาตย์
อีเมลล์: jureemart@vru.ac.th

สูตรพื้นฐานส่วนค่า a_w ไม่มีความแตกต่างกันจึงทำให้ไม่มีผลต่ออายุการเก็บ ส่วนค่าความแข็ง และค่าความแตกหัก ไม่มีความแตกต่างกัน

คำสำคัญ: คุกกี้เนย, ผงผักโขม, การทดสอบทางกายภาพ

Abstract

A nutritional supplement using spinach powder in butter cookies is the focus of this study. The spinach powder was prepared and substituted into wheat flour used to make butter cookies. Physical analysis of product was performed. Powdered spinach was added to wheat flour at four ratios, 2:98, 4:96, 6:94 and 8:92, respectively. Sensory evaluation was done using a nine-point hedonic scale and ANOVA analysis. The mean values of the parameters under study were compared using Duncan's New Multiple Range test. The process of producing spinach powder involved placing the leaves in boiling water for one minute and then soaking them in cold water. Then they were placed on a tray and dried in a hot air oven at 60 °C for about 1.30 hours. The resulting material was passed through an 80 mesh sieve. The optimal ratio of spinach powder to wheat flour was 6: 94 and 15 g of this mixture was used to make butter cookies. The color, smell, taste and crumb texture were examined. Physical analysis of cookie color showed that cookies made using spinach powder were less bright than basic butter cookies made with wheat flour only. Their hardness and fracturability were not significantly different. The appearance of the butter cookies remained the same.

Keywords: Butter Cookie, Spinach Powder, Physical Analysis

บทนำ

ผักโขม มีหลายพันธุ์และมีหลายถิ่นกำเนิด เช่น เม็กซิโก จีน แอฟริกาตะวันตก อเมริกา กรีซ ผักโขมเป็นพืชล้มลุก มีทั้งชนิดกินใบและกินเมล็ด ผักโขมชนิดกินใบมี 3 ชนิด คือ ผักโขมจีน ใบใหญ่สีเขียวเข้ม ลำต้นสูง ขอบใบมีรอยหยัก ผักโขมสวน ใบสีเขียวอ่อน ก้านใบพอมยาว ผักโขมหนาม ใบใหญ่สีเขียวมีหนามที่ก้านและลำต้น ผักโขมเป็นพืชขึ้นง่าย ผักโขมขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดปลูกได้ทุกภาคทั่วประเทศ ใบและยอดอ่อนของผักโขมนำมาต้ม จิ้มน้ำพริก ใส่ในแกงจืด ผัดกับกระเทียม คุณค่าทางอาหาร ให้แร่ธาตุและวิตามินสูง มีเบต้าแคโรทีนซึ่งจะแปรรูปเป็นวิตามินเอช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็งและบำรุงสายตา (รพีพรรณ ใจภักดี, 2544) ผักโขม มีสารจำพวกฟลาโวนอยด์ ที่ช่วยต้านอนุมูลอิสระ ผักโขมเป็นพืชที่มีกากใยสูงแคลอรีต่ำ อุดมไปด้วยวิตามินเอ คลอโรฟิลล์ โปรตีน ไขมัน เส้นใย นอกจากนี้ยังมี โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม และวิตามินซี ส่วนคุณก็ เป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ขนาดเล็กที่มีความชื้นต่ำ มีรสหวาน มีกลิ่นรส และรูปร่างแตกต่างกันมากมาย เครื่องปรุงหลักของคุณก็ทำจากแป้งสาลีผสมกับแป้งชนิดอื่น น้ำตาล ไขมันหรือน้ำมันบริโภค นม ไข่ ผงฟู เบกกิ้งโซดา เป็นตัวช่วยให้ขนมมีความเบา และมีปริมาณเพิ่มขึ้น สารแต่งกลิ่นรส กลิ่น ทำเป็นขึ้นแล้วนำไปอบ (ธีรนุช ฉายศิริโชติ, 2547) การแบ่งชนิดของคุณก็จะแบ่งตาม การใช้วัตถุดิบและกรรมวิธีในการทำ ซึ่งคุณก็เป็นขนมที่ทำและรับประทานได้ง่าย มีระยะเวลาเก็บไว้ได้นานพอสมควร และยิ่งเหมาะสมเป็นของฝากในเทศกาลต่าง ๆ ดังนั้น จึงได้นำผักโขมมาใช้ในผลิตภัณฑ์คุณก็เนย เนื่องจากคุณก็เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ แป้งสาลี ไขมัน และน้ำตาล จะเห็นได้ว่าคุณก็เนยยังขาดสารอาหารประเภทเส้นใย จึงต้องการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้แก่ผลิตภัณฑ์ ดังเช่น ผลของการเสริมใบหม่อนต่อคุณภาพของคุณก็เนย (นันท์ชนก นันทะไชย และคณะ, 2558) การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุณก็ลดไขมันเสริมฟักข้าว (เพลินพิศ แจ็งโพธิ์นาค และคณะ, 2558) พัฒนาคุณก็เนยสดจากเนยสวนดุสิตเสริมใยอาหารจากอัลเบโดของส้มโอ (นราธิป ปุณเกษม, 2557) นอกจากนี้ยังมีการการพัฒนาผลิตภัณฑ์พาสต้าโดยใช้ผงโหระพาทดแทนแป้งข้าวโพด (จรีมาศ ตีอำมาตย์ และคณะ, 2561) ทั้งนี้การพัฒนาเพื่อเพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์ เพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภค ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่และเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าผลผลิตของเกษตรกร

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาการเตรียมผงผักโขม

โดยการเตรียมผงผักโขม 4 แบบ คือ ผักโขมที่ผ่านการลวกและไม่ลวก นำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 และ 60 องศาเซลเซียส และบดละเอียดร่อนผ่านตะแกรง โดยการเตรียมผงผักโขมมีวิธีการคือ ผักโขมสดที่ผ่านการตัดแต่งเฉพาะใบได้น้ำหนัก 3,400 กรัม ตัดเป็นท่อนตามขวางประมาณ 1 นิ้ว นำไปลวกในน้ำเดือด 2,000 มิลลิลิตรต่อเกลือป่น 15 กรัม เวลา 1 นาที แล้วนำไปแช่น้ำเย็นทันที จากนั้นนำไปผึ่งในตะแกรงเข้าสู่ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง 30 นาที เมื่ออบแห้งแล้วได้น้ำหนัก 180 กรัม ซึ่งน้ำหนักที่หายไปคิดเป็นร้อยละ 94 นำผงผักโขมบดละเอียดร่อนผ่านตะแกรง 80 แมช ได้ปริมาณ 120 กรัม จากนั้นนำผงผักโขมที่ได้นำไปทดสอบทางกายภาพด้านค่าสี และค่า a_w เพื่อเลือกวิธีการผลิตผงผักโขมที่เหมาะสมมาใช้ในการผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยต่อไป

2. การใช้ผงผักโขมต่อปริมาณแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้

ซึ่งคุกกี้เนยที่ผ่านการคัดเลือกมีส่วนผสมดังนี้ แป้งเค้ก 250 กรัม ผงฟู 3.5 กรัม เนยสด 180 กรัม น้ำตาลทรายป่น 130 กรัม นมข้นจืด 35 กรัม ไข่ไก่ 57 กรัม กลิ่นนมเนย 1.5 กรัม เป็นต้น โดยมีการใช้ผงผักโขมต่อปริมาณแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่ 4 ระดับ คือ ร้อยละ 2:98 (5 กรัม) 4:96 (10 กรัม) 6:94 (15 กรัม) และ 8:92 (20 กรัม) โดยคิดจากน้ำหนักของแป้งทั้งหมด (250 กรัม) เนื่องจากต้องการเพิ่มกากใยในผลิตภัณฑ์ จากนั้นนำมาทำการทดสอบในด้านสีผักโขม กลิ่นผักโขม รสชาติ ความกรอบร่วน และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ทำการทดสอบ 2 ซ้ำ ให้คะแนนแบบ 9-point hedonic scale ทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan is New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติร้อยละ 95

3. การทดสอบทางกายภาพของคุกกี้เนยใช้ผงผักโขมในผลิตภัณฑ์

การทดสอบทางกายภาพมีการวัดค่าสี ได้แก่ ค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) ค่า a_w ค่าความแข็ง (Hardness) และค่าการแตกหัก (Fracturability) โดยเครื่อง Texture Analyzer ทำการทดสอบ 5 ซ้ำ หาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ผล t-test

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการเตรียมผงผักโขมที่เหมาะสมเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์คุกกี้เนย

การเตรียมผงผักโขม 4 แบบ คือ ผักโขมที่ผ่านการลวกและไม่ลวก นำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 และ 60 องศาเซลเซียส เมื่อนำมาวัดค่าทางกายภาพ พบว่าวิธีการเตรียมผงผักโขมที่เหมาะสมคือ วิธีการลวกและอบแห้งในอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เนื่องจาก มีค่าความสว่างต่ำกว่าปัจจัยอื่น ๆ และมีสีเขียวเข้มกว่า ใช้ระยะเวลาในการอบสั้น มีกลิ่นและรสที่ไม่พึงประสงค์ค่อนข้างน้อย และมีค่า a_w 0.56 ที่เหมาะสมของผักอบแห้งและเหมาะสมต่อการเก็บรักษา (ตารางที่ 1) เนื่องจากมีค่า a_w ที่กำหนดให้ต่ำกว่า 0.70 อาหารแห้งจึงปลอดภัยต่อเชื้อจุลินทรีย์ (สุคนธ์ชื่น ศรีงาม, 2546) ประกอบกับการลวกสามารถลดเอนไซม์ที่ทำให้ก่อให้เกิดสีน้ำตาลในผัก และยับยั้งกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ได้ (พรพล รมย์นุกูล, 2545) จึงทำให้เลือกกรรมวิธีการเตรียมผงผักโขมนี้มาทำการทดลองต่อไป

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของผงผักโขมอบแห้ง

สภาวะ	ค่า a_w	ค่าสี			
		L	-a*	+b*	
ไม่ลวก	55°C	0.42±27.12	55.50±0.44 ^a	-7.84±0.11 ^a	21.86±0.23 ^a
	60°C	0.40±27.68	55.38±0.52 ^a	-7.74±0.25 ^a	21.46±0.68 ^a
ลวก	55°C	0.56±27.74	42.24±7.5 ^b	-3.92±0.23 ^b	7.26±0.76 ^b
	60°C	0.56±27.88	42.18±0.33 ^b	-3.90±0.18 ^b	7.10±0.12 ^b

หมายเหตุ L หมายถึง ค่าความสว่าง (0 สีดำ, 100 สีขาว)

a* หมายถึง + ค่าสีแดง, - ค่าสีเขียว

b* หมายถึง + ค่าสีเหลือง, - ค่าสีน้ำเงิน



ไม่ลวก อบที่อุณหภูมิที่ 55 องศาเซลเซียส

ไม่ลวก อบที่อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส



ลวก อบที่อุณหภูมิที่ 55 องศาเซลเซียส

ลวก อบที่อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส

รูปที่ 1 ผงผักโขมอบแห้ง

2. ผลการใช้ผงผักโขมต่อปริมาณแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้

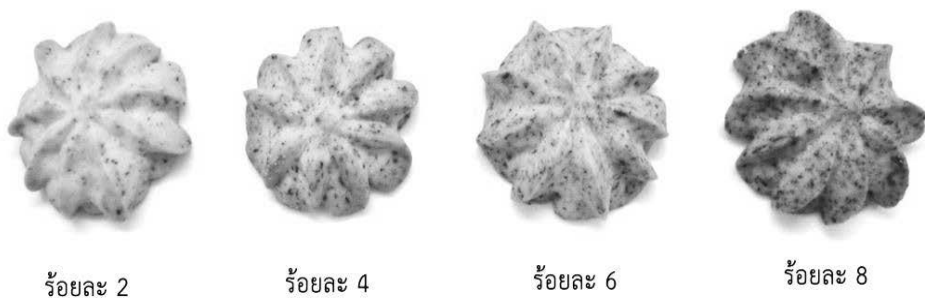
การใช้ผงผักโขมขนาด 80 แมช มาทดลองในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากมีสีเขียวเข้ม กลิ่นไม่พึงประสงค์ของผักโขมน้อย ประกอบกับเมื่ออบละเอียดจะได้ปริมาณมากที่สุด โดยปริมาณผงผักโขมต่อแป้งสาลีมี 4 ระดับ คือ ร้อยละ 2:98 (5 กรัม) 4:96 (10 กรัม) 6:94 (15 กรัม) และ 8:92 (20 กรัม) โดยคิดจากน้ำหนักของแป้งสาลีทั้งหมด (250 กรัม) ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสีของผักโขม กลิ่นผักโขม รสชาติ ความกรอบร่วน และความชอบโดยรวม ผลการทดสอบพบว่า สามารถใช้ผงผักโขมต่อปริมาณแป้งสาลีได้ ร้อยละ 6:94 (15 กรัม) ซึ่งเป็นระดับที่ผู้ทดสอบยอมรับและมีคะแนนความชอบเฉลี่ย ทางด้านประสาทสัมผัสสูงที่สุด สอดคล้องกับเพลินพิศ แจ้งโพธิ์นาค และคณะ (2558) ซึ่งสามารถเสริมผงผักได้ร้อยละ 6 อีกทั้งยังมีสีเขียวและกลิ่นของผักโขมที่พอเหมาะ มีความกรอบร่วนตามลักษณะที่ดีของคุกกี้เนย (ตารางที่ 2) แต่หากมีระดับปริมาณผงผักโขม ที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสลดลง เช่น มีกลิ่นเหม็นเขียว รสชาติขม และ

การแผ่ขยายตัวของคุกกี้ได้น้อย เกิดความแข็งมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับน้ำหนักชั่ง น้ันทะไย และคณณะ (2558)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผงผักโขมต่อแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้เนย

คุณลักษณะ	ปริมาณผงผักโขมต่อแป้งสาลี (ร้อยละ)			
	2:98	4:96	6:94	8:92
สีเขียวผักโขม	7.12±1.06 ^b	7.57±0.71 ^a	7.80±0.91 ^a	6.57±1.17 ^c
กลิ่นผักโขม	6.73±1.21 ^{bc}	7.10±0.90 ^{ab}	7.47±0.93 ^a	6.57±0.95 ^c
รสชาติ	7.45±0.81 ^a	7.42±0.71 ^a	7.70±0.96 ^a	6.40±0.70 ^b
ความกรอบร่วน	7.55±0.95 ^{ab}	7.62±0.80 ^{ab}	7.87±0.46 ^a	7.27±0.78 ^b
ความชอบโดยรวม	7.22±0.94 ^b	7.47±0.71 ^b	8.00±0.81 ^a	6.60±0.84 ^c

หมายเหตุ ^{a,b,c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



รูปที่ 2 คุกกี้เนยที่ใช้ผงผักโขมต่อแป้งสาลีทั้ง 4 ระดับ

3. ผลการทดสอบทางกายภาพของคุกกี้เนยใช้ผงผักโขมและคุกกี้เนยสูตรพื้นฐาน การทดสอบกายภาพคุกกี้เนยใช้ผงผักโขมเปรียบเทียบกับคุกกี้เนยสูตรพื้นฐานดังแสดงตารางที่ 3 ผลการทดสอบพบว่า ค่าสีของคุกกี้เนยใช้ผงผักโขม มีค่าความสว่างน้อยกว่า (L^* เท่ากับ 60.58 และ 73.8) ค่าสีเขียวมากกว่า (a^* -8.84 และ -7.56) และค่าสีเหลืองมากกว่า (b^* 32.62 และ 27.28) จากผลแสดงว่าคุกกี้เนยใช้ผงผักโขมมีสีเข้มกว่าคุกกี้เนยสูตรพื้นฐาน

เนื่องจากมีผงผักโขมเป็นส่วนผสม ซึ่งผงผักโขมมีสีเขียวเข้มจึงทำให้คูกี้เนยใช้ผงผักโขมมีสีเพิ่มขึ้น ส่วนค่า a_w ไม่แตกต่างกัน (a_w เท่ากับ 0.294 และ 0.214) เนื่องจากคูกี้ก็เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำ ซึ่งไม่ก่อให้เกิดของเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากจุลินทรีย์เติบโตได้ดีเมื่อมีค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.88-0.96 ซึ่งค่า a_w ที่กำหนดให้ต่ำกว่า 0.70 อาหารแห้งจึงปลอดภัยต่อเชื้อจุลินทรีย์ (สุคนธ์ชื่น ศรีงาม, 2546) ดังนั้นคูกี้จึงมีความชื้นที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา และผลการทดสอบเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกัน ทั้งด้านความแข็ง (hardness) (835.95 และ 839.72 กรัม) และด้านความแตกหัก (fracturability) (43.40 และ 43.63 มิลลิเมตร) เนื่องจากผงผักโขมมีความแห้ง อีกทั้งใช้ในคูกี้ปริมาณน้อย ดังนั้นปริมาณส่วนผสมยังคงเดิม ประกอบกับลักษณะคูกี้ที่ได้ มีความแห้ง กรอบร่วน มีความแข็งคงตัว และยังคงลักษณะที่ดีของคูกี้ จึงทำให้ความแข็งและความแตกหักไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของคูกี้เนยใช้ผงผักโขมและคูกี้เนยสูตรพื้นฐาน

ค่าทางกายภาพ	คูกี้เนยพื้นฐาน	คูกี้เนยใช้ผงผักโขม
ค่าสี		
L	73.80±1.68 [*]	60.58±2.80 [*]
a [*]	7.56±0.48 [*]	-8.84±1.45 [*]
b [*]	27.28±1.05 [*]	32.66±5.16 [*]
ค่า a_w	0.21±0.007 ^{ns}	0.29±0.002 ^{ns}
ค่าความแข็ง (Hardness)	839.72±34.47 ^{ns}	835.55±20.15 ^{ns}
ค่าการแตกหัก (Fracturability)	43.63±1.15 ^{ns}	43.40±1.39 ^{ns}

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{*} หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สรุปผลการวิจัย

การเสริมคุณค่าทางโภชนาการโดยใช้ผงผักโขมในคูกี้เนย มีวิธีการผลิตผงผักโขมที่ผ่านการลวกและอบแห้งที่ตู้อบลมร้อน ในอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง 30 นาที ซึ่งการทดสอบในครั้งนี้ใช้ผงผักโขมขนาด 80 แมช โดยมีการวัดค่าทางกายภาพ พบว่า มีค่า a_w 0.56 เป็นค่าความชื้นที่เหมาะสมของผักอบแห้งและเหมาะสมต่อ

การเก็บรักษา ส่วนค่าสีจะมีความสว่างต่ำกว่าปัจจัยอื่น ๆ แต่มีสีเขียวย้ำมากกว่า ประกอบกับใช้ระยะเวลาในการอบสั้น อีกทั้งการlovakสามารถลดเอนไซม์ที่ทำให้ก่อเกิดสีน้ำตาลในผักและยับยั้งกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ ประกอบกับในผลิตภัณฑ์คูกี้เนยสามารถใช้ผงผักโขมต่อแป้งสาลีในปริมาณที่เหมาะสมได้ร้อยละ 6:94 (15 กรัม) โดยคิดจากน้ำหนักของแป้งทั้งหมด (250 กรัม) ซึ่งเป็นระดับที่ผู้ทดสอบยอมรับและมีคะแนนความชอบเฉลี่ยมากที่สุด โดยคูกี้ที่ได้มีลักษณะมีสีเขียวและมีกลิ่นของผักโขมที่พอเหมาะ มีความกรอบร่วนตามลักษณะที่ดีของคูกี้เนย แต่หากมีระดับปริมาณผงผักโขมที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสลดลง เช่น มีกลิ่นเหม็นเขียว รสชาติขม และการแผ่ขยายตัวของคูกี้ได้น้อย เกิดความแข็งมากขึ้น อีกทั้งมีผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของคูกี้เนยใช้ผงผักโขมเปรียบเทียบกับคูกี้เนยพื้นฐาน มีผลค่าความสว่างน้อยกว่า ค่าสีเขียวมากกว่า และค่าสีเหลืองมากกว่า เนื่องจากมีผงผักโขมเป็นส่วนผสมจึงทำให้คูกี้เนยที่ได้มีสีเขียวเพิ่มขึ้น ส่วนค่า a_w และการทดสอบเนื้อสัมผัส มีค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความแตกหัก (Fracturability) ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากผงผักโขมมีความชื้นต่ำเมื่อทดแทนในแป้งสาลีที่มีปริมาณส่วนผสมยังคงเดิม จึงทำให้ค่า a_w และค่าเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

- จूरिमात् दीआमात्त्यू, सुदारूत्तन् सुवरून्दी, अरूत्त्यू प्यूण्यू आऒ सुत्तूम्ण सुअकरूऒाऒ. (2561). *การพัฒนาลผลิตภัณฑพาสต้าโดยใช้ผงโหระพาทดแทนแป้งข้าวโพด*. ในเอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบันครั้งที่ 6 วันที่ 6 มิถุนายน 2561. มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ. สมุทรปราการ. หน้า AS289-293.
- ธีรนุช ฉายศิริโชติ. (2547). *คูกี้*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์นาคาอินเตอร์มีเดีย.
- นันทชนก นันทะไชย, ปทุมวัน เมธา, อนุสรรา พาที และ นลิตา บู่ทอง. (2558). ผลของการเสริมไบโหม่อนต่อคุณภาพของคูกี้เนย. *วิทยาศาสตร์เกษตร*, 4(3), 293-296.
- นราธิป ปุณเกษม. (2557). *การพัฒนาคูกี้เนยสดจากเนยสวนดุสิตเสริมใยอาหารจากอัลเบโดของส้มโอ*. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.
- พรพล รมย์นุกูล. (2545). การlovak. *การถนอมอาหาร*. กรุงเทพมหานคร: โอเดียน.

- เพลินพิศ แจ้งโพธิ์นาค, ฉันทนา คำภาหมี และ ภูวดล นุปทุม. (2558). การพัฒนาผลิตภัณฑ์
คุกกี้ลดไขมันเสริมฟักข้าว. *วิทยาศาสตร์เกษตร*, 4(3), 870-872.
- รพีพรรณ ใจภักดี. (2544). *ผักใบ*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: แสงแดดเพื่อนเด็ก.
- สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. (2546). *วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร*. กรุงเทพมหานคร:
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

การพัฒนาระบบบันทึกเวลาเรียนด้วยอาร์เอฟไอดีและคิวอาร์โค้ด
DEVELOPMENT OF A CLASSROOM ATTENDANCE RECORDING SYSTEM
USING RFID AND QR CODES

ฉัตรกาญจน์ นามวิเศษ^{1,*} และ ภูเบศร์ พิพิชธิรัญการ²
Chattrakarn Namwiset^{1,*} and Phubet Phiphithirankarn²

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

²สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาระบบบันทึกเวลาเรียนด้วยอาร์เอฟไอดีและคิวอาร์โค้ด มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบบันทึกเวลาเรียนด้วยอาร์เอฟไอดีและคิวอาร์โค้ด และหาประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้น มีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย คือ 1) ออกแบบระบบบันทึกเวลาเรียนด้วยอาร์เอฟไอดีและคิวอาร์โค้ด ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และออกแบบเครื่องบันทึกเวลาเรียน 2) พัฒนาโปรแกรมระบบบันทึกเวลาเรียน และสร้างเครื่องบันทึกเวลาเรียน 3) ทดลองใช้ระบบบันทึกเวลาเรียนด้วยอาร์เอฟไอดีและคิวอาร์โค้ดเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ พบว่า 1) ผลการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วย 8 เมนูหลัก คือ หน้าหลัก หน้าบันทึกเวลาเรียน หน้าข้อมูลนักเรียน หน้าข้อมูลครู หน้าข้อมูลรายวิชา หน้าตารางสอน หน้าสรุปผล และหน้าผู้จัดทำ 2) ผลการออกแบบเครื่องบันทึกเวลาเรียนและสร้างเครื่องบันทึกเวลาเรียนด้วยอาร์เอฟไอดีและคิวอาร์โค้ด ซึ่งประกอบด้วย คอมพิวเตอร์เป็นตัวแสดงผล ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 เป็นตัวควบคุมข้อมูลไปประมวลผลที่ชิพประมวลผลคำสั่ง และยังนำข้อมูลไปแสดงผลที่จอคอมพิวเตอร์ โมดูลอ่านแท็กอาร์เอฟไอดี และกล้องอ่านคิวอาร์โค้ด เป็นตัวส่งสัญญาณไปยังแท็กหรือไอดี และจอแอลซีดี เป็นตัวแสดงผล 3) ทดลองใช้ระบบบันทึกเวลาเรียนด้วยอาร์เอฟไอดีและคิวอาร์โค้ดกับนักเรียนใน 4 วิชา รวมการบันทึกทั้งหมดได้ 832 ครั้ง และเครื่องบันทึกเวลาเรียนสามารถบันทึกได้

* ผู้ประสานงาน: ฉัตรกาญจน์ นามวิเศษ

อีเมล: chattrakarn.nn@gmail.com

ถูกต้องทั้ง 832 ครั้ง เมื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของเครื่องมือเท่ากับ 0% และค่าประสิทธิภาพของเครื่องมือเท่ากับ 100% แสดงให้เห็นว่าเครื่องบันทึกเวลาเรียนด้วยอาร์เอฟไอดี และคิวอาร์โค้ดที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพในการบันทึกข้อมูล

คำสำคัญ: เครื่องบันทึกเวลาเรียน, อาร์เอฟไอดี, คิวอาร์โค้ด

Abstract

This research involved development of a classroom attendance recording system using RFID and QR codes and to determine the efficiency of the system. The research methodology was: 1) to design a time recording system using RFID and QR codes that consists of two parts: a computer program and a time recorder, 2) to develop this system, and, 3) determine the effectiveness of this tool. The resulting program had eight menus: main, student record, student information, teacher information, subject information, classroom timetable, results summary and author pages. The computer display was controlled using Arduino UNO R3 microcontrollers for data processing. The chip executes the instructions and displays information on a computer screen. The system has a RFID tag reader and camera to read QR codes and transmit the tag or code to an LCD screen. The system was used in four classes where it correctly made 832 readings with no errors. Hence, the error value of the tool was 0% and its performance was 100%, which indicates that the RFID and QR readers were effective for recording attendance.

Keywords: Study time recorder, RFID, QR Code

บทนำ

การพัฒนาเครื่องมือ เพื่อช่วยในการทำงานให้มีระยะเวลาที่รวดเร็ว มีคุณภาพ และประสิทธิภาพ ต้องมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้มีเครื่องมือสามารถสร้างสรรค์คุณูปการที่ดีขึ้น รวมถึงการลดค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องมือ เพื่อให้ได้ความต้องการที่จะมีเครื่องมือในการทำงานที่มีคุณภาพ ต้องมีการปรับปรุงกระบวนการและนำวัสดุที่ใกล้ตัวมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุด

ในการจัดการเรียนการสอน ปัจจุบันต้องมีการเช็คชื่อในการเข้าเรียน ปกติจะเป็นหน้าที่ของครูผู้สอน ส่วนมากจะตรวจสอบโดยการเช็คตามใบรายชื่อ (จิราการ เณิมดิษฐ์, 2555) อาจเกิดการผิดพลาดเช่น ลืมเช็คชื่อ และไม่สามารถตรวจสอบย้อนหลังได้หรือนักเรียนมีจำนวนมากไม่สามารถเช็คชื่อได้ทั่วถึงเพราะใช้เวลานานเกินไป อาจมีการเช็คชื่อแทนกันได้ (วริญทร เจนชัย และคณะ, 2555) และไม่มีข้อมูลมาประมวลผลในระบบจัดเก็บข้อมูลทำให้ระบบไม่มีประสิทธิภาพ

อาร์เอฟไอดี (Radio Frequency Identification) เทคโนโลยีระบุข้อมูลที่แสดงเอกลักษณ์ของวัตถุ สามารถอ่านข้อมูลจากแท็กอาร์เอฟไอดี (RFID Tag) ได้หลาย ๆ อันแบบไร้สัมผัส แม้ในสภาวะอากาศไม่ดี ทนต่อความเปียกชื้น และแรงเสียดทาน สามารถอ่านข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูง (พิทักษ์ จิตรสำราญ, 2551) ซึ่งค่าเฉลี่ยของความถูกต้องจากการอ่านข้อมูลด้วยเทคโนโลยี RFID อยู่ประมาณ 99.5% (สุรียพร มั่งมี, 2553) จากข้อได้เปรียบของเทคโนโลยี RFID ปัจจุบันจึงได้นำมาปรับใช้ให้เกิดประโยชน์ยิ่งขึ้น เช่น การตรวจสอบเกี่ยวกับอาหาร (การบูรณาการอาร์เอฟไอดี เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายและการทำเหมืองข้อมูลในระบบตรวจสอบย้อนกลับของผลิตภัณฑ์อาหาร) (Ganjar et al., 2560) การจัดการด้านการขนส่ง (ระบบการบ่งชี้รหัสเฉพาะโดยใช้ความถี่วิทยุกับการจัดการขนส่งทรงประสิทธิภาพ) (จินตนา สีหาพงษ์ และ กัญชพร ธรรมณี, 2558) รถไฟฟ้า ที่จอดรถ งานด้านห้องสมุด (การประยุกต์ใช้อาร์เอฟไอดีในงานห้องสมุด) (สิริยาภรณ์ ผาลาวรรณ และ สุรพล ฤทธิ์รวมทรัพย์, 2558) จึงได้นำมาประยุกต์ใช้ในการบันทึกเวลาเรียนและมีเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดที่นำมาใช้งานด้านการศึกษาด้วยเช่นกัน

คิวอาร์โค้ด (Quick Response Code: QR code) หรือบาร์โค้ด 2 มิติ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนามาจากอาร์เอฟไอดี เพื่อติดตามยานพาหนะระหว่างการผลิตถูกคิดค้นขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2537 โดยบริษัทเดนโซ-เวฟ (Denso Wave) ปัจจุบันนำมาประยุกต์ใช้ในงาน

ต่าง ๆ เช่น ด้านอาหาร นามบัตร สื่อสิ่งพิมพ์ ป้ายโฆษณา การบันทึกข้อมูลการเข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อการศึกษา (การประยุกต์ใช้คิวอาร์โค้ดในการบันทึกข้อมูลการเข้าร่วมกิจกรรมเพื่อสำเร็จการศึกษาโดยนำเข้าสู่ข้อมูลผ่านระบบเก็บข้อมูลออนไลน์) (นฤเทพ สุวรรณธาดา และคณะ, 2556) การพัฒนาระบบและกิจกรรมการเรียนรู้แบบตนเองในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้แบบ u-learning ด้วยการเข้าถึงแหล่งเรียนรู้ออนไลน์โดยใช้แท็บเล็ตและ QR code (นพดล ผู้มีจรรยา และ ฌมณ จีรังสุวรรณ, 2555)

จากที่กล่าวข้างต้นผู้วิจัยเห็นความสำคัญและสนใจศึกษาการพัฒนาบบบันทึกเวลาเรียนและสร้างเครื่องบันทึกเวลาเรียนด้วยอาร์เอฟไอดีและคิวอาร์โค้ด เพื่อนำมาช่วยในการบันทึกเวลาเข้าเรียนของนักเรียนโรงเรียนสุเหร่าดอนสะแก สังกัดกรุงเทพมหานคร

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาบบบันทึกเวลาเรียนด้วยอาร์เอฟไอดีและคิวอาร์โค้ด มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

1) ออกแบบระบบบันทึกเวลาเรียนด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประกอบด้วย 8 เมนูหลัก คือ หน้าหลัก หน้าบันทึกเวลาเรียน หน้าข้อมูลนักเรียน หน้าข้อมูลครู หน้าข้อมูลรายวิชา หน้าตารางสอน หน้าสรุปผล และหน้าผู้จัดทำ



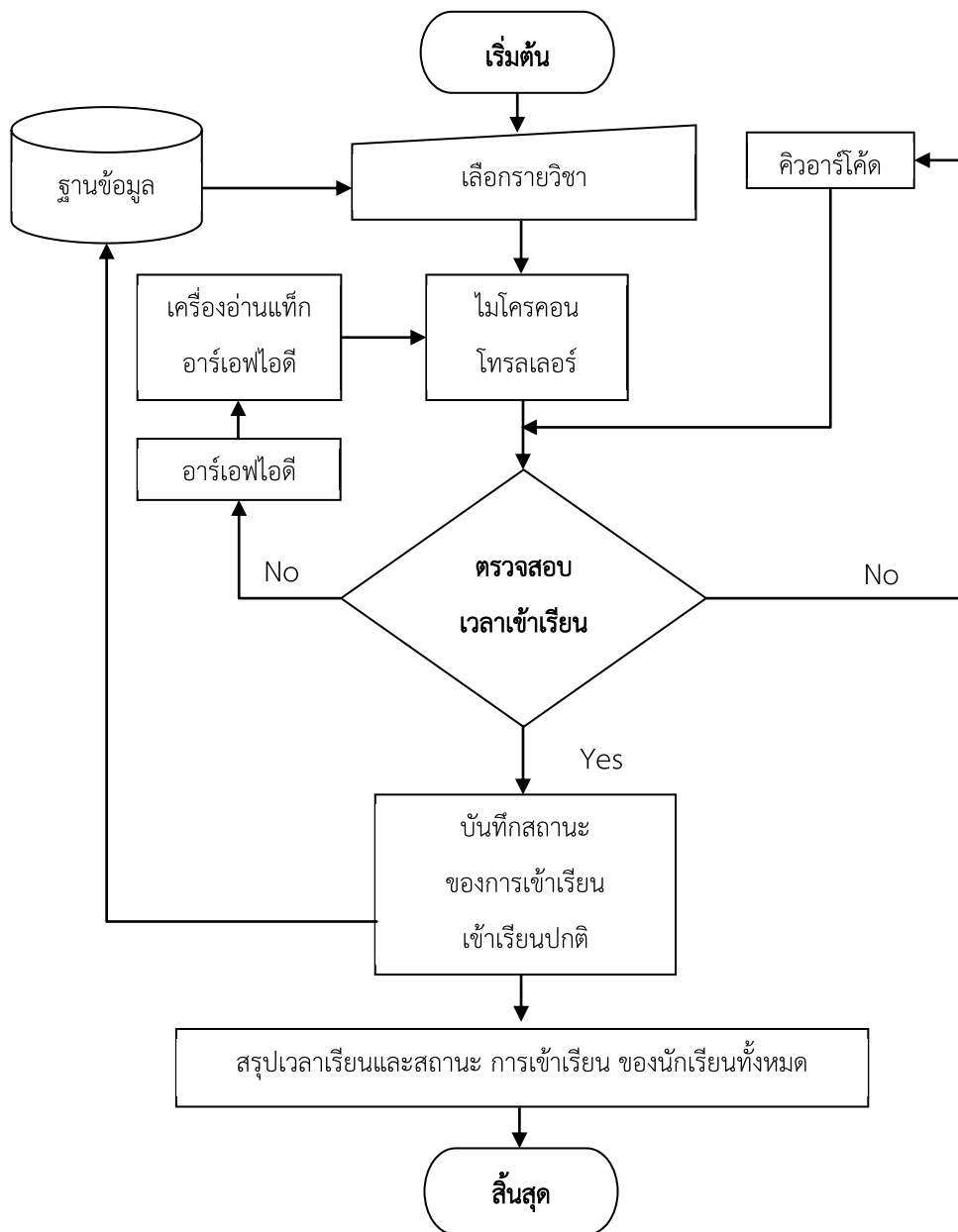
รูปที่ 1 ตัวอย่างระบบบันทึกเวลาเรียน

2) ออกแบบเครื่องบันทึกเวลาเรียนและสร้างเครื่องบันทึกเวลาเรียนตามที่ได้ ออกแบบไว้ ซึ่งประกอบด้วย คอมพิวเตอร์เป็นตัวแสดงผล ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 เป็นตัวควบคุมข้อมูลไปประมวลผลที่ชิพประมวลผลคำสั่ง และยังนำ ข้อมูลไปแสดงผลที่จอคอมพิวเตอร์ โมดูลอ่านแท็กอาร์เอฟไอดีและกล้องอ่านคิวอาร์โค้ด เป็น ตัวส่งสัญญาณไปยังแท็กหรือโค้ด และจอแอลซีดี เป็นตัวแสดงผล

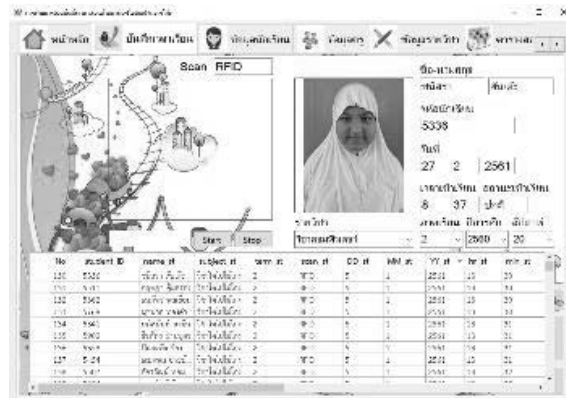


รูปที่ 2 เครื่องบันทึกเวลาเรียนด้วยอาร์เอฟไอดีและคิวอาร์โค้ด

3) ทดลองใช้ระบบบันทึกเวลาเรียนด้วยอาร์เอฟไอดีและคิวอาร์โค้ด ทั้งนี้ได้ทดลองใช้ กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสุเหร่าดอนสะแก เขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีการกำหนดโค้ดของอาร์เอฟไอดีและคิวอาร์โค้ด คนละหนึ่งโค้ด โดยการนำชื่อมากำหนด เป็นโค้ด เพื่อนำไปบันทึกในระบบของแต่ละวิชา



รูปที่ 3 แผนผังการทำงานระบบบันทึกเวลาเรียนด้วยอาร์เอฟไอดีและคิวอาร์โค้ด



รูปที่ 4 ตัวอย่างโปรแกรมระบบบันทึกเวลาเรียน (อ่านผ่านเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี)



รูปที่ 5 ตัวอย่างโปรแกรมระบบบันทึกเวลาเรียน (อ่านผ่านกล้องเว็บแคมอ่านคิวอาร์โค้ด)

4) หาประสิทธิภาพของเครื่องมือ ซึ่งได้จาก

$$\frac{|A - B|}{A} \times 100$$

เมื่อ A = จำนวนครั้งที่อ่าน แท็ก อาร์เอฟไอดีทั้งหมด

B = (จำนวนครั้งที่อ่านถูกต้อง - จำนวนครั้งที่อ่านผิดพลาด)

และได้ตั้งเกณฑ์การมีประสิทธิภาพ การทำงานของระบบบันทึกเวลาเรียนไว้ เมื่อมีความผิดพลาดไม่เกิน 1%

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในการวิจัย เรื่องการพัฒนาระบบบันทึกเวลาเรียนด้วยอาร์เอฟไอดีและคิวอาร์โค้ด มีผลการทดลองใช้ระบบบันทึกเวลาเรียนกับนักเรียนทั้งหมด 26 คน ซึ่งทดลองใช้กับ 4 วิชา ได้แก่

วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี พบว่า มาปกติจาก 208 ครั้ง มาเรียนตามจริง 187 ครั้งคิดเป็นร้อยละ 90 ขาดเรียน 21 ครั้งคิดเป็นร้อยละ 10 และไม่มีนักเรียนมาสาย

The screenshot shows a web application interface with a menu bar at the top containing icons for home, data management, attendance, academic performance, and reports. Below the menu, there are filters for 'จำนวนนักเรียน' (26) and 'ภาคเรียน' (2). The main area displays a table with the following data:

No	student_ID	name_st	school_year	turn_st	subject_st	week_11	week_12	week_13
2	5222	ศุภวิศา นามละอิด	2560	2	วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี	1	1	1
2	5319	วิรัชชา นามละอิด	2560	2	วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี	1	1	1
2	5326	ชัญญา นามละอิด	2560	2	วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี	1	1	1
4	5341	นฤพิญา นามละอิด	2560	2	วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี	1	1	1
4	5351	ประวีณา นามละอิด	2560	2	วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี	1	1	1
6	5356	พริทิตา นามละอิด	2560	2	วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี	1	1	1
7	5358	ธีรเมธี นามละอิด	2560	2	วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี	1	1	1
8	5362	ณัฐพร นามละอิด	2560	2	วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี	1	1	1
8	5369	ศุภพร นามละอิด	2560	2	วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี	1	1	1
10	5424	ณนชดา นามละอิด	2560	2	วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี	1	1	1
11	5507	ศันชัญ นามละอิด	2560	2	วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี	1	1	1
12	5511	ศุภาภา นามละอิด	2560	2	วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี	1	1	1
13	5513	ชัญญา นามละอิด	2560	2	วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี	1	1	1
14	5512	ณิชา นามละอิด	2560	2	วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี	1	1	1
12	5516	ศุภาภา นามละอิด	2560	2	วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี	1	1	1
16	5518	ศุภาภา นามละอิด	2560	2	วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี	1	1	1
17	5520	ณิชา นามละอิด	2560	2	วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี	1	1	1
18	5624	ณัฐพร นามละอิด	2560	2	วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี	1	1	1
19	5625	ณัฐพร นามละอิด	2560	2	วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี	1	1	1
20	5641	ศุภาภา นามละอิด	2560	2	วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี	1	1	1

รูปที่ 6 ส่วนหน้าสรุปผลการบันทึกเวลาเรียนวิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี

The screenshot shows a summary table with columns for weeks 12 through 20 and a 'sum_st' column. The table contains numerical data representing attendance counts for various students, with some cells containing '0' or '1'.

week_12	week_13	week_14	week_15	week_16	week_17	week_18	week_19	week_20	sum_st
1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
1	1	1	1	0	1	1	1	1	8
1	1	1	1	0	1	1	1	1	8
1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1	1	1	1	1	1	1	1	1	9

รูปที่ 7 ส่วนท้ายสรุปผลการบันทึกเวลาเรียนวิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี

วิชาแนะแนว พบว่า มาปกติจาก 208 ครั้ง มาเรียนตามจริง 187 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 90 ขาดเรียน 21 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 10 และไม่มีนักเรียนมาสาย

No	student_id	name_st	school_year	term_st	subject_st	week_11	week_12	week_13	week_14
80	5319	วิรัช วิวัฒน์	2560	2	วิชาแนะแนว	0	1	1	1
81	5326	จิรัช คุ้มดี	2560	2	วิชาแนะแนว	0	1	1	1
82	5341	ณวัฒน์ สามัน	2560	2	วิชาแนะแนว	0	1	1	1
83	5301	ปวีณา คำสิงห์	2560	2	วิชาแนะแนว	0	1	1	0
84	5356	พิทักษ์ ชีวงศ์	2560	2	วิชาแนะแนว	0	1	1	1
85	5358	ปิณเทพ ชัยสุวราช	2560	2	วิชาแนะแนว	0	1	1	1
86	5342	ณภัทร พงษ์สิงห์	2560	2	วิชาแนะแนว	0	1	1	1
87	5366	พีรพัฒน์ สิมะ	2560	2	วิชาแนะแนว	0	1	1	1
88	5424	ณมศพร ปงษ์ธาดา	2560	2	วิชาแนะแนว	0	1	1	1
89	5507	วิรัชวัฒน์ พงษ์อิน	2560	2	วิชาแนะแนว	0	1	1	1
90	5511	ศุภางค์ ศิวราช	2560	2	วิชาแนะแนว	0	1	1	1
91	5510	เจษฎ์ สัจจิตต	2560	2	วิชาแนะแนว	0	1	1	1
92	5515	ณัฐชา น. สิงห์	2560	2	วิชาแนะแนว	0	0	1	1
93	5516	ศุภางค์ ณนส	2560	2	วิชาแนะแนว	0	1	1	1
94	5518	ชัยวุฒิ ไร่ปลั่งสี	2560	2	วิชาแนะแนว	0	1	1	1
95	5526	ปิณเทพ สอนธรรมศรี	2560	2	วิชาแนะแนว	0	1	1	1
96	5624	เรศวีร์ ชัย	2560	2	วิชาแนะแนว	0	1	1	1
97	5625	ศุภางค์ ไร่	2560	2	วิชาแนะแนว	0	1	1	1
98	5641	ศุภางค์ บุญธรรม	2560	2	วิชาแนะแนว	0	1	1	1
99	5601	วิรัช ไร่ปลั่งสี	2560	2	วิชาแนะแนว	0	1	1	1

รูปที่ 8 ส่วนหน้าสรุปผลการบันทึกเวลาเรียนวิชาแนะแนว

week_12	week_13	week_14	week_15	week_16	week_17	week_18	week_19	week_20	sum_st
1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
3	3	3	0	3	3	3	3	3	8
2	2	2	0	2	2	2	2	2	8
1	0	1	0	1	1	1	1	1	7
3	0	3	0	3	3	3	3	3	7
2	2	2	0	2	2	2	2	2	8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
1	0	1	0	1	1	1	1	1	7
1	2	3	0	3	3	3	3	3	7
1	1	1	0	1	0	0	1	1	7
1	1	1	0	1	0	0	1	1	6
1	3	3	0	3	3	3	3	3	7
2	2	0	0	2	2	2	2	2	6
1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
1	3	3	0	3	3	3	3	3	8
2	2	2	0	2	0	3	2	2	7
1	1	1	0	1	1	0	1	1	7
3	3	3	0	3	3	3	3	3	7
1	1	1	0	1	1	2	1	1	8

รูปที่ 9 ส่วนท้ายสรุปผลการบันทึกเวลาเรียนวิชาแนะแนว

วิชาโตไปไม่โกง พบว่า มาปกติจาก 208 ครั้ง มาเรียนตามจริง 193 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 93 ขาดเรียน 15 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 7 และไม่มีนักเรียนมาสาย

No	student ID	name	st	school	year	term	st	subject	st	week 11	week 12	week 13	we
29	2529	วิฑูรย์ บัญชี	C	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	C	1	1	1	1	1	
29	2534	พิชิตา พิริยะ	C	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	C	1	1	1	1	1	
40	5341	นภัสวดี วัฒน	C	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	C	1	1	1	1	1	
41	5351	ปณิศา สักโก	C	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	C	1	1	1	1	1	
42	4336	สิริกมล สิงห์	C	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	C	1	1	1	1	1	
43	4338	วิมลนที จันทกมล	C	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	C	0	0	1	1	1	
46	5302	ณัฏฐา พิริยะ	C	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	C	1	1	1	1	1	
45	5309	ศิริวิไล พิริยะ	C	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	C	1	1	1	1	1	
36	5434	ณวรรษดา วัฒน	C	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	C	1	1	1	1	1	
37	5507	สิริวิไล พิริยะ	C	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	C	1	1	1	1	1	
39	5511	ณัฏฐา พิริยะ	C	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	C	0	0	1	1	0	
39	5513	วิมลนที จันทกมล	C	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	C	1	1	1	1	0	
40	5515	ณัฏฐา พิริยะ	C	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	C	1	1	1	1	1	
41	5516	ศรณภัค พิริยะ	C	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	C	1	1	1	1	1	
42	5518	สิริวิไล พิริยะ	C	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	C	1	1	1	1	1	
43	5520	วิมลนที พิริยะ	C	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	C	1	1	1	1	1	
46	5524	ณัฏฐา พิริยะ	C	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	C	1	1	1	1	1	
45	5525	สิริวิไล พิริยะ	C	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	C	1	1	1	1	1	
46	5531	ณัฏฐา พิริยะ	C	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	C	1	1	1	1	1	
47	5531	อัสวี ปิยะ	C	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	C	1	1	1	1	1	

รูปที่ 10 ส่วนหน้าสรุปผลการบันทึกเวลาเรียนวิชาโตไปไม่โกง

week 12	week 13	week 14	week 15	week 16	week 17	week 18	week 19	week 20	รวม
1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
1	1	1	0	0	1	1	1	1	7
1	1	1	0	0	0	1	1	1	6
1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	8

รูปที่ 11 ส่วนท้ายสรุปผลการบันทึกเวลาเรียนวิชาโตไปไม่โกง

วิชาคอมพิวเตอร์ พบว่า มาปกติจาก 208 ครั้ง มาเรียนตามจริง 190 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 91 ขาดเรียน 18 ครั้งคิดเป็นร้อยละ 9 และไม่มีนักเรียนมาสาย

No	student_id	name_st	scored_year	term_st	subject_st	week_11	week_12	week_13	avg
28	5329	วิชาพี วิชาพี	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	0	1	1	1
29	5336	วิชาพี วิชาพี	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	0	1	1	1
30	5341	เนติบัณฑิต สาธิต	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	0	1	1	1
31	5351	ปริญญ์ ภัคศิษฐ์	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	0	1	1	1
32	5356	พิริภาภรณ์ สิทธิชัย	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	0	1	1	1
33	5358	ปิยนันท์ วิชาพี	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	0	0	1	1
34	5362	ศุภวิศา ขอน้อม	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	0	1	1	1
35	5368	ศิริวิศา มีนชัย	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	0	1	1	1
36	5374	สมนต์ธพร วิชาพี	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	0	1	1	1
37	5507	ชัชวาลย์ ขอน้อม	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	0	1	1	1
38	5511	ศุภกาญจน์ ขอน้อม	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	0	0	1	0
39	5522	จุฬารัตน์ สิงห์ชัย	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	0	1	1	0
40	5515	ณัฐชยา ขอน้อม	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	0	1	1	1
41	5526	ศุภากรณ วิชาพี	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	0	1	1	1
42	5518	สิริกาญจน์ วิภาศิริ	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	0	1	1	1
43	5520	นันทิพย์ ขอน้อม	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	0	1	1	1
44	5628	ศุภกานต์ วิภา	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	0	1	1	1
45	5525	ศุภกานต์ วิภา	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	0	1	1	1
46	5541	ศุภกานต์ วิภา	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	0	1	1	1
47	5651	ศุภกานต์ วิชาพี	2560	2	วิชาคณิตศาสตร์	0	1	1	1

รูปที่ 12 ส่วนหน้าสรุปผลการบันทึกเวลาเรียนวิชาคอมพิวเตอร์

week_12	week_13	week_14	week_15	week_16	week_17	week_18	week_19	week_20	avg
1	1	1	0	1	1	1	1	1	0.8
1	1	1	0	0	1	1	1	1	0.7
1	1	1	0	0	0	1	1	1	0.6
1	1	1	0	1	1	1	1	1	0.8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	0.8
1	1	1	0	1	0	1	1	1	0.6
1	1	1	0	1	1	1	1	1	0.8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	0.8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	0.8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	0.8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	0.8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	0.8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	0.8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	0.8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	0.8
1	1	1	0	1	0	1	1	1	0.7
1	1	1	0	1	1	1	1	1	0.8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	0.8
1	1	1	0	1	1	1	1	1	0.8
1	1	1	0	1	0	1	1	1	0.7

รูปที่ 13 ส่วนท้ายสรุปผลการบันทึกเวลาเรียนวิชาคอมพิวเตอร์

จากการพัฒนาระบบบันทึกเวลาเรียนด้วยอาร์เอฟไอดีและคิวอาร์โค้ด อภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

การพัฒนาโปรแกรมบันทึกเวลาเรียน ประกอบด้วย 8 เมนูหลัก คือ หน้าหลัก หน้าบันทึกเวลาเรียน หน้าข้อมูลนักเรียน หน้าข้อมูลครู หน้าข้อมูลรายวิชา หน้าตารางสอน หน้าสรุปผล และหน้าผู้จัดทำ ทุกหน้าเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล โดยระบบจะทำงานร่วมกับเครื่องบันทึกเวลาเรียน เมื่อแท็กอาร์เอฟไอดีได้รับสัญญาณส่งมาจากเครื่องอ่าน และจะส่งสัญญาณ

กลับไปยังตัวควบคุม แล้วประมวลผลด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อส่งไปยังโปรแกรมเพื่อค้นหาข้อมูลในฐานข้อมูล และไปแสดงในโปรแกรมบันทึกเวลาเรียน

การสร้างเครื่องบันทึกเวลาเรียน ได้ออกแบบสร้างโดยอาศัยโปรแกรมบันทึกเวลาเรียน เป็นตัวควบคุมและสั่งการในเครื่องบันทึกเวลาเรียนตามที่โปรแกรมบันทึกเวลาเรียนได้ส่งข้อมูล และภายในเครื่องบันทึกเวลาเรียนนั้นประกอบไปด้วย โมดูลอ่านอาร์เอฟไอดีและกล้องเว็บแคมอ่านคิวอาร์โค้ด เป็นตัวส่งสัญญาณไปยังแท็กหรือไอดี ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เป็นตัวควบคุมข้อมูลไปประมวลผลที่ชิพประมวลผลคำสั่ง และยังนำข้อมูลไปแสดงผลที่จอคอมพิวเตอร์ด้วย จอแอลซีดี เป็นตัวแสดงผล

ในการใช้โปรแกรมบันทึกเวลาเรียนและเครื่องบันทึกเวลาเรียนแสดงข้อมูลถูกต้องครบถ้วน ตรงตามข้อมูลที่บันทึก เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมเทียบกับบัญชีเรียกชื่อ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของจิตติพงษ์ วงสาโท และคณะ (2558) ได้พัฒนาระบบนำขมพิพิธภัณฑ์แบบเครือข่ายด้วยคิวอาร์โค้ดบนสมาร์ตโฟน ผลการวิจัยพบว่า การบันทึกเวลาสามารถเก็บบันทึกข้อมูลและเก็บสถิติย้อนหลังได้ ทำให้สามารถแก้ไขปัญหาความยุ่งยากในการใช้อุปกรณ์ และในการบันทึก ใช้บันทึก 4 วิชา ซึ่งพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มาเรียนปกติและไม่มาเรียนสาย เมื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของเครื่องมือเท่ากับ 0% และหาค่าประสิทธิภาพของเครื่องมือเท่ากับ 100%

ดังนั้นวิเคราะห์ผลการวิจัยนี้ได้ว่า การใช้โปรแกรมบันทึกเวลาเรียนด้วยอาร์เอฟไอดีและคิวอาร์โค้ดนั้นมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดไม่เกิน 1% แสดงให้เห็นว่าเครื่องบันทึกเวลาเรียนด้วยอาร์เอฟไอดีและคิวอาร์โค้ดที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพและแม่นยำในการเก็บข้อมูล

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัย สรุปได้ว่าเมื่อทดลองใช้ระบบบันทึกเวลาเรียนด้วยอาร์เอฟไอดีและคิวอาร์โค้ดกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ใน 4 วิชาคือ วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี วิชาแนะแนว วิชาคอมพิวเตอร์ และวิชาโตไปไม่โกง พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มาเรียนปกติและไม่มาเรียนสาย เมื่อนำมาหาค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของเครื่องมือเท่ากับ 0% และเมื่อหาค่าประสิทธิภาพของเครื่องมือเท่ากับ 100% ผลการใช้โปรแกรมบันทึกเวลาเรียนด้วยอาร์เอฟไอดีและคิวอาร์โค้ดนั้นมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดไม่เกิน 1% แสดงให้เห็นว่าเครื่องบันทึกเวลาเรียนด้วยอาร์เอฟไอดีและคิวอาร์โค้ดที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพในการบันทึกข้อมูลเวลาเรียน

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ที่กรุณาให้คำปรึกษา อ่าน แนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตลอดจนให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ และดูแลให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยด้วยความเอาใจใส่อย่างดีเสมอมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- จินตนา สีหาพงษ์ และ กัญชพร ศรมณี. (2558). ระบบการบ่งชี้รหัสเฉพาะโดยใช้ความถี่วิทยุกับการจัดการขนส่งทรงประสิทธิภาพ. *วารสารวิชาการบริหารธุรกิจ*, 4(1), 102-109.
- จิรากร เฉลิมดิษฐ์. (2555). *ระบบตรวจสอบรายชื่อการเข้าเรียนของนักเรียนโรงเรียนวัดบางกระโดยใช้ RFID*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง.)
- ธิติพงษ์ วงสาโท, ละออ โควาศิราช, ทวีศักดิ์ สรรเพชุดา, กฤษฎา จินดา, สดใส วิเศษสุด และ อนุวัฒน์ ไชยวงศ์เย็น. (2558). การพัฒนาระบบนำชมพิพิธภัณฑ์แบบเครือข่ายด้วยคิวอาร์โค้ดบนสมาร์ตโฟน. *วารสารการจัดการมหาวิทยาลัยวิถีโลกทัศน์*, 4(1), 12-22.
- นพดล ผู้มีจรรยา และ ฉมน จีรังสุวรรณ. (2555). การพัฒนาระบบและกิจกรรมการเรียนรู้แบบตนเองในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้แบบ u-learning ด้วยการเข้าถึงแหล่งเรียนรู้ออนไลน์โดยใช้แท็บเล็ตและ QR code. *วารสารวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏเลย*, 5(26), 13-24.
- นฤเทพ สุวรรณธาดา, สมคิด แซ่หลี และ สรเดช ครุฑจ้อน. (2556). การประยุกต์ใช้คิวอาร์โค้ดในการบันทึกข้อมูลการเข้าร่วมกิจกรรมเพื่อสำเร็จการศึกษาโดยนำเข้าข้อมูลผ่านระบบเก็บข้อมูลออนไลน์. *วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ*, 4(2), 20-26.
- พิทักษ์ จิตรสำราญ. (2551). โปรแกรมการจัดการงานกิจกรรมนิสิตและการเข้าร่วมกิจกรรมนักศึกษาด้วย RFID. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
- วริญทร เจนชัย, จิตมินต์ อังสกุล และ ธรา อังสกุล. (2555). ระบบบันทึกการเข้าชั้นเรียนผ่านบลูทูธ. *วารสารเทคโนโลยีสุรนารี*, 4(1), 37-55.

สิริยาภรณ์ ผาดาวรรณ และ สุรพล ฤทธิธรรมทรัพย์. (2558). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี RFID ในห้องสมุด. *วารสารวิจัยสมาคมห้องสมุดแห่งประเทศไทย, 8*(1), 115-133.

สุรีย์พร มั่งมี. (2553). *การพัฒนาประสิทธิภาพของระบบ RFID ที่มีการสื่อสารแบบ Frame ALOHA.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.)

Ganjar, A., Jongtae, R., Hyejung, A., Jaeho, L., Umar, F., Muhammad, F. I. & M Alex, S. (2560). Integration of RFID, wireless sensor networks, and data mining in an e-pedigree food traceability system. *Journal of Food Engineering, 212*, 65-67.

เทคนิคภาพถ่ายทางความร้อนและการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อน
ของเตาอบไก่

THERMAL IMAGE TECHNIQUE AND THERMAL EFFICIENCY COMPARISON
OF FIRED OVEN CHICKEN

สัณหวัจน์ ทองแดง และ บัญชา ล้าเลิศ*

Sanhawat Thongdaeng and Bancha Lamlerd*

หน่วยวิจัยวิศวกรรมทางความร้อนและระบบของไหล (TEF) สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาอบไก่ 3 แบบประกอบด้วย เตาอบแบบไม่หุ้มฉนวน, หุ้มฉนวน และตัดแปลงจากโอ่งน้ำ โดยยืนยันผลอุณหภูมิการทดลองที่ได้ด้วยภาพถ่ายทางความร้อน เตาอบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร และความสูง 100 เซนติเมตร ใช้ถ่านไม้ยูคาลิปตัสเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนไก่ที่ใช้อบมีน้ำหนักเฉลี่ย 1 กิโลกรัม อบครั้งละ 5 ตัว ผลการทดลองพบว่าเตาอบที่หุ้มฉนวนมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูงสุดคือ 0.365 เวลาในการอบไก่ 34 นาที ใช้ถ่านไปทั้งสิ้น 300 กรัม ที่อุณหภูมิ 280 องศาเซลเซียส โดยภาพถ่ายทางความร้อนชี้ให้เห็นอุณหภูมิที่ผิวของเตาอบที่หุ้มฉนวนต่ำกว่าเตาอบแบบไม่หุ้มฉนวน และเตาอบแบบโอ่งน้ำ ซึ่งเตาอบทั้งสองแบบมีการกระจายของความร้อนรอบ ๆ เตาอบที่สูงทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนที่สูงมาก ระยะเวลาอบที่นาน และสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพเชิงความร้อน, เตาอบ, ภาพถ่ายทางความร้อน

* ผู้ประสานงาน: บัญชา ล้าเลิศ

อีเมล: bancha_la@windowlive.com

Abstract

This research aims to investigate comparing the thermal efficiency of fired oven chicken consists of the fired oven chicken without insulation, insulation and the earthen jar to modify for the oven. The temperature results were confirmed by thermal image. The oven diameter of 50 cm. and height of 100 cm. Eucalyptus charcoal was used as a fuel for heating. The chicken weight about 1 kilogram and baking of 5 chickens per time. The results showed that the maximum thermal efficiency occurs as fire oven with insulate was 0.365. The baking time was 34 minutes, 300 grams of eucalyptus charcoal at the temperature of 280 oC. The thermal image was demonstrated the surface temperature of fire oven with insulate lower than fire oven without insulate and earthen jar to modified when the thermal diffuse around both oven with high temperature conduce to high heat loss, long period of time and high energy consumption.

Keywords: Thermal efficiency, Fired oven, Thermal image

บทนำ

ไก่เป็นสัตว์ที่สามารถนำไปแปรรูปอาหารได้หลายอย่าง หนึ่งในเมนูที่สำคัญ และได้รับความนิยมคือ ไก่อบซึ่งมีความแตกต่างจากเมนูอย่างอื่น เนื่องจากสามารถนำไก่ทั้งตัวอบได้ในครั้งเดียว ซึ่งต้องอาศัยอุปกรณ์ทำอาหารที่ให้ความร้อนได้ทั่วถึงข้างในเนื้อไก่ และต้องประหยัดพลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งร้านอาหารที่ต้องอบหลาย ๆ ตัวต่อครั้ง ซึ่งต้องสิ้นเปลืองพลังงาน และเวลาเป็นอย่างมาก เตาอบที่ใช้ในปัจจุบันมีหลายแบบเช่น ศิลา สุหารัต (2549) ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการอบไก่ใช้แผงกระจกขนาด 7X6 เมตร (กว้างXยาว) ใช้กระจกขนาด 3X5 นิ้ว (กว้างXยาว) จำนวน 1,000 แผ่น อยู่สูงจากพื้นดิน 50 เซนติเมตร แผงกระจกห่างจากตัวไก่ประมาณ 6 เมตร ในเวลา 15 นาที อุณหภูมิ 312 องศาเซลเซียส, ธีระศาสตร์ คณาศรี (2559) สร้างเตาอบไก่สแตนเลสขนาด 200 ลิตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 56 เซนติเมตร ความสูง 90 เซนติเมตร ซึ่งนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบ

กับการอบด้วยไฟฟ้า และย่างด้วยถ่าน โดยการอบด้วยไฟฟ้าใช้อุณหภูมิ 177 องศาเซลเซียส เวลาอบ 50-60 นาที ขณะที่เตาอบไก่ที่ทำจากถังสแตนเลสหุ้มฉนวนสามารถทำอุณหภูมิเฉลี่ยคือ 225.6 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบประมาณ 35-40 นาที และการย่างด้วยถ่านไม่ให้ อุณหภูมิสูงสุดที่ 107 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการอบ 120 นาที จากรูปแบบการอบที่ กล่าวมาข้างต้นการใช้พลังงานแสงอาทิตย์สามารถลดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงได้เป็นอย่างดี แต่การ อบที่ปริมาณมากและในช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์ยังคงทำได้ยาก ในส่วนการอบด้วยไฟฟ้าหาก อบไก่หลายตัวจะสิ้นเปลืองพลังงานเป็นอย่างมาก และต้องใช้เตาไฟฟ้าขนาดใหญ่ซึ่งมีราคา สูง แต่สำหรับการอบโดยใช้เตาถ่านเป็นส่วนให้ความร้อนนั้นมีข้อดีคือ ใช้ปริมาณเชื้อเพลิง น้อย ใช้เวลาสั้น และไร้ควัน เนื่องจากส่วนให้ความร้อนและน้ำมันไก่แยกกันจึงไม่เกิดควัน จากน้ำมันหยด แต่อย่างไรก็ดี การอบโดยใช้เตาถ่านให้ความร้อนนั้นมีหลากหลายแบบเช่น เตาอบโอ่ง และเตาอบดัดแปลงจากถังน้ำมัน 200 ลิตร ซึ่งยังขาดข้อมูลการวิเคราะห์ผล ทางด้านการสูญเสียความร้อน และประสิทธิภาพทางความร้อน

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของ เตาอบไก่ วิเคราะห์ผลทางด้านการสูญเสียความร้อน และนำเสนอเทคนิคการวิเคราะห์ผล ทางความร้อนโดยใช้ภาพถ่ายทางความร้อนเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับยืนยันผลการทดลอง เป็น แนวทางการเลือกใช้งานเตาอบไก่แบบต่าง ๆ ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ใช้เตาอบไก่ 3 แบบในการทดลองคือ เตาอบแบบไม่หุ้มฉนวน แบบหุ้ม ฉนวน และแบบดัดแปลงจากโอ่งให้ความร้อนด้วยเตาถ่าน เพื่อการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ เชิงความร้อน มีรายละเอียดดังนี้



ช่องซี้ถ่านและทางลมเข้า

เตาถ่าน

รูปที่ 1 การติดตั้งเตาถ่านเข้ากับเตาอบไก่

แบบที่ 1 เตาอบไถ่ดัดแปลงจากถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร แบบไม่หุ้มฉนวน มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร และความสูง 100 เซนติเมตร ด้านบนสามารถเปิดฝาได้ และต่อท่อขนาด 2 นิ้วเป็นปล่องควัน ด้านล่างเจาะรูขนาด 20 เซนติเมตร สำหรับสวมเตากลั่นเข้าไป โดยด้านล่างของเตาให้ช่องซี่ไถ่อยู่ด้านนอกถึง ให้อากาศไหลผ่านจากด้านนอกเข้าเตาอบไถ่ผ่านทางช่องซี่ไถ่ ลักษณะดังรูปที่ 1

แบบที่ 2 เป็นเตาอบไถ่ดัดแปลงจากถัง 200 ลิตร เช่นเดียวกับแบบที่ 1 แต่แตกต่างกันตรงที่มีการหุ้มฉนวนความหนา 1 นิ้ว รอบตัวถังอบ ฝา และปล่องควัน

แบบที่ 3 เตาอบไถ่ดัดแปลงจากโอ่งขนาด 200 ลิตร เส้นผ่านศูนย์กลางด้านบนปากโอ่ง 50 เซนติเมตร และความสูง 100 เซนติเมตร ด้านล่างเจาะรูด้านล่างเจาะรูขนาด 20 เซนติเมตร สำหรับสวมเตากลั่นเข้าไป เตาดังกล่าวใช้จริงในร้านขายไก่อบ ดังรูปที่ 2

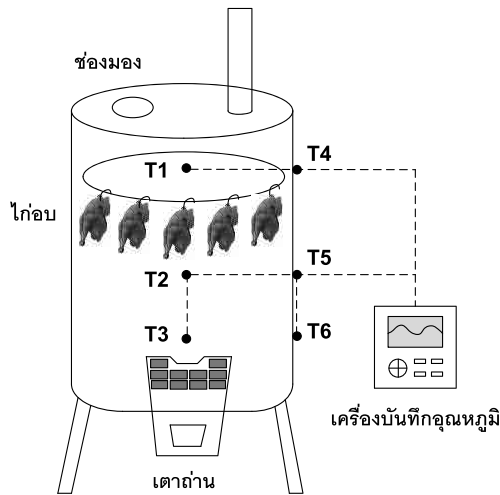


รูปที่ 2 การติดตั้งเตากลั่นเข้ากับเตาอบไถ่

สำหรับการทดลองเริ่มจากเตรียมไก่หมักสำหรับอบ 5 ตัวต่อรอบ น้ำหนักโดยเฉลี่ยต่อตัวคือ 1 กิโลกรัม ทำการชั่งน้ำหนักของไก่ทุกตัวเป็นข้อมูลก่อนอบ สำหรับส่วนให้ความร้อนใช้ถ่านไม้ยูคาลิปตัสเป็นเชื้อเพลิง มีค่าความร้อน 18,668 kJ/kg (อุรารวรรณ อุ่นแก้ว, 2553) จุดไฟให้ถ่านติดแล้ววางลงในถังอบซึ่งการเติมถ่านครั้งแรกจะใช้ถ่านปริมาณ 300 กรัม และเติมถ่านครั้งละ 100 กรัม หากถ่านในเตาใกล้หมด ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ไก่ที่นำมาอบ



รูปที่ 4 ตำแหน่งการบันทึกอุณหภูมิ

จากนั้นนำไก่จำนวน 5 ตัวมาแขวน และปิดฝาเตาอบ ทำการบันทึกอุณหภูมิด้วย เครื่องบันทึกอุณหภูมิมี่ห้อ Lutron-BTM-4208SD ค่าความคลาดเคลื่อน ± 0.1 °C ตั้งแต่เริ่มให้ความร้อนจนไก่สุกสังเกตได้จากช่องมอง โดยมีจุดบันทึกอุณหภูมิคือ T1 คือ อุณหภูมิด้านบนเตาอบ (°C), T2 คือ อุณหภูมิกลางเตาอบ (°C), T3 คือ อุณหภูมิด้านล่างเตาอบ (°C), T4 คือ อุณหภูมิที่ผิวหนังด้านบนเตาอบ (°C), T5 คือ อุณหภูมิที่ผิวกลางเตาอบ (°C) และ T6 คือ อุณหภูมิที่ผิวล่างเตาอบ (°C) เมื่ออุณหภูมิในเตาอบคงที่ทำการถ่ายภาพความร้อนด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนยี่ห้อ Flir รุ่น E5 ความคลาดเคลื่อน ± 2 °C เพื่อนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบผลของอุณหภูมิที่ได้จากเครื่องบันทึกผลอุณหภูมิ และผลการกระจายของอุณหภูมิที่ผิวเตาอบ ดังรูปที่ 4

นอกจากนี้การสูญเสียความร้อนผ่านผนังของเตาอบโดยส่วนใหญ่เกิดจากการพาความร้อนที่ผิวด้านนอกของเตาอบ คำนวณจากสมการต่อไปนี้ (Yunus, 2002)

$$\dot{Q}_{\text{loss}} = hA(T_s - T_\infty) \quad (1)$$

เมื่อ \dot{Q}_{loss} คือ ความร้อนสูญเสีย (W)

A คือ พื้นที่ส่วนที่สูญเสียความร้อน ($A = \pi DL$, m^2)

T_s คือ อุณหภูมิที่ผิวของเตาอบ ($^{\circ}C$)

T_∞ คือ อุณหภูมิแวดล้อม ($^{\circ}C$)

h คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน ($W/m^2 \cdot ^{\circ}C$)

โดยค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนด้านนอกของเตาอบ หาได้จากสมการความสัมพันธ์ของค่าการนำความร้อน (k) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเตาอบ (D) และค่านัสเซลท์นัมเบอร์ (Nusselt number, Nu) ดังนี้

$$h = \frac{k}{D} Nu \quad (2)$$

- ค่านัสเซลท์นัมเบอร์ หาได้จากสมการ (3) ดังนี้

$$Nu = \left[0.6 + \frac{0.387(Ra)^{1/6}}{[1 + (0.559/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right]^2 \quad (3)$$

และ

$$Ra = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)^3}{\nu^2} Pr \quad (4)$$

เมื่อ Ra คือ ค่าเรย์ลีนัมเบอร์ (Rayleigh number)

Pr คือ ค่าพรานด์เทิลนัมเบอร์ (Prandtl Number)

g คือ ค่าแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)

β คือ สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตร

ν คือ ความหนืดจลน์ของของไหล (m^2/s)

ประสิทธิภาพทางความร้อน (Thermal efficiency) ของเตาอบไก่ หาได้จากความสัมพันธ์ของความร้อนที่ถ่ายเทให้อากาศภายในเตาอบจนมีอุณหภูมิสูงขึ้น ความร้อนที่ทำให้น้ำในตัวไก่ระเหยออก ความร้อนที่สูญเสีย และความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิงถ่าน (ธเนศไชยชนะ และคณะ, 2013), (ณัฐเศรษฐ์ น้ำคำ, 2560) หาได้จากสมการ (5)

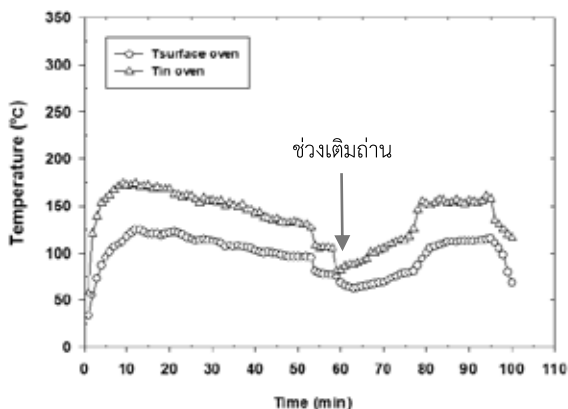
$$\eta = \frac{mC_p(\Delta T) + m_e L - \dot{Q}_{\text{loss}}}{m_f(\text{HHV})} \quad (5)$$

เมื่อ	η	คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาอบไก่
	m	คือ มวลของอากาศ (kg)
	C_p	คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (kJ/kg ^o C)
	ΔT	คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศร้อนในถังและอากาศเริ่มต้นในถัง (°C)
	m_e	คือ มวลของน้ำที่ระเหยออกจากตัวไก่ (kg)
	L	คือ ค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (kJ/kg)
	m_f	คือ มวลของถ่านที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง (kg)
	HHV	คือ ค่าความร้อนของถ่านไม้ (kg/kJ)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

สำหรับเทคนิคภาพถ่ายทางความร้อนและการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาอบไก่ 3 แบบคือ เตาอบที่ดัดแปลงจากถังขนาด 200 ลิตร แบบหุ้มฉนวน ไม้หุ้มฉนวน และโถงน้ำ กำหนดเงื่อนไขการทดลองเดียวกันคือ ไก่ที่นำมาอบน้ำหนักเฉลี่ย 1 กิโลกรัม อบครั้งละ 5 ตัว ใส่ถ่านครั้งละ 300 กรัม มีผลการทดลองดังนี้

จากรูปที่ 5 แสดงอุณหภูมิภายในเตาอบ ($T_{\text{in oven}}$) และผิวของเตาอบ ($T_{\text{surface oven}}$) ที่ดัดแปลงจากถังขนาด 200 ลิตร แบบไม้หุ้มฉนวน พบว่าภายใน และผิวของถังในช่วงการอบจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยคือ 171 °C และ 109 °C ตามลำดับ



รูปที่ 5 อุณหภูมิภายในเตาอบและผิวด้านนอกของเตาอบแบบไม่หุ้มฉนวน

จากนั้นอุณหภูมิจะลดลง เนื่องจากถ่านบางส่วนเริ่มกลายเป็นเถ้า จนอุณหภูมิภายในเตาอบ และที่ผิวลดลงเท่ากันซึ่งแสดงให้เห็นว่าความร้อนภายในเตาอบลดต่ำลงไม่สามารถทำอุณหภูมิให้มากกว่าที่ผิวของถ่านได้ อีกทั้งไก่ยังไม่สุกสังเกตจากช่องมองเป็นกระจกทนความร้อน จึงจำเป็นต้องเติมถ่านในการทดลองนี้เติมครั้งละ 100 กรัม หลังจากเติมถ่านอุณหภูมิในเตาอบสูงขึ้น โดยใช้ระยะเวลาในการอบ 100 นาที ใช้ถ่านไปทั้งสิ้น 400 กรัมในแต่ละการทดลองสีของไก่ที่สุกแล้วจะมีความใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 สีของไก่ที่อบสุกแล้ว

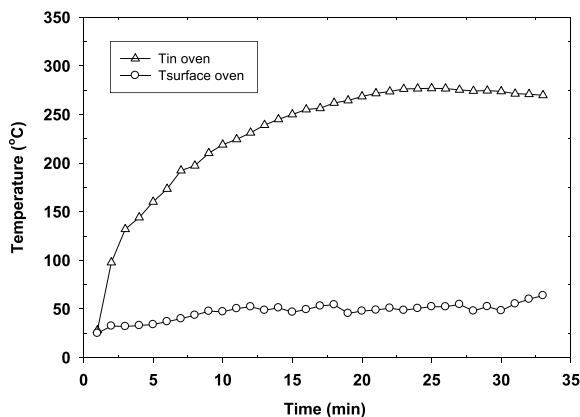
รูปที่ 7 แสดงภาพถ่ายทางความร้อนของเตาอบที่ดัดแปลงจากถังขนาด 200 ลิตรแบบไม่หุ้มฉนวน กำหนดค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน (emissivity) เท่ากับ 0.85 ในการถ่ายภาพจากคุณสมบัติของวัสดุ (Table of Total Emissivity, 2016) พบว่าภาพถ่าย

ทางความร้อนแสดงค่าอุณหภูมิที่ผิวของเตาอบใกล้เคียงกับการวัดด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิ และภายในเตาอบมีการกระจายของความร้อนที่มีค่าสูงทั่วทั้งเตาอบทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนที่สูงมากจากกลไกการพาความร้อนแบบธรรมชาติรอบ ๆ เตาอบ ซึ่งความร้อนที่สูญเสียสามารถหาได้จากสมการที่กล่าวมาแล้วข้างต้นพบว่าความร้อนสูญเสีย (\dot{Q}_{loss}) เท่ากับ 735.88 วัตต์ ประสิทธิภาพทางความร้อน (η) ของเตาอบคือ 0.294



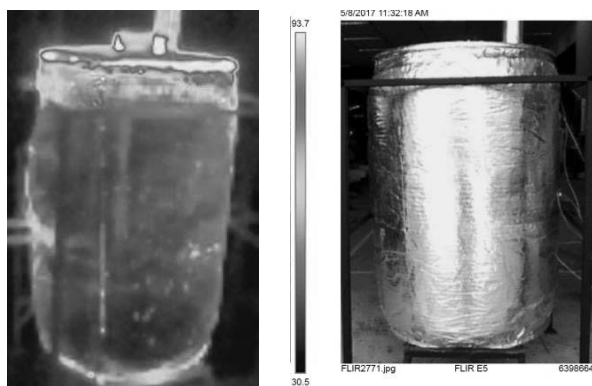
รูปที่ 7 ภาพถ่ายทางความร้อนของเตาอบแบบไม่หุ้มฉนวน

จากรูปที่ 8 แสดงอุณหภูมิภายในเตาอบและผิวของเตาอบที่ดัดแปลงจากถังขนาด 200 ลิตร แบบหุ้มฉนวน พบว่าภายใน และผิวของเตาในช่วงการอบจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยคือ 270°C และ 48°C ตามลำดับ โดยอุณหภูมิภายในเตาอบจะเพิ่มสูงขึ้น และมีช่วงที่อุณหภูมิคงที่ไม่ลดตัวอย่างรวดเร็วแบบเตาอบที่ไม่หุ้มฉนวน เนื่องจากการหุ้มฉนวนช่วยป้องกันการสูญเสียความร้อน และในส่วนอุณหภูมิที่ผิวของผนังเตาอบมีอุณหภูมิต่ำกว่าเตาอบที่ไม่หุ้มฉนวน ทำให้ในเตาอบไถมีความร้อนสะสมมากและช่วยประหยัดถ่าน โดยใช้ระยะเวลาในการอบไก่ 34 นาที ใช้ถ่านไปทั้งสิ้น 300 กรัม

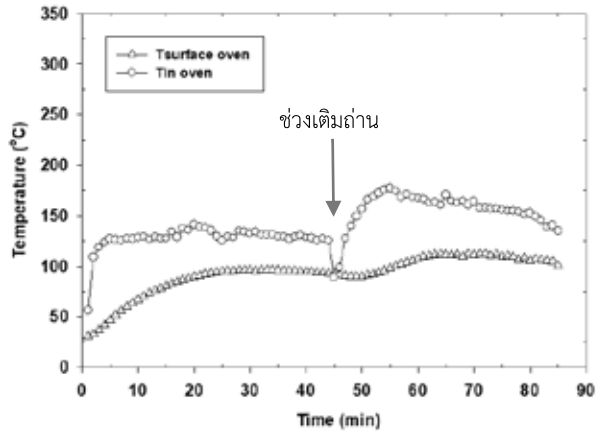


รูปที่ 8 อุณหภูมิภายในเตาอบ และผิวของเตาอบแบบหุ้มฉนวน

รูปที่ 9 แสดงภาพถ่ายทางความร้อนของเตาอบที่ดัดแปลงจากถังขนาด 200 ลิตร แบบหุ้มฉนวน กำหนดค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน (emissivity) เท่ากับ 0.05 ในการถ่ายภาพจากคุณสมบัติของวัสดุ (Table of Total Emissivity, 2016) พบว่าจากภาพถ่ายทางความร้อนอุณหภูมิรอบเตาอบมีค่าต่ำ พบว่าความร้อนสูญเสียเท่ากับ 364.70 วัตต์ ประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาอบคือ 0.365



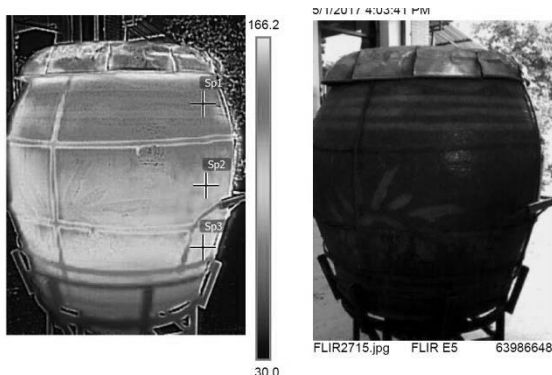
รูปที่ 9 ภาพถ่ายทางความร้อนของเตาอบแบบหุ้มฉนวน



รูปที่ 10 อุณหภูมิภายในเตาอบ และผิวของเตาอบโถง

จากรูปที่ 10 แสดงอุณหภูมิภายในเตาอบ และผิวของเตาอบโถง พบว่าภายใน และผิวของเตาในช่วงการอบจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยคือ 160°C และ 100°C ตามลำดับ เมื่อให้ความร้อนระยะเวลา 45 นาที อุณหภูมิภายในเท่ากับอุณหภูมิของผนังโถง แสดงว่าอุณหภูมิด้านในต่ำจึงต้องเติมถ่านเข้าไปซึ่งถ่านที่ใช้ทั้งหมดคือ 400 กรัม โดยผิวของโถงทำมาจากดินทำให้ผิวโถงดูดซับความร้อนทำให้ระยะเวลาในการเติมถ่านเร็วกว่าเตาอบแบบไม่หุ้มฉนวน โดยใช้ระยะเวลาในการอบไก่ 85 นาที ซึ่งอบได้เร็วกว่าเตาอบแบบที่ไม่หุ้มฉนวน เนื่องจากเตาอบจากโถงวัสดุทำจากดินเผามีการสะสมความร้อนดีกว่า แต่อย่างไรก็ดีเตาอบที่ทำจากวัสดุดินเผาจะดูดซับความร้อนได้ดีต้องเติมถ่านในระยะเวลาที่อบไม่นาน ความร้อนที่สะสมในเนื้อดินเผาส่งผลให้อุณหภูมิในเตาอบเพิ่มอย่างรวดเร็ว และใช้เวลาอบที่รวดเร็วกว่าเตาอบที่ไม่หุ้มฉนวน

รูปที่ 11 แสดงภาพถ่ายทางความร้อนของเตาอบโถง กำหนดค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน (emissivity) เท่ากับ 0.9 ในการถ่ายภาพจากคุณสมบัติของวัสดุ (Table of Total Emissivity, 2016) พบว่าภาพถ่ายความร้อนแสดงให้เห็นที่ผิวของโถงมีความร้อนสะสมและกระจายอยู่รอบ ๆ โดยเฉพาะบริเวณด้านบน ซึ่งอาจทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนได้มากพบว่าความร้อนสูญเสียเท่ากับ 671.96 วัตต์ ประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาอบคือ 0.21



รูปที่ 11 ภาพถ่ายทางความร้อนภายในเตาอบ และผิวของเตาอบโอง

ตารางที่ 1 สรุปผลการทดลองเตาอบทั้ง 3 แบบ

ผลการทดลอง	ชนิดของเตาอบ		
	เตาอบแบบหุ้ม ฉนวนกันความร้อน	เตาอบแบบไม่หุ้ม ฉนวนกันความร้อน	เตาอบโอง
ประสิทธิภาพเชิงความร้อน	0.365	0.294	0.21
ระยะเวลาในการอบ (นาที)	34	100	85
ปริมาณเชื้อเพลิงถ่านที่ใช้ (กรัม)	300	400	400

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองศึกษาเทคนิคภาพถ่ายทางความร้อนและการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาอบโอง 3 แบบ สรุปได้ดังนี้

เตาอบแบบหุ้มฉนวนกันความร้อนมีค่าประสิทธิภาพทางความร้อนสูงที่สุดคือ 0.365 มีค่าการสูญเสียความร้อนต่ำที่สุดคือ 364.70 วัตต์ ใช้ระยะเวลาในการอบโองจำนวน 5 ตัวเร็วที่สุดคือ 34 นาที สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงถ่านไป 300 กรัม โดยมีต้นทุนในการหุ้มฉนวนคือ 250 บาท

เตาอบแบบไม่หุ้มฉนวนมีค่าประสิทธิภาพทางความร้อนที่สูงกว่าแบบโองคือ 0.294 และ 0.21 ตามลำดับ โดยเตาอบแบบโองมีอุณหภูมิภายในที่ต่ำกว่าคือ 160 และ 171 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งมาจากวัสดุของโองทำมาจากดินเผาซึ่งดูดซับความร้อนไว้มาก อุณหภูมิภายในจึงต่ำกว่าเตาอบแบบไม่หุ้มฉนวน และมีระยะเวลาที่ต้องเติมถ่านที่เร็วกว่า

แต่อย่างไรก็ดีเตาอบแบบโถงเมื่อเต็มถ่านแล้วดินเผาจะช่วยเก็บความร้อนในเตาได้ดีจึงส่งผลให้ระยะเวลาในการอบได้เร็วกว่าแบบไม่หุ้มฉนวน

ภาพถ่ายทางความร้อนแสดงให้เห็นอุณหภูมิที่ผิว และรูปแบบการกระจายของความร้อนของเตาอบแต่ละแบบ โดยเตาอบแบบหุ้มฉนวนจะมีอุณหภูมิที่ต่ำสุด และเตาอบแบบไม่หุ้มฉนวนมีอุณหภูมิที่ผิวสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการวัดจากเครื่องบันทึกอุณหภูมิ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ หน่วยวิจัยวิศวกรรมทางความร้อนและระบบของไหล (TEF) สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร จังหวัดสกลนคร

เอกสารอ้างอิง

- ณัฐเศรษฐ์ น้ำคำ. (2560). การประเมินประสิทธิภาพเตาซีวมวลห้องเผาไหม้อิฐฉนวนทนไฟ. *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์*, 9(9), 37-49
- ศิลา สุหารัต. (2549). *เตาอย่างไ้พลังแสงอาทิตย์ไร้ควัน*. นิตยสารรายปักษ์ เส้นทางเศรษฐกิจ. วันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2549 ปีที่ 11 ฉบับที่ 149.
- ธนศ ไชยชนะ, hmeกรือชม อาลี และ มัสยา หลงสมัน. (2013). การศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหุงต้มระดับครัวเรือน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 32, 626-630.
- ธีรศาสตร์ คณาศรี. (2559). เตาอบย่างไก่ด้วยความร้อนจากพลังงานไฟฟ้า, *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี*, 1, 35-47.
- อุรวรรณ อุ่นแก้ว. (2553). *พลังงานทดแทน: ถ่านอัดแท่ง*. กรุงเทพมหานคร: กรมวิทยาศาสตร์บริการ.
- Table of Total Emissivity. สืบค้นจาก: <https://www.omega.com/temperature/Z/pdf/z088-089.pdf> [16 พฤษภาคม 2561]
- Yunus, A. C. (2002). *Heat Transfer: A Practical Approach*. 2nd ed.

ความเข้มข้นของผงฝุ่นคาร์บอนดำในบริเวณการเดินทางภายในเมืองโดยสองแถว
และรถยนต์ส่วนบุคคล ในเขต อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี

THE CONCENTRATION OF BLACK CARBON AEROSOLS IN THE URBAN
TRAVEL AREA USED BY MINIBUSES AND PRIVATE CARS IN THE MUANG
DISTRICT OF UDON THANI

วินัย มีแสง *

Winai Meesang *

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อศึกษาความเข้มข้นของผงฝุ่นคาร์บอนดำในบริเวณการเดินทางภายในเมืองโดยสองแถวและรถยนต์ส่วนบุคคลในเขต อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี (2) เพื่อเป็นฐานข้อมูล การวางแผน การจัดการ ด้านคุณภาพอากาศในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี โดยทำการศึกษา ปริมาณความเข้มข้นของผงฝุ่นคาร์บอนดำ อุณหภูมิเฉลี่ย และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (โดยตั้งตั้งเครื่องมือตรวจวัดส่วนบุคคล แยกตามการเดินทาง) ซึ่งทำการตรวจวัดวันธรรมดาและวันหยุดอยู่ในช่วงเวลาเร่งด่วน ช่วงเช้าเวลา 06.00-09.00 น. ช่วงบ่ายเวลา 15.00-18.00 น. โดยมีพื้นที่ในการศึกษาเก็บข้อมูลตั้งแต่สัญญาณไฟจราจรสี่แยกบ้านจั่นจนถึงหน้าสถานีขนส่งแห่งที่ 1 อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี เป็นระยะทางทั้งสิ้น 5.7 กิโลเมตร ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ Independent-samples T-Test ผลการศึกษา ปริมาณความเข้มข้นของผงฝุ่นคาร์บอนดำของวันหยุด (ช่วงเช้า) ของรถสองแถว มีปริมาณผงฝุ่นคาร์บอนดำในบรรยากาศ Elemental carbon ช่วงเวลา 08.06-08.10 น. มีค่าสูงสุด คือ 5,881 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) เวลา 16.08 น. จะมีปริมาณความเข้มข้นผงฝุ่นคาร์บอนดำในบรรยากาศ Organic carbon สูงสุดอยู่ที่ -1984.67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ อุณหภูมิ 30.05 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 81.47% ตามลำดับ รถยนต์ส่วนบุคคล มีปริมาณความเข้มข้นผงฝุ่นคาร์บอนดำในบรรยากาศ Elemental carbon สูงสุดคือ 27,277 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ช่วงเวลา 08.14-08.20 น.

* ผู้ประสานงาน: วินัย มีแสง

อีเมล: winai.me@udru.ac.th

จะมีปริมาณ Organic carbon สูงสุดอยู่ที่ 33,045 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ เวลา 16.08 -16.10 น อุณหภูมิ 39.60 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 72.17% ตามลำดับ วันหยุด ช่วงบ่าย พบว่า รถสองแถว มีปริมาณผงฝุ่นคาร์บอนดำ Elemental carbon สูงสุดอยู่ที่ 5,681.67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ เวลา 16.06-16.10 น. อุณหภูมิสูงสุด 33.50 °C ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด 65.87 รถยนต์ ส่วนบุคคล มีปริมาณผงฝุ่นคาร์บอนดำในบรรยากาศ สูงสุดคือ 32,737 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ที่ช่วงเวลา 16.12-16.15 น. อุณหภูมิ สูงสุด 34.62 °C ความชื้นสัมพัทธ์ สูงสุด 56.23% ตามลำดับ

ส่วนปริมาณความเข้มข้นของผงฝุ่นคาร์บอนดำของวันธรรมดา (ช่วงเช้า) พบว่า รถสองแถว มีปริมาณผงฝุ่นคาร์บอนดำในบรรยากาศ ช่วงเวลาที่สูงสุด คือ ช่วงเวลา 08.17-08.20 น. มีค่า 8,834 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ของ 83.60% ตามลำดับ รถยนต์ส่วนบุคคล มีปริมาณผงฝุ่นคาร์บอนดำในบรรยากาศ ช่วงเวลาที่พบสูงสุดคือช่วงเวลา 08.20-08.25 น. มีค่า 38,617.33 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) อุณหภูมิ 33.90 °C ความชื้นสัมพัทธ์ของ 78.16% วันธรรมดา (บ่าย) พบว่ารถสองแถวมีปริมาณความเข้มข้นผงฝุ่นคาร์บอนดำรวมในบรรยากาศ ช่วงเวลาที่สูงสุด คือ ช่วงเวลา 16.10-16.15 น. มีค่า 34,985 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) อุณหภูมิ 31.67 °C ความชื้นสัมพัทธ์ของ 83.63% ตามลำดับ รถยนต์ส่วนบุคคลมีปริมาณผงฝุ่นคาร์บอนดำในบรรยากาศ ช่วงเวลาที่สูงสุดคือช่วงเวลา 16.15-16.20 น. มีค่า 8,288 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ อุณหภูมิ 40.60 °C ความชื้นสัมพัทธ์ของ 71.21% ตามลำดับ

เปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้สถิติ t-test วิเคราะห์สองตัวแปรรถสองแถวและรถยนต์ส่วนบุคคล จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้สถิติ T-test พบว่ารูปแบบการเดินทางโดยรถสองแถวไม่แตกต่างกับรถยนต์ส่วนบุคคลอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05

คำสำคัญ: รถสองแถว, รถยนต์ส่วนบุคคล, ผงฝุ่นคาร์บอนดำ, จังหวัดอุดรธานี

Abstract

The research aimed to (1) study the concentration of black carbon in Urban travel areas used by of minibuses and private cars in the at Muang District, of Udonthani and (2).develop a database of air quality management planning for Udon thani. The area for data collection started from the traffic light at the Baan Chan Intersection and continued to Udon Thani Bus Terminal 1 (Udondutsadi

Road) The research focused mainly on determining the concentration of black carbon, temperature, relative humidity at specific times. Measurement were made during the rush hours of 06.0-09.00 in the morning and 15.00-18.00 in the afternoon. An Independent-sample t-test was used to statistically analyze the data. The results found that the concentration of black carbon produced by minibuses on the weekends during 08.06-08.10 was the highest $5,881 \mu\text{g}/\text{m}^3$. At this time the temperature and relative humidity were 30.05°C , 81.47% respectively. Whereas private cars produced the highest concentration of black carbon, $27,277 \mu\text{g}/\text{m}^3$ from 08.14-08.20 when temperature and relative humidity were 39.60°C and 72.17% respectively. On weekend (afternoons) from 16.06-16.10 minibuses emissions were the highest $5,681.67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ when the temperature and relative humidity 33.50°C and, 65.87% respectively. The Private cars produced the highest emission of black carbon from 16.12-16.15 $32,737 \mu\text{g}/\text{m}^3$ when the temperature and relative humidity of 34.62°C 56.23% respectively. The highest minibus emission on weekday (mornings) $8,834 \mu\text{g}/\text{m}^3$ was from 08.17-08.20 when the temperature and relative humidity were 30°C and 83.60% respectively. The Private car emission were the highest $38,617.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 16.12-16.15 the temperature and relative humidity were 33.90°C were 78.16% respectively. The Weekday (afternoon) minibus emission were the highest $34,985 \mu\text{g}/\text{m}^3$ from 16.15-16.15 the temperature and relative humidity 31.67°C , 83.63% respectively. The Private cars produced the highest black carbon emissions from 16.15-16.20 when the temperature and relative humidity were 40.60°C and 71.21% respectively. t-test results showed that, there were no significant difference in carbon emissions during rush hours on the weekdays and the weekend, ($P>0.05$).

Keywords: Minibus, Private Car, Black Carbon, Udon Thani Province.

บทนำ

ในปี 2558 รถยนต์ดีเซลที่ตรวจพบการระบายมลพิษควันดำ เกินมาตรฐานมากที่สุด คือ รถยนต์ เกินค่ามาตรฐานร้อยละ 38 รองลงมา ได้แก่ รถบรรทุก และรถโดยสารประจำทาง องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ คิดเป็นร้อยละ 30 และ 11 ตามลำดับ การระบายมลพิษควันดำจากรถยนต์ดีเซลมีแนวโน้มลดลงเทียบกับ ปี 2557 โดยรถโดยสารองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพมีแนวโน้มการระบายควันดำลดลงอย่างชัดเจน ทั้งนี้มีผลมาจากการดำเนินการตามแผนปฏิบัติการในการกำกับดูแลติดตาม ควบคุมเพื่อมิให้องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ ปลดปล่อยรถยนต์โดยสารและรถร่วมบริการของเอกชนออกวิ่งโดยปล่อยควันดำเกินมาตรฐาน มาตรการเข้มงวดในการบังคับใช้กฎหมายกับรถยนต์ที่ระบายมลพิษเกินมาตรฐาน ตลอดจนการปรับปรุงมาตรฐานการระบายมลพิษรถยนต์ใหม่ให้มีความเข้มงวดมากขึ้นส่งผลให้มีรถที่มีการระบายมลพิษต่ำมีสัดส่วนในท้องถนนมากขึ้นสำหรับในพื้นที่ต่างจังหวัด ได้แก่ จังหวัดชลบุรีพบรถที่มีปัญหาการระบายควันดำเกินมาตรฐานค่อนข้างสูง ได้แก่ รถสองแถว คิดเป็นร้อยละ 58 รองลงมาได้แก่ รถยนต์ คิดเป็นร้อยละ 22 ส่วนจังหวัดระยอง และสระบุรี พบรถยนต์มีปัญหาการระบายควันดำ เกินมาตรฐานเช่นเดียวกับในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) และจังหวัดอุดรธานีจากสถิติจำนวนการจดทะเบียนรถปี 2559 พบว่าจังหวัดอุดรธานีมีทั้งหมด 649,557 คัน (กรมการขนส่งทางบก, 2559) ได้มีการศึกษาถึงความสำคัญของผงฝุ่นคาร์บอนดำในปัจจุบัน คือ เป็น 1 ใน 3 ของสารกลุ่ม Short-Lived Climate Forcers (SLCFs) ผงฝุ่นคาร์บอนดำ (Black Carbon) ก๊าซโอโซนในชั้นบรรยากาศ (Tropospheric ozone) และก๊าซมีเทน (Methane) ที่เป็นกลุ่มสารมลพิษที่มีความสำคัญต่อภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก ตลอดจนทำให้เกิดผลกระทบต่อด้านต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อม ดังนั้น จึงมีความจำเป็นจะต้องดำเนินการประเมินสถานการณ์การระบายผงฝุ่นคาร์บอนดำในสิ่งแวดล้อมอันจะนำไปสู่การผลักดันนโยบายและมาตรการที่เหมาะสมเพื่อการสร้างโอกาสในการปรับปรุงคุณภาพชีวิตทางสุขภาพของประชาชน (Improve Public Health), การลดความสูญเสียผลผลิตการเกษตร (Reduction of Crop-Yield Losses) และลดผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ให้มีประสิทธิภาพอย่างยั่งยืนต่อไป (กรมควบคุมมลพิษ, 2557)

ดังนั้นผู้ทำการวิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาวิจัยเรื่องรูปแบบกิจกรรมการเดินทางภายในเมืองโดยสองแถวและรถยนต์ส่วนบุคคลที่ส่งผลต่อความเข้มข้นของผงฝุ่น

คาร์บอนดำในเขตพื้นที่สี่แยกไฟแดงบ้านจั่นถึงสถานีขนส่งผู้โดยสาร อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี เพื่อศึกษาปริมาณความเข้มข้นของผงฝุ่นคาร์บอนดำในบรรยากาศ ที่ส่งผลกระทบต่อประชาชน สิ่งแวดล้อมและผู้ที่สัญจรไปมากน้อยเพียงใด

วิธีดำเนินการวิจัย

มีพื้นที่ในการศึกษาเก็บข้อมูล ตั้งแต่ถนนทหาร 4 แยกบ้านจั่น ถนนสุรกาญจน์ ถนนโพศรี จนถึง ถนนสายอุทิศหน้าสถานีขนส่งผู้โดยสารแห่งที่ 1 อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี โดยศึกษาคือปริมาณความเข้มข้นของผงฝุ่นคาร์บอนดำ (microAeth® AE51) อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ (Temperature and Humidity Datalogger - CEM DT-172) และสภาพการจราจร (ติดตั้งเครื่องตรวจวัดส่วนบุคคลแยกตามกิจกรรมการเดินทาง) ซึ่งทำการตรวจวัด อยู่ในช่วงเวลาเร่งด่วน ช่วงเช้าเวลา 06.00-09.00 น. ช่วงบ่ายเวลา 15.00-18.00 น. โดยทำการตรวจวัดวันธรรมดา 3 วันต่อเนื่องแล้วหาค่าเฉลี่ย และวันหยุด 1 วัน ต่อเนื่อง แล้วหาค่าเฉลี่ย รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 6 เดือน พฤษภาคม – ตุลาคม 2560 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ Independent-samples t-test

ขอบเขตด้านพื้นที่

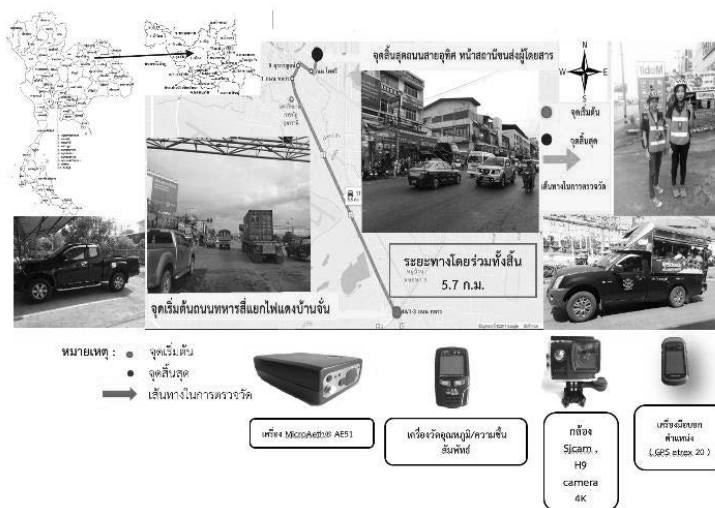
พื้นที่เก็บข้อมูล ถนนทหาร ตั้งแต่สัญญาณไปจราจรสี่แยกบ้านจั่นถึงจนถึงหน้าสถานีขนส่งแห่งที่ 1 อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี รวมระยะทาง 5.6 กิโลเมตร

ขอบเขตด้านเนื้อหา

ศึกษาความเข้มข้นของผงฝุ่นคาร์บอนดำ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ตำแหน่ง GPS (ระบบติดตามตำแหน่ง) และสภาพการจราจร โดยทำการติดตั้งเครื่องตรวจวัดส่วนบุคคลแยกตามกิจกรรมการเดินทาง (รถยนต์ส่วนบุคคลขับขึ้นตามปกติเปิดระบบระบายอากาศภายในรถยนต์ปกติ ไม่ปิดหน้าต่างรถยนต์โดยที่เครื่องมือตรวจวัดความเข้มข้นของผงฝุ่นคาร์บอนดำ เครื่องวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ติดตั้งอยู่กับคนขับรถยนต์ส่วนบุคคล ส่วนรถสองแถว ติดตั้งกับตัวผู้วิจัยโดยสารรถสองแถวปกติตามการเดินทางโดยรถสองแถว สาย 14 ที่เข้าสู่ตัวเมืองอุดรธานี โดยที่เริ่มต้นเดินทางพร้อมกันจนถึงจุดสิ้นสุด ระยะเวลาขึ้นอยู่กับสภาพการจราจร นอกจากนี้เพื่อเปรียบเทียบระหว่าง 2 การเดินทางโดยรถสองแถวและรถยนต์ส่วนบุคคล โดยวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ Independent-samples T-Test

ขอบเขตด้านระยะเวลา

ศึกษาข้อมูลในช่วงเวลา ระหว่างเดือนกันยายน – ตุลาคม พ.ศ. 2560 ในการตรวจวัด 3 ครั้งต่อ 1 สัปดาห์ โดยเลือกวันธรรมดาและวันหยุดในช่วงเวลาเร่งด่วนคือ ช่วงเช้าเวลา 06.00 - 09.00 น. ช่วงบ่ายเวลา 15.00 - 18.00 น. ตรวจวัดทั้งหมด 6 เดือน

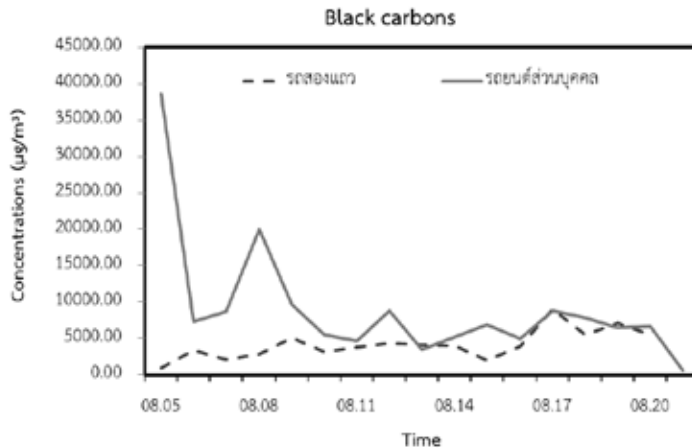


รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาและอุปกรณ์ ความเข้มข้นของผงฝุ่นคาร์บอนดำในบริเวณการเดินทางภายในเมืองโดยสองแถวและรถยนต์ส่วนบุคคล ในเขต อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี

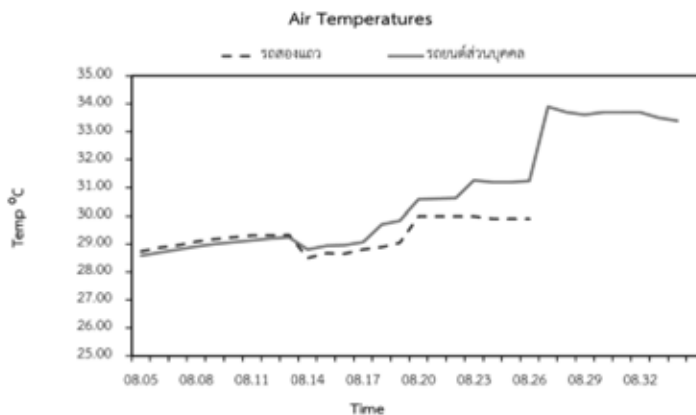
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ปริมาณความเข้มข้นของผงฝุ่นคาร์บอนดำของวันธรรมดา (ช่วงเช้า) พบว่า รถสองแถวมีปริมาณผงฝุ่นคาร์บอนดำในบรรยากาศ ช่วงเวลาที่สูงสุด คือ ช่วงเวลา 08.17-08.20 น. มีค่า $8,834 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ อุณหภูมิ 30°C ความชื้นสัมพัทธ์ 83.60% ตามลำดับ รถยนต์ส่วนบุคคลมีปริมาณผงฝุ่นคาร์บอนดำในบรรยากาศ ช่วงเวลาที่พบสูงสุดคือช่วงเวลา 08.20-08.25 น. มีค่า $38,617.33 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ อุณหภูมิ 33.90°C ความชื้นสัมพัทธ์ของ 78.16% วันธรรมดา (บ่าย) พบว่ารถสองแถวมีปริมาณความเข้มข้นผงฝุ่นคาร์บอนดำรวมในบรรยากาศ ช่วงเวลาที่สูงสุด คือ ช่วงเวลา 16.10-16.15 น. มีค่า $34,985 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ อุณหภูมิ 31.67°C ความชื้นสัมพัทธ์ของ 83.63% ตามลำดับ รถยนต์ส่วนบุคคล มีปริมาณผงฝุ่นคาร์บอนดำในบรรยากาศ

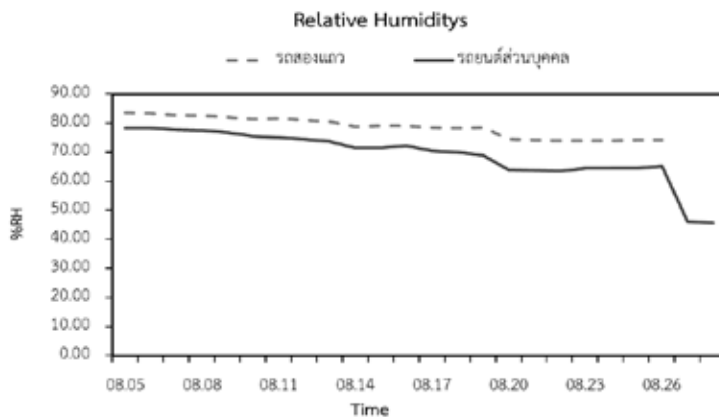
ช่วงเวลาที่สูงสุดคือช่วงเวลา 16.15-16.20 น. มีค่า $8,288 \mu\text{g}/\text{m}^3$ อุณหภูมิ $40.60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ของ 71.21% ตามลำดับ



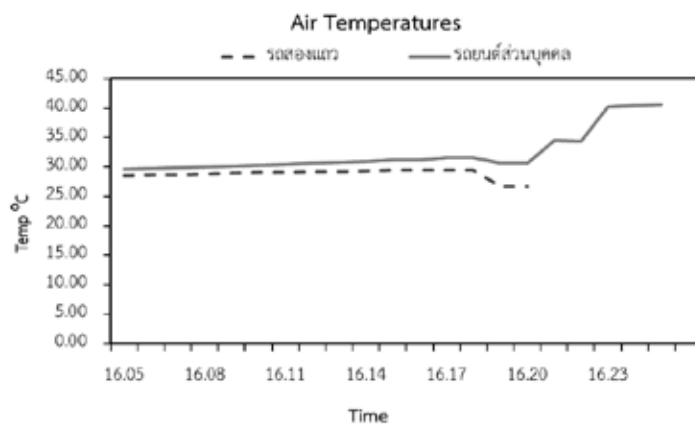
รูปที่ 2 ค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นคาร์บอนดำของรถสองแถวและรถยนต์ส่วนบุคคลในช่วงเช้า (วันธรรมดา) เวลา 06.00-09.00 น. ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี



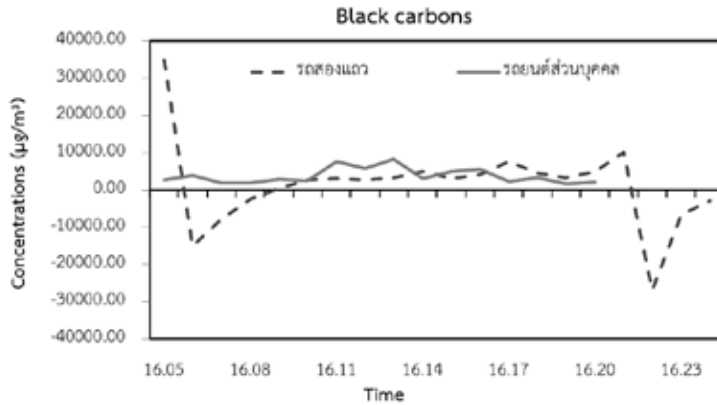
รูปที่ 3 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของรถสองแถวและรถยนต์ส่วนบุคคลในช่วงเช้า (วันธรรมดา) เวลา 06.00-09.00 น. ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี



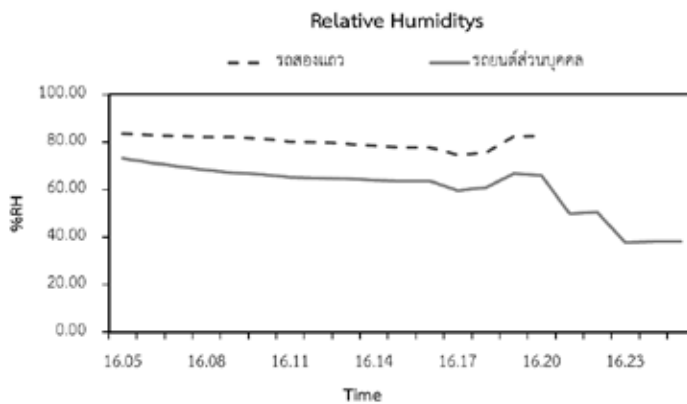
รูปที่ 4 ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ของรถสองแถวและรถยนต์ส่วนบุคคลในช่วงเช้า (วันธรรมดา) เวลา 06.00-09.00 น. ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี



รูปที่ 5 ค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นของผงฝุ่นคาร์บอนดำของรถสองแถว และรถยนต์ส่วนบุคคลในช่วงบ่าย (วันธรรมดา) เวลา 15.00-18.00 น. ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี



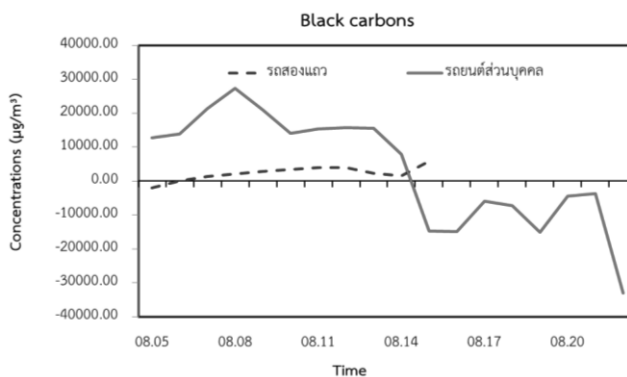
รูปที่ 6 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของรถสองแถวและรถยนต์ส่วนบุคคลในช่วงบ่าย (วันธรรมดา) เวลา 15.00-18.00 น. ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี



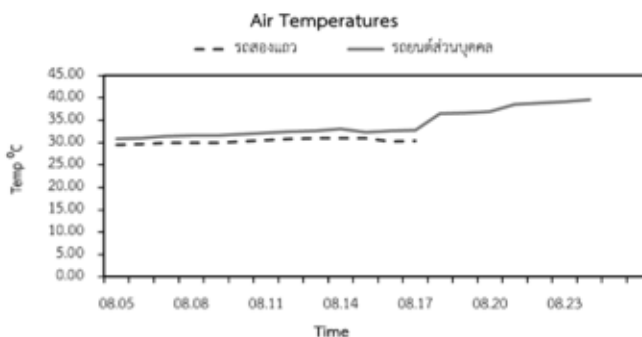
รูปที่ 7 ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ของรถสองแถวและรถยนต์ส่วนบุคคลในช่วงบ่าย (วันธรรมดา) เวลา 15.00-18.00 น. ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี

ปริมาณความเข้มข้นของผงฝุ่นคาร์บอนดำของวันหยุด (ช่วงเช้า) ของรถสองแถว มีปริมาณผงฝุ่นคาร์บอนดำในบรรยากาศ Elemental Carbon ช่วงเวลา 08.06-08.10 น. มีค่าสูงสุด คือ 5,881 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) เวลา 16.08 น. จะมีปริมาณความเข้มข้นผงฝุ่นคาร์บอนดำในบรรยากาศ Organic Carbon สูงสุดอยู่ที่ $-1984.67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ อุณหภูมิ $30.05 \text{ }^\circ\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ 81.47 % ตามลำดับ รถยนต์ส่วนบุคคลมีปริมาณความเข้มข้นผงฝุ่นคาร์บอนดำ

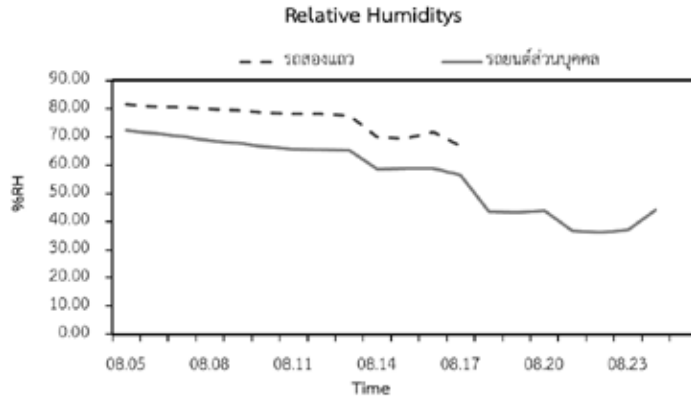
ในบรรยากาศ Elemental carbon สูงสุดคือ $27,277 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ช่วงเวลา 08.14-08.20 น. จะมีปริมาณ Organic carbon สูงสุดอยู่ที่ $-33,045 \mu\text{g}/\text{m}^3$ เวลา 16.08-16.10 น. อุณหภูมิ 39.60°C ความชื้นสัมพัทธ์ 72.17% ตามลำดับ วันหยุด ช่วงบ่ายพบว่ารถสองแถวมีปริมาณผงฝุ่นคาร์บอนดำ Elemental carbon สูงสุดอยู่ที่ $5,681.67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ เวลา 16.06-16.10 น. อุณหภูมิสูงสุด 33.50°C ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด 65.87 รถยนต์ส่วนบุคคลมีปริมาณผงฝุ่นคาร์บอนดำในบรรยากาศ สูงสุดคือ $32,737 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ที่ช่วงเวลา 16.12-16.15 น. อุณหภูมิสูงสุด 34.62°C ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด 56.23% ตามลำดับ



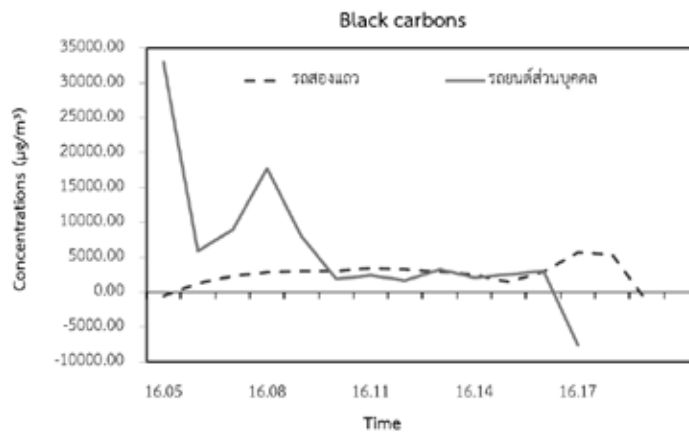
รูปที่ 8 ค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นของผงฝุ่นคาร์บอนดำของรถสองแถว และรถยนต์ส่วนบุคคลในช่วงเช้า (วันหยุด) เวลา 06.00-09.00 น. ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี



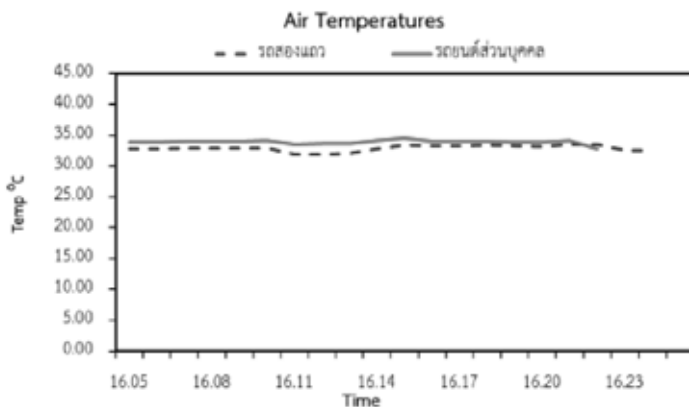
รูปที่ 9 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของรถสองแถวและรถยนต์ส่วนบุคคลในช่วงเช้า (วันหยุด) เวลา 06.00-09.00 น. ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี



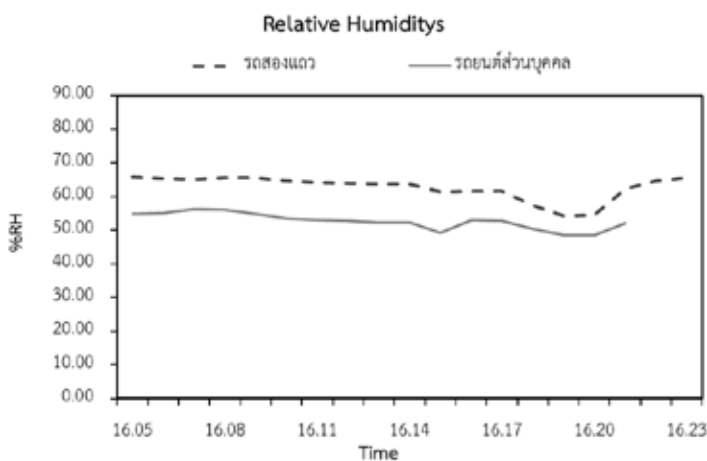
รูปที่ 10 ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ของรอดสองแถวและรอยนตส์ส่วนบุคคลในช่วงเช้า (วันหยุด) เวลา 06.00-09.00 น. ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี



รูปที่ 11 ค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นของผงฝุ่นคาร์บอนดำของรอดสองแถวและรอยนตส์ส่วนบุคคลในช่วงบ่าย (วันหยุด) เวลา 15.00-18.00 น. ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี



รูปที่ 12 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของรถสองแถวและรถยนต์ส่วนบุคคลในช่วงบ่าย (วันหยุด)
เวลา 15.00-18.00 น. ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี



รูปที่ 13 ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ของรถสองแถวและรถยนต์ส่วนบุคคลในช่วงบ่าย (วันหยุด)
เวลา 15.00-18.00 น. ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี

เปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้สถิติ t-test วิเคราะห์สองตัวแปร รถมอเตอร์ไซด์ส่วนบุคคล จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้สถิติ t-test พบว่ารูปแบบการเดินทางโดยรถสองแถวไม่แตกต่างกับรถยนต์ส่วนบุคคลอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05

อันเนื่องมาจาก ปริมาณการจราจร ขาเข้าเมืองอุดรธานีมีปริมาณการจราจรที่หนาแน่น จึงทำให้รถยนต์ส่วนบุคคลเคลื่อนตัวได้ช้า จึงทำให้ได้รับปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นคาร์บอนดำสูง ส่วนรถสองแถว ขา-เข้า สามารถใช้ ช่องทางจราจร ด้านซ้ายได้สะดวก อีกทั้งไม่มีการยานพาหนะ จอดกีดขวางการจราจร แต่ในช่วงบ่าย วันธรรมดาและวันหยุด (รถสอง) ขาออกจากตัวเมืองอุดรธานี มีตลาดสด (ตลาดเช้าและตลาดเย็น) จึงทำให้เกิดการกีดขวางการจราจร อัตราการเคลื่อนตัวช้าอีกด้วย

จากผลสรุปดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ฝุ่นคาร์บอนดำ (BC) ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ ทำความเสียหายต่อพืชและดินส่งผลให้วัสดุต่าง ๆ เกิดการผุพัง ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยา ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศรวมถึงเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของอากาศในหลาย ๆ ด้าน เช่น ลดทัศนวิสัย (Visibility) ลดปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ (WHO,2012) ตัวอย่างผลกระทบต่อมนุษย์อย่างรุนแรงที่เคยเกิดในประเทศพัฒนาแล้ว ได้แก่ เหตุการณ์หมอกควันพิษในกรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ เมื่อปี 1952 ซึ่งหมอกควันที่เกิดจากการเผาไหม้ของถ่านหินเกิดภายใต้สภาวะอากาศอับที่เรียกว่า ภาวะอุณหภูมิผกผัน (Temperature Inversion) นอกจากนี้การรู้ถึงชนิดและปริมาณของสารมลพิษ (Pollutant) ที่ถูกปล่อยออกมาเพียงอย่างเดียวไม่สามารถคาดเดาถึงผลกระทบมลพิษได้ เนื่องจากสภาวะทางอุตุนิยมวิทยา (Meteorology) เช่น อุณหภูมิ ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ อีกทั้งสภาพภูมิประเทศ (Topography) จะเป็นตัวกำหนดการกระจายของมลพิษทางอากาศ และเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการแพร่กระจายของมลพิษทางอากาศ (นภาพรพานิช, 2550) (Xu, et al., 2015) ยังมีปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นของฝุ่นคาร์บอนดำ ในบริเวณการเดินทางภายในเมืองโดยรถสองแถว และรถยนต์ส่วนบุคคล ในเขตอำเภอเมืองจังหวัดอุดรธานี จะเห็นได้จากจุดเริ่มต้นการศึกษาสัญญาณไฟจราจรสี่แยกบ้านจันจนจนถึงสี่แยกสัญญาณไฟจราจรสี่แยกโรงเรียนหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี จะศึกษาในช่วงเวลาวันธรรมดาและวันหยุดในเส้นการจราจรหลักที่จะเข้า-ออก ตัวเมืองอุดรธานี ซึ่งจะมีการจราจรหนาแน่นเป็นอย่างมาก (โดยในจังหวัดอุดรธานีมีจำนวนรถที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลจอด

ทะเบียนสะสมในปี พ.ศ.2553-2560 ดังนี้ 124,582 133,266 143,479 153,408 162,450 170,760 178,411 และ 180,646 คั่น) ตามลำดับ (กรมขนส่งทางบก, 2559)

สรุปผลการวิจัย

ปริมาณความเข้มข้นของผงฝุ่นคาร์บอนดำของวันหยุด (ช่วงเช้า) ของรถสองแถว มีปริมาณผงฝุ่นคาร์บอนดำในบรรยากาศ Elemental Carbon ช่วงเวลา 08.06-08.10 น. มีค่าสูงสุด คือ 5,881 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) เวลา 16.08 น. จะมีปริมาณความเข้มข้นผงฝุ่นคาร์บอนดำในบรรยากาศ Organic Carbon สูงสุดอยู่ที่ -1984.67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ อุณหภูมิ 30.05 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 81.47% ตามลำดับ รถยนต์ส่วนบุคคลมีปริมาณความเข้มข้นผงฝุ่นคาร์บอนดำในบรรยากาศ Elemental Carbon สูงสุดคือ 27,277 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ช่วงเวลา 08.14-08.20 น. จะมีปริมาณ Organic carbon สูงสุดอยู่ที่ -33,045 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ เวลา 16.08 -16.10 น. อุณหภูมิ 39.60 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 72.17% ตามลำดับ วันหยุดช่วงบ่ายพบว่า รถสองแถว มีปริมาณผงฝุ่นคาร์บอนดำ Elemental carbon สูงสุดอยู่ที่ 5,681.67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ เวลา 16.06-16.10 น. อุณหภูมิสูงสุด 33.50 °C ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด 65.87 รถยนต์ส่วนบุคคล มีปริมาณผงฝุ่นคาร์บอนดำในบรรยากาศสูงสุด คือ 32,737 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ที่ช่วงเวลา 16.12-16.15 น. อุณหภูมิ สูงสุด 34.62 °C ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด 56.23% ตามลำดับ

ส่วนปริมาณความเข้มข้นของผงฝุ่นคาร์บอนดำของวันธรรมดา (ช่วงเช้า) พบว่ารถสองแถวมีปริมาณผงฝุ่นคาร์บอนดำในบรรยากาศ ช่วงเวลาที่สูงสุด คือ ช่วงเวลา 08.17-08.20 น. มีค่า 8,834 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) อุณหภูมิ 30 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 83.60% ตามลำดับ รถยนต์ส่วนบุคคล มีปริมาณผงฝุ่นคาร์บอนดำในบรรยากาศ ช่วงเวลาที่พบสูงสุดคือช่วงเวลา 08.20-08.25 น. มีค่า 38,617.33 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) อุณหภูมิ 33.90 °C ความชื้นสัมพัทธ์ของ 78.16% วันธรรมดา (บ่าย) พบว่า รถสองแถวมีปริมาณความเข้มข้นผงฝุ่นคาร์บอนดำรวมในบรรยากาศ ช่วงเวลาที่สูงสุด คือ ช่วงเวลา 16.10-16.15 น. มีค่า 34,985 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) อุณหภูมิ 31.67 °C ความชื้นสัมพัทธ์ของ 83.63% ตามลำดับ รถยนต์ส่วนบุคคลมีปริมาณผงฝุ่นคาร์บอนดำในบรรยากาศ ช่วงเวลาที่สูงสุดคือช่วงเวลา 16.15-16.20 น. มีค่า 8,288 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ อุณหภูมิ 40.60 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 71.21% ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเพราะได้รับสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สวทช) และได้รับการสนับสนุนเครื่องมือวิจัยจาก คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และขอขอบคุณนายกเทศมนตรี จังหวัดอุดรธานี, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, ENVIRONMENTAL RESEARCH GROUP: King College London. UK และประชาชนในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี

เอกสารอ้างอิง

- กรมการขนส่งทางบก. (2559). *จำนวนรถที่จดทะเบียนสะสม*. สืบค้นเมื่อ วันที่ 31 ธันวาคม 2559. จาก <http://www.dltudon.com/index2.php>.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2553). *ฝุ่นคาร์บอนดำในบรรยากาศและภาวะโลกร้อน*. สืบค้นเมื่อ วันที่ 20 มีนาคม 2560. จาก http://infofile.pcd.go.th/air/AirNoise53_3.pdf
- กรมควบคุมมลพิษ. (2557). *ผลกระทบของฝุ่นคาร์บอนดำ*. สืบค้นเมื่อวันที่ 1 ธันวาคม 2560 จาก <https://www.facebook.com/PCD.go.th/posts/678501368899920>.
- นภาพร พานิช. (2550). *ตำราระบบบำบัดมลพิษอากาศ*. พิมพ์ครั้งที่ 2 (ฉบับปรับปรุง) ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- World Health Organization [WHO]. (2012). *Diesel Engine Exhaust Carcinogenic*. International Agency for Research on Cancer. Pages 2-4 .
- Xu, J., Jin, T., Miao, Y., Han, B., Gao, J., Bai, Z. and Xu, X. (2015). *Individual and population intake fractions of diesel particulate matter (DPM) in bus stop microenvironment*. Environmental DOI: 10.1016/j.envpol.2015.09.005

**ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมทางกายและคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ
ในจังหวัดอุดรธานี**

**A RELATIONSHIP BETWEEN THE PHYSICAL ACTIVITY AND THE QUALITY OF
LIFT OF AGING IN UDONTHANI PROVINCE**

ธันมพร ทองหลง *

สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมทางกายและคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในจังหวัดอุดรธานี ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงพรรณนา กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้สูงอายุในจังหวัดอุดรธานี จำนวน 400 คน ทำการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ เก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเดือนสิงหาคม ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2560 โดยใช้แบบสอบถามกิจกรรมทางกาย และแบบสอบถามคุณภาพชีวิต วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ผลการวิจัย พบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีกิจกรรมทางกายอยู่ในระดับปานกลางและคุณภาพชีวิตอยู่ในระดับปานกลาง และกิจกรรมทางกายมีความสัมพันธ์ทางบวกกับคุณภาพชีวิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และส่วนใหญ่ผู้สูงอายุมีกิจกรรมทางกายอยู่ในระดับปานกลางซึ่งมีประโยชน์อย่างมากต่อการมีคุณภาพชีวิตที่ดี

คำสำคัญ: กิจกรรมทางกาย, คุณภาพชีวิต, ผู้สูงอายุ

* ผู้ประสานงาน: ธันมพร ทองหลง

อีเมล: E_pi@hotmail.com

Abstract

The purposes of this study were to study relationship between the physical activity and quality of life of the elderly in Udon Thani province. The study was descriptive research. Consisted of 400 elderly subject in the Udon Thani province. The random sampling is Accidental Sampling. The data were collected by using questionnaires of physical activity and Questionnaires of quality of life. The data analysis by using percentages, mean, standard deviation and Person Product Moment Correlation Coefficient. The results found that the most of elderly physical activity and overall quality of life were moderately level ($x = 1.63$, $x = 94.69$ respectively). The physical activity had a low level of a significant positive correlation with quality of life ($P < 0.01$ respectively). The most of the elderly have physical activity at moderate level, which is very useful for good quality of life.

Keywords: Physical Activity, Quality of Life, Aging

บทนำ

ผู้สูงอายุในประเทศไทยเพิ่มขึ้นจำนวนมาก ผู้ที่มีอายุ 60 ปีบริบูรณ์ขึ้นไปจากผลสำรวจของสำนักงานสถิติแห่งชาติ 4 ครั้งที่ผ่านมา พบว่า ประเทศไทยมีจำนวนและสัดส่วนของผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ. 2537 มีจำนวนผู้สูงอายุคิดเป็นร้อยละ 6.8 ของประชากรทั้งประเทศ และเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 9.4 ร้อยละ 10.7 ร้อยละ 12.2 ในปี พ.ศ. 2549, 2553 และ 2557 ตามลำดับ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2557)

ร่างกายของคนเรานั้น ธรรมชาติสร้างมาสำหรับออกแรงใช้งาน มีใช้อยู่เฉย ๆ ถ้าใช้แรงให้เหมาะสมดีสม่ำเสมอร่างกายก็จะเจริญคล่องแคล่วและคงทนยั่งยืน ถ้าไม่ใช้แรงหรือไม่เพียงพอร่างกายก็เจริญแข็งแรงอยู่ไม่ได้แต่จะค่อย ๆ เสื่อมไปเป็นลำดับและหมดสภาพไปก่อนวัยอันควร ดังนั้น ผู้ที่ทำงานโดยไม่ใช้กำลังหรือใช้กำลังน้อย จึงจำเป็นต้องหาเวลาออกกำลังกายให้เพียงพอกับความต้องการตามธรรมชาติเสมอทุกวัน มิฉะนั้นจะเป็นที่น่าเสียดายอย่างยิ่งที่เขาใช้ปัญญาความสามารถของเขาทำประโยชน์แก่ตนเองและส่วนรวมได้น้อย

เกินไป เพราะร่างกายอันกลีบกลายอ่อนแอลงนั้นจะไม่อำนวยโอกาสให้ทำงานได้โดยมีประสิทธิภาพ (สุขสนั่น อินทะไชย, 2548)

ผู้สูงอายุอย่างที่เราพากันคิดว่าเมื่ออายุของมนุษย์เพิ่มมากขึ้นร่างกายก็จะเริ่มเสื่อมสมรรถภาพลงตามอายุและเมื่อสมรรถภาพไม่แข็งแรงเหมือนวัยรุ่นก็จะไม่สามารถออกกำลังกายหนัก ๆ เหมือนวัยรุ่นได้อีก ผู้สูงอายุคือกลุ่มบุคคลที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป มีการเปลี่ยนแปลงของร่างกายและจิตใจที่แตกต่างไปจากผู้ที่มีอายุน้อยกว่าหลายประการโดยมีการเสื่อมลงของระบบต่าง ๆ ของร่างกายเป็นส่วนใหญ่และประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ของผู้สูงอายุจึงแตกต่างกันไปจากกลุ่มอายุที่ต่ำกว่าไปเป็นธรรมดาโดยเฉพาะการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพแม้ในกลุ่มผู้สูงอายุด้วยกันเองในกลุ่มที่มีอายุอยู่ระหว่าง 60 - 70 ปี ก็มีความเปลี่ยนแปลงของร่างกายแตกต่างกันไป ผู้สูงอายุถึงแม้จะมีอายุเท่ากันรุ่นราวคราวเดียวกัน ก็ยังมีความแตกต่างกันในลักษณะกายภาพและจิตใจดังนั้น ผู้สูงอายุควรจะต้องคำนึงถึงความแข็งแรงสมบูรณ์รู้สมรรถภาพของตนเอง (สุขสนั่น อินทะไชย, 2548)

สำนักงานสถิติ จังหวัดอุดรธานี รายงานจำนวนประชากร พบว่าในปี พ.ศ. 2559 มีประชากร จำนวน 1,591,584 คน เป็นผู้สูงอายุจำนวน 206,328 คน คิดเป็นร้อยละ 12.93 และคาดว่าในปี พ.ศ. 2568 จะมีประชากรผู้สูงอายุถึงร้อยละ 16.5 (สำนักงานสถิติ จังหวัดอุดรธานี, 2559) ซึ่งกรณีที่มีผู้สูงอายุเกินร้อยละ 10 ของประชากรทั้งหมดในพื้นที่ เรียกว่า สังคมสูงวัย (Aged Society) และหากมีผู้สูงอายुर้อยละ 20 ขึ้นไปจะเป็น สังคมสูงวัยอย่างสมบูรณ์ (Compete Aged Society) (สุชาติ ทวีสินธุ์ และ สวรรีย์ บุญยमानนท์, 2553) จะเห็นว่าในอนาคต จังหวัดอุดรธานี จะมีประชากรผู้สูงอายุเพิ่มจำนวนมาก การดูแลผู้สูงอายุให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีจะมีหลายมิติ ได้แก่ ด้านสุขภาพ ด้านสวัสดิการสังคม การศึกษา อาชีพและด้านอื่น ๆ ดังนั้นเพื่อให้มีการวางแผนการดูแลผู้สูงอายุในทุกมิติ หน่วยงานต่าง ๆ ของจังหวัดอุดรธานี ได้ร่วมกันจัดโครงการพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุ เพื่อเตรียมการรองรับสังคมผู้สูงอายุจังหวัดอุดรธานี ประจำปี 2558 การขับเคลื่อนวาระจังหวัด “อุดรธานีเมืองผู้สูงอายุคุณภาพชีวิตดี” และเตรียมความพร้อมในการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุ ครอบคลุมทุกมิติ เพื่อสนับสนุนการขับเคลื่อนวาระจังหวัด “อุดรธานีเมืองผู้สูงอายุคุณภาพชีวิตดี” ประสานความร่วมมือพันธมิตรภาคีเครือข่ายระหว่างหน่วยงานภาครัฐ ท้องถิ่น และภาคประชาชน ในการดำเนินงานสร้างเสริมสุขภาพผู้สูงอายุระยะยาวในชุมชน ให้มีความเข้มแข็งต่อเนื่อง โดยจะมีการสำรวจพฤติกรรมและการออกกำลังกายของผู้สูงอายุในเขตเมืองอุดรธานี ตามสวน

สาธารณะต่าง ๆ ว่าพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุส่วนใหญ่ นั้น จะออกกำลังกายกันโดยวิธีใด (กาญจนา ปัญญาธร, 2556)

กิจกรรมทางกาย (Physical Activity) หมายถึง กิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหวของร่างกาย โดยมีการหดตัวของกล้ามเนื้อ แล้วมีการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นจากระดับปกติโดยการเคลื่อนไหวร่างกายได้แบ่งชนิดของกิจกรรมทางกายออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ (1) การออกกำลังกายแบบแอโรบิค (Aerobic Activity) การทำกิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหวมัดกล้ามเนื้ออย่างเป็นจังหวะ และต่อเนื่อง เช่น การเดินเร็ว ๆ การวิ่ง การปั่นจักรยาน การกระโดดเชือก การว่ายน้ำกิจกรรมนี้มีเป้าหมายเพื่อให้เกิดการเต้นของหัวใจที่เร็วขึ้นกว่าปกติ (2) การออกกำลังกายเพื่อสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle-Strengthening) กิจกรรมที่มีการใช้กล้ามเนื้อเพื่อยก หรือต่อต้านแรงโน้มถ่วง ส่งผลให้กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงขึ้น เช่น การยกน้ำหนัก การดิงยาง การดันพื้น เป็นต้น และ (3) การออกกำลังกายด้านน้ำหนักร่างกาย (Bone-Strengthening) คือ กิจกรรมที่ต้องใช้แขน ขา หรือเท้า ในการแบกรับน้ำหนัก แล้วใช้กล้ามเนื้อผลักดันกลับซึ่งจะช่วยให้กระดูกแข็งแรงขึ้น เช่น การกระโดดตบ (jumping jacks) การวิ่งการเดินเร็ว ๆ การยกน้ำหนัก เป็นต้น ซึ่งกิจกรรมทางกายมีสิ่งสำคัญเพื่อมุ่งเน้นให้หัวใจเต้นเร็วอย่างต่อเนื่องได้สุขภาพหัวใจแต่การออกกำลังกายเพื่อสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle-Strengthening) เน้นใช้กำลังกล้ามเนื้อได้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนการออกกำลังกายด้านน้ำหนักร่างกาย (Bone-Strengthening) เน้นทั้งหัวใจเต้นเร็วและใช้กำลังกล้ามเนื้อควบคู่กัน มีการรับน้ำหนักแล้วสปริงตัวดีกลับ ได้ความแข็งแรงของกระดูกและข้อต่อ (มินตรา สารรักษ์, 2558)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมทางกายและคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในจังหวัดอุดรธานี เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างกิจกรรมทางกายของผู้สูงอายุตามสวนสาธารณะและชุมชนต่าง ๆ เช่น การพัฒนารูปแบบของการออกกำลังกาย การจัดกิจกรรมต่าง ๆ เป็นต้น และนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพชีวิตความเป็นอยู่ของผู้สูงอายุต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป ในเขตเทศบาลนครอุดรธานี จำนวน 69,098 คน (สำนักงานสถิติ จังหวัดอุดรธานี, 2559)

กลุ่มตัวอย่าง คำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของทาโร ยามานะ (Yamane, 1973) ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05 ได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 400 คน และทำการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาเป็นแบบสอบถามแบบประมาณค่า (Rating Scale) แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ได้แก่ อายุ เพศ สถานภาพ อาชีพ มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ

ส่วนที่ 2 กิจกรรมทางกายของผู้สูงอายุ เป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยได้ทำการสร้างขึ้นเอง ประกอบด้วย 19 ข้อ แบ่งเป็น 5 ระดับ ปฏิบัติมากที่สุด ปฏิบัติมาก ปฏิบัติปานกลาง ปฏิบัติน้อย ปฏิบัติน้อยที่สุด มีลักษณะเป็นแบบประมาณค่า (Rating Scale) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนมีดังนี้

	ความหมาย	ด้านบวก	ด้านลบ
ปฏิบัติมากที่สุด	ปฏิบัติทุกวันต่อสัปดาห์	4 คะแนน	0 คะแนน
ปฏิบัติมาก	ปฏิบัติ 5-6 ครั้งต่อสัปดาห์	3 คะแนน	1 คะแนน
ปฏิบัติปานกลาง	ปฏิบัติ 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์	2 คะแนน	2 คะแนน
ปฏิบัติน้อย	ปฏิบัติ 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์	1 คะแนน	3 คะแนน
ปฏิบัติน้อยที่สุด	ไม่ปฏิบัติเลย	0 คะแนน	4 คะแนน

การแปลผลคะแนนการมีกิจกรรมทางกาย แบ่งเป็น 5 ระดับ โดยใช้เกณฑ์แบ่งคะแนนแปลผลการปฏิบัติ โดยใช้สูตรความกว้างของอันตรภาคชั้นมีดังนี้ (กองวิจัยทางการศึกษา, 2545 อ้างถึงในชาญชัย เรื่องขจร, 2550)

คะแนนเฉลี่ย 0.00 – 0.80 หมายถึง การปฏิบัติกิจกรรมอยู่ในระดับน้อยที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 0.81 – 1.60 หมายถึง การปฏิบัติกิจกรรมอยู่ในระดับน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.61 – 2.40 หมายถึง การปฏิบัติกิจกรรมอยู่ในระดับปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 2.41 – 3.20 หมายถึง การปฏิบัติกิจกรรมอยู่ในระดับมาก

คะแนนเฉลี่ย 3.21 – 4.00 หมายถึง การปฏิบัติกิจกรรมอยู่ในระดับมากที่สุด

ส่วนที่ 3 คุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถามวัดคุณภาพชีวิต WHOQOL – 26 เป็นแบบสอบถามภาษาไทย โดยสุวัฒน์ มหัตถนิรันดร์กุล (2550) พัฒนาปรับปรุงจากแบบวัดคุณภาพชีวิต ขององค์การอนามัยโลก ผ่านการหาค่าความตรงเชิงเนื้อหา เท่ากับ 0.65 โดยผู้เชี่ยวชาญด้านภาษาไทยและภาษาอังกฤษตรวจสอบความถูกต้องเชิงในด้านของเนื้อหา และความหมายของคำถามที่แปลได้กับความหมายของ WHO ต้องการและทำการหาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือ เท่ากับ 0.84 แบ่งออกเป็น 4 ด้านได้แก่

1. ด้านร่างกาย คือ การรับรู้สุขภาพทางด้านร่างกายของบุคคลซึ่งมีผลต่อชีวิตประจำวัน เช่น การรับรู้สุขภาพความสมบูรณ์แข็งแรงของร่างกาย ได้แก่ ข้อ 2, 3, 4, 10, 11, 12 และ 24

2. ด้านจิตใจ คือ การรับรู้สุขภาพทางจิตใจของตนเอง เช่น การรับรู้ความรู้สึกทางบวกที่บุคคลมีต่อตนเอง การรับรู้ภาพลักษณ์ของตนเอง การรับรู้ถึงความรู้สึกภาคภูมิใจในตนเอง การรับรู้ถึงความมั่นใจในตนเองมากแค่ไหน ได้แก่ ข้อ 5, 6, 7, 8, 9 และ 23

3. ด้านความสัมพันธ์ทางสังคม คือ การรับรู้เรื่องความสัมพันธ์ของตนกับบุคคลอื่น การรับรู้ถึงการที่ได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลอื่นในสังคม ได้แก่ ข้อ 13, 14 และ 25

4. ด้านสิ่งแวดล้อม คือ การรับรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการดำเนินชีวิต ได้แก่ ข้อ 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 และ 22

5. ด้านโดยภาพรวม เป็นข้อ 1 ข้อ 26 เป็นตัวชี้วัดที่อยู่ในหมวดคุณภาพชีวิตและสุขภาพโดยรวมจะไม่รวมอยู่ในองค์ประกอบทั้ง 4 ด้านนี้

การวัดคุณภาพชีวิต WHOQOL – 26 (กรมสุขภาพจิต, 2559) ข้อคำถามที่มีความหมายทางบวก 23 ข้อ และข้อคำถามที่มีความหมายทางลบ 3 ข้อ คือข้อ 2, 9 และ 11 แต่ละข้อเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ให้ผู้ตอบเลือกตอบ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อความทางลบ 3 ข้อ และข้อความทางบวก 23 ข้อ ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนมีดังนี้

	ข้อความทางบวก	ข้อความทางลบ
ไม่เลย	1 คะแนน	5 คะแนน
เล็กน้อย	2 คะแนน	4 คะแนน
ปานกลาง	3 คะแนน	3 คะแนน
มาก	4 คะแนน	2 คะแนน
มากที่สุด	5 คะแนน	1 คะแนน

การแปลผล คะแนนคุณภาพชีวิตมีคะแนนตั้งแต่ 26 – 130 คะแนน เปรียบเทียบกับเกณฑ์ปกติที่กำหนดดังนี้

ช่วงคะแนน	การแปลผล
26 – 60 คะแนน	หมายถึง มีคุณภาพชีวิตที่ไม่ดี
61 – 95 คะแนน	หมายถึง มีคุณภาพชีวิตกลาง ๆ
96 – 130 คะแนน	หมายถึง มีคุณภาพชีวิตที่ดี

องค์ประกอบของคุณภาพชีวิต ประกอบด้วย

องค์ประกอบ	คุณภาพชีวิตไม่ดี	คุณภาพชีวิตกลาง	คุณภาพชีวิตดี
ด้านสุขภาพกาย	7 – 16	17 – 26	27 - 35
ด้านจิตใจ	6 – 14	15 – 22	23 - 30
ด้านสัมพันธภาพทางสังคม	3 – 7	8 – 11	12 - 15
ด้านสิ่งแวดล้อม	8 – 18	19 – 29	30 – 40
คุณภาพชีวิตโดยรวม	26 – 60	61 – 95	96 - 130

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ โดยนำแบบสอบถามที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญมาดำเนินการทดลองใช้ (Try-Out) กับประชากรที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา จำนวน 30 คน และวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของ Cronbach ได้ค่าความเชื่อมั่นรวมเท่ากับ 0.94

การเก็บรวบรวมข้อมูล ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ระหว่างเดือนสิงหาคม – ตุลาคม 2560 หากผู้สูงอายุมีปัญหาในการเขียน อ่านหนังสือไม่ได้ หรือมีความบกพร่องอื่น ๆ ผู้วิจัยใช้วิธีการสอบถามด้วยตัวเอง ซึ่งหลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลเสร็จได้แบบสอบถามกลับคืนมา ร้อยละ 100 และเป็นแบบสอบถามสมบูรณ์สามารถนำมาวิเคราะห์ผลได้

การวิเคราะห์ข้อมูล ในการดำเนินงานการวิจัยครั้งนี้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ได้แก่

1. ข้อมูลเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามใช้ค่าร้อยละ
2. การวิเคราะห์ข้อมูลกิจกรรมทางกายและคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean: M) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
3. วิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ของกิจกรรมทางกายและคุณภาพชีวิตโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficient)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ข้อมูลทั่วไปของผู้สูงอายุ พบว่า กลุ่มตัวอย่าง ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 52.50 มีอายุอยู่ในช่วง 60-64 ปี ร้อยละ 29.75 มีการประกอบอาชีพค้าขาย ร้อยละ 36.75 และมีสถานภาพสมรส ร้อยละ 81.5 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามข้อมูลทั่วไป

รายการ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	190	47.50
หญิง	210	52.50
อายุ		
60 – 64	119	29.75
65 – 69	112	28.00
70 – 74	72	18.00
75 – 79	62	15.50
80 ปีขึ้นไป	35	8.75
อาชีพ		
เกษตรกร	56	14.00
ค้าขาย	147	36.75
รับจ้างทั่วไป	100	25.00
ข้าราชการ/ ข้าราชการบำนาญ	44	11.00
แม่บ้าน	53	13.25

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามข้อมูลทั่วไป (ต่อ)

รายการ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
สถานภาพ		
สมรส	326	81.50
หย่าร้าง	17	4.25
โสด	25	6.25
หม้าย	32	8.00
รวม	400	100.00

กลุ่มตัวอย่างมีกิจกรรมทางกายโดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง (Mean = 1.63, S.D. = 0.30) เมื่อจำแนกออกเป็นรายข้อ พบว่า กิจกรรมทางกาย 3 อันดับ คือ ท่านที่พบปะพูดคุยกับเพื่อนบ้าน อยู่ในระดับมาก (Mean = 2.98, S.D. = 0.94) ท่านที่ดูโทรทัศน์ อยู่ในระดับมาก (Mean = 2.75, S.D. = 0.92) ท่านที่เข้าร่วมกิจกรรมในชุมชน เช่น งาน บวช งานแต่ง อยู่ในระดับมาก (Mean = 2.69, S.D. = 0.75) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการดำเนินกิจกรรมทางกายของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อ	รายการ	\bar{x}	S.D.	เกณฑ์
1	ทำความสะอาดปิดกวาดบ้าน	1.97	1.30	ปานกลาง
2	ประกอบอาหาร	1.68	1.32	ปานกลาง
3	ปลูกต้นไม้ ทำสวน ปลูกผัก	1.28	1.13	น้อย
4	เลี้ยงสัตว์	1.18	1.13	น้อย
5	เดินไปตลาดหรือร้านค้าในหมู่บ้าน	1.55	1.17	น้อย
6	ทำกิจกรรมทางศาสนา เช่น ไปวัด ทำบุญ	2.55	0.89	มาก
7	ปั่นจักรยาน	2.07	1.28	ปานกลาง
8	เดินทางด้วยรถจักรยานยนต์ รถยนต์	2.09	1.30	ปานกลาง
9	วิ่งเหยาะ ๆ ตามสวนสาธารณะ	0.82	0.93	น้อย
10	เดินแอโรบิค	0.42	0.83	น้อยที่สุด
11	เล่นโยคะ	0.05	0.27	น้อยที่สุด

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการดำเนินกิจกรรมทางกายของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อ	รายการ	\bar{x}	S.D.	เกณฑ์
12	รำมวยจีน	0.08	0.30	น้อยที่สุด
13	เลี้ยงหลาน	0.90	1.04	น้อย
14	ดูโทรทัศน์	2.75	0.92	มาก
15	อ่านหนังสือ	1.72	0.81	ปานกลาง
16	นอนตอนกลางวัน	2.05	0.88	ปานกลาง
17	พบปะพูดคุยกับเพื่อนบ้าน	2.98	0.94	มาก
18	ท่องเที่ยวทัศนจาร	2.18	0.70	ปานกลาง
19	เข้าร่วมกิจกรรมในชุมชน ได้แก่ งานบวช	2.69	0.75	มาก
ผลรวม		1.63	0.30	ปานกลาง

คุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตเทศบาลนครอุดรธานีทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ ด้านร่างกาย ด้านจิตใจ ด้านความสัมพันธ์ทางสังคม ด้านสิ่งแวดล้อมมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังนี้ ด้านร่างกาย อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง (Mean = 24.38, S.D. = 4.98) ด้านจิตใจ อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง (Mean = 22.37, S.D. = 4.03) ด้านความสัมพันธ์ทางสังคม อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง (Mean = 11.44, S.D. = 2.23) ด้านสิ่งแวดล้อม อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง (Mean = 29.00, S.D. = 5.31) และด้านคุณภาพชีวิต อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง (Mean = 94.69, S.D. = 18.02) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณภาพชีวิตของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกรายด้าน

คุณภาพชีวิต	\bar{x}	S.D.	เกณฑ์
ด้านร่างกาย	24.38	4.98	ปานกลาง
ด้านจิตใจ	22.37	4.03	ปานกลาง
ด้านความสัมพันธ์ทางสังคม	11.44	2.23	ปานกลาง
ด้านสิ่งแวดล้อม	29.00	5.31	ปานกลาง
คุณภาพชีวิตโดยรวม	94.69	18.02	ปานกลาง

ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมทางกายและคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ พบว่า การดำเนินกิจกรรมทางกายรายด้านทุกด้านมีความสัมพันธ์ทางบวกกับคุณภาพชีวิต โดยเรียงลำดับความสัมพันธ์ได้ดังนี้ ด้านจิตใจ มีค่าความสัมพันธ์ในระดับต่ำ ($r = 0.322$) รองลงมาได้แก่ ด้านร่างกาย มีค่าความสัมพันธ์ในระดับต่ำมาก ($r = 0.251$) และ ด้านความสัมพันธ์ทางสังคม มีค่าความสัมพันธ์ในระดับต่ำมาก ($r = 0.120$) ตามลำดับ โดยคุณภาพชีวิต มีความสัมพันธ์กับคุณภาพชีวิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยกเว้นด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งไม่พบว่ามีค่าความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมทางกายและคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ

คุณภาพชีวิต	R	P
ด้านร่างกาย	0.251	.000**
ด้านจิตใจ	0.322	.000**
ด้านความสัมพันธ์ทางสังคม	0.120	.000**
ด้านสิ่งแวดล้อม	0.087	.305
คุณภาพชีวิตโดยรวม	0.235	.000**

หมายเหตุ: ** $P < 0.01$

ผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้ พบว่า กิจกรรมทางกายอยู่ในระดับปานกลางเนื่องจากผู้สูงอายุมีอายุที่มากขึ้นทำให้สุขภาพกายเสื่อมหรือถดถอยลง การเคลื่อนไหวมีข้อจำกัดมากขึ้นและลดน้อยลง เช่น ทำความสะอาดบ้าน ทำอาหาร ปั่นจักรยาน เดินทางด้วยรถจักรยานยนต์ อ่านหนังสือ นอนกลางวัน เทียวทัศนอาจร เป็นต้น สอดคล้องกับมินตราสาระรักษ์ (2558) ที่พบว่า สูงอายุเป็นวัยที่มีปัญหาด้านสุขภาพ มีการเคลื่อนไหวไปตามสถานที่ต่าง ๆ บางแต่ส่วนใหญ่จะใช้เวลาอยู่บ้านมากกว่า เช่น การทำความสะอาดบ้าน ทำอาหาร การอ่านหนังสือ การนอนกลางวัน เป็นต้น จึงส่งผลให้เกิดการเสื่อมถอยในทุกด้าน เป็นสาเหตุให้ผู้สูงอายุมีการเคลื่อนไหวไม่กระฉับกระเฉงเท่าตอนหนุ่มสาว สอดคล้องกับวีระวัฒน์ แซ่จิว (2559) ได้ทำการศึกษากิจกรรมทางกายและสมรรถภาพทางกายของผู้สูงอายุที่ออกกำลังกายในจังหวัดชลบุรี พบว่า ผู้สูงอายุมีกิจกรรมทางกายอยู่ในระดับปานกลางเนื่องจากผู้สูงอายุส่วนใหญ่ที่ออกไปสถานที่ต่าง ๆ เช่น ท่องเที่ยว ไปตลาด ไปทำงาน

ไปซูเปอร์มาร์เก็ต นิยมใช้ยานพาหนะประเภทรถยนต์ รถจักรยานยนต์ ปั่นจักรยานมากกว่าที่จะใช้วิธีการเดิน และสอดคล้องกับวัชพลประสิทธิ์ ก้อนแก้ว (2557) ศึกษาพฤติกรรมการสุขภาพของผู้สูงอายุที่อาศัยในเขตเทศบาลตำบลคลองตำหรุ อำเภอเมืองชลบุรี พบว่า ผู้สูงอายุมีพฤติกรรมโดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลางของผู้สูงอายุที่มาออกกำลังกายตามสวนสาธารณะและสถานที่ต่าง เป็นต้น

คุณภาพชีวิตโดยภาพรวมทั้งหมด 4 ด้าน ด้านสุขภาพกาย ด้านจิตใจ ด้านสังคม และด้านสิ่งแวดล้อม อยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากผู้สูงอายุส่วนใหญ่ในปัจจุบันมีความพึงพอใจกับสุขภาพไม่เจ็บป่วยและพอใจในฐานะทางเศรษฐกิจของตนเอง มีความสุขในการใช้ชีวิตแบบเรียบง่าย มีสมาธิในการทำงานและใช้ชีวิตอย่างมีความสุข ผู้สูงอายุจะมีการเข้าสังคมพบปะพูดคุยและทำกิจกรรมร่วมกันอยู่ตลอด เช่น จับกลุ่มนั่งคุยกัน นั่งอ่านหนังสือให้กันฟัง ทำอาหารรับประทานร่วมกัน ทำความสะอาดบ้าน เป็นต้น สอดคล้องกับสมจิตต์ศิริ วนารังสรรค์ และเสนห์ แสงเงิน (2558) ได้ศึกษาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุในเขตชุมชนชนบท จังหวัดสุโขทัย พบว่า ผู้สูงอายุมีคุณภาพชีวิตโดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง มีลูกหลานคอยดูแลอย่างใกล้ชิด มีบทบาทหน้าที่ในสังคม ไม่เจ็บป่วยหรือเป็นโรค มีเงินใช้จ่ายพอต่อวัน สอดคล้องกับปิยภรณ์ เลหาบุตร (2557) ได้ทำการศึกษาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในชุมชนหมู่ 7 ตำบลพลูตาหลวง อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี พบว่า ผู้สูงอายุมีคุณภาพชีวิตโดยภาพรวมอยู่ในระดับค่อนข้างดี จะเห็นได้ว่า ผู้สูงอายุมีความพึงพอใจในสภาพบ้านที่ถูกสุขลักษณะและชุมชนที่อยู่อาศัยสภาพแวดล้อมที่ดี รวมถึงการมีสุขภาพร่างกายแข็งแรงดี การศึกษาธรรมและปฏิบัติธรรมเพื่อให้เกิดสติปัญญาทางธรรมเพิ่มความจำและใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน จะส่งเสริมสุขภาพจิตให้มีความเข้มแข็งและอดทนต่อความยากลำบากต่าง ๆ และยังสอดคล้องกับโปรดปราน เพชนสด (2558) ได้ทำการศึกษาแนวโน้มพัฒนาคุณภาพชีวิต เพื่อรองรับสังคมผู้สูงอายุ ชุมชนบ้านจ่ารุง จังหวัดระยอง พบว่ากลุ่มผู้สูงอายุ 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผู้นำชุมชน กลุ่มผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิมีคุณภาพชีวิตโดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากกลุ่มผู้สูงอายุยอมรับการเสื่อมถอยของร่างกายและใช้ชีวิตต่อไปได้อย่างมีความสุขทั้งใน ด้านสุขภาพกาย จิตใจ สังคม สิ่งแวดล้อม เช่น มีเงินใช้จ่ายในแต่ละวันมาก มีการดูแลเป็นอย่างดีจากครอบครัว มีการพบปะพูดคุยกับเพื่อนทุกวันและพอใจกับสภาพบ้านเรือนเป็นอย่างมาก

ความสัมพันธ์ของกิจกรรมทางกายและคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตเทศบาลนครอุดรธานีโดยรวม พบว่า ผู้สูงอายุมีกิจกรรมทางกายสอดคล้องกับคุณภาพชีวิตทั้งในด้านสุขภาพกาย จิตใจและโดยภาพรวม ไปในทิศทางเดียวกัน สอดคล้องกับนันทพร จิตรเพ็ชร (2555) ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับกิจกรรมทางกายของผู้สูงอายุในอำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม พบว่า การมีกิจกรรมทางกายและคุณภาพชีวิตด้านสังคมไปในทิศทางเดียวกัน มีความสัมพันธ์กัน ยังสอดคล้องกับ ชุมพร ฉ่ำแสง และคณะ (2555) ได้ทำการศึกษาป็นภาพชีวิตของบุคลากรฝ่ายการพยาบาลศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี จังหวัดนครนายก พบว่า คุณภาพชีวิต โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งกลุ่มตัวอย่างได้รับบริการทางด้านสวัสดิการ ค่าตอบแทนเมื่อมีอาการเจ็บป่วย บุคลากรรู้สึกพึงพอใจต่อการอยู่ร่วมกันและช่วยเหลือซึ่งกันและกัน และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ยังสอดคล้องกับ กุลวดี โรจน์ไพศาลกิจ (2559) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของกิจกรรมทางกายกับสุขภาวะทางจิต สังคม และจิตวิญญาณของผู้สูงอายุ 3 กลุ่มวัย พบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์ของกิจกรรมทางกายกับสุขภาวะทางกาย สุขภาวะจิตใจและสุขภาวะทางสังคมของผู้สูงอายุ วัยต้น วัยกลาง และวัยปลาย มีความสัมพันธ์กัน และเป็นไปตามการศึกษาของเพ็นเดอร์ (Pender, 1966) ที่ว่าบุคคลเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ที่ทำให้บุคคลมีพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพหรือกิจกรรมทางกายที่พึงประสงค์และการใส่ใจจากบุคคลรอบข้างจะทำให้ผู้สูงอายุมีกิจกรรมทางกายและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้พบว่า การที่ผู้สูงอายุมียุคนครรอบข้างที่คอยดูแล มีเพื่อน และมีลานกิจกรรมเพื่อพบปะพูดคุยและร่วมกันทำกิจกรรมต่าง ๆ ทำให้ผู้สูงอายุมีความพึงพอใจในชีวิต และสามารถอยู่กับครอบครัว สังคมอย่างมีสงบสุข และนำไปสู่การมีคุณภาพชีวิตที่ดีด้วย

สรุปผลการวิจัย

ส่วนใหญ่ผู้สูงอายุมีกิจกรรมทางกายอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งมีประโยชน์อย่างมากต่อการพัฒนารูปแบบการส่งเสริมสุขภาพในแง่ของร่างกาย จิตใจ สังคมและสิ่งแวดล้อม โดยเจ้าหน้าที่ในของหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในชุมชนหรือจังหวัด ควรมีการสนับสนุนให้มีการจัดตั้งชมรมผู้สูงอายุในชุมชน เพื่อส่งเสริมให้ผู้สูงอายุมมีส่วนร่วมในกิจกรรมของชุมชน เช่น

การออกกำลังกาย การพบปะเพื่อนฝูง การพูดคุย เป็นต้น และให้คำแนะนำในการดูแลสุขภาพด้วยการสร้างเสริมสุขภาพโดยเน้นกิจกรรมการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุให้มากขึ้น เพื่อส่งเสริมการมีคุณภาพชีวิตที่ดีต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี และอาสาสมัครในการทำการวิจัยทุกคน

เอกสารอ้างอิง

- กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข. (2559). *เครื่องชี้วัดคุณภาพชีวิตขององค์การอนามัยโลกชุดย่อ ฉบับภาษาไทย (WHOQOL-BREF-THAI)*. กรุงเทพมหานคร.
- กาญจนา ปัญญาธร. (2556). ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคัดสรรกับความมั่นคงในชีวิตของผู้สูงอายุจังหวัดอุดรธานี. *วารสารพยาบาลกระทรวงสาธารณสุข, 22(2)*, 24-36.
- กุลวดี โรจนไพศาลกิจ. (2559). *ความสัมพันธ์ของกิจกรรมทางกายกับสุขภาวะทางจิต สังคม และจิตวิญญาณของผู้สูงอายุ 3 กลุ่มวัย*. ฉะเชิงเทรา: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์.
- ชาญชัย เรืองขจร. (2550). *ระเบียบวิธีวิจัย*. สงขลา: เทมการพิมพ์.
- ชุมพร ฉ่ำแสงและคณะ. (2555). *ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพชีวิตของบุคลากรฝ่ายการพยาบาล ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี จังหวัดนครนายก*. นครนายก: คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- นันทพร จิตรเพ็ชร. (2555). *ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับกิจกรรมทางกายของผู้สูงอายุในอำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม*. สาขาวิชาสุขศึกษา ภาควิชาพลศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- โปรดปราน เพชนสด. (2558). *แนวโน้มพัฒนาคุณภาพชีวิต เพื่อรองรับสังคมผู้สูงอายุ ชุมชนบ้านจำรุง จังหวัดระยอง*. ระยอง: ภาควิชาการจัดการบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

- ปิยภรณ์ เลาบุตร. (2557). คุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในชุมชนหมู่ 7 ตำบลพลูตาหลวง อำเภอสัตหีบจังหวัดชลบุรี. ชลบุรี: ภาควิชาการบริหารทั่วไป วิทยาลัยการบริหารรัฐกิจ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- มินตรา สารระักษ์. (2558). การส่งเสริมกิจกรรมทางกายในวัยสูงอายุ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 17(1), 24-35.
- วิษณุประสิทธิ์ ก้อนแก้ว. (2557). พฤติกรรมสุขภาพของผู้สูงอายุที่อาศัยในเขตเทศบาล ตำบลคลองตำหรุ อำเภอเมืองชลบุรี. ชลบุรี: ภาควิชาการบริหารทั่วไป วิทยาลัยการบริหารรัฐกิจ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- วีระวัฒน์ แซ่จ้าว. (2559). กิจกรรมทางกายและสมรรถภาพทางกายของผู้สูงอายุที่ออกกำลังกายในจังหวัดชลบุรี. ชลบุรี: ภาควิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สุวัฒน์ มหัตนรินทร์กุล. (2550). *เปรียบเทียบแบบวัดคุณภาพชีวิตขององค์การอนามัยโลกชุด 100 ตัวชี้วัด*. จังหวัดเชียงใหม่: โรงพยาบาลสวนปรุง
- สมจิตต์ ศิริวนารังสรรค์ และ เสน่ห์ แสงเงิน. (2558). *รูปแบบการพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุในชนบท จังหวัดสุโขทัย*. วารสารสมาคมเวชศาสตร์ป้องกันแห่งประเทศไทย. สำนักงานสถิติ จังหวัดอุดรธานี. (2559). *ข้อมูลสถิติจากการสำมะโน/สำรวจ/รายงานสถิติจังหวัด/สำรวจพิเศษ*. อุดรธานี.
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการสื่อสาร. (2557). *การสำรวจประชากรสูงอายุในประเทศไทย พ.ศ.2557*. กรุงเทพฯ.
- สุขสนั่น อินทะไชย์. (2548). *การศึกษาการให้บริการประชาชนด้านการออกกำลังกายในสนามกีฬาจังหวัดขอนแก่น*. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุชาดา ทวีสิทธิ์ และ สวรรีย์ บุญมมานนท์. (2553). *ประชากรและสังคม 2553*. พิมพ์ครั้งที่ 1. นครปฐม: สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล.
- Pender, N. J. (1966). *Health promotion in nursing practice*. 3rd ed. Stamford: Appleton.
- Yamane, T. (1973.) *Statistics: An Introductory Analysis*. Third editio. New York: Harper and Row Publication.

การประเมินความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุภายในโรงเรียน
กรณีศึกษา: โรงเรียนเอกชนแห่งหนึ่ง เขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา
RISK ASSESSMENT FOR ACCIDENTS IN SCHOOLS
CASE STUDY: A PRIVATE SCHOOL IN MUANG DISTRICT,
NAKHONRATCHASIMA

ยวดี บาคาล*

Yuwadee Bakal*

สาขาวิชาการพยาบาลเด็กและวัยรุ่น คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอผลการศึกษาค่าความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุภายในโรงเรียนเอกชนแห่งหนึ่ง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา โดยสุ่มตัวอย่างจากประชากรนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ดำเนินงานวิจัยโดยใช้วิธีเก็บข้อมูลจากแบบสอบถาม และประเมินระดับความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุภายในโรงเรียน ผลการศึกษาพบว่า ประเภทอุบัติเหตุในโรงเรียนที่เกิดขึ้นมากที่สุดคือ พลัดตกหกล้ม อุบัติเหตุส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นมีความรุนแรงในระดับบาดเจ็บเล็กน้อย การเกิดอุบัติเหตุพบในช่วงเวลาพักกลางวันมากที่สุด สถานที่พบอุบัติเหตุมากที่สุดคือ สนามโรงเรียน และสาเหตุที่ทำให้การเกิดอุบัติเหตุมากที่สุดคือ การขาดทักษะในการป้องกันอุบัติเหตุ จากการวิเคราะห์ความเสี่ยงแสดงให้เห็นว่า ความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุภายในโรงเรียนอยู่ในระดับความเสี่ยงสูง เกิดอุบัติเหตุได้บ่อยครั้ง และมีความอันตรายปานกลาง ซึ่งจำเป็นต้องมีการควบคุมความเสี่ยงเพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่นักเรียนในโรงเรียน งานวิจัยนี้ได้สรุปแนวทางการควบคุมความเสี่ยง เสนอวิธีการบริหารจัดการความเสี่ยงในรูปแบบวงจรควบคุมคุณภาพ และเสนอแนวทางในการจัดการความปลอดภัยของนักเรียน เซึ่งระบบครอบครัวองค์ประกอบคุณภาพ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านโครงสร้าง ด้านกระบวนการ และด้านผลลัพธ์

คำสำคัญ: การประเมินความเสี่ยง, อุบัติเหตุ, โรงเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย

* ผู้ประสานงาน: ยวดี บาคาล

อีเมล: yuwadeebak@gmail.com

Abstract

This research paper presents the results of risk assessment for accidents in a private school in the Muang District of Nakhonratchasima. The population in this research was grade 4-6 students studying in an elementary school. The data were collected using sample survey questionnaires. Data analysis and risk assessment for accidents in the school were carried out. The results from this study showed that most accidents occurring in the school were falls. The severity of most accidents was mild. The accidents mostly happened during the lunchtime period. The primary accident location was the playground. The major cause of accidents is the lack of skill in accident prevention. Moreover, the results of risk analysis showed a high level of risk. This suggests that moderately severe accidents can occur frequently. Management guidelines require that risk needs to be controlled. Finally, this work summarized plans to control accident risks and suggests an approach for risk management in the form of the Deming cycle. Furthermore, safety management that includes three qualitative components, structure, process and output, was suggested to the school administration.

Keywords: Risk assessment, Accidents, Elementary school

บทนำ

โรงเรียนเป็นสถาบันการศึกษาในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของเยาวชน เป็นสถานที่เสริมสร้างความรู้ ทักษะคิด พัฒนาปัญญา ทักษะชีวิต รวมไปถึงการมีสุขภาวะที่ดี ปลอดภัยให้กับนักเรียน โรงเรียนจึงเป็นสถาบันที่มีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนกว่าสถาบันครอบครัว เนื่องจากนักเรียนใช้เวลาอยู่กับโรงเรียนถึงวันละ 8-10 ชั่วโมง โรงเรียนจึงมีส่วนเกี่ยวข้องกับวิถีชีวิตของนักเรียนเป็นอย่างมาก การจัดสภาพแวดล้อมด้านความปลอดภัย และการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ สร้างเสริมการมีสุขภาวะที่ปลอดภัยในโรงเรียนเป็นสิ่งที่ทุกภาคส่วนให้ความสำคัญ รวมทั้งผู้ปกครองต่างมุ่งหวังให้บุตรหลานได้ศึกษาเล่าเรียนในสถานศึกษาที่ปลอดภัย ดังนั้นประเด็นของความปลอดภัยในชีวิต และร่างกายของนักเรียนจึงเป็นสิ่งที่โรงเรียนพึงตระหนักเป็นอย่างยิ่ง

ประชากรในการศึกษาครั้งนี้ สังกัดโรงเรียนเอกชน ตั้งอยู่ในเขตตำบลหมื่นไวย อำเภอมือเมือง จังหวัดนครราชสีมา ประเภทสามัญศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ประถมศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน/สำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษาประถมศึกษา นครราชสีมา เขต 1 กระทรวงศึกษาธิการ จัดการเรียนการสอนตั้งแต่ ระดับชั้นปฐมวัยถึงระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6

จากการจัดการเรียนการสอนของโรงเรียนพบว่า นักเรียนมีโอกาสได้รับอันตรายจาก อุบัติเหตุภายในโรงเรียนระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนการสอน และช่วงพักระหว่างคาบ เรียน ปัจจัยที่เป็นต้นเหตุของการเกิดอุบัติเหตุมีหลายปัจจัย เช่น ความบกพร่องของร่างกาย พฤติกรรมนิสัยที่ไม่ปลอดภัย การขาดทักษะการป้องกันอุบัติเหตุ และความบกพร่องของวัสดุ และอุปกรณ์ เป็นต้น

การเกิดอุบัติเหตุเปรียบเสมือนการล้มของโดมิโน 5 ตัวเรียงกัน ดังกล่าวในทฤษฎี โดมิโน (Domino Theory) ที่เสนอโดย เฮนริช (H. W. Heinrich, อ้างถึงใน วิจิตร บุญยโหดระ, 2536) โดมิโนทั้ง 5 ตัวประกอบด้วย โดมิโนตัวที่ 1 คือ สภาพแวดล้อมหรือภูมิหลังของ บุคคล โดมิโนตัวที่ 2 คือ ความบกพร่อง หรือความผิดปกติของบุคคล โดมิโนตัวที่ 3 คือ การ กระทำหรือสภาพการณ์ที่ไม่ปลอดภัย โดมิโนตัวที่ 4 คือ อุบัติภัย และโดมิโนตัวที่ 5 คือ การ บาดเจ็บหรือเสียหาย การป้องกันตามทฤษฎีโดมิโนอุบัติเหตุสามารถทำได้ดังนี้ คือ การนำ โดมิโนตัวที่ 3 คือ การกระทำหรือสภาพการณ์ที่ไม่ปลอดภัยออก การบาดเจ็บหรือความ เสียหายเนื่องจากอุบัติเหตุก็จะไม่เกิดขึ้น

สำนักโรคจากการประกอบอาชีพ และสิ่งแวดล้อม (2554) กล่าวว่าสิ่งที่แสดงความ เป็นไปได้ที่คุกคามก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ หรือเกิดการบาดเจ็บต่อผู้ปฏิบัติงาน หรือเกิด ความสูญเสียต่อทรัพย์สิน เรียกว่า “ความเสี่ยง” ความเสี่ยงด้านความปลอดภัยจากอุบัติเหตุ ภายในโรงเรียนแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้นักเรียนจะได้รับบาดเจ็บ และหยุดเรียนเพื่อ รับการรักษา ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคต่อการศึกษาเล่าเรียน

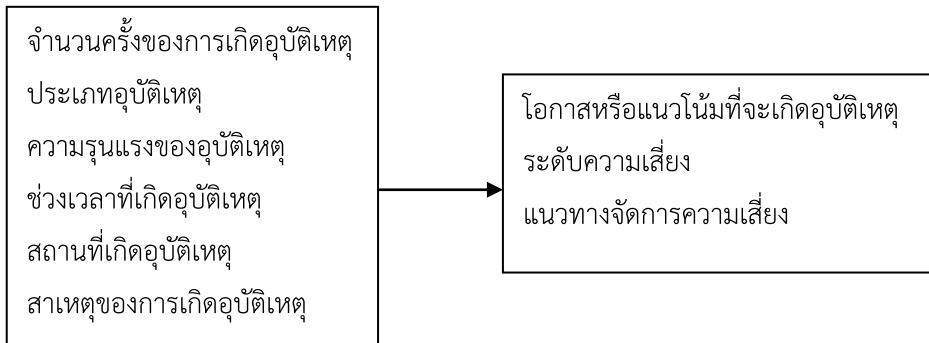
ความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุในโรงเรียนจำเป็นต้องได้รับการประเมิน และบริหารจัดการ เพื่อลดความเสี่ยงที่เกิดจากปัจจัยเสี่ยงต่างๆ การประเมินความเสี่ยงคำนึงถึงทั้งโอกาสการเกิด อุบัติเหตุ และระดับความรุนแรงหรือความเป็นอันตรายต่อนักเรียน ส่วนการจัดการ ความเสี่ยงสามารถดำเนินการได้ 2 แนวทาง คือ การควบคุมความเสี่ยง และการบริหาร การเงินเพื่อชดเชยความเสี่ยง (อนุวัฒน์ ศุภชุติกุล, 2543)

นิภา มนูญ และคณะ (2557) ศึกษาเรื่องอุบัติเหตุในโรงเรียนประถมศึกษาสังกัดกรมสามัญศึกษาเขตการศึกษา 6 พบว่า อัตราการเกิดอุบัติเหตุในแต่ละกลุ่มอายุมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยส่วนใหญ่เรียนในชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และ 6 รองลงมาอยู่ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และ 4

ผลกระทบจากการเกิดอุบัติเหตุส่งผลต่อนักเรียนทั้งทางด้านร่างกาย และจิตใจ ซึ่งผลกระทบด้านร่างกาย คือ ทำให้เกิดอาการบาดเจ็บ มีบาดแผลถลอก ฟกช้ำดำเขียว ห้อเลือดหรือฉีกขาด ทำให้เจ็บปวดทุกข์ทรมานจากบาดแผล และเป็นช่องทางให้เชื้อโรคเข้าสู่ร่างกาย อาจมีการฉีกขาดของเส้นเลือดฝอยหรือเส้นเลือดใหญ่ ทำให้มีเลือดออกได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับว่าเส้นเลือดอะไรฉีกขาด ถ้าเสียเลือดมากอาจเกิดอาการช็อก และเป็นอันตรายต่อชีวิตได้ ส่วนผลกระทบด้านจิตเจนนั้นพบว่า อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นมีผลต่อสภาพร่างกาย ทำให้ได้รับความเจ็บปวดทุกข์ทรมานจากบาดแผลประเภทต่างๆ สิ่งเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อจิตใจ โดยจะเกิดความวิตกกังวลใจต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น เกิดความกลัวฝังใจ ทำให้ไม่กล้าแสดงออก อาจมีพฤติกรรมถดถอย ชัดขวางพัฒนาการตามวัยได้ (สมจินตนา คำพินิจ และคณะ, 2550)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาการเกิดอุบัติเหตุภายในนักเรียน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุจากปัจจัยเสี่ยงต่างๆ ประเมินระดับความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุ รวมทั้งจัดลำดับปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ ทั้งในแง่ความเป็นไปได้ของโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุ รวมถึงประเมินระดับความรุนแรง และเสนอแนวทางการจัดการความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุภายในโรงเรียนเอกชนแห่งหนึ่ง เขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

การวิจัยนี้ใช้กรอบแนวคิดจากทฤษฎีแบบแผน (Theory of Planned Behavior) (Bamberg et al., 2003) และทฤษฎีโดมิโน (Domino Theory) ที่เสนอโดย เฮนริช (H. W. Heinrich, อ้างถึงใน วิจิตร บุญยโสธร, 2536) ร่วมกับการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อประเมินความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุภายในโรงเรียน รวมทั้งเก็บรวบรวมข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุในนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย จากปัจจัยเสี่ยงต่างๆ ภายในโรงเรียน ได้แก่ จำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุ ประเภทอุบัติเหตุ ความรุนแรงของอุบัติเหตุ ช่วงเวลาที่เกิดอุบัติเหตุ สถานที่เกิดอุบัติเหตุ และสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ มาใช้ในการประเมินความน่าจะเป็นต่อโอกาสหรือแนวโน้มที่จะเกิดอุบัติเหตุ ระดับความเสี่ยงที่เกิดขึ้น และแนวทางจัดการความเสี่ยงในโรงเรียน คือรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงประเมินผล (Evaluation Research) โดยศึกษาในประเด็นการเกิดอุบัติเหตุจากปัจจัยเสี่ยงต่างๆ ภายในโรงเรียน ประเมินระดับความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุ และวิเคราะห์แนวทางจัดการความเสี่ยงภายในโรงเรียนเอกชนแห่งหนึ่ง เขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

ประชากร คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเอกชนแห่งหนึ่ง เขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ในปีการศึกษา 2559

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเอกชนแห่งหนึ่ง เขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ได้จากการสุ่มกลุ่มตัวอย่างประชากรแบบแบ่งชั้น (Stratified Sampling) ตามชั้นประถมศึกษาตอนปลายปีที่ 4, 5 และ 6 ใช้การสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญหรือตามความสะดวก (Convenience Sampling) ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 175 คน

เครื่องมือวิจัยเป็นแบบสอบถาม สร้างแบบสอบถามจากการทบทวนแนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยครอบคลุม และสอดคล้องตามกรอบแนวคิด ประกอบด้วยแบบสอบถาม ข้อมูลส่วนบุคคล และข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุ ได้แก่ เพศ อายุ การศึกษา จำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุ ประเภทอุบัติเหตุ ระดับความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุ เวลาของการเกิดอุบัติเหตุ สถานที่ของการเกิดอุบัติเหตุ สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ และวิเคราะห์หาระดับความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ และโอกาสหรือแนวโน้มที่จะเกิดอุบัติเหตุในโรงเรียน

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือของแบบสอบถามโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน นำผลการพิจารณามาคำนวณหาค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหา (Content Validity Index หรือ CVI) เท่ากับ 0.90 นำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน และวิเคราะห์หาความเที่ยงของเครื่องมือ โดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ 0.83

การพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง ป้องกันผลกระทบด้านจริยธรรม ที่อาจเกิดขึ้นกับผู้ตอบแบบสอบถาม และผู้บริหารโรงเรียน โดยผู้วิจัยทำหนังสือขออนุมัติถึงผู้อำนวยการโรงเรียน และผู้ปกครอง พร้อมทั้งชี้แจงวัตถุประสงค์ และประโยชน์ของการวิจัยแก่กลุ่มตัวอย่าง เก็บข้อมูลเฉพาะกลุ่มตัวอย่าง และผู้ปกครองให้การยินยอมเข้าร่วมโครงการเท่านั้น กลุ่มตัวอย่างมีสิทธิที่จะหยุดหรือปฏิเสธการเข้าร่วมโครงการวิจัยได้ทุกเวลา และไม่มีผลใดๆ ต่อกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น กลุ่มตัวอย่างไม่ต้องระบุชื่อ-นามสกุล และสามารถแสดงความคิดเห็นในการตอบแบบสอบถามได้ตามความเป็นจริง ส่วนการรายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยเสนอเป็นภาพรวมไม่สามารถเชื่อมโยงถึงตัวบุคคลใดบุคคลหนึ่ง หากกลุ่มตัวอย่างยินดีให้ความร่วมมือในการวิจัย จะลงนามยินยอมในแบบฟอร์ม (Informed Consent Form) และข้อมูลที่ได้จากการวิจัย ผู้วิจัยจะเก็บเป็นความลับ และนำเสนอในภาพรวมเท่านั้น

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลในการวิจัย จากคณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล พร้อมแบบสอบถามการวิจัย และโครงร่างการวิจัย 1 ฉบับ ส่งถึงผู้อำนวยการโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง เพื่อขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูล
2. ผู้วิจัยติดต่อครูประจำชั้น และผู้ประสานงานของแต่ละระดับชั้นของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์การวิจัย และขอความร่วมมือในการคัดเลือกนักเรียนที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดในการเก็บรวบรวมข้อมูล พร้อมทั้งชี้แจงวัน เวลา และสถานที่ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยอธิบายวัตถุประสงค์ของการทำวิจัย การพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง และขอความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม การเก็บรวบรวมข้อมูลใช้เวลาประมาณ 10 – 15 นาทีต่อคน

วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปและข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา หาค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และประเมินระดับความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุภายในโรงเรียน โดยการวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุเป็นแผนภูมิแก่งปลา พิจารณาระดับความเป็นอันตรายจากอุบัติเหตุ และโอกาสหรือแนวโน้มที่จะเกิดอุบัติเหตุ โดยใช้เกณฑ์การกำหนดระดับความเสี่ยงของสำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม (2554) ดังนี้

ความเป็นอันตรายสามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ คือ ไม่มีอันตราย เล็กน้อย ปานกลาง และมาก โดยมีคะแนน 0 1 2 และ 3 ตามลำดับ

ระดับความอันตรายเฉลี่ยสามารถคำนวณแบบถ่วงน้ำหนักได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ระดับความอันตรายเฉลี่ย} = & [(\text{จำนวนอุบัติเหตุมีความอันตรายเล็กน้อย} \times 1) + \\ & (\text{จำนวนอุบัติเหตุมีความอันตรายปานกลาง} \times 2) + \\ & (\text{จำนวนอุบัติเหตุมีความอันตรายมาก} \times 3)] \div \\ & \text{จำนวนอุบัติเหตุรวม} \end{aligned} \quad (1)$$

คะแนนความเป็นความอันตรายสามารถประเมินได้ตามเกณฑ์การให้คะแนน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การให้คะแนนความเป็นอันตราย

คะแนนความเป็นอันตราย	ระดับความอันตรายเฉลี่ย	ความเป็นอันตราย
1	0.01 – 1.00	เล็กน้อย
2	1.01 – 2.00	ปานกลาง
3	2.01 – 3.00	มาก

โอกาสการเกิดอันตรายแสดงอยู่ในรูปร้อยละการเกิดอุบัติเหตุดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ร้อยละการเกิดอุบัติเหตุ} = & (\text{จำนวนนักเรียนตัวอย่างที่ได้รับอุบัติเหตุ} \div \\ & \text{จำนวนนักเรียนตัวอย่างทั้งหมด}) \times 100 \end{aligned} \quad (2)$$

คะแนนของโอกาสเกิดอันตรายสามารถประเมินได้ตามเกณฑ์การให้คะแนน แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนนของโอกาสเกิดอันตราย

คะแนนของโอกาสเกิดอันตราย	ร้อยละการเกิดอุบัติเหตุ	โอกาสเกิดอันตราย
1	0.00 – 33.33	เล็กน้อย
2	33.34 – 66.67	ปานกลาง
3	66.68 – 100.00	มาก

ระดับความเสี่ยงสามารถประเมินได้ดังนี้

$$\text{คะแนนระดับความเสี่ยง} = \text{คะแนนความเป็นอันตราย} \times \text{คะแนนของโอกาสเกิดอันตราย} \quad (3)$$

การประเมินความเสี่ยงสามารถใช้เกณฑ์การกำหนดระดับความเสี่ยงของสำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม (2554) ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยใช้คะแนนระดับความเสี่ยงคำนวณในสมการที่ 3

ตารางที่ 3 เกณฑ์การกำหนดระดับความเสี่ยง

ระดับความเสี่ยง	คะแนนความอันตราย		
	1	2	3
คะแนนของโอกาสของการเกิดอันตราย	1	2	3
	1 คะแนน ความเสี่ยงเล็กน้อย	2 คะแนน ความเสี่ยงที่ยอมรับได้	3 คะแนน ความเสี่ยงปานกลาง
2	2 คะแนน ความเสี่ยงที่ยอมรับได้	4 คะแนน ความเสี่ยงปานกลาง	6 คะแนน ความเสี่ยงสูง
	3	6 คะแนน ความเสี่ยงสูง	9 คะแนน ความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้

ที่มา: สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม (2554)

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลาย สังกัดโรงเรียนเอกชนแห่งหนึ่ง เขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมาพบว่า จำนวนร้อยละของเพศชาย และเพศหญิงพบใกล้เคียงกัน คือ เพศหญิงร้อยละ 50.3 เพศชายร้อยละ 49.7 อายุเฉลี่ย (\bar{X}) เท่ากับ 11.09 ปี ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 1.10 อยู่ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4, 5 และ 6 พบร้อยละ 32.0, 31.4 และ 36.6 ตามลำดับ และพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เคยได้รับอุบัติเหตุในโรงเรียน พบร้อยละ 83.4 ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ข้อมูลทั่วไป

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	87	49.7
หญิง	88	50.3
รวม	175	100.0
อายุ		
8-9 ปี	8	4.6
10-11 ปี	107	61.1
12-13 ปี	60	34.3
$(\bar{X} = 11.09, S.D. = 1.10)$		
ระดับชั้น		
ประถมศึกษาปีที่ 4	56	32.0
ประถมศึกษาปีที่ 5	55	31.4
ประถมศึกษาปีที่ 6	64	36.6
การเกิดอุบัติเหตุ		
เคยเกิดอุบัติเหตุ	146	83.4
ไม่เคยเกิดอุบัติเหตุ	29	16.6

2. ประเภทของอุบัติเหตุในโรงเรียนที่เกิดขึ้นมากที่สุดคือ พลัดตกหกล้ม รองลงมาคือ บาดแผลจากของมีคม และแมลงกัดต่อยพบร้อยละ 74.8, 8.9 และ 7.4 ตามลำดับ

3. ความรุนแรงของอุบัติเหตุ อุบัติเหตุส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นมีความรุนแรงในระดับบาดเจ็บเล็กน้อยพบร้อยละ 65.8 รองลงมาคือ ระดับบาดเจ็บปานกลางพบร้อยละ 28.1 ระดับบาดเจ็บรุนแรงพบร้อยละ 3.4 และระดับไม่อันตราย หายเองพบร้อยละ 2.7

4. ช่วงเวลาเกิดอุบัติเหตุ การเกิดอุบัติเหตุอยู่ในช่วงเวลาที่พักกลางวันมากที่สุด พบร้อยละ 58.6 รองลงมาคือ ช่วงเวลาหลังเลิกเรียน และช่วงเวลาเรียนตอนเช้าพบร้อยละ 14.3 และ 10.0 ตามลำดับ

5. สถานที่พบอุบัติเหตุมากที่สุด คือ สนามโรงเรียนพบร้อยละ 44.3 รองลงมาคือ ห้องเรียนพบร้อยละ 18.6 ถนนบริเวณโรงเรียนพบร้อยละ 7.9 และบันไดพบร้อยละ 7.9

6. สาเหตุที่ทำให้การเกิดอุบัติเหตุมากที่สุดคือ ขาดทักษะการป้องกันอุบัติเหตุพบร้อยละ 24.7 รองลงมาเป็นพฤติกรรมนิสัยที่ไม่ปลอดภัยพบร้อยละ 21.2 และความบกพร่องของร่างกายพบร้อยละ 14.4 ดังแสดงในรูปที่ 6

7. ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุภายในโรงเรียน พิจารณาระดับความเป็นอันตรายจากอุบัติเหตุ ร่วมกับโอกาสการเกิดอุบัติเหตุ จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลระดับความอันตรายเฉลี่ย คำนวณแบบถ่วงน้ำหนักจากสมการที่ 3 มีค่าเท่ากับ 1.32 เมื่อเทียบเกณฑ์การให้คะแนนในตารางที่ 1 ได้คะแนนความเป็นอันตรายเท่ากับ 2 คะแนน ส่วนร้อยละการเกิดอุบัติเหตุคำนวณจากสมการที่ 4 ที่ค่าเท่ากับร้อยละ 83.4 เมื่อเทียบเกณฑ์การให้คะแนนในตารางที่ 2 ได้คะแนนของโอกาสเกิดอันตรายเท่ากับ 3 คะแนน

เมื่อนำคะแนนความเป็นอันตรายและคะแนนของโอกาสเกิดอันตรายมาคำนวณโดยใช้สมการที่ 3 ได้ 6 คะแนน อยู่ในระดับความเสี่ยงสูง ดังตารางที่ 3

จากผลการศึกษา สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. จากข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุเนื่องจากปัจจัยเสี่ยงต่างๆ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลายชั้นปีที่ 4-6 จำนวน 175 คน ในโรงเรียนเอกชนแห่งหนึ่ง เขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมาพบว่า จำนวนเพศชาย และเพศหญิงใกล้เคียงกัน โดยมีจำนวนนักเรียนชายร้อยละ 49.7 และนักเรียนหญิงร้อยละ 50.3 อุบัติเหตุที่พบมากที่สุด คือ การพลัดตกหกล้มพบร้อยละ 74.8 อุบัติเหตุส่วนใหญ่มีความรุนแรงในระดับบาดเจ็บเล็กน้อย คิดเป็นร้อยละ 65.6 โดยพบว่า ช่วงเวลาที่เกิดอุบัติเหตุบ่อยที่สุด คือ ช่วงพักกลางวัน และ

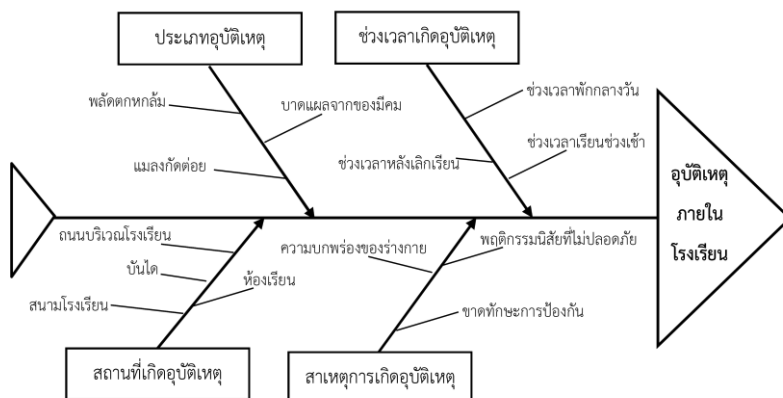
สถานที่เกิดอุบัติเหตุที่พบส่วนใหญ่ คือ สนามโรงเรียนปภร้อยละ 44.3 และสาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุมากที่สุด คือ การขาดทักษะการป้องกันอุบัติเหตุ สอดคล้องกับการศึกษาเรื่องการพัฒนารูปแบบการป้องกันอุบัติเหตุสำหรับนักเรียนประถมศึกษา โรงเรียนวัดโพธิ์ทอง อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ (กนิษฐา จอดนอก และคณะ, 2559) ซึ่งผลการศึกษาพบว่า อุบัติเหตุในนักเรียนที่พบมากที่สุด ในกลุ่มนักเรียนชั้นประถมศึกษา ลักษณะการเกิดอุบัติเหตุคือ วิ่งชนกัน และหกล้ม ช่วงเวลาที่เกิดอุบัติเหตุบ่อยที่สุด คือ ช่วงพักกลางวัน แต่แตกต่างกันในเรื่องสถานที่เกิดอุบัติเหตุที่พบส่วนใหญ่ คือ ห้องเรียน นอกจากนี้ผลการวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ สมจินตนา คำพินิจ และคณะ (2550) ถึงการพัฒนาการป้องกันอุบัติเหตุในนักเรียนประถมศึกษาโรงเรียนราชินีโดยพบว่า นักเรียนได้รับบาดเจ็บจากอุบัติเหตุในโรงเรียนร้อยละ 75.5 โดยเฉลี่ยเกิดอุบัติเหตุเดือนละ 3 ครั้งต่อคน ส่วนใหญ่เกิดจากสะดุดล้มหรือถูกชนล้มขณะวิ่งเล่นในโรงเรียน พบในช่วงพักกลางวันบริเวณใต้ถุนตึกเรียน สนามกีฬา และบันไดทางขึ้นตึกเรียน ผลการวิจัยนี้ยังแสดงให้เห็นว่า ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ อายุและระดับการศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาปัญหาและการควบคุมอุบัติเหตุในเด็กนักเรียนโดยใช้ชุมชนเป็นฐานของ สุธีร์ รัตนมงคลกุล (2555) ผลการศึกษาดังกล่าวพบว่า การเกิดอุบัติเหตุทั้งสิ้น 1,098 ราย คิดเป็นอัตราอุบัติการณ์เท่ากับ 90.5 ต่อ 1,000 ประชากรเด็ก (95%CI: 85.4-95.7) ส่วนสาเหตุของการบาดเจ็บที่พบบ่อยตามลำดับ คือ การได้รับแรงกระแทกจากวัตถุ และจากสัตว์ การพลัดตก และจากการจราจร

2. ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุภายในโรงเรียนเอกชนแห่งหนึ่ง เขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา พบว่าความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุภายในโรงเรียนอยู่ในระดับความเสี่ยงสูง เมื่อนำเปรียบเทียบกับเกณฑ์ตามตารางข้อเสนอแนะในการจัดการความเสี่ยงที่เสนอโดยสำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม (2554) ดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่ามีความเสี่ยงสูง เกิดขึ้นได้บ่อยครั้ง และมีความอันตรายปานกลาง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการควบคุมความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุในโรงเรียน

ตารางที่ 5 ข้อเสนอแนะในการจัดการความเสี่ยง

โอกาสของการเกิดอันตราย	ความเป็นอันตราย		
	เล็กน้อย	ปานกลาง	มาก
เกิดได้น้อยหรือไม่น่าเกิด	ความเสี่ยงเล็กน้อย (1 คะแนน) อาจไม่ต้องดำเนินการใดๆ	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้ (2 คะแนน) ความเสี่ยงยอมรับได้ หากมีการเฝ้าคุมความเสี่ยง	ความเสี่ยงปานกลาง (3 คะแนน) ควรมีการจัดการความเสี่ยง
เกิดได้บางครั้ง	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้ (2 คะแนน) ความเสี่ยงยอมรับได้ แต่มีการเฝ้าคุมความเสี่ยง	ความเสี่ยงปานกลาง (4 คะแนน) ควรมีการจัดการความเสี่ยง	ความเสี่ยงสูง (6 คะแนน) จำเป็นต้องมีการควบคุมความเสี่ยง และทำการเฝ้าคุมความเสี่ยง
เกิดได้บ่อยครั้ง	ความเสี่ยงปานกลาง (3 คะแนน) ควรมีการควบคุมความเสี่ยง และเฝ้าคุมความเสี่ยง	ความเสี่ยงสูง (6 คะแนน) จำเป็นต้องมีการควบคุมความเสี่ยง	ความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ (9 คะแนน) จำเป็นต้องมีการจัดการความเสี่ยง ที่มีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาวิจัยได้สังเคราะห์สาเหตุหลักจากปัจจัยเสี่ยงที่เอื้อต่อการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งจากการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อใช้กำหนดแนวทางการควบคุมความเสี่ยง และการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาของอุบัติเหตุในโรงเรียน กรณีศึกษาโรงเรียนเอกชนแห่งหนึ่ง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ตามแผนภูมิแกงปลา (รูปที่ 2) ถึงประเภทอุบัติเหตุ ช่วงเวลาเกิดอุบัติเหตุ สถานที่เกิดอุบัติเหตุ และสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุพบว่า ความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุอยู่ในระดับสูง (6 คะแนน) มีสาเหตุของปัญหาอุบัติเหตุในโรงเรียน คือ พฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัย การขาดทักษะการป้องกัน



รูปที่ 2 แผนภูมิแกงปลาสรุปการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาอุบัติเหตุในโรงเรียน

จากสาเหตุของปัญหาในการเกิดอุบัติเหตุดังกล่าว สามารถใช้แนวทางการป้องกันอุบัติเหตุภายในโรงเรียน โดยการพัฒนาบุคลากรที่ดูแลนักเรียนให้เข้ามามีส่วนร่วม และเพิ่มศักยภาพในการป้องกันอุบัติเหตุ โดยการศึกษาการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมกรรมการป้องกันอุบัติเหตุของนักเรียนรวมถึงศึกษาพฤติกรรม และพัฒนาการของเด็กแต่ละวัยจากผู้ปกครองร่วมกับประสานงานเครือข่ายสุขภาพใกล้เคียงเพื่อให้ความรู้ และเสริมสร้างทักษะการป้องกันและการปฐมพยาบาลเบื้องต้นเมื่อเกิดอุบัติเหตุ สามารถลดความรุนแรงต่อการเจ็บป่วย และป้องกันอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นได้

จากการศึกษาของ สมจินตนา คำพินิจ และคณะ (2550) เรื่องการพัฒนาการป้องกันอุบัติเหตุในนักเรียนประถมศึกษาโรงเรียนราชินี ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการป้องกันอุบัติเหตุประกอบด้วยขั้นตอน 3 ขั้นตอน คือ การสร้างสัมพันธภาพที่ประทับใจ การร่วมดูแลใส่ใจความปลอดภัยของนักเรียน และการร่วมกันดำเนินการป้องกันอุบัติเหตุที่ชัดเจนและต่อเนื่อง และเมื่อนำรูปแบบการป้องกันอุบัติเหตุไปใช้ พบว่ามีผลช่วยเพิ่มพฤติกรรมกรรมการป้องกันอุบัติเหตุ และลดการบาดเจ็บของนักเรียน ครูนำความรู้การป้องกันอุบัติเหตุสอดแทรกในกิจกรรมการเรียนการสอนผ่านสื่อต่างๆ มากขึ้น ซึ่งสามารถลดหรือปรับเปลี่ยนพฤติกรรมได้ซึ่งพบว่า นักเรียนมีพฤติกรรมกรรมการป้องกันอุบัติเหตุสูงขึ้น และมีพฤติกรรมเสี่ยงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในการศึกษาครั้งนี้จึงเสนอแนวทางการใช้รูปแบบการป้องกันอุบัติเหตุตามมาตรฐานของโรงเรียนสร้างเสริมความปลอดภัย และการนำไปใช้ต้องปรับให้เหมาะสมกับบริบทของโรงเรียน

จากการวิเคราะห์ถึง สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุจากประเภทของอุบัติเหตุ ช่วงเวลาที่เกิดอุบัติเหตุ และสถานที่เกิดอุบัติเหตุพบว่า โรงเรียนของกลุ่มตัวอย่างมีปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่ส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุซึ่งสามารถควบคุมได้ ถ้ามีมาตรการป้องกันที่ดี นักเรียนจะมีความปลอดภัย และมีสุขภาวะที่ดีได้ ดังนั้นแนวทางการบริหารจัดการความเสี่ยงเพื่อเสริมสร้างความปลอดภัยในโรงเรียน ภายใต้มาตรฐานโรงเรียนสร้างเสริมความปลอดภัย โดยโรงเรียนอาจใช้ชุมชนเป็นฐานดึงการมีส่วนร่วมในการให้บริการสุขภาพเชิงรุกจากอาจารย์พยาบาลในสถานที่ใกล้เคียง มีการนำข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุของนักเรียนมาใช้เพื่อสร้างพฤติกรรมป้องกันให้แก่นักเรียน มีการพัฒนาสื่อการสอนทางการพยาบาลในการให้ความรู้เกี่ยวกับการปฐมพยาบาลเบื้องต้น และมีส่วนร่วมในการบริหารความปลอดภัยภายในโรงเรียน นอกจากนี้โรงเรียนควรการแจ้งให้ผู้ปกครองทราบถึงนโยบาย และมาตรการจัดการ

ด้านความปลอดภัยของโรงเรียน รวมถึงการจัดอบรมการป้องกันอุบัติเหตุ และการปฐมพยาบาลเบื้องต้นเป็นประจำทุกปี

การจัดสภาพแวดล้อมด้านความปลอดภัย และการจัดการด้านความปลอดภัยในโรงเรียนเป็นสิ่งที่ กระทรวงศึกษาธิการให้ความสำคัญ รวมทั้งผู้ประกอบการต่างมุ่งหวังให้บุตรหลานได้ศึกษาเล่าเรียนในสถานศึกษาที่ปลอดภัย ดังนั้นประเด็นของความปลอดภัยในชีวิตและร่างกายของนักเรียนจึงเป็นสิ่งที่โรงเรียนพึงตระหนักเป็นอย่างยิ่ง จากผลวิจัยพบว่า สิ่งแวดล้อมที่เป็นปัจจัยอย่างหนึ่งของการเกิดอุบัติเหตุในโรงเรียน คือ สถานที่ภายในโรงเรียน อาทิเช่น ถนน บันได และสนามโรงเรียน ดังนั้นโรงเรียนควรจัดสภาพแวดล้อมด้านความปลอดภัยในโรงเรียน เช่น จัดอาคารเรียน ห้องเรียน ให้อยู่ในสภาพเรียบร้อย ใช้งานได้ไม่ชำรุด ไม่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุ จัดการจราจรภายในสถานศึกษา และบริเวณโดยรอบอย่างเป็นระบบ มีป้าย หรือเครื่องหมายเตือนเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในโรงเรียน จัดห้องสุขา ห้องน้ำให้อยู่ในสภาพเรียบร้อยใช้งานได้ ไม่ชำรุด มีจำนวนเพียงพอ จัดที่ตั้งของโรงอาหารให้ถูกสุขลักษณะ จัดน้ำดื่มที่สะอาด และติดตั้งอย่างปลอดภัย จัดสนามกีฬาให้อยู่ในสภาพเรียบร้อย ติดตั้งอุปกรณ์ดับเพลิงเพื่อป้องกันอัคคีภัยในชั้นต้นไว้ในที่เหมาะสม และมีจำนวนเพียงพอเป็นต้น (สำนักอำนวยการ, 2556; ศิริพร อนุสสา, 2556; เอมอัชมา วัฒนบุรานนท์, 2557)

จากการศึกษาของ ศิริพร อนุสสา (2556) ถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการจัดการความปลอดภัยของนักเรียนพบว่า มี 3 ด้าน ได้แก่ ภาวะผู้นำของครู การทำงานเป็นทีมของครู และการมีส่วนร่วมของผู้ปกครอง ดังนั้นโรงเรียนควรประชาสัมพันธ์ รมรงค์ด้านความปลอดภัยให้แก่ นักเรียนอย่างต่อเนื่อง มีการจัดบริการให้ความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัย อุบัติเหตุ และจัดครูเวรรับผิดชอบดูแลด้านความปลอดภัย การจัดอบรมการปฐมพยาบาลเบื้องต้นให้แก่ นักเรียนและครู มีการตรวจตราไม่ให้นักเรียนนำวัตถุอันตรายเข้ามาในโรงเรียน นอกจากนี้มีการจัดทำประกันอุบัติเหตุ ประกันชีวิตหรือประกันสุขภาพให้แก่ นักเรียน สนับสนุนให้นักเรียนจัดตั้งชมรมหรือกิจกรรมที่เกี่ยวกับความปลอดภัยในโรงเรียน เป็นต้น (ณัฐฐิยา แก้วถาวร, 2551; ศิริพร อนุสสา, 2556; ปราณิ อินทร์รักษา, 2555; เอมอัชมา วัฒนบุรานนท์, 2557)

จากผลการวิจัยร่วมกับการวิเคราะห์ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องบนพื้นฐานความเชื่อว่า ควรมีการจัดการความผิดพลาดเชิงระบบมากกว่าการเน้นที่ตัวบุคคล ดังนั้นในการศึกษานี้ ผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางในการจัดการความปลอดภัยเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุของนักเรียนในเชิงระบบ โดยครอบคลุมองค์ประกอบของคุณภาพ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านโครงสร้าง

ด้านกระบวนการ และด้านผลลัพธ์ ซึ่งองค์ประกอบ 3 ด้าน มาจากแนวคิดในการประเมินคุณภาพด้านการบริการของโดนาบีเดียน (Donabedian, 1988) ที่กล่าวว่าความสมบูรณ์ของการให้บริการสะท้อนได้จากองค์ประกอบ 3 ด้าน ได้แก่ การมีโครงสร้างที่สมบูรณ์ การมีกระบวนการที่ดี และการให้ผลลัพธ์ที่มีคุณภาพเป็นไปตามความคาดหวัง ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุ และสาเหตุของปัญหาพร้อมกับบททวนทฤษฎีในแต่ละองค์ประกอบของการจัดการความปลอดภัย และเสนอแนวทางการจัดการความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุภายในโรงเรียนเอกชนแห่งหนึ่ง เขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ดังนี้

1. ด้านโครงสร้าง การจัดการความปลอดภัยในองค์ประกอบนี้ประกอบด้วยนโยบายที่ชัดเจน โรงเรียนควรมีนโยบายด้านความปลอดภัยของนักเรียนที่ชัดเจน และเป็นนโยบายภาคบังคับเพื่อให้มีการดำเนินการด้านความปลอดภัยของนักเรียน และผู้บริหารกำหนดให้มีนโยบายเรื่องการสื่อสารอย่างทั่วถึง ดังนี้

1.1 มีระบบการรายงานความเสี่ยงที่มีประสิทธิภาพของโรงเรียน โดยควรมีการออกแบบระบบการรายงานความเสี่ยง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุโดยใช้แผนภูมิแกงปลา นำข้อมูลจากจัดทำมาตรการ และดำเนินการป้องกัน ให้คำแนะนำเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดซ้ำของชนิดอุบัติเหตุที่คล้ายกัน และให้ข้อมูลย้อนกลับสู่ผู้ที่เกี่ยวข้อง (Phamet al., 2013) ทั้งนี้ระบบการรายงานความเสี่ยงควรมีขั้นตอนที่ไม่ยุ่งยากหรือใช้เวลานานในการรายงานข้อมูลจนทำให้เป็นการเพิ่มภาระงานของครู

1.2 สร้างให้เกิดวัฒนธรรมความปลอดภัยในโรงเรียน วัฒนธรรมองค์การเป็นความเชื่อ ค่านิยม และแบบแผนพฤติกรรมของกลุ่มบุคคลที่ยึดถือเป็นแนวปฏิบัติ (Huber, 2014) ซึ่งในประเทศสหรัฐอเมริกา สำนักงานวิจัยสุขภาพและคุณภาพ (Agency Healthcare Research and Quality, 2007) ได้เสนอว่า องค์การที่ประสบความสำเร็จในการดำเนินการด้านความปลอดภัย ซึ่งประกอบด้วย 1) มีการสื่อสาร 2) มีการสะท้อนกลับและสื่อสารเกี่ยวกับการเกิดอุบัติเหตุ 3) ไม่มีการตำหนิหรือกล่าวโทษเมื่อเกิดอุบัติเหตุ แต่มีการจัดการเบื้องต้นได้ 4) มีการรับรู้ระบบความปลอดภัยทั้งหมดขององค์การ และ 5) มีการเรียนรู้และพัฒนาองค์การอย่างต่อเนื่อง

1.3 ระบบการแจ้งเตือน โรงเรียนควรมีระบบสารสนเทศที่สามารถแจ้งเตือนสัญญาณอันตราย (Red Flags) หรือการแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ (รัศมี ต้นศิริสิทธิกุล, นิลรัตน์ วรรณศิลป์, 2555)

1.4 จัดทำแนวปฏิบัติด้านความปลอดภัยโรงเรียน ควรมีการกำหนดแนวปฏิบัติในการทำงานที่ได้มาตรฐานและเพียงพอที่จะทำให้ให้นักเรียนมีความปลอดภัยก่อนการเจ็บป่วยที่รุนแรง เช่น แนวปฏิบัติทางการปฐมพยาบาลเบื้องต้น

2. ด้านกระบวนการจัดการความปลอดภัย ประกอบด้วย

2.1 มีการนำนโยบายไปสู่การปฏิบัติได้อย่างเป็นรูปธรรม เช่น การกำหนดให้ประเด็นเกี่ยวกับความปลอดภัยของนักเรียน หรือครูควรมีการอธิบายความสำคัญของการจัดการความปลอดภัยในโรงเรียนให้นักเรียนทุกคนเกิดความตระหนักถึงความสำคัญ

เนื่องจากการบริหารความเสี่ยงเป็นเครื่องมือสำคัญในการจัดการความปลอดภัย ดังนั้นโรงเรียนควรมีการบูรณาการการบริหารความเสี่ยงในทุกขั้นตอนการทำงานในองค์การ โดยใช้หลักการทำงานตามวงจรเดมมิงในการควบคุมคุณภาพเพื่อจัดการความปลอดภัยในโรงเรียน (Deming Cycle) หรือวงจร PDCA (Deming, 1898 อ้างถึงใน บุญใจ ศรีสถิตย์นรากุล, 2550) คือ วางแผนการดำเนินการจัดการความเสี่ยง (Plan) ดำเนินการจัดการความเสี่ยงตามแผนที่วางไว้ (Do) เก็บรวบรวมข้อมูลด้านอุบัติเหตุ (Check) ประเมินความเสี่ยงและวิเคราะห์แนวทางการจัดการความเสี่ยง (Act) โดยการค้นหาความเสี่ยงเป็นขั้นตอนแรกซึ่งมีความสำคัญ เพราะเป็นการดำเนินการเชิงรุกที่กระทำก่อนที่จะเกิดความเสี่ยงขึ้น วิธีการค้นหาความเสี่ยงอาจใช้รายงานเหตุการณ์ที่เคยเกิดขึ้นหรือจากประสบการณ์ของโรงเรียนอื่นมาเป็นประเด็นในการพิจารณาป้องกัน จากนั้นในขั้นการประเมินความเสี่ยง เป็นขั้นการพิจารณาโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ความเสี่ยงในหน่วยงาน ขั้นต่อไปเป็นการจัดการความเสี่ยง ซึ่งเป็นขั้นการจัดระบบเพื่อให้สามารถป้องกันความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในขั้นสุดท้ายเป็นขั้นตอนการประเมินผล เป็นการทบทวนระบบหรือกระบวนการที่วางไว้ว่าได้ผลดีหรือไม่ (Singh & Ghatala, 2012)

ในการจัดการด้านความปลอดภัยควรมีการบูรณาการการบริหารความเสี่ยง เช่น การตรวจวัด การติดตาม การทบทวน และการปรับปรุงไว้ในขั้นตอนการทำงาน นอกจากนี้ควรมีการจัดทำแนวทางที่ชัดเจนในการวิเคราะห์เหตุการณ์อันไม่พึงประสงค์ และข้อเสนอแนะในการวิเคราะห์สาเหตุที่แท้จริง

2.2 มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับการป้องกันเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ โรงเรียนควรมีการประชุมกลุ่มครู อาจารย์พยาบาล นักเรียน และผู้เกี่ยวข้องเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้จากประสบการณ์ และนำแนวทางการแก้ไขปัญหาไปสู่การปฏิบัติ ขณะเดียวกันมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร และการให้ความช่วยเหลือด้านเทคนิคระหว่างหน่วยงานเพื่อให้เกิดการพัฒนาไปในทิศทางเดียวกัน

2.3 มีการฝึกอบรมนักเรียน และบุคลากรในโรงเรียน ให้มีทักษะในการปฐมพยาบาลเบื้องต้น รวมทั้งการจัดการปัจจัยที่ก่อให้เกิดเหตุการณ์อันไม่พึงประสงค์ และการเตรียมความพร้อมเมื่อเผชิญกับการเกิดเหตุการณ์ด้วย ตามแนวทางในการดำเนินงานที่ได้จากบทเรียนที่ผ่านมา และมีการส่งเสริมให้บุคลากรปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติงาน เช่น การให้ความรู้ และการสนับสนุนอุปกรณ์อย่างเพียงพอ โรงเรียนอาจใช้ชุมชนเป็นฐาน หรือบุคลากรสาธารณสุขใกล้เคียงในการฝึกอบรม และให้ความรู้เบื้องต้น (รัศมี ดันศิริสิทธิกุล และคณะ, 2555)

3. ด้านผลลัพธ์ การจัดการความปลอดภัยของนักเรียน องค์ประกอบด้านผลลัพธ์ ประกอบด้วย การกำหนดเป้าหมายของการดำเนินการ ด้วยการใช้ตัวชี้วัดและเป้าหมายที่มีการกำหนดโดยโรงเรียนเทียบเคียงกับเกณฑ์ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานถึงมาตรการรักษาความปลอดภัยของสถานศึกษา สำนักโรคจากการประกอบอาชีพ และสิ่งแวดล้อม (2554) โดยปรับให้สอดคล้องกับบริบทของโรงเรียน

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ดำเนินการเก็บข้อมูล และประเมินระดับความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุภายในโรงเรียนเอกชนแห่งหนึ่ง เขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา โดยสุ่มตัวอย่างจากประชากรนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย

ผลการศึกษาพบว่า ประเภทอุบัติเหตุในโรงเรียนที่เกิดขึ้นมากที่สุดคือ การพลัดตกหกล้ม อุบัติเหตุส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นมีความรุนแรงในระดับบาดเจ็บเล็กน้อย การเกิดอุบัติเหตุอยู่ในช่วงเวลาพักกลางวันมากที่สุด สถานที่พบอุบัติเหตุมากที่สุดคือ สนามโรงเรียน และสาเหตุที่ทำให้การเกิดอุบัติเหตุมากที่สุดคือ ขาดทักษะการป้องกันอุบัติเหตุ

จากผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงพบว่า ความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุภายในโรงเรียนอยู่ในระดับความเสี่ยงสูง มีโอกาสเกิดขึ้นได้บ่อยครั้ง และมีความอันตรายปานกลาง ซึ่งจำเป็นต้อง

มีการควบคุมความเสี่ยง งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางการควบคุมความเสี่ยง ในการจัดการความปลอดภัยเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุของนักเรียนในเชิงระบบ โดยครอบคลุมองค์ประกอบของคุณภาพ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านโครงสร้าง ด้านกระบวนการ และด้านผลลัพธ์ โดยผู้วิจัยได้เสนอแนวทางต่อคณะกรรมการบริหารของโรงเรียนให้ดำเนินการเก็บข้อมูลอุบัติเหตุภายในโรงเรียนเป็นประจำทุกปี เพื่อดำเนินการประเมินความเสี่ยง วิเคราะห์ระดับความเสี่ยง และเปรียบเทียบกับปีก่อนหน้าถึงการจัดการความเสี่ยงมีประสิทธิภาพเพียงใด หรือระดับความเสี่ยงลดลงหรือไม่ในลักษณะวงจรควบคุมคุณภาพ (Deming Cycle) หรือวงจร PDCA คือวางแผนการดำเนินการจัดการความเสี่ยง (Plan) ดำเนินการจัดการความเสี่ยงตามแผนที่วางไว้ (Do) เก็บรวบรวมข้อมูลด้านอุบัติเหตุ (Check) และประเมินความเสี่ยงและวิเคราะห์แนวทางการจัดการความเสี่ยง (Act) ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุชิต อุชายภิชาติ ที่ให้คำปรึกษาในการประเมิน และวิเคราะห์ความเสี่ยง ขอขอบคุณผู้อำนวยการ ผู้บริหารและครูโรงเรียน ซึ่งได้ช่วยประสานงานในการเก็บข้อมูล และขอบคุณกลุ่มตัวอย่าง ที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยด้วยการสละเวลาในตอบแบบสอบถาม

เอกสารอ้างอิง

- กนิษฐา จอดนอก, อัครเดช ดีอ้อม และ ศิริกัญญา ฤทธิ์แปลก. (2559). การพัฒนารูปแบบการป้องกันอุบัติเหตุสำหรับนักเรียนประถมศึกษา โรงเรียน วัดโพธิ์ทอง อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*. 35(2), 226-234.
- นิภา มนูญจุ, วสันต์ ศิลปะสุวรรณ และ เฉลิมชัย ชัยกิตติภรณ์. (2557). *การศึกษาเฉพาะรายกรณีของอุบัติเหตุในโรงเรียน*. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- ณัฐธิยา แก้วถาวร. (2551). *การจัดการความปลอดภัยในโรงเรียนประถมศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเพชรบุรี เขต 2*. การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต

- บุญใจ ศรีสถิตนรากร. (2550). *ภาวะผู้นำและกลยุทธ์การจัดการองค์การพยาบาลในศตวรรษที่ 21*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปราณี อินทรักษา. (2555). *การศึกษาการดำเนินการรักษาความปลอดภัยของสถานศึกษาระดับมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต), สาขาวิชาการบริหารการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รัศมี ต้นศิริสิทธิกุล, นิลรัตน์ วรรณศิลป์, เกษร เทพแปง, ปิยวรรณ ลิ้มปัญญาเลิศ และชนภัทร วินยวัฒน์. (2555). *รายงานการทบทวนองค์ความรู้ เรื่องการพัฒนาระบบเพื่อความปลอดภัยของผู้ป่วย*. จาก [http://www.shi.or.th/upload/Download File/ศุกร์เสวนา 56/FridaySem57/ทบทวนองค์ความรู้ Patient Safety.doc](http://www.shi.or.th/upload/DownloadFile/ศุกร์เสวนา_56/FridaySem57/ทบทวนองค์ความรู้_Patient_Safety.doc) เข้าถึงเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2561
- วิจิตร บุญยะโหดระ. (2536). *อุบัติภัย*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: รุ่งศิลป์การพิมพ์.
- ศิริพร อนุสสา. (2556). *ปัจจัยที่มีผลต่อการจัดการความปลอดภัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษา โรงเรียนเอกชนในครอบครัวชาวเลเซียม*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต), สาขาวิชาการบริหารการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2552). *คู่มือแนวทางปฏิบัติและมาตรการรักษาความปลอดภัยของสถานศึกษา ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2552*. กรุงเทพมหานคร: องค์การการรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- สุธีร์ รัตนมงคลกุล. (2555). *โครงการศึกษาปัญหาและการควบคุมอุบัติเหตุในเด็กนักเรียนโดยใช้ชุมชนเป็นฐาน*. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคมคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สมจินตนา คำพินิจ, จริยาวัตร คมพัยค์ และ วนิดา ดุรงค์ ฤทธิชัย. (2550). *การพัฒนาแบบการป้องกันอุบัติเหตุในนักเรียนประถมศึกษาโรงเรียนราชินี*. *วารสาร มฉก. วิชาการ*, 11(21), 1-15.
- สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. (2554). *คู่มือการประเมินความเสี่ยงจากการทำงานของบุคลากรในโรงพยาบาล*. พิมพ์ครั้งที่ 3: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

- สำนักอำนวยการ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาระดับพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ.
(2556). *คู่มือแนวทางปฏิบัติและมาตรการรักษาความปลอดภัยของสถานศึกษา*.
(ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2). กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ
อนุวัฒน์ ศุภชุติกุล. (2543). *ระบบบริหารความเสี่ยงในโรงพยาบาล*. พิมพ์ครั้งที่ 2.
กรุงเทพมหานคร: บริษัทไชร์จำกัด.
- เอ็มอัฒา วัฒนบูรานนท์. (2557). *สวัสดิศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.
- Agency for Healthcare Research and Quality. (2007). *National Healthcare Quality Report 2007*. Retrieved from <https://archive.ahrq.gov/qual/nhqr07/-nhqr07.pdf>.
- Bamberg, S., Ajzen, I., & Schmidt, P. (2003). Choice of travel mode in the theory of planned behavior: The roles of past behavior, habit, and reasoned action. *Basic and Applied Social Psychology, 25*, 175-188.
- Donabedian, A. (1988). The quality of care: How can it be assessed?. *The Journal of the American Medical Association, 260*(12): 1743-1748.
- Heinrich, H. W. (1931). *Industrial accident prevention: a scientific approach*: McGraw-Hill.
- Huber, D. L. (2014). *Leadership and nursing care management*. (5th ed). Missouri: Elsevier Saunders.
- Pham, J. C., Girard, T., & Pronovost, P. J. (2013). What to do with healthcare Incident reporting systems. *Journal of Public Health Research, 3*(3): 154-159.
- Singh, B., & Ghatala, M. H. (2012). Risk management in hospitals. *International Journal of Innovation, Management and Technology, 3*(4): 417-421.
- Yamane, T. (1973). *Statistics: An introductory analysis*. New York: John Wiley and Sons.

การพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งและการคิดวิเคราะห์ จากการเรียนประเด็น
ปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้
แบบผสมผสานตามรูปแบบสมองเป็นฐานกับการเรียนแบบปกติ
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีเพศต่างกัน

DEVELOPMENT OF ARGUMENTATION AND ANALYTICAL THINKING FROM
LEARNING SOCIO-SCIENTIFIC ISSUES USING INTEGRATED LEARNING BASED
ON THE BRAIN BASED APPROACH WITH MATAYOMSUKSA 4 STUDENTS OF
DIFFERENT GENDERS.

ยุพาภรณ์ ภักดีชน^{*}, ชัยภัทร พลายบัว และ จีระพรรณ สุขศรีงาม
YupapornPukdeechn^{*}, ChaiyaphatPlybour and JeeraphanSuksringarm

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

บทคัดย่อ

การเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์สามารถพัฒนา
ความสามารถในการโต้แย้ง การคิดวิเคราะห์ และการคิดในขั้นสูง รวมทั้งพัฒนาความ
รับผิดชอบต่อสังคมประชาธิปไตยของนักเรียน จึงควรพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน
ที่เหมาะสม การศึกษาครั้งนี้ จึงมีความมุ่งหมายเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถ
ในการโต้แย้งและการคิดวิเคราะห์ จากการเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้
วิทยาศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการเรียน 2 วิธี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 80 คน
จาก 2 ห้องเรียน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม นักเรียน 2 กลุ่ม
ได้แก่ กลุ่มทดลอง 40 คน เรียนแบบผสมผสานตามรูปแบบสมองเป็นฐาน และกลุ่มควบคุม
40 คน เรียนแบบปกติ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลนักเรียนที่มีเพศต่างกัน ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการ
เก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการ
ใช้วิทยาศาสตร์ เรื่อง การอุ้มบุญ การใช้ถ่านหินเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า การบริจาควัยวะ

^{*}ผู้ประสานงาน: ยุพาภรณ์ ภักดีชน

อีเมล: yupaphonpdk@gmail.com

อย่างละ 3 แผน แผนละ 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์จำนวน 9 แผน (การทดสอบก่อนและหลังเรียน) และประเด็นการปลูกพืชเศรษฐกิจเพื่อเป็นพลังงานทางเลือก (การทดสอบหลังเรียน)
2) แบบประเมินความสามารถในการโต้แย้ง และแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ได้แก่ Paired t-test และ F-test (Two-way MANCOVA) และ F-test (Two-way ANCOVA)

ผลวิจัยปรากฏ ดังนี้

นักเรียนโดยรวม นักเรียนเพศชายและเพศหญิง ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งจากการสอบ ครั้งที่ 1 - 4 เพิ่มขึ้น และมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยรวมและรายด้านทั้ง 3 ด้าน เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน ($P < 0.01$) นักเรียนเพศชาย มีความสามารถในการโต้แย้ง มากกว่า แต่มีการคิดวิเคราะห์ด้านความสัมพันธ์น้อยกว่านักเรียนเพศหญิง ($P < 0.01$) นักเรียนกลุ่มทดลอง มีเฉพาะการคิดวิเคราะห์โดยรวม และ ด้านความสำคัญมากกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) แต่นักเรียนทั้งสองกลุ่ม มีความสามารถในการโต้แย้งและการคิดวิเคราะห์ทั้ง 2 ด้านไม่แตกต่างกัน ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศกับรูปแบบการเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์ ต่อความสามารถในการโต้แย้งและการคิดวิเคราะห์โดยรวมและรายด้านทั้ง 3 ด้าน ($P > 0.05$)

โดยสรุป รูปแบบการเรียนแบบผสมผสานตามรูปแบบสมองเป็นฐานสามารถพัฒนาการโต้แย้งและการคิดวิเคราะห์โดยรวมของนักเรียนได้อย่างเหมาะสม จึงควรสนับสนุนส่งเสริมให้ครูวิทยาศาสตร์นำรูปแบบการเรียนนี้ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์ในระดับชั้นอื่น ๆ ต่อไป

คำสำคัญ: ประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์, การโต้แย้ง, การคิดวิเคราะห์, การเรียนแบบผสมผสาน

Abstracts

The study of socio-scientific issues can develop ability of argumentation, analytical thinking, and advanced thinking as well as enhance a sense of responsibility for the democratic society. As such, teachers should use appropriate teaching styles. The purpose of this research was to study and compare the argumentation and critical thinking about socio-scientific issues using a brain based approach supplemented with Integrated learning and traditional Instruction. In the second semester of the 2559 academic year, eighty students from two classes were randomly divided into two groups of 40 students (cluster sampling) as experimental and control groups. The research instruments consisted of (1) a 3-hour lesson plan for a week on socio-scientific issues such as surrogacy, charcoal power generation, organ donations, and growing economic plants as renewable energy (only a posttest was done), each issue was addressed by three lessons, (2) an argumentation ability assessment and analytical thinking ability test. The data were analyzed using a paired t-test, F-test (two-way MANCOVA), and F-test (two-way ANCOVA).

The results of the research were as follows

All students, both male and female students, in both the experimental and control groups showed developments in argumentation from the 1th to the 4th -test. Also, they showed overall gains in analytical thinking in three subscales from the before learning period ($P < 0.01$). The male students showed more argumentation but less analysis of relationships than the female students ($P < 0.01$). The experimental group students showed greater overall analytical thinking than the control group ($P < 0.05$). However, both groups had argumentation ability and analytical thinking that was not statistically different. The interaction of gender and learning method on argumentation and analytical thinking was not found to be significantly different in all three aspects ($P > 0.05$).

In summary, this learning model based on the brain model can be used to develop a student's argumentation and analytical thinking. Instructors should be encouraged to apply this model to teaching and learning about social issues at other levels.

Keywords: Socio-scientific Issues, Argument Abilities, Analytical thinking, Learning Method

บทนำ

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ ได้พัฒนาวิถีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจัย มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (knowledge-based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนานวัตกรรมทางการเรียนการสอนเพื่อตอบสนองการเรียนรู้ของผู้เรียน ทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจก็คือแนวคิดในการส่งเสริมการเรียนรู้ที่ใช้สมองเป็นฐาน (Brain-Based Learning หรือ BBL) การเชื่อมโยงการค้นพบทางด้านการเรียนรู้ของสมองกับการจัดการเรียนรู้เป็นฐานสำคัญที่จะทำให้เราสามารถก้าวไปบนเส้นทางของการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของเด็กได้ชัดเจนขึ้น มีหลักเกณฑ์และเหตุผล การจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับ ธรรมชาติ ของสมองจะทำให้เด็กมีพัฒนาการการเรียนรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จึงเป็นความจำเป็นเร่งด่วนที่จะต้องพัฒนาและส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ของสมองมนุษย์ ซึ่งนักวิจัยทั่วโลกค้นพบตรงกันว่าสมองของมนุษย์ทุกคนถูกออกแบบมาเพื่อการ

เรียนรู้โดยแท้ ไม่มีสมองของมนุษย์ (ปกติ) คนใดที่จะไม่เรียนรู้ เพียงแต่การพัฒนาจะดีเพียงใดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมและการจัดการเรียนรู้ที่อยู่รอบ ๆ ตัวเด็ก (วิทยากร เชียงกุล, 2547)

จากความสำคัญของการเรียนรู้เกี่ยวกับประเด็นปัญหาทางทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ที่มีผลต่อการโต้แย้งอย่างมีเหตุผล การคิดวิเคราะห์นำไปสู่การตัดสินใจของผู้เรียน ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการพัฒนาทักษะการโต้แย้งอย่างมีเหตุผลและการคิดวิเคราะห์ จากการเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมโดยใช้การสอนโดยใช้สมองเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีเพศต่างกัน เพื่อที่จะได้นำผลการวิจัยที่ได้ไปเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนที่มีความเหมาะสมและเข้ากับสถานการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียนต่อไป

เพื่อศึกษาความสามารถในการโต้แย้ง จากการเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์โดยใช้การเรียนแบบผสมผสานตามรูปแบบสมองเป็นฐานและการเรียนแบบปกติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์ ก่อนและหลังเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์โดยใช้การเรียนแบบผสมผสานตามรูปแบบสมองเป็นฐานและการเรียนแบบปกติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยส่วนรวมและจำแนกตามเพศ เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการโต้แย้งและการคิดวิเคราะห์ หลังการเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์โดยใช้การเรียนแบบผสมผสานตามรูปแบบสมองเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีเพศต่างกัน และเรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนต่างกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 120 คน จาก 10 ห้องเรียน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จากโรงเรียนกมลาไสย อำเภอกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 24

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 80 คน จาก 2 ห้องเรียน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนกมลาไสย อำเภอกมลาไสยจังหวัดกาฬสินธุ์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 24 โดยการเลือกจากการสุ่มแบบกลุ่ม

2. การวางแผนการวิจัยการวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quas -Experimental Research) ผู้วิจัยใช้แผนการวิจัย 2 แบบ คือ

แบบที่ 1 ใช้แผนการทดลองแบบ Pretest-Posttest Equivalent Group Design (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2538) สำหรับการวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ก่อนและหลังการทดลองซึ่งมีลักษณะการทดลองดังตาราง 1

ตารางที่ 1 แผนการวิจัยแบบ Pretest-Posttest Equivalent Group Design

กลุ่มตัวอย่าง	ทดสอบก่อนเรียน	การทดลอง	ทดสอบหลังเรียน
RE ₁	T ₁	X ₁	T ₂
RE ₂	T ₁	X ₂	T ₂

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิจัยเชิงทดลอง

RE₁ หมายถึง กลุ่มทดลองที่ 1 ที่เรียนแบบผสมผสานตามรูปแบบสมองเป็นฐาน

RE₂ หมายถึง กลุ่มทดลองที่ 2 ที่เรียนแบบปกติ

X₁ หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานตามรูปแบบสมองเป็นฐาน

X₂ หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

T₁ หมายถึง การสอบที่จัดกระทำก่อนการทดลอง

T₂ หมายถึง การสอบที่จัดกระทำหลังการทดลอง

แบบที่ 2 ใช้แผนการทดลองแบบ 2 x 2 Factorial Experiment ในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design: CRD) ชนิดอิทธิพลกำหนด (Fixed Effect Model) สำหรับการศึกษาศักยภาพในการโต้แย้งและการคิดวิเคราะห์ โดยมี 2 ปัจจัย คือ

ปัจจัยที่ 1 (Factor A) คือรูปแบบการเรียนมี 2 รูปแบบ ได้แก่

1) แบบใช้สมองเป็นฐาน (The Brain-Based supplemented with Integrated Learning)

2) แบบปกติ (The Traditional Instructional Approaches)

ปัจจัยที่ 2 (Factor B) มี 2 กลุ่มได้แก่

1) นักเรียนเพศชาย

2) นักเรียนเพศหญิง

3. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้

1) แผนการจัดการเรียนรู้ประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์โดยใช้การสอนแบบผสมผสานการเรียนรู้แบบใช้สมองเป็นฐาน

2) แผนการจัดการเรียนรู้ประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์โดยใช้การสอนแบบปกติตามแนวทางที่สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

3.2 เครื่องมือวัด

1) แบบทดสอบวัดความสามารถในการโต้แย้ง

2) แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนเรียงลำดับ ดังนี้

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ความสามารถในการโต้แย้ง

1) ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการโต้แย้งหลังเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานแบบใช้สมองเป็นฐานของนักเรียนโดยรวมและจำแนกตามเพศ

ตาราง 2 คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการโต้แย้งหลังเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการเรียนแบบผสมผสานแบบใช้สมองเป็นฐาน

ประเด็นที่ใช้ในการโต้แย้ง	นักเรียนเพศชาย (n= 26)		นักเรียนเพศหญิง (n= 14)		นักเรียนโดย ส่วนรวม (n= 40)	
	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.
1. การอุ่มบุญ	6.34	.74	6.21	.80	6.30	.75
2. การใช้ถ่านหินเพื่อผลิต กระแสไฟฟ้า	7.26	.91	6.92	.91	7.62	.58
3. การบริจาคอวัยวะ	8.42	.64	8.28	.61	8.70	.88
4. การปลูกพืชเศรษฐกิจเพื่อ เป็นพลังงานทางเลือก (หลังเรียน)	10.80	.89	10.35	.63	11.10	1.08

2) ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการโต้แย้งหลังเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนแบบปกติของนักเรียนโดยรวมและจำแนกตามเพศ

ตาราง 3 คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการโต้แย้งหลังเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการเรียนแบบปกติของนักเรียนโดยส่วนรวมและจำแนกตามเพศ

ประเด็นที่ใช้ในการโต้แย้ง	นักเรียนเพศชาย (n=14)		นักเรียนเพศหญิง (n=26)		นักเรียนโดยส่วนรวม (n=40)	
	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.
1.การอุ่มบุญ	5.71	.72	5.73	.82	5.72	.78
2. การใช้ถ่านหินเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า	6.64	.84	6.46	.98	6.52	.93
3. การบริจาคอวัยวะ	7.71	.72	7.80	.80	7.77	.76
4. การปลูกพืชเศรษฐกิจเพื่อเป็น พลังงานทางเลือก(หลังเรียน)	10.50	1.22	10.00	1.05	10.17	1.12

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์

1) ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการคิดวิเคราะห์โดยรวมและรายด้าน ก่อนเรียน และหลังเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานแบบใช้สมองเป็นฐาน

1.1) นักเรียนโดยรวม

ก่อนเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานแบบใช้สมองเป็นฐาน นักเรียนโดยรวม มีคะแนนเฉลี่ยการคิดวิเคราะห์โดยรวม (\bar{X} =15.82 คิดเป็นร้อยละ 52.73 ของคะแนนเต็ม) และเป็นรายด้านทั้ง 2 ด้าน คือ ด้านความสำคัญ (\bar{X} =5.57 คิดเป็นร้อยละ 50.63 ของคะแนนเต็ม) และด้านหลักการ (\bar{X} =5.00 คิดเป็นร้อยละ 62.50 ของคะแนนเต็ม) สูงกว่าร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม แต่มีคะแนนเฉลี่ยด้านความสัมพันธ์ (\bar{X} =5.25 คิดเป็นร้อยละ 47.72 ของคะแนนเต็ม) ที่ต่ำกว่าร้อยละ 50 ของคะแนนเต็มหลังเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานแบบใช้สมองเป็นฐาน นักเรียนโดยรวม มีคะแนนเฉลี่ยการคิดวิเคราะห์โดยรวม (\bar{X} =21.70 คิดเป็นร้อยละ 72.33 ของคะแนนเต็ม) และเป็นรายด้านทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านความสัมพันธ์ (\bar{X} =5.90 คิดเป็นร้อยละ 53.63 ของคะแนนเต็ม) ด้านความสำคัญ (\bar{X} =8.60 คิดเป็นร้อยละ 78.18 ของคะแนนเต็ม) ด้านหลักการ (\bar{X} =7.20 คิดเป็นร้อยละ 90.00 ของคะแนนเต็ม) สูงกว่าร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม โดยนักเรียนโดยส่วนรวมมีคะแนนเฉลี่ยการคิดวิเคราะห์โดยรวมและรายด้านทั้ง 3 ด้านเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการคิดวิเคราะห์โดยรวม และเป็นรายด้านก่อนเรียนและหลังเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานแบบใช้สมองเป็นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยรวม

การคิดวิเคราะห์	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน (n=40)			หลังเรียน (n=40)			t	p
		\bar{X}	S.D.	ร้อยละ	\bar{X}	S.D.	ร้อยละ		
1. ด้านหลักการ	8	5.00	1.79	62.50	7.20	1.06	90.00	-7.386*	<.001
2. ด้านความสัมพันธ์	11	5.25	1.35	47.72	5.90	1.41	53.63	-2.209*	.017
3. ด้านความสำคัญ	11	5.75	1.67	50.63	8.60	1.53	78.18	-9.597*	<.001
โดยรวม	30	15.82	3.52	52.73	21.70	2.22	72.33	-10.52*	<.001

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบความสามารถในการโต้แย้งและการคิดวิเคราะห์

1) ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบความสามารถในการโต้แย้งและการคิดวิเคราะห์โดยรวม หลังเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีเพศต่างกัน และเรียนด้วยรูปแบบการเรียนต่างกัน

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบความสามารถในการโต้แย้งและการคิดวิเคราะห์โดยรวม หลังเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีเพศต่างกันและเรียนด้วยรูปแบบการเรียนต่างกัน (Two-way MANCOVA)

SOV	Test Statistic	Value	Hypothesis df	Error df	F	p	Partial Eta Squared
ความสามารถในการโต้แย้งก่อนเรียน	Pallai's Trace	.247	2.00	73.00	11.97	<.001*	.247
	Wilks' Lambda	.753	2.00	73.00	11.97	<.001*	.247
	Hotelling's Trace	.328	2.00	73.00	11.97	<.001*	.247
	Roy's Largest Root	.328	2.00	73.00	11.97	<.001*	.247
การคิดวิเคราะห์ก่อนเรียน	Pallai's Trace	.080	2.00	73.00	3.16	.048*	.080
	Wilks' Lambda	.920	2.00	73.00	3.16	.048*	.080
	Hotelling's Trace	.087	2.00	73.00	3.16	.048*	.080
	Roy's Largest Root	.087	2.00	73.00	3.16	.048*	.080
เพศ	Pallai's Trace	.085	2.00	73.00	3.41	.038*	.085
	Wilks' Lambda	.915	2.00	73.00	3.41	.038*	.085
	Hotelling's Trace	.093	2.00	73.00	3.41	.038*	.085
	Roy's Largest Root	.093	2.00	73.00	3.41	.038*	.085
รูปแบบการเรียน	Pallai's Trace	.090	2.00	73.00	3.59	.033*	.090
	Wilks' Lambda	.910	2.00	73.00	3.59	.033*	.090
	Hotelling's Trace	.098	2.00	73.00	3.59	.033*	.090
	Roy's Largest Root	.098	2.00	73.00	3.59	.033*	.090
ปฏิสัมพันธ์	Pallai's Trace	.001	2.00	73.00	.025	.975	.001
	Wilks' Lambda	.999	2.00	73.00	.025	.975	.001
	Hotelling's Trace	.001	2.00	73.00	.025	.975	.001
	Roy's Largest Root	.001	2.00	73.00	.025	.975	.001

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 5 พบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศกับรูปแบบการเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อความสามารถในการโต้แย้งและการคิดวิเคราะห์โดยรวมของนักเรียน ($P>0.05$) นักเรียนที่มีเพศต่างกันมีผลการเรียนดังกล่าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อทดสอบ Univariate Tests พบว่านักเรียนที่มีเพศต่างกันมีเฉพาะความสามารถในการโต้แย้งโดยรวมแตกต่างกัน ($P<0.05$) โดยนักเรียนเพศชายมีความสามารถในการโต้แย้งมากกว่านักเรียนเพศหญิง

นอกจากนี้นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์แตกต่างกันมีเพศต่างกัันดังกล่าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อทดสอบ Univariate Tests พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์ต่างกันมีเฉพาะความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยรวมแตกต่างกัน ($P<0.05$) โดยนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนแบบผสมผสานแบบใช้สมองเป็นฐาน มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่มากกว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนแบบปกติ

สรุปผลการวิจัย

1) นักเรียนโดยรวม นักเรียนเพศชายและเพศหญิง หลังเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์โดยใช้การเรียนแบบผสมผสานตามรูปแบบสมองเป็นฐาน มีการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งจากการสอบ ครั้งที่ 1 - 4 เพิ่มขึ้น และมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยรวมและรายด้านทั้ง 3 ด้าน คือด้านหลักการ ด้านความสัมพันธ์ ด้านความสำคัญเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน ($P<0.05$) ยกเว้นนักเรียนเพศชายที่มีความสามารถด้านความสัมพันธ์ไม่เปลี่ยนแปลงจากก่อนเรียน ทั้งนี้ความรู้ที่เกิดขึ้นกับนักเรียนอาจไม่เท่ากันเพราะแต่ละคนมีความเชื่อค่านิยม และประสบการณ์ที่ติดตัวมาแตกต่างกันทำให้แปลความหมายของข้อมูลได้ไม่เหมือนกันซึ่งบางส่วนสอดคล้องกับความแตกต่างทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีที่ว่า บุคคลที่มีความรู้เป็นบุคคลที่มีความสามารถในการอ่าน, เข้าใจ และแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับเรื่องต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ได้ (ไพฑูริย์ สุขศรีงาม, 2552; อ้างอิงมาจาก Solomen & Aikenhead, 1994)

ส่วนนักเรียนโดยรวม นักเรียนเพศชายและเพศหญิงที่เรียนรูปแบบการเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์โดยใช้การเรียนแบบปกติมีความสามารถในการ

การโต้แย้งเพิ่มขึ้นจากการสอบครั้งที่ 1 – 4 และมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยรวม และรายด้านทั้ง 3 ด้าน เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน ($P < 0.01$) ยกเว้นนักเรียนเพศชายที่มีความสามารถด้านความสัมพันธ์ไม่เปลี่ยนแปลงจากก่อนเรียน

2) นักเรียนเพศชาย ที่เรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบผสมผสานตามรูปแบบสมองเป็นฐาน มีความสามารถในการโต้แย้งมากกว่า แต่มีการคิดวิเคราะห์เฉพาะด้านความสัมพันธ์ น้อยกว่านักเรียนเพศหญิง ($P < 0.01$)

3) นักเรียนที่เรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานตามรูปแบบสมองเป็นฐานเฉพาะความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยรวม ($P < 0.05$) และด้านความสำคัญน้อยกว่า ($P < 0.05$) นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบปกติ แต่นักเรียนทั้ง 2 กลุ่มมีความสามารถในการโต้แย้งและการคิดวิเคราะห์เป็นรายด้านอีก 2 ด้านไม่แตกต่างกัน

4) ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศกับรูปแบบการเรียนรู้ประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์ต่อความสามารถในการโต้แย้งและการคิดวิเคราะห์โดยรวม และรายด้านทั้ง 3 ด้าน ($P > 0.05$) เป็นไปตามสมมติฐาน คือนักเรียนที่มีเพศต่างกันและเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ต่างกัน มีความสามารถในการโต้แย้งและการคิดวิเคราะห์โดยรวมแตกต่างกัน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความรู้และความช่วยเหลือจากอาจารย์ ดร.ชัยภัทร พลอยบัว อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ จีระพรรณ สุขศรีงาม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูริย์ สุขศรีงาม ที่ช่วยตรวจเครื่องมือวิจัยให้คำปรึกษาแนะนำ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องด้วยความเอาใจใส่ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2549). *คู่มือการจัดประสบการณ์การเรียนรู้สำหรับเด็กปฐมวัย*. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชน.
- ไพฑูริย์ สุขศรีงาม. (2553). *เอกสารแนะนำโปรแกรม SPSS*: เอกสารประกอบรายวิชา 1601501 Statistic methods for sciences and health sciences. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. (2538). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.
- วิทยากร เชียงกุล. (2547). *เรียนลึกรู้ไวใช้สมองอย่างมีประสิทธิภาพ*. กรุงเทพมหานคร: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY; ISSN 2287-0083) ชื่อย่อภาษาอังกฤษ “UDRU Sci. & Tech. J.” มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการของคณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการและนักศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วารสารรับการตีพิมพ์เผยแพร่บทความในกลุ่มวิทยาศาสตร์ สาขาเคมี ฟิสิกส์ ชีววิทยา และคณิตศาสตร์ กลุ่มวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาศาสตร์การกีฬา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วัสดุศาสตร์ และเทคโนโลยีชีวภาพ กลุ่มเกษตรศาสตร์ สาขาพืชศาสตร์ เศรษฐศาสตร์เกษตร ประมง และสัตวศาสตร์ และกลุ่มวิศวกรรมศาสตร์ สาขาเครื่องกล พลังงาน อิเล็กทรอนิกส์ ไฟฟ้า และคอมพิวเตอร์ โดยมีกำหนดจัดพิมพ์ออกเผยแพร่ ปีละ 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน) ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม – ธันวาคม) ของทุกปี

บทความที่ส่งมาเพื่อการพิจารณาต้องเป็นบทความที่ไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่มาก่อน ไม่อยู่ระหว่างการเสนอขอตีพิมพ์ในวารสารอื่น เนื้อหาของบทความได้จากการสังเคราะห์ความคิดขึ้นโดยผู้เขียนเอง ไม่ได้คัดลอก หรือตัดทอนมาจากผลงานของผู้อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต หรือปราศจากการอ้างอิงที่เหมาะสม หากบทความวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์หรือสัตว์ทดลอง ควรผ่านความเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์และคณะกรรมการจรรยาบรรณการใช้สัตว์เพื่อการวิจัยก่อน ทุกบทความที่ได้ตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ได้ผ่านการตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) ในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับบทความโดยตรงจำนวน 2 ท่าน โดยที่กองบรรณาธิการฯ กำหนดระเบียบการส่งต้นฉบับให้ผู้เขียนยึดเป็นแนวทาง โดยผู้เขียนจะต้องจัดรูปแบบต้นฉบับตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด เพื่อให้วารสารมีคุณภาพตามมาตรฐานทางวิชาการที่น่าไปใช้อ้างอิงได้

หลักเกณฑ์การเสนอบทความ

1. องค์ประกอบของบทความ

1.1 บทความวิชาการและบทความปริทัศน์ ประกอบด้วย ชื่อเรื่อง/ บทคัดย่อ (ถ้ามี)/ บทนำ/ เนื้อเรื่อง/ สรุป/ และเอกสารอ้างอิง

1.2 บทความวิจัย ประกอบด้วย ชื่อเรื่อง/ บทคัดย่อและ ABSTRACT/ คำสำคัญ และKEYWORDS/ บทนำ/ วิธีดำเนินการวิจัย/ ผลการวิจัยและอภิปรายผล/ สรุปผลการวิจัย/ กิตติกรรมประกาศ และเอกสารอ้างอิง

2. การเตรียมต้นฉบับ มีรายละเอียดดังนี้

2.1 **ต้นฉบับ** เป็นต้นฉบับภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ ความยาวไม่เกิน 15 หน้า พิมพ์หน้าคู่ โดยใช้ตัวอักษรแบบ TH Sarabun New จัดเป็น 1 คอลัมน์

2.1.1 **ขนาดกระดาษ** กำหนดเป็น B5 (ISO) ซึ่งมีขนาดความกว้าง 17.6 เซนติเมตร และความสูง 25 เซนติเมตร

2.1.2 การเว้นระยะขอบกระดาษ กำหนดดังนี้

ระยะขอบบน 3 เซนติเมตร ระยะขอบล่าง 2 เซนติเมตร

ระยะภายใน 3 เซนติเมตร ระยะภายนอก 2 เซนติเมตร

2.2 **ชื่อเรื่อง** ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาด 16 พอยต์ ชนิดตัวหนา ตำแหน่งกึ่งกลางหน้ากระดาษ ความยาวไม่เกิน 3 บรรทัด โดยชื่อเรื่องภาษาอังกฤษใช้อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมด

2.3 **ชื่อผู้เขียนและผู้เขียนร่วม** ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาด 14 พอยต์ ชนิดตัวธรรมดา ตำแหน่งกึ่งกลางหน้ากระดาษใต้ชื่อเรื่อง

2.4 **หน่วยงานหรือสังกัด** ของผู้เขียนและผู้เขียนร่วม ใช้เชิงอรรถในบรรทัดต่อมา ขนาด 12 พอยต์ ชนิดตัวธรรมดา ตำแหน่งกึ่งกลางหน้ากระดาษ

2.5 **ชื่อผู้ประสานงาน** ใช้เชิงอรรถส่วนท้ายของหน้ากระดาษ ขนาด 12 พอยต์ ชนิดตัวธรรมดา ตำแหน่งชิดขอบกระดาษด้านซ้าย โดยระบุชื่อและอีเมลล์ของผู้ประสานงาน

2.6 **บทคัดย่อ** หัวข้อภาษาไทยใช้คำว่า “บทคัดย่อ” หัวข้อภาษาอังกฤษใช้คำว่า “Abstract” ขนาด 15 พอยต์ ชนิดตัวหนา ชิดขอบกระดาษด้านซ้าย

2.7 คำสำคัญ หัวข้อภาษาไทยใช้คำว่า “คำสำคัญ” หัวข้อภาษาอังกฤษใช้คำว่า “Keywords” ขนาด 15 พอยต์ ชนิดตัวหนา ตำแหน่งชิดซ้ายหน้ากระดาษ โดยมีคำสำคัญไม่เกิน 4 คำ คั่นแต่ละคำด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) ตัวอักษรขนาด 15 พอยต์ ชนิดตัวธรรมดา เรียงคำตามลำดับความสำคัญ

2.8 หัวข้อเรื่อง หัวข้อใหญ่ ขนาด 15 พอยต์ ชนิดตัวหนา ตำแหน่งชิดขอบกระดาษ ด้านซ้าย หัวข้อย่อย ขนาด 15 พอยต์ ชนิดตัวธรรมดา ระบุหมายเลขหน้าหัวข้อย่อย จัดการเยื้องย่อหน้าตามความเหมาะสม

2.9 เนื้อหา ขนาด 15 พอยต์ ชนิดตัวธรรมดา จัดกั้นหน้ากั้นหลัง ตลอดทั้งบทความ

2.10 รูปประกอบ ต้องมีความชัดเจน โดยมีชื่อรูปแสดงที่ได้รูป เช่น รูปที่ 1 หรือ Fig. 1 หากมีการอ้างอิงให้ระบุ ที่มา:

2.11 ตาราง จัดพิมพ์แทรกในเนื้อเรื่อง เว้นระยะห่าง 1 บรรทัด โดยมีชื่อตารางที่เหนือตาราง เช่น ตารางที่ 1 หรือ Table 1

2.12 เอกสารอ้างอิง หัวข้อภาษาไทยใช้คำว่า “เอกสารอ้างอิง” หัวข้อภาษาอังกฤษใช้คำว่า “References” ขนาด 15 พอยต์ ชนิดตัวหนา ตำแหน่งชิดขอบกระดาษด้านซ้าย ส่วนของรายการอ้างอิง ขนาด 15 พอยต์ ชนิดตัวธรรมดา จัดกั้นหน้ากั้นหลัง

2.13 ตัวเลข ใช้เลขอารบิก ตลอดทั้งบทความ

2.14 หมายเลขหน้า ใช้เลขอารบิก แบบอักษร TH Sarabun ขนาด 15 พอยต์ ชนิดตัวธรรมดา ตำแหน่งชิดขอบกระดาษด้านบนขวา

3. การอ้างอิง (แบบ APA 6th edition)

3.1 การอ้างอิงในเนื้อหา

(ชื่อผู้แต่ง,/ปีพิมพ์)

ตัวอย่าง

(บริบูรณ์ สมฤทธิ, 2550)

(สุกัญญา จัดตุพรพงษ์ และ วราพันธ์ จินตณวิชญ์, 2547)

(Claassen et al., 2004)

3.2 การอ้างอิงส่วนท้ายเล่ม

3.2.1 อ้างอิงจากวารสาร

ชื่อผู้เขียนบทความ./ (ปีพิมพ์)./ ชื่อบทความ./ ชื่อวารสาร./ ปีที่ฉบับที่./ เลขหน้า.

ตัวอย่าง

มาลี เป็นสุข. (2550). ความต้องการและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความต้องการของผู้ป่วยโรคเอดส์. *วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 9(2), 5-10.

Huang, L. C. (1988). A procedure for asexual multiplication of *Paphiopedilum* in vitro. *Amer. Orchid Soc. Bull*, 57(3), 274-278.

3.2.2 อ้างอิงจากหนังสือ

ชื่อผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์)./ ชื่อเรื่อง./ ครั้งที่พิมพ์ (พิมพ์ครั้งที่ 2 เป็นต้นไป)./ สถานที่พิมพ์./ สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

ดุสิต เครื่องงาม. (2542). *สิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ ฟิสิกส์เทคโนโลยีและการใช้งาน*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิพนธ์ วิสารทานนท์ และ จักรพงษ์ เจริญศิริ. (2541). *โรคผลไม้*. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 6.

Raven, P. H., & Johnson, G. B. (1999). *Biology*. 5th ed. Boston: WCB/McGraw-Hill.

3.2.3 อ้างอิงจากสารสนเทศอิเล็กทรอนิกส์

ชื่อผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์)./ ชื่อเรื่อง./ สืบค้นเมื่อ/วัน/เดือน/ปี./ จาก/แหล่งที่เข้าถึงได้

ตัวอย่าง

Roger, L. C., & Richard, L. H. (2010). Calcium-Permeable AMPA receptor dynamics mediate fear, memory erasure. *Science*, 330(6007), 1108-1112.
doi:10.1126/science.1195298

3.2.4 อ้างอิงจากวิทยานิพนธ์

ชื่อผู้เขียนวิทยานิพนธ์./ (ปีพิมพ์)./ ชื่อวิทยานิพนธ์./ (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทหรือปริญญาตรีหรือปริญญาเอก)/ ชื่อมหาวิทยาลัย/ สถาบันการศึกษา).

ตัวอย่าง

พัชราภรณ์ บุราณรักษ์. (2551). *พฤติกรรมศาสตร์พื้นฐานของพืชสมุนไพรในภูหินลาดข้อฟ้าจังหวัดหนองบัวลำภู*. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี).

Kanjanakaew W. 2001. The satisfaction of people towards public park management: A case study of Nongprachak park, Udonthani. Graduate School, Master of Arts (Environment), Mahidol University, Bangkok (Thailand).

3.2.5 อ้างอิงจากบทความในหนังสือ

ชื่อผู้เขียนบทความ./ (ปีพิมพ์)./ ชื่อบทความ./ ใน/ ชื่อผู้แต่ง/ (บรรณาธิการ)/ ชื่อหนังสือ (ครั้งที่พิมพ์, เลขหน้าที่ปรากฏบทความจากหน้าใดถึงหน้าใด)./ สถานที่พิมพ์:/ สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

เรวัต เลิศฤทัยโยธิน. (2541). ข้าวฟ่าง. ใน วาสนา วงษ์ใหญ่, อุดม พูลเกษ และ วิทยา แสงแก้วสุข (บรรณาธิการ), *พฤกษศาสตร์พืชเศรษฐกิจ* (หน้า 20-25). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Roy, A. (1995). Psychiatric emergencies. In H. I. Kaplan (Ed.), *Comprehensive textbook of psychiatry* (6th ed., pp. 1739-1749). Baltimore: William & Wilkins.

การส่งต้นฉบับ

ส่งต้นฉบับที่จัดรูปแบบตามข้อกำหนดของวารสาร โดยส่งเป็นไฟล์จากโปรแกรมไมโครซอฟท์เวิร์ด (นามสกุล .doc หรือ .docx) และไฟล์ PDF (นามสกุล .pdf) ทางเว็บไซต์ <http://rdi.udru.ac.th> หรือทางอีเมล udrujournal@udru.ac.th หรือส่งต้นฉบับ 1 ฉบับพร้อมแผ่น CD มาที่

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
64 ถนนทหาร ต.หมากแข้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000
โทรศัพท์: 042-211040 ต่อ 1702
โทรสาร: 042-241586
เว็บไซต์ <http://rdi.udru.ac.th>

2) จัดหน้าคู่ โดยกำหนด ระยะขอบ:

บน 3 ซม. ล่าง 2 ซม.

ภายใน 3 ซม. ภายนอก 2 ซม.

ชื่อเรื่อง

{TH Sarabun 16 pt, ตัวหนา, จัดกึ่งกลาง}

TITLE

{TH Sarabun 15 pt, ตัวหนา, จัดกึ่งกลาง, อักษรตัวพิมพ์ใหญ่}

ผู้เขียนคนที่ 1^{1,*} ผู้เขียนคนที่ 2² และ ผู้เขียนคนที่ 3³

¹ สังกัด 1 {เช่น สาขาวิชา... คณะ... สถาบัน...}

² สังกัด 2

{TH Sarabun 12 pt, ตัวธรรมดา, จัดกึ่งกลาง}

บทคัดย่อ {TH Sarabun 15 pt, ตัวหนา, จัดชิดซ้าย}

งานวิจัยนี้... {TH Sarabun 15 pt, ตัวธรรมดา, จัดกระจายแบบไทย}.....

.....
.....

คำสำคัญ: คำที่ 1, คำที่ 2, คำที่ 3, ... {TH Sarabun 15 pt, ไม่เกิน 5 คำ}

Abstract {TH Sarabun 15 pt, ตัวหนา, จัดชิดซ้าย}

This study... {TH Sarabun 15 pt, ตัวธรรมดา, จัดกระจายแบบไทย}.....

.....
.....

Keywords: word 1, word 2, word 3, ... {TH Sarabun 15 pt, ไม่เกิน 5 คำ}

* ผู้ประสานงาน: ชื่อ-นามสกุล ผู้ประสานงาน {TH Sarabun 12 pt, ตัวธรรมดา, จัดชิดซ้าย}

อีเมล: ...@...com

บทนำ {TH Sarabun 15 pt, ตัวหนา, จัดชิดซ้าย}

เนื้อหา... {TH Sarabun 15 pt, ตัวธรรมดา, จัดกระจายแบบไทย}.....

วิธีดำเนินการวิจัย {TH Sarabun 15 pt, ตัวหนา, จัดชิดซ้าย}

เนื้อหา... {TH Sarabun 15 pt, ตัวธรรมดา, จัดกระจายแบบไทย}.....

ตารางที่ 1 ชื่อตาราง.....

รายการ	ความถี่	ร้อยละ
1.....	50	50.00
2.....	50	50.00
รวม	100	100.00

ที่มา: ชื่อ สกุล (ปีที่อ้างอิง: เลขหน้า) {TH Sarabun 15 pt, จัดชิดซ้าย}



รูปที่ 1

ที่มา: ชื่อ สกุล (ปีที่อ้างอิง: เลขหน้า)

{TH Sarabun 15 pt, จัดกึ่งกลาง}

ผลการวิจัยและอภิปรายผล {TH Sarabun 15 pt, ตัวหนา, จัดชิดซ้าย}

เนื้อหา... {TH Sarabun 15 pt, ตัวธรรมดา, จัดกระจายแบบไทย}.....

.....
.....

สรุปผลการวิจัย {TH Sarabun 15 pt, ตัวหนา, จัดชิดซ้าย}

เนื้อหา... {TH Sarabun 15 pt, ตัวธรรมดา, จัดกระจายแบบไทย}.....

.....
.....

กิตติกรรมประกาศ {TH Sarabun 15 pt, ตัวหนา, จัดชิดซ้าย}

เนื้อหา... {TH Sarabun 15 pt, ตัวธรรมดา, จัดกระจายแบบไทย}.....

.....
.....

เอกสารอ้างอิง {TH Sarabun 15 pt, ตัวหนา, จัดชิดซ้าย}

รายการอ้างอิง 1... {TH Sarabun 15 pt, ตัวธรรมดา, จัดกระจายแบบไทย}.....

.....

รายการอ้างอิง 2.....

.....

แบบฟอร์มส่งบทความเพื่อพิจารณาตีพิมพ์
ในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เรียน บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว).....

วุฒิการศึกษาชั้นสูงสุดตำแหน่งทางวิชาการ (ถ้ามี).....

อาจารย์ สังกัด.....

นิสิต/นักศึกษา ระดับ.....สาขาวิชา.....

คณะ/สถาบัน.....

ประเภทของต้นฉบับ

บทความวิจัย บทความวิจัย บทความปริทัศน์ บทความวิจารณ์หนังสือ

ชื่อบทความ (ภาษาไทย).....

ชื่อบทความ (ภาษาอังกฤษ).....

ชื่อผู้เขียน (ภาษาไทย).....

ชื่อผู้เขียน (ภาษาอังกฤษ).....

ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก..... หมู่ที่..... ซอย.....

ถนน..... ตำบล..... อำเภอ..... จังหวัด.....

รหัสไปรษณีย์..... โทรศัพท์..... โทรศัพท์มือถือ.....

โทรสาร..... อีเมล.....

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าบทความนี้

เป็นผลงานของข้าพเจ้าแต่เพียงผู้เดียว

เป็นผลงานของข้าพเจ้าและผู้ร่วมงานตามรายชื่อที่ระบุในบทความจริง

บทความนี้ยังไม่เคยลงตีพิมพ์ในวารสารใดมาก่อนและไม่อยู่ระหว่างการพิจารณาของวารสารอื่น นับจากวันที่ข้าพเจ้าได้ส่งบทความฉบับนี้มายังกองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ลงนาม.....

(.....)

ใบสมัครสมาชิก

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว.....)

ขอสมัครเป็นสมาชิกวารสาร ขอต่ออายุสมาชิกวารสาร เลขที่.....

ที่อยู่สำหรับจัดส่งเอกสารทางไปรษณีย์

เลขที่..... ซอย..... ถนน..... ตำบล.....

อำเภอ..... จังหวัด..... รหัสไปรษณีย์.....

โทรศัพท์..... โทรศัพท์มือถือ.....

ระยะเวลาที่บอกรับ กำหนดออกปีละ 1 ฉบับ

1 ปี ค่าสมาชิก 250 บาท (1 เล่ม)

2 ปี ค่าสมาชิก 500 บาท (1 เล่ม)

การชำระเงิน ชำระโดย

เงินสด

ตั๋วแลกเงินไปรษณีย์

ธนาคารสั่งจ่าย ณ ที่ทำการไปรษณีย์ศรีสุข จังหวัดอุดรธานี

ในนาม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

(สมัครสมาชิกวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี)

โอนเงินเข้าบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ เลขที่ 982-4-16172-4 ธนาคารกรุงไทย

สาขาถนนอุดรดุชนิ ชื่อบัญชี อบรมและบริการวิชาการ

พร้อมแนบสำเนาการโอนเงิน ส่งมาที่ โทรสาร 042-241586

หรือสแกนหลักฐานการโอนเงินส่งมาที่ อีเมลล์ udrujournal@udru.ac.th

ขอให้ออกใบเสร็จในนาม.....

ลงชื่อ..... ผู้สมัคร วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เฉพาะเจ้าหน้าที่

ลงชื่อ.....

(.....)

เหรียญก

ลงชื่อ.....

(.....)

นายทะเบียน

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

64 ถ.ทหาร ต.หมากแข้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000

โทรศัพท์ : 042-211040 ต่อ 1792

โทรสาร: 042-241586

เว็บไซต์: <http://rdi.udru.ac.th>

อีเมล: udrujournal@udru.ac.th

