วารสารวิจัย

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 (มกราคม - มิถุนายน 2561)

Science and Technology Research Journal Nakhon Ratchasima Rajabhat University

Vol.3 No.1 (January-June 2018)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

เจ้าของ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

วัตถุประสงค์

เพื่อเป็นสื่อกลางการถ่ายทอดความรู้เทคโนโลยี และการวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระตุ้นการวิจัยและการพัฒนา การเรียนการสอนเพื่อเพิ่มจำนวนผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิทยาศาสตร์ และเป็นสื่อกลางในการติดต่อสื่อสารระหว่างนักวิทยาศาสตร์

ขอบเขตบทความวิจัย

วารสารนี้รับผลงานทางวิชาการที่เป็นต้นฉบับในรูปบทความวิจัย บทความวิจัยสื่อสารอย่างสั้น และบทความวิชาการปริทรรศน์ สามารถส่งได้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ มีขอบเขตบทความวิจัยที่สามารถลงตีพิมพ์ ได้แก่ วิทยาศาสตร์กายภาพและชีวภาพ วิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และวิทยาศาสตร์เพื่อสังคมและชุมชน

กำหนดออก ปีละ 2 ฉบับ

ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – มิถุนายน
ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม

สถานที่ติดต่อ

งานวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
สำนักงานคณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
อาคารปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้น 2
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา 340 ถนนสุรนารายณ์
ตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 044-009-009 ต่อ 3295, 3200
โทรศัพท์/โทรสาร 044-272-939
E-mail : sci-vijai@gmail.com
Website : http://www.sciencetech.nrru.ac.th

ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.อดิศร เนาวนนท์	อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
ผศ.ดร.พิเศษ ตู้กลาง	คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
ดร.ดวงธิดา โคตรโยธา	คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

บรรณาธิการ

ผศ.น.สพ.ประยุทธ กุศลรัตน์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

รองบรรณาธิการ

ผศ.ดร.จิราวรรณ อุ่นเมตตาอารี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ฝ่ายจัดการวารสาร

นายนิติพัฒน์ เดิมสันเทียะ
นางสาวพิชชานันท์ ศรีหมื่นไวย

กองบรรณาธิการ

ผศ.ดร.รัชฎาพร อุ่นศิวิไลย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ผศ.ดร.จิตรา สิงห์ทอง	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผศ.ดร.บุษกร ทองใบ	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รศ.ดร.พวงผกา แก้วกรม	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
รศ.ดร.เฉลิม เรืองวิริยะชัย	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร.สถาพร ชื่นชูจิตร	มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
ผศ.ทิพวัลย์ แสนคำ	มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
ผศ.ดร.วิริยา ลุ้งใหญ่	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.น.สพ.ภคนิจ คุปพิทยานันท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
รศ.ดร.สุวิทย์ อ๋องสมหวัง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
รศ.ดร.ทรงกต ทศานนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ดร.นิติ เอี่ยมชื่น	มหาวิทยาลัยพะเยา
ดร.วิภพ แพงวังทอง	มหาวิทยาลัยพะเยา
ผศ.ดร.จิระเดช มาจันแดง	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร.วันชัย บุญรอด	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.อภิวันท์ มนิมนากร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ผศ.ดร.นิรันดร์ คงฤทธิ์
ผศ.ดร.ธราพงษ์ เพ็ชรประยูร
ดร.มะลิวัลย์ สืบศาสนา
ดร.มณฑล วิสุทธิ
ดร.วัชรพงษ์ วงค์เขียว
ดร.ปรีติวัฒน์ วรรณบุษปวิช
ดร.ชิน ฮัว
ดร.วรฤทธิ์ กอปรสิริพัฒน์
ดร.ดวงสุดา โชคเฉลิมวงศ์
ดร.สิริกร กรมโพธิ์
สพ.ญ.พิมพ์ชนก โล่ห์ทองคำ
อาจารย์รัชนีกร มูลปา
อาจารย์อมรชัย ใจซื่อกุล
อาจารย์สุระ วรรณแสง
นายยุทธนา ตอสกุล

บทความหรือข้อคิดเห็นใดๆ ในวารสารนี้เป็นของผู้เขียน ซึ่งไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับทัศนะของกองบรรณาธิการ และมิใช่ความรับผิดชอบของคณะวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม – ธันวาคม 2560) ได้จัดทำขึ้นโดยหน่วยวิจัยและบริการวิชาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ร่วมกับคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ซึ่งบทความในวารสารเป็นบทความที่ได้รับการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิทั้งจากภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา มีวัตถุประสงค์การจัดทำเพื่อเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ เป็นสื่อกลางรายงานความก้าวหน้าทางวิจัย และแลกเปลี่ยนแนวความคิดในการวิจัย การตีพิมพ์ฉบับนี้ กองบรรณาธิการได้พิจารณาบทความวิจัยลงตีพิมพ์เผยแพร่ จำนวน 5 บทความ

ในการนี้ กองบรรณาธิการวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขอเชิญชวนนักวิจัย นักวิชาการ นิสิต นักศึกษา เครือข่าย หน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ส่งบทความที่ดีมีประโยชน์เผยแพร่ต่อสาธารณชน ในการนำไปใช้ประโยชน์ทั้งทางวิชาการและการพัฒนาต่อยอดต่อไป หากท่านใดประสงค์ที่จะเป็นสมาชิก สามารถสมัครได้ตามระเบียบการตีพิมพ์แนบท้ายวารสารนี้และเว็บไซต์ https://sciencetech.nrru.ac.th/journal

สารบัญ

การพัฒนาชุดทดสอบแบเรียมและตะกั่วด้วยอุปกรณ์ตรวจวิเคราะห์แบบกระดาษ 1
DEVELOPMENT OF BARIUM AND LEAD TEST-KIT USING MICROFLUIDIC
PAPER-BASED ANALYTICAL DEVICES

ทวี ทนาวร[1] สุนิสา นิยมนา[1] และ ธนากร เปลื้องกลาง[1*]
Thawee Tanaworn[1], Sunisa Niyomna[1] and Thanakorn Pluangklang[1*]

การพัฒนาแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะการใช้ภาษาญี่ปุ่นบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสำหรับปรับสมรรถนะ 14
การสื่อสารของพนักงานโรงงานแปรรูปอาหารในจังหวัดสมุทรสาคร
Developing Web-based Training Application on Japanese communication skills
for Food Industry in Samutsakhorn

สราวุธ แผลงศร[*]
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี 76000[*]

การศึกษาปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษา 21
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
Study of Risk factors in accident by riding the motorcycle of the student
in Rajabhat Nakhon Ratchasima University

นางสาวอาทิมา ฮาสูงเนิน (Miss.Atima Hasungnoen)[1]
นายเสมา ศรีเงิน (Mr.Sema Sringern)[1]
นายองอาจ เกตุโคกกรวด (Mr.Ongart Kedchokkruad)[2]
นางสาวสุภาวดี สุวิธรรมา (Miss. Suphawadee Suwithamma)[2]
นางสาวนิภาดา จรัสเอี่ยม (Miss.Niphada Charatiam)[2]

ผลของหอมแดงผงต่อการลดจุลินทรีย์ในเค้กกล้วยน้ำว้า 34
Effect of Dried Shallot Powder (***Allium ascalonicum*** L.)
on Microbial Reduction in Banana Cakes

กรกมล เวชสุวรรณ, ฉวีวรรณ ครั่งฝา และพิไลวรรณ เสาร์เคหา[1]
Kornkamol Wachsuwan, Chaweewan Krangfa and Pilaiwan Saokeha
ภัทราพร ยุธาชิต[2*]
Phattharaporn Yuthachit

ฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากพืช ในอำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช: 44
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย
Biological Activities of Plant Extract at Pakpanang, Nakhon Si Thammarat Province:
Antioxidant and Antibacterial Activities

มณฑล เลิศคณาวนิชกุล[1]
กิจติศักดิ์ ชววิสิฐ[1]
และ พูลสิทธิ์ หิรัญสาย[1]

การพัฒนาชุดทดสอบแบเรียมและตะกั่วด้วยอุปกรณ์ตรวจวิเคราะห์แบบกระดาษ

DEVELOPMENT OF BARIUM AND LEAD TEST-KIT USING MICROFLUIDIC PAPER-BASED ANALYTICAL DEVICES

ทวี ทนาวร[1] สุนิสา นิยมนา[1] และ ธนากร เปลื้องกลาง[1]*
Thawee Tanaworn[1], Sunisa Niyomna[1] and Thanakorn Pluangklang[1]*

บทคัดย่อ

การพัฒนาวิธีการแบบกระดาษสำหรับวิเคราะห์ปริมาณธาตุตะกั่วและแบเรียมในตัวอย่างอาศัยปฏิกิริยาระหว่างธาตุทั้งสองกับสารละลายอิ่มตัวโซเดียมโรไดโซเนตบนกระดาษให้สารผลิตผลเชิงซ้อนสีชมพู พบว่าเฉพาะธาตุตะกั่วเท่านั้นที่เกิดปฏิกิริยากับโซเดียมโรไดโซเนตให้สารผลิตผลสีชมพูในสภาวะที่เป็นกรด นักวิจัยจึงสามารถวิเคราะห์ปริมาณธาตุตะกั่วและแบเรียม (Pb+Ba) ได้จากการวิเคราะห์ความเข้มสีของสารผลิตผลที่เกิดขึ้นในสภาวะที่เป็นกลาง และสามารถวิเคราะห์ปริมาณธาตุตะกั่ว (Pb) ได้จากความเข้มสีของสารผลิตผลที่เกิดขึ้นในสภาวะที่เป็นกรด จากนั้นจึงหาผลต่างของปริมาณธาตุของทั้งสองสภาวะก็จะสามารถวิเคราะห์ปริมาณธาตุแบเรียม (Ba) ได้นั่นเอง

ผลการวิเคราะห์พบว่าวิธีการแบบกระดาษที่พัฒนาขึ้นสามารถวิเคราะห์ธาตุตะกั่วและแบเรียม (Pb+Ba) ได้ ที่ช่วงความเข้มข้นระหว่าง 400 – 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีขีดจำกัดของการตรวจวัดเท่ากับ 358 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถวิเคราะห์ธาตุตะกั่วได้ที่ช่วงความเข้มข้นระหว่าง 200 – 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีขีดจำกัดของการตรวจวัดเท่ากับ 124 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ การประยุกต์วิธีการแบบกระดาษเพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุทั้งสองในตัวอย่างสังเคราะห์เปรียบเทียบกับวิธีการแกร์ไฟต์เฟอร์เนซอะตอมมิคแอบซอร์บชันสเปกโตรเมตรี พบว่าให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นั่นแสดงว่าวิธีการแบบกระดาษที่พัฒนาขึ้นเป็นวิธีการทางเลือกใหม่ที่มีความสมรรถนะเหมาะสมสำหรับประยุกต์ใช้เป็นชุดทดสอบปริมาณธาตุตะกั่วและแบเรียมได้

คำสำคัญ: แบเรียม ตะกั่ว ชุดทดสอบ และอุปกรณ์ตรวจวิเคราะห์แบบกระดาษ

[1]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา 30000
[1]Chemistry Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University, Nakhon Ratchasima, 30000
[*]Corresponding author. E-mail address; thanakorn.p@nrru.ac.th

Abstract

This project is aimed to develop a microfluidic paper-based analytical devices (μPADs) for determination of Ba and Pb. The product of these elements and saturated sodium rhodizonate (SRZ) solution are formed with a pink color in natural medium. It was found that, Pb can react with SRZ solution in acidic medium to form purple color product. Hence, a mixture of Ba and Pb solution can be determined by analyzing a pink color intensity produced in natural medium. In the other hand, Pb content was determined by analyzing a blue-purple color intensity formed in acidic medium. Subtraction by those two media was computed for determination of Ba content, respectively.

The results were found that, a developed μPADs can apply for determination of total Ba and Pb content in range of 400-2,000 mgL^{-1} with 358 mgL^{-1} detection limit. In case of Pb, the proposed method can be applied in range of 200-1,000 mgL^{-1} with 124 mgL^{-1} detection limit. An application of this method for determination Ba and Pb content in a syntactic samples showed no significantly different by comparison with the standard Graphite furnace atomic absorption spectrophotometry (GFAAS) at 95% confidence limit. From these finding, it can conclude that, the proposed μPADs method can be the new alternative test-kit for determination of Ba and Pb.

Key words: Barium, Lead, Test-kit and Microfluidic Paper-based Microfluidic Analytical Devices

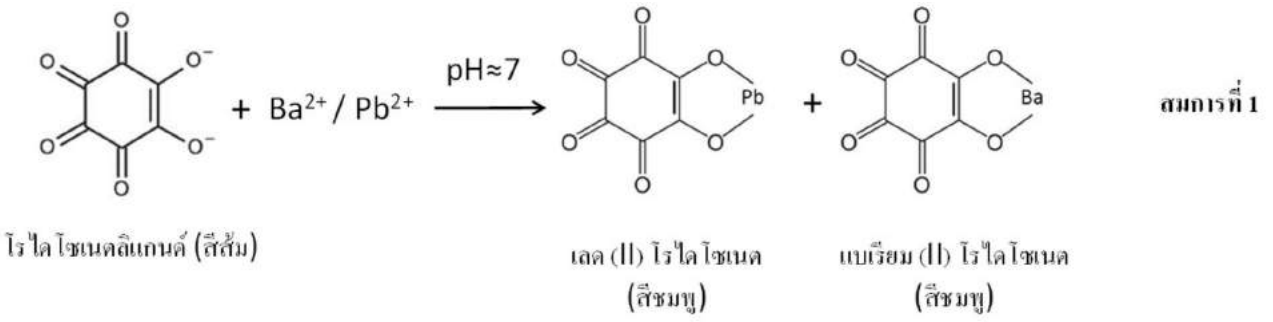
1. บทนำ

ธาตุแบเรียมและตะกั่วจัดเป็นโลหะที่พบได้ทั่วไปในรูปของสารประกอบต่างๆ ถูกใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรม การทำโคลนผงที่ใช้ในการขุดเจาะปิโตรเลียม การฟอกสี การผลิตสารเคมี การผลิตไฟฟ้าโดยใช้ถ่านหิน การทำแบตเตอรี่ การใช้ปุ๋ยเคมีและยากำจัดศัตรูพืชทางการเกษตร (จุฑามาศ สัตยวิวัฒน์, 2532; กฤษณา ปาสานา, 2557) นอกจากนี้ธาตุแบเรียมและตะกั่วยังสามารถพบในคราบเขม่าที่เกิดจากการยิงปืนซึ่งเกิดขึ้นภายหลังการยิงปืน ในการตรวจพิสูจน์หาผู้ต้องสงสัยนั้นจะทำการวิเคราะห์ธาตุโลหะทั้งสองนี้เพื่อใช้ในการพิสูจน์และระบุตัวอาชญากรหรือผู้บริสุทธิ์ได้ จึงมีนักวิจัยให้ความสนใจค้นคว้าพัฒนาเทคนิคที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์โลหะทั้งสองนี้เป็นอย่างมาก (Koons, 1998; Bokowska, Harrsch and Gluodenis, 2006; อรอนงค์ แก้วบุตร, 2557; ศิริลักษณ์ ชไมบุปผา, 2551; อัจฉราภรณ์ ประสงค์, 2552; Kage et al., 2001; Sarkis et al., 1991)

การวิเคราะห์แบเรียมและตะกั่วในปัจจุบันสามารถทำการวิเคราะห์ได้หลายวิธี โดยใช้เทคนิคต่างๆ เช่น Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry (ICP - MS) ที่สามารถควบคุมสิ่งรบกวนที่เกิดจากวิธีการสกัด มีสภาพไวในการวิเคราะห์สูง ช่วงความเข้มของการสร้าง Calibration Curve กว้าง ใช้เวลาในการวิเคราะห์สั้นและมีความเที่ยงตรงและความแม่นยำสูง (Koons, 1998; Bokowska, Harrsch and Gluodenis, 2006) เทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) ที่ทำการวัดโดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานน้อย (อรอนงค์ แก้วบุตร, 2557) เทคนิค Inductively Plasma – Optical Emission Spectrometry (ICP – OES) ที่สามารถวัดปริมาณของธาตุพลวง แบเรียม และตะกั่วได้ (ศิริลักษณ์ ชไมบุปผา, 2551; อัจฉราภรณ์ ประสงค์, 2552) เทคนิค Scanning Electron Microscope/Wavelength Dispersive X – Ray (SEM/WDX) ที่มีการวิเคราะห์อย่างละเอียดด้วยการวิเคราะห์ทั้งหมด 3 ขั้นตอน (Kage et al., 2001) เทคนิค Sector Field Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (SF-ICP-MS) ที่สามารถตรวจพิสูจน์ธาตุโลหะที่มีความเข้มข้นต่ำน้อยกว่า 1 ไมโครกรัมต่อลิตร (Sarkis et al., 1991)

เทคนิคการวิเคราะห์ต่างๆดังกล่าวแล้วข้างต้นล้วนเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ที่มีคุณภาพสูง สามารถวิเคราะห์ได้ที่ความเข้มข้นต่ำ มีความไวในการวิเคราะห์ ทว่าเทคนิคเหล่านี้มีข้อจำกัด คือ เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์มีขนาดใหญ่ ยากต่อการเคลื่อนย้ายและมีราคาสูง ผู้วิจัยจึงเห็นว่าการพัฒนาชุดทดสอบแบเรียมและตะกั่วโดยใช้อุปกรณ์ตรวจวิเคราะห์แบบกระดาษจะช่วยทำให้การวิเคราะห์ธาตุแบเรียมและตะกั่วมีความรวดเร็วมากยิ่งขึ้น อีกทั้งอุปกรณ์ที่ทำจากกระดาษยังมีราคาถูก สามารถหาได้ง่าย ใช้สาร

เคมีปริมาณน้อย ให้ผลการวิเคราะห์ที่รวดเร็ว อุปกรณ์มีขนาดเล็กน้ำหนักเบา สามารถพกพาไปทดสอบในสถานที่ที่ห่างไกลจากห้องปฏิบัติการได้ โดยสะดวก (Cate et al., 2013; กนกวรรณ ฟีสันเทียะและยุภาพร สมีน้อย, 2557; ธาวิต สุวรรรณไตร, 2558; ฉัตฑริกา ปุยละเทิม, ณัฏฐนันท์ แก้วสันเทียะ และเรวดี พลอยไป, 2558; วนิดา หลายวัฒนไพศาล, 2555; Sameenoi et al., 2014; Martinez et al., 2009; Lisowski and Zarzycki, 2013) หลักการที่ใช้อาศัยปฏิกิริยาระหว่างธาตุทั้งสองซึ่งสามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับลิแกนด์โรไดโซเนต (Rhodizonate) ได้อย่างจำเพาะเจาะจง (Northwestern, 1940) ในสภาวะที่เป็นกลาง (สมการที่ 1) แต่เมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นกรด (pH < 7) โลหะตะกั่วเท่านั้นจะยังสามารถเกิดสารเชิงซ้อนสีชมพูกับโรไดโซเนตได้ ขณะที่แบเรียมจะไม่สามารถเกิดสารเชิงซ้อนสีชมพูข้างต้นได้



สมการที่ 1

ด้วยเหตุผลข้างต้นจึงสามารถเกิดสารเชิงซ้อนของตะกั่วและแบเรียมกับโรไดโซเนตลิแกนด์ก่อน ปริมาณสารผลิตผลที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณโลหะทั้งสองรวมกัน ก่อนปรับสภาวะการทดลองให้เป็นกรดเพื่อกำจัดสารผลิตผลอันเนื่องมาจากโลหะแบเรียม จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ปริมาณโลหะตะกั่วซึ่งจะเป็นสัดส่วนกับปริมาณสารผลิตผลที่เหลือในสภาวะที่เป็นกรด สุดท้ายปริมาณโลหะแบเรียมก็สามารถคำนวณได้จากผลต่างของการวิเคราะห์ปริมาณระหว่างสองสภาวะข้างต้น

วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Atomic absorption spectrophotometer, AAS) รุ่น SpectrAA 220Z บริษัท Varian

กระดาษกรองเบอร์ 1 (Filter paper No.1) ยี่ห้อ Whatman, Sigma – Aldrich

ไมโครปิเปต (Micro pipette)

Block screen

เครื่องเป่าผม (Electric hair dryer) รุ่น CKL – 950 บริษัท Vogue hair dryer

สมาร์ทโฟน ยี่ห้อ Apple รุ่น iPhone 5s ความละเอียดกล้อง 8 Megapixel

เครื่องชั่งไฟฟ้า (Analysis balance) รุ่น PG2002 – S, METTLER TOLEDO

2.2 สารเคมี

กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid, HCl) บริษัท RCL Labscan

กรดไนตริก (Nitric acid, HNO_3) ชนิด AR grade บริษัท Carlo Erba Reagents-SDS

เทียนไขขี้ผึ้ง ร้านคุณธรรมสังฆภัณฑ์ จังหวัดนครราชสีมา

สารละลายมาตรฐานตะกั่ว (Lead Standard for AAS) เกรด TraceCERT® ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร (Pb in nitric acid) บริษัท Loba Chemie

สารละลายมาตรฐานแบเรียม (Barium Standard for AAS) เกรด TraceCERT® ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร (Ba in nitric acid) บริษัท Loba Chemie

เลด (II) ไนเตรต (Lead (II) nitrate, $Pb(NO_3)_2$) ชนิด AR grade บริษัท Ajax Finechem

แบเรียมไนเตรต (Barium nitrate, $Ba(NO_3)_2$) ชนิด AR grade บริษัท Ajax Finechem

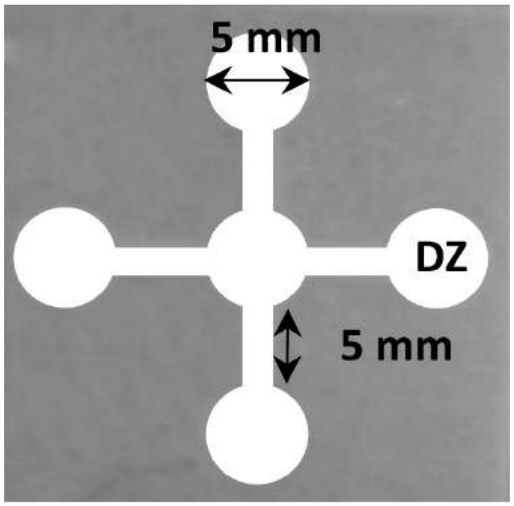
โซเดียมโรไดโซเนต (Sodium rhodizonate dibasic, $C_6Na_2O_2$) บริษัท Sigma-aldrich Chemie

น้ำปราศจากไอออนที่มีค่าความต้านทานไม่ต่ำกว่า 10^8 Ω (Deionized water, DI)

วิธีการทดลอง

2.3.1 การประดิษฐ์อุปกรณ์กระดาษด้วยวิธีการพิมพ์สกรีนด้วยเทียนไขขี้ผึ้ง (Wax screen printing)

ออกแบบ Block screen โดยโปรแกรมไมโครซอฟท์ เพาเวอร์พอยต์ (Microsoft power point) เพื่อให้มีรูที่สามารถสกรีนเทียนไขผ่านลงบนพื้นผิวของกระดาษตามรูปแบบที่ต้องการ แล้วจึงขัดเทียนไขขี้ผึ้งผ่าน Block screen ซึ่งเป็นแม่พิมพ์ที่วางอยู่บนกระดาษกรองด้านล่างรองด้วยแผ่นแก้ว เพื่อสร้างบริเวณที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic area) จากนั้นขูดเทียนไขส่วนเกินออกด้วยแผ่นพลาสติก และให้ความร้อนด้วยเครื่องเป่าผมเล็กน้อยเพื่อให้เทียนไขขี้ผึ้งละลายแทรกซึมลงในรูพรุนกระดาษกรอง แสดงลักษณะของกระดาษที่ประดิษฐ์ได้ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงอุปกรณ์แบบกระดาษที่ประดิษฐ์ขึ้น พื้นที่สีเหลืองแสดงบริเวณที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic area) ซึ่งรูพรุนของกระดาษถูกครอบครองด้วยเทียนไข พื้นที่สีขาวเป็นพื้นที่ของกระดาษ (Hydrophilic area) ปลายแขนถูกออกแบบเป็นลักษณะวงกลม 4 วง เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตรเท่ากัน เป็นบริเวณสำหรับเกิดปฏิกิริยาและตรวจวัดความเข้มสีของสารผลิตผลที่เกิดขึ้น (Detection zone, DZ) สามารถทดลองได้รวม 4 ครั้ง (n=4) ต่อชิ้น

2.3.2 การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์แบเรียมและตะกั่วด้วยวิธีการวัดความเข้มสีบนอุปกรณ์แบบกระดาษ

2.3.2.1 การศึกษาปริมาตรที่เหมาะสมของสารละลายอิ่มตัวโซเดียมโรไดโซเนตสำหรับหยดลงบน Detection zone

เตรียมสารละลายอิ่มตัวโซเดียมโรไดโซเนตโดยใช้น้ำปราศจากไอออนเป็นตัวทำละลาย จากนั้นทำการหยดสารละลายอิ่มตัวโซเดียมโรไดโซเนตลงบนกระดาษบริเวณ DZ (ภาพที่ 1) ที่ปริมาตรต่างๆ ได้แก่ 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2, 1.3,1.4, 1.5, 1.6, 1.7 และ 1.8 ไมโครลิตร ตามลำดับ สังเกตการซึมแพร่ของสารละลายภายในพื้นที่วงกลมและทำการเลือกปริมาตรที่เหมาะสมของสารละลายอิ่มตัวโซเดียมโรไดโซเนตซึ่งซึมแพร่เต็มบริเวณวงกลมพอดี สำหรับหยดลงบนกระดาษเพื่อใช้ในการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ต่อไป

2.3.2.2 การศึกษาเวลาที่เหมาะสมสำหรับการใช้สารละลายอิ่มตัวโซเดียมโรไดโซเนตเพื่อทำปฏิกิริยา

หยดสารละลายอิ่มตัวโซเดียมโรไดโซเนตปริมาตร 1 ไมโครลิตร ลงบนกระดาษบริเวณ DZ บันทึกภาพเมื่อเวลาผ่านไป 0, 15, 30 และ 45 วินาที 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90 และ 120 นาที ตามลำดับ วัดค่าความเข้มสีจากภาพถ่ายบริเวณ DZ ด้วยโปรแกรมอิมเมจ เจ (Image J) เพื่อสังเกตความคงตัวของสารละลายโซเดียมโรไดโซเนต และเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สามารถใช้งานสารละลายอิ่มตัวโซเดียมโรไดโซเนตในการทำปฏิกิริยาบนกระดาษ เพื่อใช้ในการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์

2.3.2.3 การศึกษาลำดับการเข้าทำปฏิกิริยาของสารละลายอิ่มตัวโซเดียมโรไดโซเนต ก่อน – หลัง การหยดสารละลายมาตรฐาน

หยดสารละลายอิ่มตัวโซเดียมโรไดโซเนต

ปริมาตร 1 ไมโครลิตร ลงบนกระดาษบริเวณ DZ เมื่อเวลาผ่านไป 15 วินาที หยดสารละลายมาตรฐานตะกั่วความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 1 ไมโครลิตร ลงบนบริเวณเดิม ทำการทดลองอีกครั้งโดยเปลี่ยนเป็นหยดสารละลายมาตรฐานตะกั่วความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตรก่อน แล้วหยดสารละลายอิ่มตัวโซเดียมโรไดโซเนตลงบนกระดาษบริเวณ DZ โดยใช้เงื่อนไขของเวลาในการทดลองเช่นเดียวกัน ก่อนทำการเลือกลำดับการหยดสารละลายที่เหมาะสมสำหรับการเกิดปฏิกิริยาของสาร

2.3.2.4 การศึกษาปริมาตรสารละลายอิ่มตัวของโซเดียมโรไดโซเนตที่เหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยา

หยดสารละลายมาตรฐานตะกั่วเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 1 ไมโครลิตร ลงบนกระดาษบริเวณ DZ แล้วทิ้งไว้ให้แห้ง จากนั้นหยดสารละลายอิ่มตัวโซเดียมโรไดโซเนต ปริมาตร 1 ไมโครลิตร ลงบนกระดาษบริเวณเดิม ทำการทดลองซ้ำเหมือนเดิมทุกประการแต่เปลี่ยนปริมาตรของสารละลายอิ่มตัวโซเดียมโรไดโซเนตเป็น 1.5 และ 2 ไมโครลิตร ตามลำดับ บันทึกภาพและวัดค่าความเข้มสีจากภาพถ่ายบริเวณ DZ ด้วยโปรแกรมอิมเมจเจ ก่อนเลือกปริมาตรของสารละลายอิ่มตัวโซเดียมโรไดโซเนต ที่เหมาะสมที่ใช้หยดลงบนกระดาษที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาดีที่สุด

2.3.2.5 การศึกษาจำนวนซ้ำการหยดสารละลายมาตรฐานสำหรับการเกิดปฏิกิริยา

หยดสารละลายมาตรฐานตะกั่ว เข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 1 ไมโครลิตร ลงบนกระดาษบริเวณ DZ จำนวน 1 ซ้ำ แล้วทิ้งไว้ให้แห้ง จากนั้นหยดสารละลายอิ่มตัวโซเดียมโรไดโซเนต ปริมาตร 1 ไมโครลิตร ลงบนกระดาษบริเวณเดิม ทำการทดลองซ้ำเหมือนเดิมทุกประการแต่เปลี่ยนจำนวนซ้ำของสารละลายมาตรฐานตะกั่วเป็น 2 3 4 และ 5 ซ้ำ ตามลำดับ บันทึกภาพและวัดค่าความเข้มสีจากภาพถ่ายบริเวณ DZ ด้วยโปรแกรมอิมเมจเจ ก่อนทำการเลือกจำนวนครั้งที่เหมาะสมสำหรับสารละลายมาตรฐานตะกั่วที่ใช้หยดลงบนกระดาษเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาดีที่สุด

2.3.2.6 การศึกษาช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับสร้างกราฟมาตรฐาน

เตรียมสารละลายมาตรฐานตะกั่ว เข้มข้น 0, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากนั้นหยดสารละลายมาตรฐานตะกั่ว เข้มข้น 0 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 1 ไมโครลิตร ลงบนกระดาษบริเวณ DZ ทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วจึงหยดสารสารละลายอิ่มตัวโซเดียมโรไดโซเนต ปริมาตร 1 ไมโครลิตร ลงบนกระดาษบริเวณเดิม บันทึกภาพเมื่อเวลาผ่านไป 15 วินาที แล้วจึงหยดสารละลาย 0.5 โมลต่อลิตร กรดไฮโดรคลอริก ปริมาตร 1 ไมโครลิตร บันทึกภาพเมื่อเวลาผ่านไปอีก 30 วินาที และวัดค่าความเข้มสีจากภาพถ่ายด้วยโปรแกรมอิมเมจเจ ทำการทดลองซ้ำเหมือนเดิมทุกประการแต่เปลี่ยนความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานตะกั่ว เป็น 100, 200, 300, 400, 500, 600, 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เลือกช่วงความเข้มข้นที่ให้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับค่าความเข้มสีที่จำเพาะกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานตะกั่ว เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ธาตุตะกั่วด้วยอุปกรณ์แบบกระดาษต่อไป

2.3.3 การสร้างกราฟมาตรฐานของตะกั่วและแบเรียมด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบกระดาษ

2.3.3.1 การทดลองสร้างกราฟมาตรฐานตะกั่วและแบเรียมด้วยวิธีการแบบกระดาษ

เตรียมสารละลายมาตรฐานแบเรียมไนเตรต ($Ba(NO_3)_2$) และสารละลายเลด(II)ไนเตรต ($Pb(NO_3)_2$) แต่ละชนิดความเข้มข้นของโลหะเท่ากับ 0, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากนั้นหยดสารละลายตัวอย่างตะกั่วที่ความเข้มข้น 0 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 1 ไมโครลิตร ลงบนกระดาษบริเวณ DZ ทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วจึงหยดสารละลายอิ่มตัวโซเดียมโรไดโซเนต ปริมาตร 1 ไมโครลิตร ลงบนกระดาษบริเวณเดิม บันทึกภาพและวัดความเข้มสีเขียวบริเวณ DZ ด้วยโปรแกรมอิมเมจเจ จากนั้นจึงทำการสร้างกราฟมาตรฐานของธาตุตะกั่ว ทำการทดลองเช่นเดียวกันทุกประการแต่เปลี่ยนจากสารละลายมาตรฐานตะกั่วเป็นสารละลายมาตรฐานแบเรียมและสร้างกราฟมาตรฐานของโลหะทั้งสองโดยใช้ค่าความเข้มสีเขียวต่อไป

2.3.3.2 การทดลองสร้างกราฟมาตรฐานผสมระหว่างตะกั่วและแบเรียมด้วยวิธีการแบบกระดาษ เตรียมสารละลายมาตรฐานผสมความเข้มข้นอย่างละเท่าๆกันระหว่างตะกั่วและแบเรียม ที่ความเข้มข้น (0/0) (100/100) (200/200) (300/300) (500/500) (800/800) และ (1,000/1,000) มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากนั้นหยดสารละลายผสม ความเข้มข้น (0,0) มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 1 ไมโครลิตร ลงบนกระดาษบริเวณ DZ ทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วหยดสารละลายอิ่มตัวโซเดียมโรไดโซเนต ปริมาตร 1 ไมโครลิตร ลงบนกระดาษบริเวณเดิม บันทึกภาพเมื่อ

เวลาผ่านไป 15 วินาที แล้วจึงหยดสารละลาย 0.5 โมลต่อลิตร กรดไฮโดรคลอริก ปริมาตร 1 ไมโครลิตร บันทึกภาพเมื่อเวลาผ่านไปอีก 30 วินาที ทำการทดลองซ้ำเหมือนเดิมทุกประการแต่เปลี่ยนความเข้มข้นสารละลายผสมเป็น (100/100) (200/200) (300/300) (500/500) (800/800) และ (1,000/1,000) มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ วัดค่าความเข้มสีจากภาพถ่ายก่อนและหลังการหยดสารละลายกรดไฮโดรคลอริกด้วยโปรแกรมอิมเมจเจ สำหรับการสร้างกราฟมาตรฐานของตะกั่วกับแบเรียม (Pb+Ba) และตะกั่ว (Pb) ตามลำดับ จากกราฟมาตรฐานที่ได้สามารถนำไปประยุกต์เพื่อหาความเข้มข้นของตะกั่วและแบเรียมในสารละลายตัวอย่างต่อไป

2.3.4 การวิเคราะห์ปริมาณแบเรียมและตะกั่ว ด้วยเทคนิค Graphite furnace atomic absorption spectrophotometry (GFAAS)

เตรียมสารละลายมาตรฐานแบเรียมและตะกั่ว ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 100 และ 50 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เพื่อนำวัดค่าการดูดกลืนแสงสำหรับการสร้างกราฟมาตรฐานด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometer, GFAAS) โดยใช้เงื่อนไขต่างๆ สำหรับวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายแบเรียมและตะกั่วด้วยตามข้อเสนอแนะของบริษัทผู้ผลิต แสดงดังตารางที่ 1 จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงของโลหะตะกั่วและแบเรียมที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐาน ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานตะกั่วและแบเรียมกับค่าการดูดกลืนแสงที่สามารถนำไปประยุกต์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณโลหะทั้งสองต่อไป

2.3.5 การวิเคราะห์ปริมาณแบเรียมและตะกั่วในสารละลายตัวอย่างด้วยอุปกรณ์แบบกระดาษที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน GFAAS

การวิเคราะห์ปริมาณโลหะทั้งสองในสารละลายตัวอย่างชนิดเดียวกัน โดยใช้วิธีการทั้งสองดังกล่าวแสดงไว้ในหัวข้อ 2.3.3 และ 2.3.4 ในงานวิจัยนี้สารละลายตัวอย่างเป็นสารละลายตัวอย่างสังเคราะห์ เตรียมจากสารละลายมาตรฐานผสมระหว่างแบเรียมและตะกั่ว ซึ่งเป็นการเตรียมขึ้นมาในห้องปฏิบัติการโดยเฉพาะสำหรับใช้เพื่อการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ μPADs ที่พัฒนาขึ้นโดยการเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน GFAAS ซึ่งเป็นวิธีที่ประยุกต์อย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์ปริมาณโลหะ

ตารางที่ 1 แสดงเงื่อนไขที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณธาตุตะกั่วและแบเรียมด้วยเทคนิค GFAAS

เงื่อนไข	ธาตุ	
	ตะกั่ว	แบเรียม
ความยาวคลื่นที่วัดการดูดกลืน (นาโนเมตร)	283.3	553.6
อุณหภูมิที่เผาให้เป็นขี้เถ้า (องศาเซลเซียส)	400	1,000
อุณหภูมิที่เผาให้เกิดอะตอมเสรี (องศาเซลเซียส)	2,100	2,600
เวลาที่ใช้เพื่อทำให้เกิดอะตอมเสรี (วินาที)	68	69.3
ความเข้มข้นเริ่มต้นสำหรับสร้างกราฟมาตรฐาน (ไมโครกรัมต่อลิตร)	50.00	100.00
ช่วงความเข้มข้นที่ใช้สร้างกราฟมาตรฐาน (ไมโครกรัมต่อลิตร)	5.00 – 40.00	10.00 – 80.00

ผลการทดลองและอภิปราย

3.1 ผลการประดิษฐ์อุปกรณ์กระดาษด้วยวิธีการพิมพ์สกรีนด้วยเทียนไขขี้ผึ้ง

การประดิษฐ์อุปกรณ์วิเคราะห์แบบกระดาษด้วยวิธีการสกรีนเทียนไขขี้ผึ้งผ่าน Block screen ลงบนพื้นผิวของกระดาษกรองและให้ความร้อนแก่เทียนไขเพื่อให้เนื้อเทียนไขหลอมละลายแทรกซึมเข้าแทรกเต็มพื้นที่ภายในรูพรุนของกระดาษกรอง แสดงภาพอุปกรณ์กระดาษที่ได้ดังภาพที่ 1 พบว่าอุปกรณ์กระดาษที่ประดิษฐ์ขึ้นมีคุณภาพที่ดีในแง่ของการสร้างพื้นที่ที่ไม่ชอบน้ำ โดยการทดสอบการไหลของสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายในบริเวณที่ชอบน้ำ (พื้นที่สีขาวในภาพที่ 1) พบว่าการเคลื่อนที่ของสารละลายจะถูกจำกัดอยู่เฉพาะในบริเวณที่ชอบน้ำเท่านั้น สารละลายไม่สามารถเคลื่อนที่ออกสู่ภายนอกบริเวณข้างต้นได้ นั่นแสดงว่ากระบวนการประดิษฐ์อุปกรณ์ที่ใช้มีความเหมาะสมเพราะสามารถสร้างรอยต่อระหว่างพื้นที่ที่ชอบและไม่ชอบน้ำบนกระดาษได้อย่างสมบูรณ์ กระบวนการดังกล่าวนี้ใช้วัสดุเทียนไขที่อยู่ในสถานะของแข็งสกรีนลงบนพื้นผิวของกระดาษโดยตรง ด้วยเหตุที่ใช้วัสดุและอุปกรณ์ต่างๆที่จัดหาได้ในท้องถิ่นและผลิตได้เองในห้องปฏิบัติการส่งผลให้อุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้นมีราคาต่ำเพียง 0.5 บาทต่อชิ้น ทั้งยังมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ในงานวิเคราะห์ต่อไป

3.2 การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์แบเรียมและตะกั่วด้วยวิธีการวัดความเข้มสีบนอุปกรณ์แบบกระดาษ

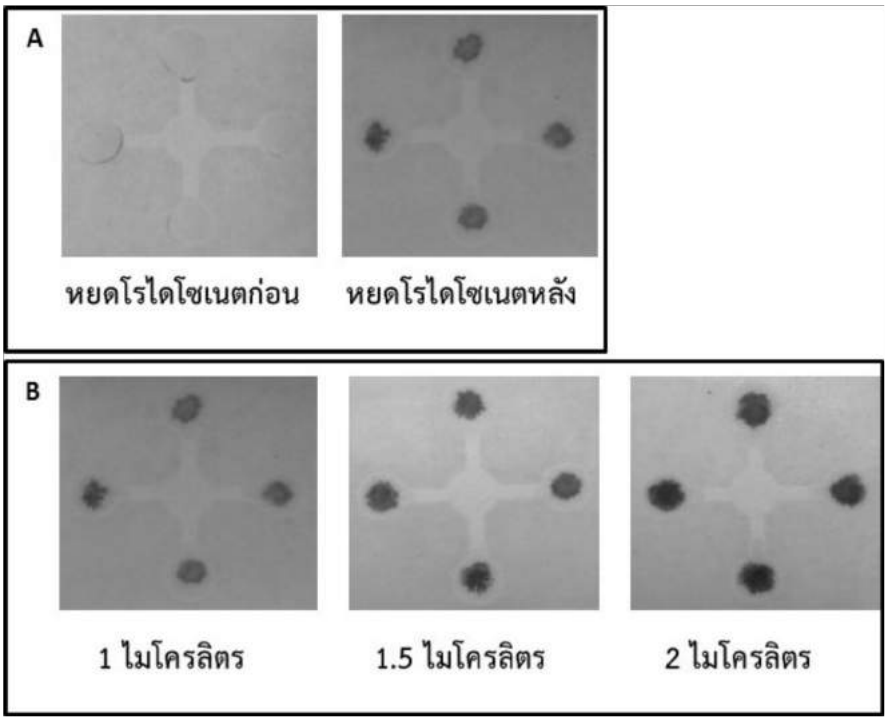
ปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องสำหรับการพัฒนาชุดทดสอบโลหะตะกั่วและแบเรียมบนอุปกรณ์ μPADs ได้ถูกศึกษา (หัวข้อ 2.3.2) จากผลการศึกษาอิทธิพลต่างๆทำให้สามารถคัดเลือกสภาวะที่มีความเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์โลหะตะกั่วและแบเรียมบนอุปกรณ์ μPADs ที่พัฒนาขึ้น ทั้งนี้โดยพิจารณาคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมจากขีดจำกัดของอุปกรณ์หรือสารเคมีที่ใช้และประสิทธิภาพที่เกิดขึ้นในแง่ต่างๆของอุปกรณ์ เช่น การส่งเสริมปฏิกิริยาเคมี (promotion of chemical reaction) ความไว (sensitivity) ความเที่ยงตรง (precision) และความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linearity) เป็นต้น แสดงผลการศึกษาปัจจัยต่างๆ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์แบเรียมและตะกั่วด้วยอุปกรณ์ μPADs

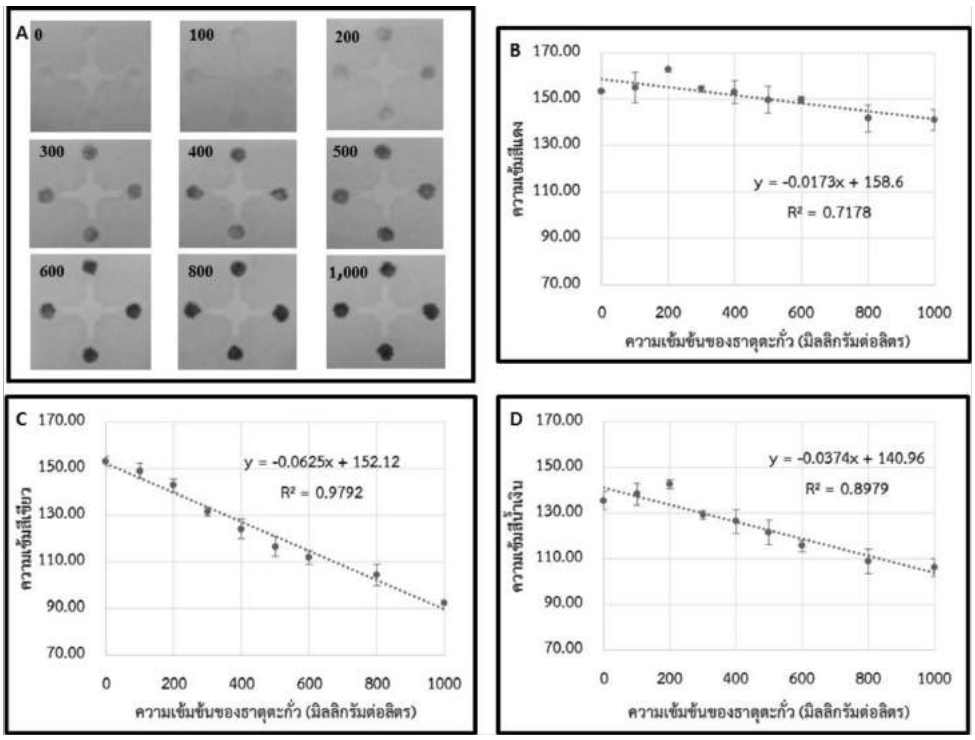
ที่	ปัจจัยที่ทำการศึกษา	ช่วงที่ทำการศึกษา	เงื่อนไขที่เหมาะสม
1	ปริมาตรของสารละลายอิ่มตัวโรไดโซเนตสำหรับหยดลงบน DZ (ไมโครลิตร)	0.5 – 1.8	0.8 – 1.2
2	เวลาที่เหมาะสมสำหรับการใช้สารละลายอิ่มตัวโรไดโซเนตเพื่อทำปฏิกิริยา	0 – 45 วินาที และ 1 – 120 นาที	≤ 30 วินาที
3	ลำดับการเข้าทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายอิ่มตัวโรไดโซเนตและสารละลายมาตรฐาน	หยดโรไดโซเนตก่อน – หลังสารมาตรฐาน	หยดโรไดโซเนตหลังสารมาตรฐาน
4	ปริมาตรสารละลายอิ่มตัวของโรไดโซเนตที่เหมาะสมสำหรับการทำปฏิกิริยา (ไมโครลิตร)	1 - 2	2
5	จำนวนซ้ำการหยดสารละลายมาตรฐานสำหรับการเกิดปฏิกิริยา (ครั้ง)	1 - 5	3
6	ช่วงความเข้มข้นสำหรับสร้างกราฟมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0 – 1,000	200 – 1,000
7	ค่าความเข้มสีที่วัดจากโปรแกรมอิมเมจเจสำหรับสร้างกราฟมาตรฐาน	เขียว และน้ำเงินแดง	เขียว

จากตารางที่ 2 เริ่มพิจารณาที่อิทธิพลจากปัจจัยที่ 1 การหยดปริมาตรต่างๆของสารละลายอิ่มตัวโซเดียมโรไดโซเนตลงตรงบริเวณ DZ ของอุปกรณ์ μPADs พบว่าปริมาตรระหว่าง 0.8 – 1.2 ไมโครลิตร สารละลายเคลื่อนที่เต็มพื้นที่วงกลมอย่างสมบูรณ์ นักวิจัยจึงเลือกใช้ปริมาตรที่ 1 ไมโครลิตรสำหรับการทดลองต่อไป ต่อมาที่ปัจจัยที่ 2 เวลาที่ผ่านไปภายหลังหยดสารละลายอิ่มตัวโซเดียมโรไดโซเนตลงตรงบริเวณ DZ พบว่าสีส้มของสารจะคงตัวอยู่ในช่วงเวลา 1 นาทีแรกเท่านั้น จากนั้นพบว่าสีส้มจะเริ่มจางลงมากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป สอดคล้องกับรายงานผลการวิจัยของ K. A. Savage, 2002 ที่เสนอว่าการทดสอบด้วยสารละลายโซเดียมโรไดโซเนตจะใช้ไม่ได้ผลเมื่อผ่านไป 1 ชั่วโมง นักวิจัยจึงเลือกใช้เวลาในการทดลองไม่เกิน 30 วินาทีซึ่งเป็นเวลาที่นานเพียงพอสำหรับปฏิบัติการวิเคราะห์ ปัจจัยที่ 3 เกี่ยวกับลำดับในการหยดสารละลายพบว่าการหยดสารละลายอิ่มตัวโซเดียมโรไดโซเนตก่อนสารละลายมาตรฐานตะกั่วไม่เกิดสารผลิตผลขึ้น ด้วยเหตุผลที่ตะกั่วสามารถเกิดสารเชิงซ้อนกับโซเดียมโรไดโซเนตที่ pH ระหว่าง 2.8 – 8.5 ดังนั้นการหยดสารละลายมาตรฐานตะกั่วที่ละลายในตัวกลางของกรดไนตริก (pH < 2.8) ส่งผลให้ไม่เกิดสารผลิตผลสีชมพูตามต้องการ ทว่าลำดับการเติมสารมาตรฐานตะกั่วแล้วทิ้งไว้จนแห้งสนิทแล้วจึงหยดโซเดียมโรไดโซเนตพบว่าสามารถเกิดสารผลิตผลสีชมพูขึ้นตามต้องการ พิจารณาได้จากภาพที่ 2A

ปัจจัยที่ 4 5 และ 6 ถูกศึกษาพร้อมกัน ผลการศึกษาปัจจัยที่ 6 แสดงผลดังภาพที่ 3 กราฟมาตรฐานที่พลอตระว่างความเข้มข้นโลหะตะกั่วกับความเข้มสีเขียวให้ความชันและความเป็นเส้นตรงที่ดีที่สุด ทว่าความเข้มข้นแปรผันแบบผกผันกับความเข้มสีเขียว จึงสามารถนำค่าความเข้มสีเขียวไปใช้ตัดสินเลือกสภาวะที่เหมาะสมอื่นๆได้ เช่น ปัจจัยที่ 4 ศึกษาปริมาตรของสารละลายอิ่มตัวโซเดียมโรไดโซเนตที่ใช้หยดลงบนสารละลายมาตรฐานตะกั่ว พบว่าค่าความเข้มสีเขียวมีแนวโน้มลดลงจาก 166.75±5.07, 156.75±7.46 และ 155.25±3.27 เมื่อใช้ปริมาตร 1.0 1.5 และ 2.0 ไมโครลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 2B) ทำนองเดียวกันผลการศึกษาปัจจัยที่ 5 พบว่าค่าความเข้มสีเขียวมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มจำนวนซ้ำในการหยดสารมาตรฐานมากขึ้น เนื่องเพราะเป็นการเพิ่มปริมาณของโลหะตั้งต้นมากขึ้น นับเป็นการปรับปรุงความไวของวิธีการให้เพิ่มมากขึ้นได้ ทว่าเมื่อพิจารณาร่วมกันระหว่างความไวและเวลาที่เพิ่มขึ้น นักวิจัยเลือกจำนวน 3 ซ้ำเป็นสภาวะที่เหมาะสม



ภาพที่ 2 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการวิเคราะห์ด้วยอุปกรณ์ μPADs (A) อิทธิพลของลำดับการเข้าทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายอิ่มตัวโซเดียมโรไดโซเนตและสารละลายมาตรฐานตะกั่ว (B) อิทธิพลของปริมาตรของสารละลายอิ่มตัวโซเดียมโรไดโซเนต

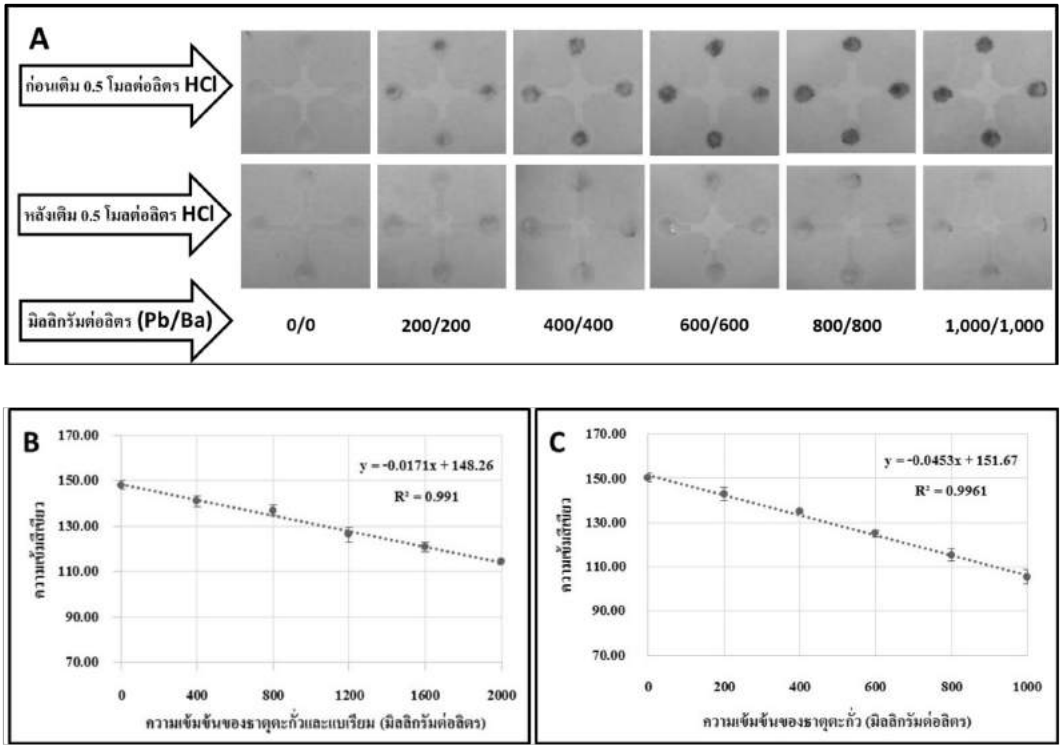


ภาพที่ 3 ผลการวิเคราะห์ธาตุตะกั่วด้วยอุปกรณ์ μPADs (A) ภาพถ่ายสารผลิตผลที่เกิดจากโลหะตะกั่วความเข้มข้นระหว่าง 0 – 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตรกับสารละลายอิ่มตัวโซเดียมโรไดโซเนตบนอุปกรณ์ μPADs (B) กราฟมาตรฐานตะกั่วพลอตกับความเข้มสีแดง (C) กราฟมาตรฐานตะกั่วพลอตกับความเข้มสีเขียว และ (D) กราฟมาตรฐานตะกั่วพลอตกับความเข้มสีน้ำเงิน ตามลำดับ ค่าความเข้มสีวัดด้วยโปรแกรมอิมเมจเจ (n=20)

3.3 ผลการสร้างกราฟมาตรฐานของตะกั่วและแบเรียมด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบกระดาษ

จากผลการศึกษาที่ได้จากหัวข้อ 2.3.3 พบว่าสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐานที่พลอตกับความเข้มสีเขียวที่วัดจากโปรแกรมอิมเมจเจ สำหรับโลหะแบเรียมที่ช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0 – 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้แก่ y = - 0.03x + 149.24 (r^2 = 0.9969) ส่วนกราฟมาตรฐานของตะกั่วที่ศึกษาจากช่วงความเข้มข้นเดียวกัน พบว่าได้สมการเส้นตรง คือ y = - 0.0602x + 152.9 (r^2 = 0.9905) จะเห็นว่าทั้งธาตุตะกั่วและแบเรียมสามารถเกิดสารเชิงซ้อนสีชมพูกับสารละลายอิ่มตัวโซเดียมโรไดโซเนตได้ ดังนั้นเพื่อให้เกิดความจำเพาะเจาะจงของปฏิกิริยาเคมีมากขึ้นจึงได้ทำการประยุกต์ใช้สภาวะที่เป็นกรดเข้าช่วย (หัวข้อ 2.3.3.2) เพราะโลหะแบเรียมจะไม่เกิดสารเชิงซ้อนกับโซเดียมโรไดโซเนตที่สภาวะกรด แต่ว่าตะกั่วจะยังสามารถเกิดสารเชิงซ้อนสีชมพูกับโซเดียมโรไดโซเนตได้ แสดงผลการศึกษาดังภาพที่ 4 ซึ่งพบว่าสามารถสร้างกราฟมาตรฐานของโลหะผสม (Pb+Ba) และโลหะตะกั่ว (Pb) ได้จากความเข้มสีเขียวของสารผลิตผลก่อนและหลังการหยด 0.5 โมลต่อลิตร HCl ตามลำดับ พบว่ากราฟมาตรฐานของโลหะผสมตะกั่วและแบเรียม (ภาพที่ 4 B) ได้สมการเส้นตรง y = - 0.0171x + 148.26 (r^2 = 0.991) และกราฟมาตรฐานของโลหะตะกั่ว (ภาพที่ 4 C) ได้สมการเส้นตรง y = - 0.0453x + 151.67 (r^2 = 0.9961) ตามลำดับ และพบว่าค่าขีดจำกัดของการตรวจวัด (Detection limit, LOD) ของการวิเคราะห์โลหะผสมแบเรียมกับตะกั่ว (Ba+Pb) มีค่าเท่ากับ 358 มิลลิกรัมต่อลิตร และขีดจำกัดการตรวจวัดสำหรับโลหะตะกั่วเท่ากับ 124 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยคำนวณจาก 3 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, S.D.) ของค่าความเข้มสีเขียวของแบลงค์ (Blank solution) ต่อความชันของกราฟมาตรฐาน (Slope) แสดงดังสมการที่ 2

$$LOD = \left(\frac{3 \times S.D.\ \text{of Blank}}{\text{Slope}}\right) \qquad \text{สมการที่ 2}$$



ภาพที่ 4 ผลการสร้างกราฟมาตรฐานตะกั่วผสมแบเรียม (n=20) (A) ภาพถ่ายสารผลิตผลที่เกิดจากโลหะผสมตะกั่วและแบเรียมความเข้มข้นระหว่าง (0/0) – (1,000/1,000) มิลลิกรัมต่อลิตรกับสารละลายอิ่มตัวโซเดียมโรไดโซเนตบนอุปกรณ์ μPADs (B) กราฟมาตรฐานตะกั่วและแบเรียม (Pb+Ba) พลอตด้วยความเข้มสีเขียว (ก่อนหยด 0.5 โมลต่อลิตร HCl) และ (C) กราฟมาตรฐานตะกั่ว (Pb) พลอตด้วยความเข้มสีเขียว (หลังการหยด 0.5 โมลต่อลิตร HCl)

3.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะแบเรียมและตะกั่วด้วยอุปกรณ์ μPADs

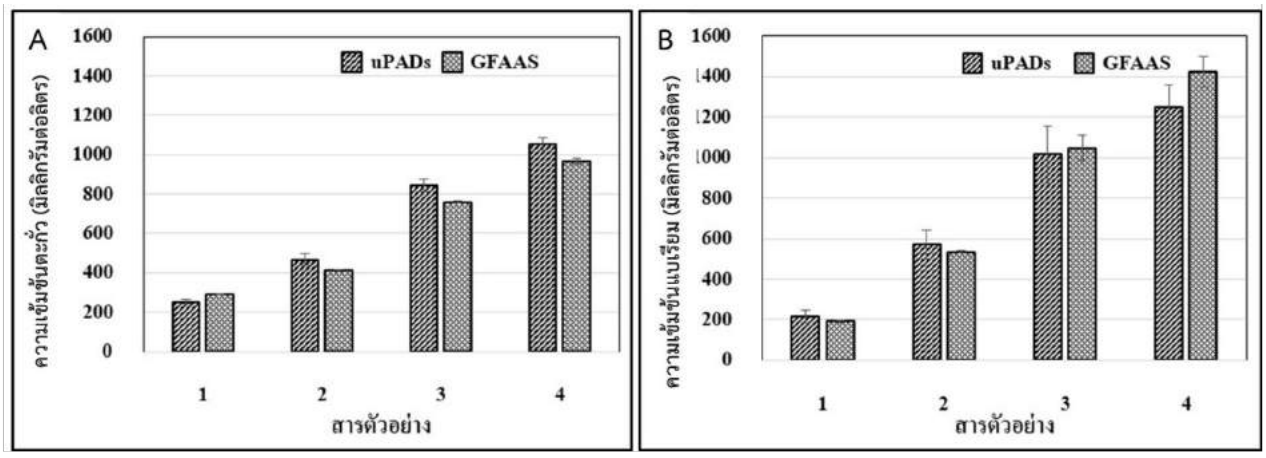
ผลการประยุกต์อุปกรณ์ μPADs ที่พัฒนาได้สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณธาตุแบเรียมและตะกั่วในตัวอย่างสังเคราะห์จำนวนทั้งสิ้น 4 ตัวอย่าง โดยเริ่มจากการคำนวณปริมาณ Ba+Pb ก่อน (สมมติให้เป็น A มิลลิกรัมต่อลิตร) โดยใช้สมการเส้นตรง y = - 0.0171x + 148.26 (ภาพที่ 4B) และคำนวณหาปริมาณธาตุ Pb (สมมติให้เป็น B มิลลิกรัมต่อลิตร) จากสมการเส้นตรง y = - 0.0453x + 151.67 (ภาพที่ 4C) จากนั้นจึงคำนวณปริมาณธาตุแบเรียมได้จากผลต่างของปริมาณทั้งสองข้างต้น (ปริมาณ Ba = A-B มิลลิกรัมต่อลิตร) แสดงผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 3 สังเกตได้ว่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากวิธีที่เสนอมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ไม่เกิน 5.7% และ 14.8% สำหรับผลการวิเคราะห์ธาตุตะกั่วและแบเรียม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับวิธีการวิเคราะห์แบบกระดาษที่มีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง อันเนื่องจากการอ่านความเข้มสีของสารผลิตผลที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะแบเรียมและตะกั่วด้วยอุปกรณ์ μPADs

ตัวอย่าง	ความเข้มสีเขียวที่สัมพันธ์กับปริมาณ Ba+Pb (n=4)	ปริมาณ Ba+Pb (มิลลิกรัมต่อลิตร) (y=-0.0171x+148.26)	ความเข้มสีเขียวที่สัมพันธ์กับปริมาณ Pb (n=4)	ปริมาณ Pb (มิลลิกรัมต่อลิตร) (y=-0.0453x+151.67)	ปริมาณ Ba (มิลลิกรัมต่อลิตร)
1	140.25 ± 0.53	468 ± 31	140.25 ± 0.54	252 ± 12	216 ± 32
2	130.46 ± 1.29	1,041 ± 75	130.46 ± 1.24	468 ± 27	573 ± 69
3	116.47 ± 2.09	1,859 ± 122	113.47 ± 1.38	843 ± 31	1,016 ± 139
4	108.93 ± 2.38	2,300 ± 139	103.93 ± 1.43	1,054 ± 31	1,246 ± 114

3.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะแบเรียมและตะกั่วด้วยเทคนิค GFAAS เปรียบเทียบกับอุปกรณ์ μPADs

ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุแบเรียมและตะกั่วในตัวอย่างด้วยอุปกรณ์ μPADs ดังแสดงแล้วในตารางที่ 3 และผลการวิเคราะห์โลหะทั้งสองในตัวอย่างชุดเดียวกันด้วยเทคนิค GFAAS ด้วยเงื่อนไขตามข้อเสนอแนะของบริษัทผู้ผลิตแสดงดังตารางที่ 1 นั้น ได้ผลการสร้างกราฟมาตรฐานของธาตุตะกั่วและแบเรียมเป็นสมการเส้นตรง y = 0.0022x+0.007 (r^2 = 0.9998) และ y = 0.001x+0.038 (r^2 = 0.9994) ตามลำดับ จากสมการความสัมพันธ์ที่ได้สามารถคำนวณปริมาณโลหะทั้งสองและเปรียบเทียบกับปริมาณที่วิเคราะห์ได้จากอุปกรณ์ μPADs แสดงดังภาพที่ 5 ทั้งยังพบอีกว่าผลการวิเคราะห์โลหะทั้งสองในตัวอย่างชุดเดียวกันที่ได้จากทั้งสองวิธี ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เนื่องเพราะมีค่าทีทางสถิติ (t-stat) น้อยกว่าค่าทีวิกฤต (t-critical) โดยธาตุตะกั่ว t-stat = 1.5754 และธาตุแบเรียม t-stat = -0.7623 ตามลำดับโดยทั้งสองมีค่า t-critical เท่ากัน = 2.3534 (Miller and Miller, 1993) กล่าวได้ว่าอุปกรณ์ μPADs ที่พัฒนาได้ให้ผลการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือ ถูกต้อง และแม่นยำ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน GFAAS



ภาพที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุแบเรียมและตะกั่วในตัวอย่างสังเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างอุปกรณ์ μPADs และ เทคนิค GFAAS (A) ผลการวิเคราะห์ธาตุตะกั่ว และ (B) ผลการวิเคราะห์ธาตุแบเรียม

4. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

อุปกรณ์ μPADs ที่พัฒนาขึ้นมีกระบวนการผลิตที่ง่ายใช้วัสดุที่หาได้ในท้องที่ น้ำหนักเบา เคลื่อนย้ายได้สะดวก และมีต้นทุนต่ำเพียง 0.5 บาทต่อชิ้น สามารถใช้แล้วทิ้งได้ ทั้งยังมีสมรรถนะเชิงวิเคราะห์โลหะตะกั่วและแบเรียมที่มีความไวสูงใช้เวลาในการวิเคราะห์เพียง 1 นาที สามารถตรวจวัดผลรวมของธาตุ Ba กับ Pb และธาตุ Pb ได้ที่ปริมาณต่ำสุด เท่ากับ 358 และ 124 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ธาตุทั้งสองในตัวอย่างได้ผลที่มีความน่าเชื่อถือโดยการเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน GFAAS ให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ นั่นแสดงว่าวิธีการแบบกระดาษที่พัฒนาขึ้นเป็นวิธีการทางเลือกใหม่ที่มีความน่าเชื่อถือสำหรับประยุกต์ใช้เป็นชุดทดสอบปริมาณธาตุตะกั่วและแบเรียมได้

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา และขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานวิจัย จนส่งผลให้งานวิจัยสำเร็จได้ด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

จุฑามาศ สัตยวิวัฒน์, (2532). ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสิ่งที่เป็นพิษ. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, กระทรวงสาธารณะสุข, ออนไลน์, สืบค้นเมื่อ 5 มิถุนายน 2559, http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/

กฤษณา ปาสานา, (2557). การศึกษาปริมาณ ตะกั่ว แคดเมียม ดีบุกและปรอท ที่ปนเปื้อนในหอยแครงและหอยแมลงภู่บริเวณอ่าวไทยตอนใน ปี 2557. ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 5

Koons, R. D. (1998). Analysis of gunshot primer residue collection swabs by Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry. *Journal of Forensic Science,* 43, 748-754.

Elzbieta (Ela) Bakowska, Peter B. Harrsch, and Thomas J. Gluodenis, (2006). Analysis of gunshot residue by ICP – MS. Agilent Technologies, No. 3, 1 – 4.

อรอนงค์ แก้วบุตร, (2557). การกระจายตัวของอนุภาคเขม่าปืนในรถยนต์ที่ใช้ก่อเหตุยิงด้วยอาวุธปืนด้วยเทคนิคอะตอมมิค แอบซอร์ฟชัน สเปกโตรโฟโตเมตทรี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ศิริลักษณ์ ชไมบุปผา, (2551). การศึกษาการกระจายของอนุภาคเขม่าปืนจากปืนที่ยิงในห้องปิดด้วยเทคนิค ICP – OES. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

อัจฉราภรณ์ ประสงค์, (2552). ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเขม่าปืนบนเสื้อผ้าของผู้ยิงปืนและระยะเวลาภายหลังการยิง ปืนที่วิเคราะห์โดยเทคนิค Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP - MS). วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขานิติวิยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Kage, S., K. Kudo, A. Kaizoji, J. Ryumoto, H. Ikeda and N. Ikeda, (2001). A simple method for detection of gunshot residue particles from hands, hair, face, and clothing using scanning electron microscope/wavelength dispersive X – ray (SEM/WDX). *Journal of Forensic Science,* 46, No. 4, 830-834.

Sarkis, JE., ON. Neto, S. Viebig and SF. Durrant, (1991). Measurement of gunshot residues by sector field inductively coupled plasma mass spectrometry – Further studies with pistols. *Journal of Forensic Science International,* No. 172, 63 – 66.

Cate, D. M., W. Dungchai., J. C. Cunningham, J. Volckens, and C. S. Henry, (2013). Simple distance-based measurement for paper analytical devices. *Lab on Chip,* 13(12), 2397-2404.

กนกวรรณ ฟีสันเทียะ และยุภาพร สมีน้อย, (2557). อุปกรณ์แบบกระดาษสำหรับวิเคราะห์แอลกอฮอล์โดยอาศัยการตรวจวัดทางเอนไซม์ งานวิจัยคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ธาวิต สุวรรณไตร, (2558). อุปกรณ์แบบกระดาษสำหรับการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยอาศัยการวัดระยะทาง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขา

เคมีศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
ฉัตฑริกา ปุยละเทิม, ณัฏฐนันท์ แก้วสันเทียะ และเรวดี พลอยไป, (2558). การพัฒนากระบวนการผลิตกระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์จากวัสดุธรรมชาติ. รายงานวิจัยสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.
วนิดา หลายวัฒนไพศาล, (2555). การแยกเลือดบนอุปกรณ์ตรวจวิเคราะห์ของไหลจุลภาคฐานกระดาษ. งานวิจัยภาควิชาเคมีคลินิก คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
Sameenoi, Y., P. Na Nongkai, S. Nouanthavong, C. S. Henry and D. Nacapricha, (2014). One – step polymer screen-printing for microfluidic paper-based analytical (μPADs) fabrication. *Analyst.* 139, 6580-6588.
Martinez, A.W., S. T. Phillips, G. M. Whitesides and E. Carrilho, (2009). Diagnostics for the Developing World: Microfluidic Paper-Based Analytical Devices. *Analytical Chemistry,* 82(1), 3-10.
Lisowski, P. and P. K. Zarzycki, (2013). Microfluidic Paper-based Analytical Devices (μPADs) and Micro Total Analytical Systems (μTAS): Development, Applications and Future Trends. *Chromatographia,* 76, 1201-1214.
Northwestern., (1940). Police Science Legal Abstracts and Notes, 31, *Journal of Criminal Law and Criminology*, 365.
Savage, K. A. (2002). Firearm Examiner Training. ออนไลน์, สืบค้นเมื่อ 16 ตุลาคม 2560, http://projects.nfstc.org/firearms/
Miller, J. N., and J. C. Miller, (1993). Statistics for Analytical Chemistry, 3rd ed., Ellis Horwood Limited, West Essex.

การพัฒนาแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะการใช้ภาษาญี่ปุ่นบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสำหรับปรับสมรรถนะการสื่อสารของพนักงานโรงงานแปรรูปอาหารในจังหวัดสมุทรสาคร

Developing Web-based Training Application on Japanese communication skills for Food Industry Workforces in Samutsakhorn

สราวุธ แผลงศร[*]
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี 76000[*]

บทคัดย่อ

ญี่ปุ่นถือเป็นประเทศที่มีปริมาณการลงทุนในประเทศไทยมากเป็นอันดับต้นๆ จากข้อมูลของสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน หรือ Board of Investment (BOI) พบว่า ในปี พ.ศ. 2559 ประเทศญี่ปุ่นมีโครงการยื่นขอส่งเสริมการลงทุนต่อสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน มากถึง 31,740 ล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ 19 ของมูลค่าการลงทุนจากต่างชาติทั้งหมด สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน. (2559) ถึงแม้ญี่ปุ่นจะมาลงทุนในประเทศไทยเป็นระยะเวลานานแล้วก็ตาม แต่ปัญหาการขาดทักษะการสื่อสารด้วยภาษาต่างประเทศของบุคลากรหรือแรงงานไทยในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมมีอยู่บ่อยครั้ง เนื่องด้วยชาวญี่ปุ่นใช้การสื่อสารด้วยภาษาอังกฤษผสมกับภาษาญี่ปุ่น ส่งผลให้พนักงานหรือลูกจ้างชาวไทยไม่เข้าใจการสนทนานั้นๆ ผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ในการวิจัย 1) เพื่อพัฒนาแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะการใช้ภาษาญี่ปุ่นบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสำหรับพนักงานในโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารในเขตจังหวัดสมุทรสาคร 2) เพื่อหาผลสัมฤทธิ์และความพึงพอใจของผู้ใช้แอพพลิเคชั่นฝึกทักษะการใช้ภาษาญี่ปุ่นบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสำหรับพนักงานในโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารในเขตจังหวัดสมุทรสาคร โดยทำเป็นการอบรมผ่านระบบเครือข่ายหรือที่เรียกว่าเว็บสำหรับฝึกอบรม (Web-Based Training-WBT) ผสมผสานข้อมูลทั้งที่เป็นคำศัพท์ ข้อความ ภาพนิ่ง เสียง ภาพเคลื่อนไหวภายในแอพพลิเคชั่น และสอดคล้องกับการทำงานจริงที่โรงงาน นอกจากนี้ยังสามารถโต้ตอบเพื่อตรวจสอบความเข้าใจจากการมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนได้ด้วย (ศูนย์เทคโนโลยีทางการศึกษา. 2547) ซึ่งจะช่วยให้พนักงานโรงงานสามารถพัฒนาทักษะภาษาญี่ปุ่นได้ทุกที่ทุกเวลา อันจะนำไปสู่การทำงานที่ราบรื่นและมีประสิทธิภาพต่อไป

คำสำคัญ : แอพพลิเคชั่นฝึกทักษะการใช้ภาษาญี่ปุ่น เครือข่ายอินเทอร์เน็ต โรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร

[*]Corresponding author, E-mail address : sarawut.pla@mail.pbru.ac.th

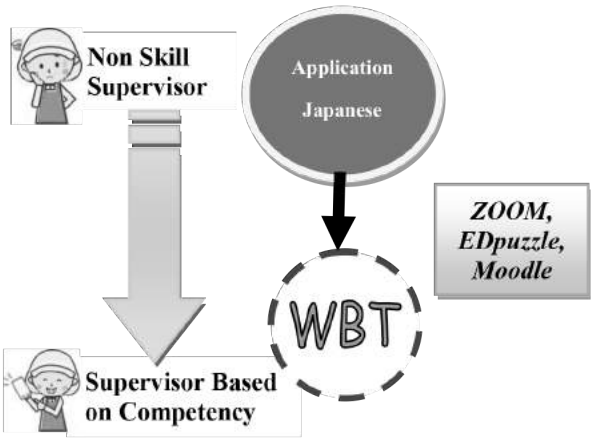
Abstract

Japan is well-known as one of the most significant investors in Thailand regarding Thailand's Board of Investment (BOI). In 2016, Japan launched several projects spending 31.74 billion baht (19 % of Foreign Direct Investment Net Inflows). Despite of a very long period of Japan investment in Thailand, Japanese communication skills among workforces in both business and industry sectors is yet a huge concern. In fact, Japanese combined with English was ineffectively communicated among them causing substantial misunderstandings during work. The research objective was to develop web-based training application (WBI) on Japanese communication skills for food industry workforces in Samut Sakhon, including applications with texts, messages, images, sounds, animations on smart phones. Importantly, the lessons themselves were truly interactive and authentic. These would allow workforces in enhancing Japanese communication skills and employee work performances regardless time and places.

Keywords: web-based training application (WBI), Japanese communication skills, Internet, food industry

1. บทนำ

ธุรกิจอาหารแปรรูปเป็นอีกอุตสาหกรรมหนึ่งที่ญี่ปุ่นให้ความสนใจอย่างมาก เนื่องจากประเทศญี่ปุ่นเองมีข้อจำกัดทางด้านทรัพยากร ไม่สามารถผลิตอาหารได้เพียงพอกับความต้องการบริโภคภายในประเทศได้ ประกอบประเทศไทยมีความพร้อมทางด้านทรัพยากร ทำให้นักธุรกิจชาวญี่ปุ่นจำนวนไม่น้อยเลือกลงทุนอุตสาหกรรมอาหารแปรรูป เช่น อาหารทะเลแช่แข็ง ไก่แปรรูปแช่แข็ง ในประเทศไทย ซึ่งอุตสาหกรรมดังกล่าวถือเป็นอุตสาหกรรมเป้าหมายที่มีบทบาทสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลผลิตทางการเกษตร และเป็นแหล่งรองรับแรงงานส่วนใหญ่ของภาคอุตสาหกรรมไทยด้วย (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. 2560) แม้ญี่ปุ่นจะมาลงทุนในประเทศไทยเป็นระยะเวลานานแล้วก็ตาม แต่ยังคงพบอุปสรรคสำคัญในการทำงานร่วมกันระหว่างสองประเทศ หนึ่งในอุปสรรคสำคัญคือ "ภาษา" ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาปัญหาการขาดทักษะการสื่อสารด้วยภาษาต่างประเทศของบุคลากรหรือแรงงานไทยในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมมักถูกนำมากล่าวถึงบ่อยครั้ง (ไทยรัฐออนไลน์. 2555) เนื่องจากชาวญี่ปุ่นส่วนใหญ่ไม่สันทัดการใช้ภาษาอังกฤษมากนักเช่นเดียวกับชาวไทย ชาวญี่ปุ่นจึงมักสื่อสารด้วยภาษาอังกฤษผสมกับภาษาญี่ปุ่น ส่งผลให้พนักงานหรือลูกจ้างชาวไทยไม่เข้าใจการสนทนานั้นๆ (กฤษณะ โฆษชุณหนันท์. 2559) หากเป็นคำศัพท์เฉพาะทางที่เกี่ยวข้องกับสายงานที่พนักงานหรือลูกจ้างรับผิดชอบโดยตรงด้วยแล้ว การสื่อสารที่คลาดเคลื่อนนี้อาจส่งผลต่อความร่วมมือหรือการทำงานที่ผิดพลาดได้ ผู้วิจัยจึงพัฒนาแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะการให้ความรู้ด้านภาษาญี่ปุ่นสำหรับการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูป โดยทำเป็นการอบรมผ่านระบบเครือข่ายหรือที่เรียกว่าเว็บสำหรับฝึกอบรม (Web-Based Training-WBT)



ภาพที่ 1 Conceptual Model การใช้แอพพลิเคชั่นผ่านเครือข่ายออนไลน์

ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้กลุ่มพนักงานโรงงานสามารถพัฒนาทักษะภาษาญี่ปุ่นได้ทุกที่ทุกเวลา และยังสามารถเพิ่มความหลากหลายของโปรแกรมเรียนรู้ทางภาษาได้อีกด้วย เช่น ภาษาเฉพาะทาง (Chinnery, 2006; Rosell-Aguilar, 2007 และ Kim, 2013) อันจะนำไปสู่การทำงานที่ราบรื่นและมีประสิทธิภาพต่อไป

2. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รูปแบบการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศ รวมถึงงานวิจัย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ความสามารถทางภาษาญี่ปุ่นของพนักงานชาวไทย

จากกงานวิจัยของญี่ปุ่น พบว่า บริษัทญี่ปุ่นในประเทศไทยส่วนใหญ่ยังไม่ให้การยอมรับในความสามารถด้านภาษาญี่ปุ่นของผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นชาวไทยเท่าที่ควร ทั้งนี้อาจเป็นเพราะหลายสาเหตุด้วยกัน เช่น การเรียนการสอนภาษาญี่ปุ่นในสถาบันการศึกษาต่างๆ ในประเทศไทยนั้นอาจยังไม่สอดคล้องกับความต้องการของบริษัทญี่ปุ่นที่เน้นการทำงานในองค์กรได้จริง เช่น ทักษะด้านการอ่าน การเขียน และการสื่อสาร (原田朋子. 2004) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านคำศัพท์เฉพาะทางที่ผู้เรียนภาษาญี่ปุ่นชาวไทยส่วนใหญ่ไม่ได้เรียนหรือไม่ได้รับการฝึกฝนมาก่อน ซึ่งอาจเนื่องมาจากข้อจำกัดของระบบการศึกษาในสถาบันการศึกษาไทย (壺坂. 2012) นอกจากนี้ในงานวิจัยของ前野文康・勝田千絵 • Larpsrisawad, N. (2015) ยังพบว่า คนญี่ปุ่นในองค์กรธุรกิจญี่ปุ่นในประเทศไทยจำนวนไม่น้อยที่เห็นว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่งที่บุคลากรชาวไทยในบริษัทญี่ปุ่นควรที่จะสามารถสื่อสารด้วยภาษาญี่ปุ่นได้ เนื่องจากจะสามารถช่วยเหลือชาวญี่ปุ่นที่ไม่สามารถสื่อสารด้วยภาษาอังกฤษได้ แต่ในขณะเดียวกันก็มีชาวญี่ปุ่นที่ให้ความเห็นว่าแม้บุคลากรชาวไทยจะมีทักษะความสามารถภาษาญี่ปุ่นที่สามารถสอบ JLPT* ระดับ N1 ได้ แต่ถ้าขาดทักษะความรู้ความเข้าใจในเนื้องานที่ทำแล้วก็ถือว่าทำงานไม่ได้เช่นกัน

2.2 การเรียนรู้ผ่านเทคโนโลยีต่างๆ

2.2.1 ระบบ LMS

ระบบเป็นระบบที่ใช้บริหารจัดการเรียนการสอนในหน่วยงาน (Learning Management System : LMS) เป็นระบบที่สามารถอำนวยความสะดวกในการสร้างบทเรียน การจัดกลุ่มเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ การสื่อสารโต้ตอบระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน รวมทั้งการจัดกลุ่มผู้เรียน การสร้างบทเรียน การทดสอบ และการประเมินผลการเรียน (อาณัติ รัตนถิรกุล, 2558) ซึ่งโปรแกรมที่ใช้สร้างระบบ LMS สามารถแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่ม ได้แก่ ระบบเชิงพาณิชย์ เป็นระบบ LMS เชิงการค้าที่บริษัทเอกชนพัฒนาขึ้นโดยเฉพาะ ผู้ใช้งานต้องซื้อซอฟต์แวร์ที่มีลิขสิทธิ์ จึงจะสามารถใช้งานได้ในหน่วยงาน เช่น WebCT, Black Board, LearningSpace, Education Sphere, DLS, Desire2Learn, Canvas, Oracle iLearning เป็นต้น กับอีกกลุ่มหนึ่งเป็นระบบแบบ Open Source ระบบ LMS แบบนี้พัฒนาโดยโปรแกรมเมอร์ที่ต้องการให้ผู้ใช้งานสามารถนำซอฟต์แวร์มาติดตั้งใช้งานได้ฟรี โดยไม่ต้องจ่ายค่าซอฟต์แวร์ลิขสิทธิ์แต่อย่างใด เช่น Moodle, ATutor, Claroline, Sakai, eFront, WeBWorK, LearnSquare, Totara LMS เป็นต้น

2.2.2 อีเลิร์นนิ่ง

อีเลิร์นนิ่ง (e-Learning หรือ Electronic Learning) เป็นการเรียนรู้ทางอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในกระบวนการเรียนรู้ และอุปกรณ์อื่นร่วม เช่น วิดีโอ ซีดีรอม สายแลนผ่านระบบอินเทอร์เน็ต สัญญาณดาวเทียม เป็นต้น ลักษณะของ e-Learning เป็นการเรียนแบบออฟไลน์ที่ไม่ต้องใช้ระบบเครือข่ายขณะทำการเรียน และออนไลน์ซึ่งมีลักษณะของข้อมูลที่เชื่อมโยงเครือข่าย สามารถโต้ตอบกันเหมือนห้องเรียนปกติ (Interactive Technology) ขึ้นอยู่กับผู้พัฒนาบทเรียน อีเลิร์นนิ่งสามารถนำเสนอโดยใช้เทคโนโลยีที่เป็นลักษณะของมัลติมีเดีย หรือลักษณะของการแสดงข้อมูลเป็นรูปภาพ กราฟ เสียง และภาพเคลื่อนไหวได้ ทำให้การเรียนการสอนน่าสนใจมากขึ้น (ศุภชัย สุขะนินทร์. 2545)

2.2.3 โปรแกรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง (programmed instruction)

โปรแกรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง (programmed instruction) เป็นแบบเรียนสำหรับการเรียนด้วยตนเอง โดยผู้เรียนจะต้องศึกษาเนื้อหาตามลำดับที่ได้จัดวางไว้เรียบร้อยแล้ว ระหว่างการเรียนผู้เรียนจะต้องร่วมกิจกรรมตามเนื้อหา และตอบคำถามต่าง ๆ ที่ได้แทรกอยู่ระหว่างแบบเรียนเป็นระยะ ๆ (ชูชัย สมิทธิไกร. 2549) จุดประสงค์ที่ต้องเป็นรูปแบบนี้ก็เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาตนเองตามสมรรถภาพของตนเองอย่างอิสระ และไม่อยู่ภายใต้การจัดโปรแกรมของผู้สอนแบบออกคำสั่ง แต่โปรแกรมลักษณะนี้มีเงื่อนไขที่ต้องกำหนดคือ โปรแกรมต้องมีความเหมาะสมกับผู้เรียน มีความเป็นเหตุเป็นผลต่อกัน (Logical Organization) สามารถทำความเข้าใจและสรุปผลการเรียนได้ด้วยตัวผู้เรียนเอง ที่สำคัญโปรแกรมต้องให้ผู้เรียนทราบถึงพัฒนาการของตนเองตลอดเวลา ข้อดีของการใช้โปรแกรมเรียนรู้ด้วยตนเอง คือผู้เรียนสามารถเรียนรู้เนื้อหาต่างๆ ได้ตามความสามารถและตามความพร้อมของตัวเอง นอกจาก

นี้ยังสามารถให้ผู้เรียนเรียนผ่านโปรแกรมจำนวนมากในเวลาเดียวกันได้ ในทางตรงกันข้ามการผลิตโปรแกรมการเรียนรู้รูปแบบนี้ที่เหมาะสม จำเป็นต้องอาศัยผู้ทรงคุณวุฒิ แหลงข้อมูล เนื้อหา และใช้เวลาผลิตนานพอสมควร รวมถึงผู้เข้าเรียนต้องมีความรับผิดชอบและมีวินัยในตนเอง

2.2.4 รูปแบบการใช้เว็บเพื่อการฝึกอบรม

การใช้อินเทอร์เน็ตหรือเว็บเพื่อการฝึกอบรม (Web-Based Training) เป็นการสอนรายบุคคลที่ส่งข้อมูลเป็นสาธารณะหรือเป็นส่วนตัวด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ มีลักษณะการจัดเก็บข้อมูลในแหล่งจัดเก็บหรือเข้าถึงข้อมูลได้โดยระบบเครือข่าย โดยที่เว็บฝึกอบรมสามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลให้ทันสมัยได้รวดเร็ว และการเข้าถึงข้อมูลการฝึกอบรมควบคุมได้โดยผู้ออกแบบการฝึกอบรม (ปรัชญา นันท์ นิลสุข, 2554) ซึ่งมีกระบวนการเหมือนการจัดอบรมในห้องฝึกอบรม เพียงแต่แตกต่างจากการอบรมโดยทั่วไปตรงที่ WBT เป็นการเชื่อมโยงระหว่างผู้เข้าอบรมกับผู้จัดการอบรมโดยระบบอินเทอร์เน็ต

ลักษณะของการฝึกอบรมโดยใช้ระบบอินเทอร์เน็ต แบ่งตามรูปแบบของเครื่องมือที่ใช้บนระบบสามารถแบ่งเป็นสองลักษณะได้ดังต่อไปนี้

1. สื่อสารด้วยข้อความ (Text-Only Communication) เป็นลักษณะของการอบรมระหว่างผู้เข้าอบรมกับผู้จัดอบรมด้วยการสื่อสารผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ในลักษณะของการเข้าถึงข้อมูลด้วยข้อความอย่างเดียว ได้แก่ ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Mail : e-mail) กระดานข่าวสาร (Bulletin Board)
ห้องสนทนา (Chart Room) โปรแกรมดาวน์โหลด (Software Downloading)

2. สื่อสารมัลติมีเดีย (Multimedia Communication) เป็นลักษณะของการอบรมระหว่างผู้เข้าอบรมกับผู้จัดอบรมด้วยการสื่อสารผ่านระบบอินเทอร์เน็ต มีลักษณะของสื่อที่ส่งออกไปจากต้นทางในรูปของข้อความ ภาพ เสียง คลิปเสียง การสืบค้นโดยใช้ภาพในรูปแบบของเว็บ ซึ้งทำให้มีชื่อเรียกแตกต่างกันตามวัตถุประสงค์เพื่อการใช้งาน ได้แก่ เว็บช่วยสอน (Web-Based Instruction) เว็บช่วยการเรียนรู้ (Web-Based Learning)

เว็บเพื่อการศึกษา (Web-Based Education) เว็บฝึกอบรม (Web-Based Training) อินเทอร์เน็ตฝึกอบรม (Internet-Based Training) อินเทอร์เน็ตช่วยสอน (Internet-Based Instruction) ซึ่งลักษณะของ WBT ได้รับความนิยมในการใช้อธิบายลักษณะของการใช้อินเทอร์เน็ตเพื่อการฝึกอบรมมากที่สุด (ปรัชญานันท์ นิลสุข, 2554)

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธงชัย ทองอยู่ (2543) ทำการพัฒนาบทเรียนออนไลน์วิชาหลักการเบื้องต้นของระบบรับส่งด้วยเส้นใยแก้วนำแสง เป็นการพัฒนาสู่รูปแบบการฝึกอบรมผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต สามารถลดข้อจำกัดของเวลาและสถานที่และง่ายต่อการพัฒนา สามารถสนองความต้องการเรียนรู้ได้อย่างเพียงพอ การฝึกอบรมโดยใช้บทเรียนออนไลน์นี้จะเหมาะสำหรับการฝึกอบรมที่สามารถเข้ามาศึกษาด้วยตนเองบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ซึ่งต่อเชื่อมกับเครือข่ายคอมพิวเตอร์ หรืออินเทอร์เน็ต เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ บทเรียนออนไลน์ที่ติดตั้งใช้งานบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย นำไปใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นพนักงานองค์การโทรศัพท์ที่ปฏิบัติงานทางด้านช่างและวิศวกรรม จำนวน 20 คน ผลการวิจัยปรากฏว่าบทเรียนออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 85.6/81.1 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นเกี่ยวกับคุณภาพของสื่อการสอนอยู่ในระดับดี

นิษฐา พุฒิมานรดีกุล (2548) ได้ศึกษาการนำเสนอรูปแบบการฝึกอบรมบนเว็บเพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้เป็นทีมสำหรับนักเทคโนโลยีการศึกษา การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์สามข้อคือ ข้อแรก ศึกษาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญกับรูปแบบการฝึกอบรมบนเว็บเพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้เป็นทีมสำหรับนักเทคโนโลยีทางการศึกษา ข้อที่สองศึกษาผลของการใช้รูปแบบการฝึกอบรมบนเว็บเพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้เป็นทีมสำหรับนักเทคโนโลยีการศึกษา และข้อที่สามนำเสนอรูปแบบการฝึกอบรมบนเว็บเพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้เป็นทีมสำหรับนักเทคโนโลยีการศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทดลองคือเจ้าหน้าที่ฝ่ายสารสนเทศการศึกษาศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศิลปากรจากสามวิทยาเขต คือวิทยาเขตวังท่าพระตลิ่งชัน วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ และวิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี จำนวน 25 คน ผลการวิจัยพบว่า ข้อที่หนึ่ง ผลการศึกษาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับรูปแบบการฝึกอบรมบนเว็บเพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้เป็นทีมสำหรับนักเทคโนโลยีการศึกษาพบว่า ผู้เชี่ยวชาญโดยส่วนใหญ่มีความเห็นว่าองค์ประกอบของการฝึกอบรมและขั้นตอนการฝึกอบรมมีความเหมาะสม โดยการปฐมนิเทศและปัจฉิมนิเทศ การฝึกอบรมควรจัดในห้องฝึกอบรม และควรให้ผู้เข้าอบรมได้พบกับแบบเผชิญหน้าอย่างน้อยสามครั้งใน

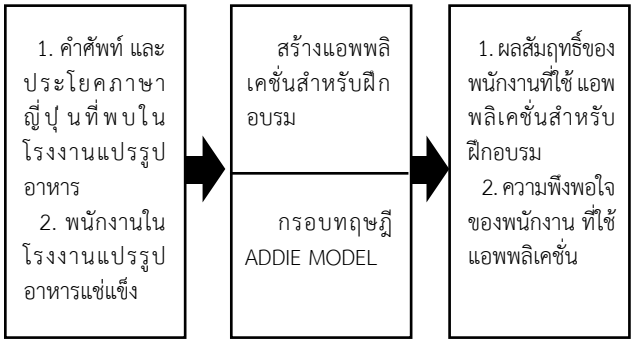
ช่วงเวลาการฝึกอบรม ข้อที่สอง ผลการทดลองใช้รูปแบบการฝึกอบรมพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนทักษะการเรียนรู้เป็นทีมและประสิทธิภาพในการทำงานเป็นทีมสูงกว่าก่อนการฝึกอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มตัวอย่างร่วมมือกันทำงานเป็นทีมในระดับมาก ข้อที่สาม รูปแบบการฝึกอบรมบนเว็บเพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้เป็นทีมสำหรับนักเทคโนโลยีการศึกษา ประกอบด้วยสามส่วนคือ 1) องค์ประกอบการฝึกอบรม 10 องค์ประกอบ ได้แก่ เป้าหมายของการฝึกอบรม ชนิดของการเรียนรู้ในการฝึกอบรม หลักสูตรการฝึกอบรม บทบาทผู้เข้ารับการฝึกอบรม บทบาทผู้ดำเนินการฝึกอบรม บทบาทผู้เชี่ยวชาญและผู้สนับสนุนการฝึกอบรม วิธีการปฏิสัมพันธ์ผ่านเว็บ เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และระบบเครือข่าย ปัจจัยสนับสนุนการฝึกอบรมผ่านเว็บ การประเมินผลการฝึกอบรม 2) ขั้นตอนการฝึกอบรม ประกอบด้วยขั้นตอนก่อนการฝึกอบรม ได้แก่ ลงทะเบียนบนเว็บฝึกอบรม และปฐมนิเทศ ขั้นดำเนินการฝึกอบรมตามการเรียนรู้แบบโครงการ 6 ขั้นตอน ได้แก่ ค้นหาปัญหาหรือกำหนดภารกิจงาน รวบรวมวิเคราะห์ข้อมูล วางแผนดำเนินงาน ดำเนินงาน สรุปผลการดำเนินงาน และนำเสนอผลการดำเนินงานขั้นตอนประเมินผลการฝึกอบรม ได้แก่ การประเมินทักษะการเรียนรู้เป็นทีม ประสิทธิภาพในการทำงานเป็นทีม และการมีส่วนร่วมในการทำงานเป็นทีมบนเว็บ 3) กิจกรรมการฝึกอบรมบนเว็บได้แก่ ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ กระดานข่าว ห้องสนทนา การค้นหาบนเครือข่าย และการถ่ายโอนแฟ้มข้อมูล และกิจกรรมในห้องฝึกอบรม ได้แก่ การปฐมนิเทศการฝึกอบรม การวางแผนกาดำเนินโครงการ และการปัจฉิมนิเทศ

พนอเนื่อง สุทัศน์ ณ อยุธยา, ฉัตรแก้ว ทองโต และยินดี พานทอง (2553) ได้พัฒนาบทเรียนออนไลน์ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารโดยใช้แหล่งเรียนรู้ท้องถิ่น หมู่บ้านเบญจรงค์ดอนไก่ดี อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาบทเรียนออนไลน์ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารโดยใช้แหล่งเรียนรู้ท้องถิ่น หมู่บ้านเบญจรงค์ดอนไก่ดี อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยได้แก่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านคลองกระทุ่มแบน (บุญเพ็งอุทิศ) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 34 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนออนไลน์ที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพ 83.56/89.17 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้และด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนออนไลน์ ค่าเฉลี่ยคะแนนทดสอบหลังเรียน มีค่ามากกว่าคะแนนทดสอบก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ประกอบด้วย 2 ระยะ ดังนี้ ระยะที่ 1 การพัฒนาแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะการใช้ภาษาญี่ปุ่นบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และระยะที่ 2 เป็นการนำแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะการใช้ภาษาญี่ปุ่นบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง

กรอบแนวความคิดของการวิจัย



ภาพที่ 2 แนวคิดในการวิจัย

3.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแอพพลิเคชั่นฝึกทักษะการใช้ภาษาญี่ปุ่นบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสำหรับพนักงานในโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารในเขตจังหวัดสมุทรสาคร

2.เพื่อหาผลสัมฤทธิ์และความพึงพอใจของผู้ใช้แอพพลิเคชั่นฝึกทักษะการใช้ภาษาญี่ปุ่นบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสำหรับพนักงานในโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารในเขตจังหวัดสมุทรสาคร ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินวิจัยเป็นขั้นตอน ดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยพนักงานจำนวน 200 คน วุฒิการศึกษาตั้งแต่ ปวช. ขึ้นไป อายุงานไม่เกิน 10 ปี ในบริษัท เอ็น แอนด์ เอ็น ฟู้ดส์ จำกัด จังหวัดสมุทรสาคร กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นพนักงานในสถานประกอบการ จำนวน 132 คน โดยสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายโดยวิธีจับฉลาก โดยใช้ตารางของ Krejcie & Morgan

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ความต้องการ

ของผู้ประกอบการ (Needs analysis) โดยวิธีสนทนากลุ่ม (focus group) มีผู้ควบคุมให้อยู่ในกรอบของงานวิจัย โดยใช้กลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 21 คน เกี่ยวกับปัญหาการทำงานของพนักงานโดยเฉพาะด้านการสื่อสารกับชาวญี่ปุ่น และสร้างเครื่องมือสำหรับเก็บข้อมูล ดังนี้

3.2.1 แอพพลิเคชั่นฝึกทักษะภาษาญี่ปุ่นในโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารแช่เยือกแข็ง

3.2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ pre-test และ post-test

3.2.3 แบบประเมินประสิทธิภาพของสื่อ ในด้านเนื้อหา

1) แบบทดสอบระหว่างเรียน เป็นแบบทดสอบเลือกตอบ 4 ตัวเลือกผ่านการทดสอบประสิทธิภาพแล้วเพื่อที่จะหาผลสัมฤทธิ์ของแบบทดสอบระหว่างเรียน (E1)

2) แบบทดสอบหลังเรียน เป็นแบบทดสอบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ซึ่งผ่านการทดสอบหาประสิทธิภาพแล้วเพื่อที่จะหาผลสัมฤทธิ์ของแบบทดสอบหลังเรียน (E2)

3.2.4 แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อ Web-Based ฝึกทักษะการใช้ภาษาญี่ปุ่น

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยดำเนินการทดลอง เพื่อการวิจัยครั้งนี้ได้นำแอพพลิเคชั่นที่สร้างขึ้นทำการทดลองกับพนักงานในโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารในเขตจังหวัดสมุทรสาคร เพื่อพัฒนาทักษะการใช้ภาษาญี่ปุ่น ในด้านคำศัพท์ สำนวนและประโยค เพื่อหาประสิทธิภาพของเว็บสำหรับฝึกอบรม โดยเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย เพื่อเปรียบผลสัมฤทธิ์ของการใช้แอพพลิเคชั่น จากนั้นจึงหาผลสัมฤทธิ์ของการใช้แอพพลิเคชั่นสำหรับฝึกอบรมจากกลุ่มทดลอง สุดท้ายผู้วิจัยทำการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง นำผลคะแนนความพึงพอใจที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อหาความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อแอพพลิเคชั่นสำหรับฝึกอบรม

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 สามารถนำเว็บสำหรับฝึกอบรมที่มีฐานข้อมูลทางด้านคำศัพท์ สำนวนและประโยคภาษาญี่ปุ่นที่สำคัญและพบในโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร ไปช่วยพัฒนาทักษะภาษาญี่ปุ่นของกลุ่มผู้ใช้แรงงานภาคอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารได้ รวมถึงสร้างความเชื่อมั่นด้านการลงทุนในประเทศไทยจากกลุ่มผู้ประกอบการชาวญี่ปุ่น

4.2 สามารถนำเว็บสำหรับฝึกอบรมการฝึกทักษะภาษาญี่ปุ่นที่ได้นี้ ไปพัฒนาต่อยอดในสายงานอื่น เพื่อประยุกต์ใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมอื่นๆ ต่อไป

4.3 พนักงานมีช่องทางการเรียนรู้ด้านภาษาญี่ปุ่นที่สะดวก ทันสมัย น่าสนใจ และไม่เสียค่าใช้จ่าย

เอกสารอ้างอิง

กฤษณะ โฆษชุณหนันท์. (2559). การใช้ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารของวิศวกรไทย : กรณีศึกษาบริษัทญี่ปุ่นในนิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร. วารสารสุทธิปริทัศน์. 30(93), 146-159.

ชูชัย สมิทธิไกร. (2549). การฝึกอบรมบุคลากรในองค์การ. กรุงเทพ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไทยรัฐออนไลน์. (2555, 30 มีนาคม). จ็อบสตรีทเผย ‘เด็กจบใหม่’ ไม่สู้งาน-ไม่กระตือรือร้น. ไทยรัฐ. สืบค้นจาก http://www.thairath.co.th/content/249379

ธงชัย ทองอยู่. (2543). การพัฒนาบทเรียนออนไลน์วิชาหลักการเบื้องต้นของระบบรับส่งด้วยใยแก้วนำแสง. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาครุศาสตร์ไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

นิษฐา พุฒิมานรดีกุล. (2548). การนำเสนอรูปแบบการฝึกอบรมบนเว็บเพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้เป็นทีมสำหรับนักเทคโนโลยีการศึกษา. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาโสตทัศนศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปรัชญานันท์ นิลสุข. (2554). เทคโนโลยีสารสนเทศทางการศึกษา. กรุงเทพ: ศูนย์ผลิตตำราเรียนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

พนอเนื่อง สุทัศน์ ณ อยุธยา, ฉัตรแก้ว ทองโต และยินดี พานทอง. (2555). พัฒนาบทเรียนออนไลน์ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารโดยใช้แหล่งเรียนรู้ท้องถิ่น หมู่บ้านเบญจรงค์ดอนไก่ดี อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร. วารสารวิชาการมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. 5(1). สืบค้นจาก http://human.bsru.ac.th/ /search/sites/default/files /พนอเนื่อง_การพัฒนาบทเรียน.pdf.

ศุภชัย สุขะนินทร์. (2545). เปิดโลก e-Learning การเรียนการสอนบนอินเทอร์เน็ต. กรุงเทพ: บริษัท เอช. เอ็น. กรุ๊ป จำกัด.

ศูนย์เทคโนโลยีทางการศึกษา. (2547). รายงานการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ผ่านเว็บ. กรุงเทพฯ: สำนักบริหารงานการศึกษานอกโรงเรียน สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ.

สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน. (2559). สถิติการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศรายเดือนสะสม ปี 2559 (มกราคม- กันยายน). สืบค้นจาก http://www.boi.go.th/upload/summarize_1609_47177.pdf

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. (2560). 10 อุตสาหกรรมเป้าหมาย กลไกขับเคลื่อนเศรษฐกิจเพื่ออนาคต. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: กลุ่มประชาสัมพันธ์และบริการห้องสมุด สำนักบริหารกลาง สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม

อาณัติ รัตนถิรกุล. (2558). ติดตั้งและบริหารระบบ e-Learn ด้วย moodle ฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพ: วี. พริ้นท์ (1991) จำกัด.

Chinnery, G.M. (2006). Going to the MALL: Mobile assisted language learning. Language Learning & Technology. 10: 9-16.

Kim, Hea-Suk. (2013). Emerging mobile apps to improve English listening skills. Multimedia-Assisted Language Learning. 16: 11-30.

Rosell-Aguilar, F. (2007). Top of the pods-In search of a podcasting “pedagogy” for language learning. Computer Assisted Language Learning. 20: 471-492.

壺坂健（2012）「タイの大学における日本語教育―学習者の学習意識と日系企業の実態との
ギャップ―」『日本語教育論集』姫路獨協大学大学院、第21号、pp34-42

原田朋子（2004）「バンコクの日系企業の求める日本語ニーズに関する分析―ビジネスパー
ソンによる日本語学習動機との比較から―」『早稲田大学日本語教育研究』第 5
号、早稲田大学大学院 日本語教育研究科、pp169-181

前野文康・勝田千絵・Larpsrisawad,N.（2015）「在タイ日系企業が求める人材―インタビュー調査より―」『国際交流基金バンコク日本文化センター日本語教育紀要』
第12号、pp47-56

การศึกษาปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
Study of Risk factors in accident by riding the motorcycle of the student in Rajabhat Nakhon Ratchasima University

นางสาวอาทิมา ฮาสูงเนิน (Miss.Atima Hasungnoen)[1]
นายเสมา ศรีเงิน (Mr.Sema Sringern)[1]
นายองอาจ เกตุโคกกรวด (Mr.Ongart Kedchokkruad)[2]
นางสาวสุภาวดี สุวิธรรมา (Miss. Suphawadee Suwithamma)[1]
นางสาวนิภาดา จรัสเอี่ยม (Miss.Niphada Charatiam)[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. ศึกษาปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา 2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านบุคคล ด้านพฤติกรรม ด้านสภาพแวดล้อม และด้านรถจักรยานยนต์ กับความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา 3. เปรียบเทียบปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จำแนกตาม เพศ อายุ ชั้นปี การมีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ และประสบการณ์ในการขับขี่รถจักรยานยนต์ 4. ศึกษาสาเหตุและแนวทางในการแก้ไขปัญหาการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 - 4 ภาคปกติ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ปีการศึกษา 2560 จำนวน 372 คน ซึ่งใช้วิธีการสุ่มแบบชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้คือ แบบสอบถาม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ สถิติทดสอบค่าที และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ผลการวิจัย พบว่า 1. ระดับความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุโดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\overline{X}$ = 3.14) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ทุกด้านมีระดับความเสี่ยงอยู่ในระดับปานกลาง 2. การศึกษาความสัมพันธ์ของ

[1]สาขาวิชาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา 30000
[1]นักศึกษาสาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติประยุกต์
[2]อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และสถิติประยุกต์

ปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ พบว่า ทั้ง 4 ด้าน มีความสัมพันธ์กันในทิศทางบวก โดยด้านที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด คือ ด้านพฤติกรรมกับด้านรถจักรยานยนต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 3. การเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ โดยภาพรวม พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่เมื่อพิจารณาจำแนกตามอายุ พบว่า โดยภาพรวมแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 4. สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุส่วนใหญ่เกิดจากความประมาทในการขับขี่รถจักรยานยนต์ 5. แนวทางในการแก้ไขปัญหาการเกิดอุบัติเหตุ พบว่า ควรระมัดระวังและไม่ประมาทขณะขับขี่
คำสำคัญ: ปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์

Abstract

This research is a study of risk factors in accident by riding the motorcycle of the student in Rajabhat Nakhon Ratchasima University was purposed to 1) study of risk factors in accident by riding the motorcycle of the student in Rajabhat Nakhon Ratchasima University, 2) study of correlation between personal factors, behavior, environment and the motorcycle and risk to accident by riding the motorcycle of the student in Rajabhat Nakhon Ratchasima University, 3) compare of risk factors in accident by riding the motorcycle of the student in Rajabhat Nakhon Ratchasima University that divided by gender, age, class level, licensed the motorcycle and experience of motorcycle riding, 4) study of the cause of accident and solutions for accident by riding the motorcycle of the student in Rajabhat Nakhon Ratchasima University. The sampling group that used in the research such as the student of Bachelor, class level 1-4, Normal Semester of Rajabhat Nakhon Ratchasima University, Academic Year 2017 for 372 students by Stratified Random Sampling, the tool that used is the questionnaire and analyzed the data by calculate of frequency, percentage, means, standard deviation, Correlation Analysis, T-test and One-Way ANOVA. The research results found that; 1. Level of risk factors to accident in overall was in a medium level ($\overline{X}$ = 3.14) when consider by side is found that all sides that was in a medium level, 2. Study of correlation of risk factors to accident is found that all of 4 sides has a positive correlation by the most correlation is behavior and motorcycle in significant statistic level of 0.01, 3. Comparison of the difference of risk factors to accident in overall is found that was not differed in significant statistic level of 0.05 when divided by gender is found that in overall is found that was differed in significant statistic level of 0.05, 4. Cause of accident was occurred by inconsideration of riding the motorcycle, 5. Solutions for accident is found that should be awareness and precaution while riding the motorcycle.

Keywords: Risk in accident by riding the motorcycle

บทนำ

การพัฒนาวิถีชีวิตของมวลมนุษย์โลกที่เริ่มจากการดำเนินชีวิตแบบคนป่าคนดอยมาสู่ชีวิตคนเมือง มีการเปลี่ยนแปลงด้านความเป็นอยู่จากการพึ่งพาตัวเองมาสู่ยุควิทยาการเฟื่องฟู ส่งผลต่อด้านความสะดวกสบายจากสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น แต่ก็ทำให้มนุษย์ต้องผจญกับผลพลอยจากสิ่งประดิษฐ์เหล่านั้น เช่น เครื่องจักรกล สารเคมีสารพิษต่าง ๆ และโดยเฉพาะพาหนะที่ใช้อำนวยความสะดวกในการเดินทาง ทำให้มนุษย์ต้องประสบภัยอันตรายมากมาย ในการดำเนินชีวิตประจำวัน ทั้งก่อให้เกิดความสูญเสียทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยเฉพาะการเกิดอุบัติเหตุจากการใช้รถใช้ถนนในการเดินทาง

การศึกษาการเปรียบเทียบอัตราการตายบนท้องถนนของประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกซึ่งจัดทำโดยองค์การอนามัยโลกและนักวิชาการ ในรายงานปี 2556 และ 2557 พบว่าประเทศไทยติดลำดับต้น ๆ ของโลกในเรื่องอัตราการตายบนท้องถนน และรายงานปี 2558 ประเทศไทยมีอัตราคนเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนมากที่สุดในโลก โดยมีการเสียชีวิต 36.2 คน ต่อประชากร 1 แสนคน ส่วนลำดับ 2 รองมาคือประเทศมาลาวี ซึ่งเสียชีวิต 35 คน ต่อประชากร 1 แสนคน (พิชาย รัตนดิลก ณ ภูเก็ต ,2558) ซึ่งปัญหาอุบัติเหตุจราจรและความปลอดภัยบนท้องถนนเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบในด้านเศรษฐกิจ สังคม และการสาธารณสุขของประเทศไทยเป็นอย่างมาก โดยการเกิดอุบัติเหตุจากรถจักรยานยนต์ ในช่วงปี 2556-2559 มีอัตราการเกิดอุบัติเหตุทางถนนจากรถจักรยานยนต์มากที่สุด เกิดขึ้นเฉลี่ย 305,150 ครั้งต่อปี คิดเป็นร้อยละ 97.09 ของการเกิดอุบัติเหตุทางถนน มีผู้เสียชีวิตเฉลี่ยปีละ 9,152 ราย หรือคิดเป็น 25 รายต่อวัน ซึ่งสูงกว่าประเทศอุตสาหกรรมถึง 4 เท่า และมีผู้ได้รับบาดเจ็บเฉลี่ยไม่ต่ำกว่าปีละ 305,047 ราย คิดเป็นมูลค่าความสูญเสียการเกิดอุบัติเหตุทางถนนจากรถจักรยานยนต์เฉลี่ยประมาณ 436,229,976 บาทต่อปี (สำนักงานสถิติแห่งชาติและศูนย์ข้อมูลอุบัติเหตุ ThaiRSC ,2560) จังหวัดนครราชสีมาเป็นจังหวัดที่มีพื้นมากที่สุดในประเทศไทย มีจำนวนประชากรมากเป็นอันดับสองของประเทศ รองมาจากกรุงเทพมหานคร ซึ่งในเขตอำเภอเมืองนครราชสีมา มีจำนวนประชากรหนาแน่นมากที่สุดของจังหวัด ส่งผลให้การจราจรเกิดความแออัด และมีอัตราการเกิดอุบัติมากขึ้นเป็นอันดับต้น ๆ ของประเทศไทย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมาเป็นสถาบันอุดมศึกษาตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมา มีจำนวนนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1-5 ภาคปกติในปีการศึกษา 2560 จำนวนรวมทั้งหมด 15,290 คน ซึ่งมหาวิทยาลัยมีหอพักภายใน แต่ยังไม่เพียงพอต่อจำนวนนักศึกษาจึงทำให้นักศึกษาส่วนใหญ่ต้องพักอยู่หอพักของเอกชน ที่อยู่บริเวณใกล้ ๆรอบมหาวิทยาลัย โดยใช้รถจักรยานยนต์เป็นพาหนะในการเดินทาง ดังนั้นนักศึกษาจึงมีความเสี่ยงอย่างมากที่จะเกิดอุบัติเหตุจากการจราจรบนท้องถนนทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ทางคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านบุคคล ด้านพฤติกรรม ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านรถจักรยานยนต์ ของปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษา ไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานให้นักศึกษาได้ตระหนักถึงสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ และเป็นแนวทางในการควบคุม ป้องกันและลดการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ให้กับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมาต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านบุคคล ด้านพฤติกรรม ด้านสภาพแวดล้อม และด้านรถจักรยานยนต์ ของปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
3. เพื่อเปรียบเทียบปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จำแนกตาม เพศ อายุ ชั้นปี การมีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ และประสบการณ์ในการขับขี่รถจักรยานยนต์
4. เพื่อศึกษาสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ และแนวทางในการแก้ไขปัญหาการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ มีรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 - 4 ภาคปกติ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ปีการศึกษา 2560 จำนวน 12,414 คน ได้แก่ ชั้นปีที่ 1 จำนวน 3,448 คน ชั้นปีที่ 2 จำนวน 3,058 คน ชั้นปีที่ 3 จำนวน 2,991 คน และชั้นปีที่ 4 จำนวน 2,877 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 - 4 ภาคปกติ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ปีการศึกษา 2560 จำนวน 372 คน กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ตารางของเครจซี่และมอร์แกน (Krejcie and Morgan) (สะอาดศรี คงนิล อ้างใน Krejcie and Morgan.1970: 608.) และทำการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) ซึ่งประกอบด้วย นักศึกษาชั้นปีที่ 1 จำนวน 104 คน ชั้นปีที่ 2 จำนวน 92 คน ชั้นปีที่ 3 จำนวน 90 คน และชั้นปีที่ 4 จำนวน 86 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 - 4 ภาคปกติ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ที่กำลังศึกษาในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โดยลักษณะแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ ชั้นปี การมีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ และประสบการณ์ในการขับขี่รถจักรยานยนต์ ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาคปกติ ปีการศึกษา 2560 โดยลักษณะของแบบสอบถามเป็นแบบเลือกตอบ

ตอนที่ 2 แบบประเมินระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับ ปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา แบ่งเป็น 4 ด้าน คือ ด้านบุคคล ด้านพฤติกรรม ด้านสภาพแวดล้อม และด้านรถจักรยานยนต์ โดยลักษณะของแบบสอบถามเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale)

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับสาเหตุ และแนวทางในการแก้ไขปัญหาการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่ รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

คำสำคัญ: ด้านรถจักรยานยนต์ หมายถึง องค์ประกอบของรถจักรยานยนต์ที่ผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ ปัจจัยดังกว่าได้แก่ สภาพรถจักรยานยนต์ และการปรับแต่งหรือการดัดแปลงสภาพรถจักรยานยนต์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลแบบสอบถามความคิดเห็นจากกลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1-4 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จำนวน 372 คน ซึ่งใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ โดยใช้แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS) ซึ่งมีวิธีการวิเคราะห์แบ่งออก 4 ส่วน ดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามโดยใช้สถิติพรรณนาวิเคราะห์หาค่าความถี่ จำนวนร้อยละ จำแนกตามข้อมูลส่วนบุคคล

2. การศึกษาปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา โดยวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จำแนกตาม รายด้าน ได้แก่ ด้านบุคคล ด้านพฤติกรรม ด้านสภาพแวดล้อม และด้านรถจักรยานยนต์ โดยใช้เกณฑ์ของ บุญชม ศรีสะอาด ในการแปลความหมายค่าเฉลี่ย ดังนี้

1.00 – 1.50 หมายถึงมีปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุอยู่ในระดับน้อยที่สุด

1.51 – 2.50 หมายถึงมีปัจจัยความเสี่ยงในการ

เกิดอุบัติเหตุอยู่ในระดับน้อย

2.51 – 3.50 หมายถึงมีปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุอยู่ในระดับปานกลาง

3.51 – 4.50 หมายถึงมีปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุอยู่ในระดับมาก

4.51 – 5.00 หมายถึงมีปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุอยู่ในระดับมากที่สุด

3. การศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา โดยวิธีการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Analysis) โดยใช้เกณฑ์ของ Hinkle D. E. ในการแปลความหมาย ดังนี้

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.00 - 0.30 มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมาก

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.31 - 0.50 มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.51 - 0.70 มีความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.71 – 0.90 มีความสัมพันธ์อยู่ในระดับมาก

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.91 – 1.00 มีความสัมพันธ์อยู่ในระดับมากที่สุด

เครื่องหมาย + , - หน้าตัวเลขสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จะบอกถึงทิศทางของความสัมพันธ์ ดังนี้

r มีเครื่องหมาย + หมายถึง การมีความสัมพันธ์กันไปในทิศทางเดียวกัน (ตัวแปรหนึ่งมีค่าสูง อีกตัวหนึ่งจะมีค่าสูงไปด้วย)

r มีเครื่องหมาย - หมายถึง การมีความสัมพันธ์กันไปในทิศทางตรงกันข้าม (ตัวแปรหนึ่งมีค่าสูง ตัวแปรอีกตัวหนึ่งจะมีค่าต่ำ)

4. การเปรียบเทียบปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

4.1 เปรียบเทียบปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จำแนกตามเพศและการมีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ โดยใช้สถิติทดสอบที (t-test Independent)

4.2 เปรียบเทียบปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จำแนกตาม อายุ ชั้นปี และประสบการณ์ในการขับขี่รถจักรยานยนต์ โดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way Analysis of Variance : One-way ANOVA) ในกรณีที่พบว่าผลการทดสอบมีความแตกต่างกันจึงทำการทดสอบเป็นรายคู่โดย วิธี Fisher's Least Significant Difference (LSD)

5. การศึกษาสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ และแนวทางในการแก้ไขปัญหาของผู้ตอบแบบสอบถามโดยใช้สถิติพรรณนา วิเคราะห์หาค่าความถี่

ผลการวิจัย

จากการศึกษาปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ด้านบุคคล ด้านพฤติกรรม ด้านสภาพแวดล้อม และด้านรถจักรยานยนต์ สรุปผลการวิจัย ได้ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง พบว่า นักศึกษาที่ตอบแบบสอบถามเป็นเพศหญิงมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 66.70 นักศึกษาส่วนใหญ่มีอายุ 20 ปี คิดเป็นร้อยละ 32.80 ศึกษาอยู่ในระดับชั้นปีที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 27.96 นักศึกษาส่วนใหญ่เป็นนักศึกษาคณะครุศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 17.70 มีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ คิดเป็นร้อยละ 67.70 มีประสบการณ์ในการขับขี่รถจักรยานยนต์ 6 – 10 ปี คิดเป็นร้อยละ 55.10 เป็นนักศึกษาที่เคยประสบอุบัติเหตุ คิดเป็น ร้อยละ 59.40

ตอนที่ 2 การศึกษาปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัย ราชภัฏนครราชสีมา ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ด้านบุคคล ด้านพฤติกรรม ด้านสภาพแวดล้อม และด้านรถจักรยานยนต์

การศึกษาปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ด้านบุคคล ด้านพฤติกรรม ด้านสภาพแวดล้อม และด้านรถจักรยานยนต์ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลปรากฏดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา โดยภาพรวม และรายด้าน

ปัจจัยความเสี่ยง	$\overline{X}$	S.D.	ระดับความเสี่ยง
1. ด้านบุคคล	2.86	1.07	ปานกลาง
2. ด้านพฤติกรรม	3.31	1.29	ปานกลาง
3. ด้านสภาพแวดล้อม	3.42	1.03	ปานกลาง
4. ด้านรถจักรยานยนต์	2.98	1.16	ปานกลาง
รวม	**3.14**	**1.01**	**ปานกลาง**

จากตารางที่ 1 พบว่า นักศึกษาตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับระดับปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา โดยภาพรวม อยู่ในระดับปานกลาง ($\overline{X}$ = 3.14) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านสภาพแวดล้อมมีระดับความเสี่ยงสูงที่สุด ($\overline{X}$ = 3.42) รองลงมา คือ ด้านพฤติกรรม ($\overline{X}$ = 3.31) ส่วนด้านที่มีระดับความเสี่ยงต่ำที่สุด คือ ด้านบุคคล (X = 2.86)

ตอนที่ 3 การศึกษาความสัมพันธ์เกี่ยวกับปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

การศึกษาความสัมพันธ์เกี่ยวกับปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ผลปรากฏดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ด้านบุคคล ด้านพฤติกรรม ด้านสภาพแวดล้อม และด้านรถจักรยานยนต์

ปัจจัยความเสี่ยง	ด้านบุคคล	ด้านพฤติกรรม	ด้านสภาพแวดล้อม	ด้านรถจักรยานยนต์
ด้านบุคคล	1	0.742**	0.651**	0.780**
ด้านพฤติกรรม		1	0.605**	0.784**
ด้านสภาพแวดล้อม			1	0.705**
ด้านรถจักรยานยนต์				1

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 2 พบว่า ความสัมพันธ์ของปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ทั้ง 4 ด้าน มีความสัมพันธ์กันในทิศทางบวก โดยด้านที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด คือ ด้านพฤติกรรมกับด้านรถจักรยานยนต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 เมื่อพิจารณาตามรายด้านพบว่า ด้านบุคคลกับด้านพฤติกรรมมีความสัมพันธ์กันอยู่ในระดับสูง ด้านบุคคลกับด้านสภาพแวดล้อมมีความสัมพันธ์กันอยู่ในระดับปานกลาง ด้านบุคคลกับด้านรถจักรยานยนต์มีความสัมพันธ์กันอยู่ในระดับสูง ด้านพฤติกรรมกับด้านสภาพแวดล้อมมีความสัมพันธ์กันอยู่ในระดับปานกลาง ด้านพฤติกรรมกับด้านรถจักรยานยนต์มี

ความสัมพันธ์กันอยู่ในระดับสูง ด้านสภาพแวดล้อมกับด้านรถจักรยานยนต์มีความสัมพันธ์กันอยู่ในระดับสูง

ตอนที่ 4 การเปรียบเทียบปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

การเปรียบเทียบปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูล จำแนกตามเพศ การมีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ โดยใช้สถิติทดสอบที (t-test) และวิเคราะห์ข้อมูลจำแนกตามอายุ ชั้นปี และประสบการณ์ในการขับขี่รถจักรยานยนต์ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) ผลปรากฏดังตารางที่ 3 – 7

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จำแนกตามเพศ โดยภาพรวม และรายด้าน

ปัจจัยความเสี่ยง	ชาย (n=124)		หญิง (n=248)		t	p
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
1. ด้านบุคคล	3.34	1.07	2.90	1.06	-1.06	0.29
2. ด้านพฤติกรรม	3.33	1.17	3.30	1.34	0.31	0.76
3. ด้านสภาพแวดล้อม	2.87	1.13	3.47	0.98	-1.24	0.22
4. ด้านรถจักรยานยนต์	2.78	1.13	3.04	1.18	-1.30	0.19
รวม	**3.08**	**1.01**	**3.18**	**1.01**	**-0.89**	**0.37**

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 3 พบว่า ปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จำแนกตามเพศ โดยภาพรวม และรายด้าน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จำแนกตามการมีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ โดยภาพรวม และรายด้าน

ปัจจัยความเสี่ยง	มีใบอนุญาต ขับขี่ (n=252)		ไม่มีใบอนุญาติ ขับขี่ (n=120)		t	p
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
1. ด้านบุคคล	2.83	1.07	2.92	1.06	-0.81	0.42
2. ด้านพฤติกรรม	3.37	1.23	3.19	1.40	1.17	0.24
3. ด้านสภาพแวดล้อม	3.39	1.09	3.50	0.90	-1.08	0.28
4. ด้านรถจักรยานยนต์	2.96	1.17	3.03	1.15	-0.51	0.61
รวม	**3.13**	**1.01**	**3.16**	**1.00**	**-0.23**	**0.82**

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4 พบว่า ปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จำแนกตามการมีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ โดยภาพรวม และรายด้าน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จำแนกตามอายุ โดยภาพรวม และรายด้าน

ปัจจัยความเสี่ยง	แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	p
ด้านบุคคล	ระหว่างกลุ่ม	4	8.78	2.2		
	ภายในกลุ่ม	367	414.21	1.13	1.95	0.1
	รวม	371	422.99			
ด้านพฤติกรรม	ระหว่างกลุ่ม	4	22.16	5.54	3.44*	0.01
	ภายในกลุ่ม	367	591.33	1.61		
	รวม	371	613.5			
ด้านสภาพแวดล้อม	ระหว่างกลุ่ม	4	6.68	1.67		
	ภายในกลุ่ม	367	389.62	1.06	1.57	0.18
	รวม	371	396.3			
ด้านรถจักรยานยนต์	ระหว่างกลุ่ม	4	7.58	1.9		
	ภายในกลุ่ม	367	493.51	1.35	1.41	0.23
	รวม	371	501.09			
รวม	ระหว่างกลุ่ม	4	9.89	2.47		
	ภายในกลุ่ม	367	367.34	1	2.47*	0.04
	รวม	**371**	**377.24**			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 5 พบว่า ปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จำแนกตามอายุ 5 กลุ่มดังนี้ ต่ำกว่า 19 ปี , 19 ปี , 20 ปี , 21 ปี และ 22 ปีขึ้นไป โดยภาพรวมแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านพฤติกรรม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จำแนกตามชั้นปี โดยภาพรวม และรายด้าน

ปัจจัยความเสี่ยง	แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	p
ด้านบุคคล	ระหว่างกลุ่ม	3	10.34	3.45		
	ภายในกลุ่ม	368	412.65	1.12	3.07*	3.03
	รวม	371	422.99			
ด้านพฤติกรรม	ระหว่างกลุ่ม	3	10.11	3.37		
	ภายในกลุ่ม	368	603.39	1.06	2.06	0.11
	รวม	371	613.5			
ด้านสภาพแวดล้อม	ระหว่างกลุ่ม	3	6.71	2.24		
	ภายในกลุ่ม	368	389.58	1.06	2.11	0.1
	รวม	371	396.29			
ด้านรถจักรยานยนต์	ระหว่างกลุ่ม	3	3.16	1.05		
	ภายในกลุ่ม	368	497.94	1.35	0.78	0.51
	รวม	371	501.09			
รวม	ระหว่างกลุ่ม	3	6.11	2.04		
	ภายในกลุ่ม	368	371.13	1.01	2.02	0.11
	รวม	**371**	**371.24**			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 6 พบว่า ปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จำแนกตามชั้นปี โดยภาพรวม ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านพฤติกรรม ด้านสภาพแวดล้อม และด้านรถจักรยานยนต์ ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และด้านบุคคล แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จำแนกตามประสบการณ์ในการขับขี่รถจักรยานยนต์ โดยภาพรวม และรายด้าน

ปัจจัยความเสี่ยง	แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	p
ด้านบุคคล	ระหว่างกลุ่ม	2	0.25	0.12		
	ภายในกลุ่ม	362	422.74	1.15	0.11	0.9
	รวม	371	422.99			
ด้านพฤติกรรม	ระหว่างกลุ่ม	2	3.23	1.16		
	ภายในกลุ่ม	369	610.27	1.65	0.98	0.38
	รวม	371	613.5			
ด้านสภาพแวดล้อม	ระหว่างกลุ่ม	2	2.78	1.39		
	ภายในกลุ่ม	369	393.52	1.07	1.3	0.27
	รวม	371	396.3			
ด้านรถจักรยานยนต์	ระหว่างกลุ่ม	2	2.26	1.13		
	ภายในกลุ่ม	369	498.83	1.35	0.84	0.43
	รวม	371	501.09			
รวม	ระหว่างกลุ่ม	2	1.03	0.51		
	ภายในกลุ่ม	369	376.21	1.02	0.5	0.6
	รวม	**371**	**377.24**			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 7 พบว่า ปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จำแนกตามประสบการณ์ในการขับขี่รถจักรยานยนต์ 3 กลุ่มดังนี้ มีประสบการณ์ในการขับขี่ 1-5 ปี มีประสบการณ์ในการขับขี่ 6-10 ปี มีประสบการณ์ในการขับขี่ 11 ปีขึ้น โดยภาพรวม ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านบุคคล ด้านพฤติกรรม ด้านสภาพแวดล้อม และด้านรถจักรยานยนต์ ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตอนที่ 5 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับสาเหตุ และแนวทางในการแก้ไขปัญหาการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

5.1 จากสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา พบว่า ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ 3 อันดับแรก ได้แก่ ความประมาทในการขับขี่รถจักรยานยนต์ (n = 28) ไม่เคารพกฎจราจร (n = 16) และถนนขรุขระ เป็นหลุม เป็นบ่อ (n = 15)

5.2 จากแนวทางในการแก้ไขปัญหาการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา พบว่า ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแนวทางในการแก้ไขปัญหาการเกิดอุบัติเหตุ 3 อันดับแรก ได้แก่ ควรระมัดระวังและไม่ประมาทในการขับขี่รถจักรยานยนต์ (n = 30) ควรมีสติในการขับขี่รถจักรยานยนต์ (n = 27) และควรปฏิบัติตามกฎหมายอย่างเคร่งครัด (n = 24)

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษางานวิจัยเรื่อง การศึกษาปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

การศึกษาปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ผลการศึกษาปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ผลการวิจัยพบว่า โดยรวม ได้แก่ ด้านบุคคล ด้านพฤติกรรม ด้านสภาพแวดล้อม และด้านรถจักรยานยนต์ นักศึกษามีความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์อยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า

1. ด้านบุคคล ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุด้านด้านบุคคล เช่น การไม่ทราบกฎจราจรการพักผ่อนไม่เพียงพอ (นอนน้อยกว่า 8 ชั่วโมง) สุขภาพและการมีโรคประจำตัว เช่น โรคหัวใจ เบาหวาน ลมชัก เป็นต้น ความผิดปกติทางการได้ยิน เช่น หูตึง หูหนวก เป็นต้น ความผิดปกติทางสายตา เช่น สายตาสั้น ตาบอดสี ตาบอด เป็นต้น สภาวะด้านอารมณ์และจิตใจ เช่น อารมณ์ร้อน โกรธ หงุดหงิด กลุ้มใจ เหม่อลอย ซึ่งเหตุผลดังกล่าวส่งผลให้ นักศึกษาที่ขับขี่รถจักรยานยนต์มีความเสี่ยงอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (กฤตพงศ์ โรจน์รุ่งศศิธร. 2549 : 42) ได้ทำการศึกษาเรื่อง สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจราจรของผู้ขับขี่ยวดยานในเขตนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี พบว่า ด้านลักษณะการขับขี่ที่เป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุจราจรโดยทั่วไป ในรายข้อมีผู้ขับขี่ไม่รู้หรือไม่เข้าใจในกฎจราจร ซึ่งเหตุผลดังกล่าวส่งผลให้ ผู้ขับขี่ยวดยานมีความเสี่ยงอยู่ในระดับมาก

2. ด้านพฤติกรรม ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุด้านพฤติกรรม เช่น การไม่ปฏิบัติตามกฎจราจร ใช้โทรศัพท์ขณะขับรถ ขับรถด้วยความคึกคะนอง การเร่งรีบในการเดินทาง การดื่มแอลกอฮอล์หรือใช้สารเสพติด การหยอกล้อกันในขณะขับรถ ซึ่งเหตุผลดังกล่าวส่งผลให้ นักศึกษาที่ขับขี่รถจักรยานยนต์มีความเสี่ยงอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (กาญจน์กรอง สุอังคะ. 2559 : 68-69) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การศึกษาพฤติกรรมการขับขี่ของวัยรุ่นที่มีผลต่อความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการใช้รถจักรยานยนต์ ผลการศึกษาพบว่า พฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการใช้จักรยานยนต์ของกลุ่มวัยรุ่นได้รับอิทธิพลทางตรงจากปัจจัยด้านทัศนคติที่ไม่ดีในการขับขี่รถจักรยานยนต์ส่งผลต่อพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ หมายความว่า หากผู้ขับขี่มีทัศนคติต่อการไม่ปฏิบัติตามกฎจราจร การใช้ความเร็ว และการขับขี่ด้วยความคึกคะนอง จะส่งผลให้มีพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุได้ และพฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการใช้จักรยานยนต์ของกลุ่มวัยรุ่นได้รับอิทธิพลทางอ้อมจากปัจจัยด้านบุคลิกภาพที่ไม่ดีในการขับขี่ ผ่านปัจจัยด้านทัศนคติที่ไม่ดีในการขับขี่ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.467 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 นอกจากนี้พฤติกรรมเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการใช้จักรยานยนต์ของกลุ่มวัยรุ่นได้รับอิทธิพลรวมจากปัจจัยด้านบุคลิกภาพที่ไม่ดีในการขับขี่ผ่านปัจจัยด้านทัศนคติที่ไม่ดีในการขับขี่มากที่สุด

3. ด้านสภาพแวดล้อม ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาที่ขับขี่รถจักรยานยนต์ เช่น สภาพถนนมีผิวถนนที่ขรุขระ ชำรุด ลื่น เป็นหลุมเป็นบ่อ ไม่มีป้ายสัญญาณจราจรที่ชัดเจน ไม่มีไฟส่องสว่างบนถนนอุปสรรคทางธรรมชาติที่ทำให้เกิดทัศนวิสัยไม่ดีในการขับขี่รถจักรยานยนต์ เช่น หมอกลงจัด ฝนตก น้ำท่วมถนน ลมพายุ ต้นไม้หักโค่น เป็นต้น ซึ่งเหตุผลดังกล่าวส่งผลให้ นักศึกษาที่ขับขี่รถจักรยานยนต์ มีความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุโดยรวมในระดับปานกลาง ซึ่ง

สอดคล้องกับงานวิจัยของ (กฤตพงศ์ โรจน์รุ่งศศิธร. 2549 : 41) ได้ทำการศึกษาเรื่อง สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจราจรของผู้ขับขี่ยวดยานในเขตนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี พบว่า ด้านสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดจากผู้ขับขี่ยวดยาน ในรายข้อมีอุบัติเหตุเกิดจากเครื่องหมาย / ป้าย สัญญาณจราจรไม่ชัดเจน ซึ่งเหตุผลดังกล่าวส่งผลให้ ผู้ขับขี่ยวดยานมีความเสี่ยงอยู่ในระดับมาก

4. ด้านรถจักรยานยนต์ ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาที่ขับขี่รถจักรยานยนต์ เช่น ระบบเบรกมีความบกพร่อง/ขัดข้อง ระบบสัญญาณไฟชำรุด ยางเสื่อมสภาพ การปรับแต่งหรือดัดแปลงรถจักรยานยนต์ เช่น เปลี่ยนขนาดล้อ ปรับแต่งเครื่องยนต์ ดัดแปลงอะไหล่ เป็นต้น อายุการใช้งานของรถจักรยานยนต์เสื่อมสภาพเกินมาตรฐาน ซึ่งเหตุผลดังกล่าวส่งผลให้ นักศึกษาที่ขับขี่รถจักรยานยนต์มีความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุโดยรวมในระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (กฤตพงศ์ โรจน์รุ่งศศิธร. 2549 : 42) ได้ทำการศึกษาเรื่อง สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจราจรของผู้ขับขี่ยวดยานในเขตนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี พบว่า ด้านลักษณะการขับขี่ที่เป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุจราจรโดยทั่วไป ในรายข้อการนำรถที่มีสภาพไม่พร้อมขับขี่มาใช้ขับขี่ ซึ่งเหตุผลดังกล่าวส่งผลให้ ผู้ขับขี่ยวดยานมีความเสี่ยงอยู่ในระดับมาก การศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ด้านบุคคล ด้านพฤติกรรม ด้านสภาพแวดล้อม และด้านรถจักรยานยนต์ มีความสัมพันธ์กันในทิศทางบวก โดยด้านที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด คือ ด้านพฤติกรรมกับด้านรถจักรยานยนต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (พงษ์สิทธิ์ บุญรักษา และคณะ. 2555 : 34) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดอุบัติเหตุจากการขับรถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ผลการทดสอบปัจจัยเกี่ยวกับความเป็นเจ้าของรถ การมีใบอนุญาตขับรถ ความถี่ของการขับรถ ประสบการณ์การขับรถ ความเร็วของการขับรถ การดื่มแอลกอฮอล์ สมาชิกในครอบครัวเคยประสบอุบัติเหตุจากการขับรถจักรยานยนต์ ประเภทของรถจักรยานยนต์ การปรับแต่งรถจักรยานยนต์ อายุของรถจักรยานยนต์ สัญญาณไฟหน้า สัญญาณไฟท้าย สัญญาณไฟเลี้ยว กระจกมองข้าง แตร เบรก เกียร์ ยางรถ ล้อรถ ความรู้และทัศนติ และพฤติกรรมในการขับรถจักรยานยนต์อย่างปลอดภัย โดยทำการวิเคราะห์ทีละตัวแปร (Univariable Analysis) พบว่า การปรับแต่งรถมีความสัมพันธ์กับการเกิดอุบัติเหตุจากการขับรถจักรยานยนต์อย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) และการมีความรู้เกี่ยวกับการขับรถจักรยานยนต์อย่างปลอดภัยเป็นปัจจัยที่ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุจากการขับรถจักรยานยนต์ ($p = 0.044$)

การเปรียบเทียบปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

1. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จำแนกตามเพศ ผลการวิจัยพบว่า โดยภาพรวม และรายด้าน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (กฤตพงศ์ โรจน์รุ่งศศิธร. 2549 : 46) ได้ทำการศึกษาเรื่อง สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจราจรของผู้ขับขี่ยวดยานในเขตนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นเกี่ยวกับสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจราจรโดยใช้ค่าสถิติ t–test เพื่อทดสอบสมมติฐาน พบว่า ผู้ขับขี่ยวดยานที่มีเพศต่างกันมีความคิดเห็นเกี่ยวกับสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจราจรไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จำแนกตามอายุ ผลการวิจัยพบว่า โดยภาพรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านบุคคล ด้านสภาพแวดล้อม และด้านรถจักรยานยนต์ ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และด้านพฤติกรรม มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (กฤตพงศ์ โรจน์รุ่งศศิธร. 2549 : 47) ได้ทำการศึกษาเรื่อง สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจราจรของ ผู้ขับขี่ยวดยานในเขตนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นเกี่ยวกับสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจราจรโดยใช้ค่าสถิติ One-way ANOVA เพื่อทดสอบสมมติฐาน พบว่า ผู้ขับขี่ยวดยานที่มีอายุต่าง

กัน มีความคิดเห็นเกี่ยวกับสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจราจรแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จำแนกตามชั้นปีผลการวิจัยพบว่า โดยภาพรวม และรายด้าน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (กฤตพงศ์ โรจน์รุ่งศศิธร. 2549 : 48) ได้ทำการศึกษาเรื่อง สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจราจรของผู้ขับขี่ยวดยานในเขตนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นเกี่ยวกับสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจราจรโดยใช้ค่าสถิติ One-way ANOVA เพื่อทดสอบสมมติฐาน พบว่า ผู้ขับขี่ยวดยานที่มีระดับการศึกษาต่างกัน มีความคิดเห็นเกี่ยวกับสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจราจรไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จำแนกตามการมีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ ผลการวิจัยพบว่า โดยภาพรวม ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านพฤติกรรม ด้านสภาพแวดล้อม และด้านรถจักรยานยนต์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และด้านบุคคล มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (กฤตพงศ์ โรจน์รุ่งศศิธร. 2549 : 49-50) ได้ทำการศึกษาเรื่อง สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจราจรของผู้ขับขี่ยวดยานในเขตนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นเกี่ยวกับสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจราจรโดยใช้ค่าสถิติ One-way ANOVA เพื่อทดสอบสมมติฐาน พบว่า ผู้ขับขี่ยวดยานที่มีประเภทใบอนุญาตต่างกัน มีความคิดเห็นเกี่ยวกับสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจราจร ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จำแนกตามประสบการณ์ในการขับขี่รถจักรยานยนต์ ผลการวิจัยพบว่า โดยภาพรวม ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านบุคคล ด้านพฤติกรรม ด้านสภาพแวดล้อม และด้านรถจักรยานยนต์ ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (กฤตพงศ์ โรจน์รุ่งศศิธร. 2549 : 50) ได้ทำการศึกษาเรื่อง สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจราจรของผู้ขับขี่ยวดยานในเขตนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นเกี่ยวกับสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจราจรโดยใช้ค่าสถิติ One-way ANOVA เพื่อทดสอบสมมติฐาน พบว่า ผู้ขับขี่ยวดยานที่มีประสบการณ์ ในการขับขี่ต่างกัน มีความคิดเห็นเกี่ยวกับสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจราจรไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สนับสนุนโดยทุนอุดหนุนการวิจัยจากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

กาญจน์กรอง สุอังคะ (2559, น.15-21). การศึกษาพฤติกรรมการขับขี่ของวัยรุ่นที่มีผลต่อความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจากการใช้รถจักรยานยนต์. นครราชสีมา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กฤตพงศ์ โรจน์รุ่งศศิธร (2549). สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจราจรของผู้ขับขี่ยวดยานในเขตนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี. จังหวัดชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

บุญชม ศรีสะอาด (2553, น.120 - 121). การวิจัยเบื้องต้น : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

พงษ์สิทธิ์ บุญรักษา และคณะ (2555,น.22-30). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดอุบัติเหตุจากการขับรถจักรยานยนต์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.นครราชสีมา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สะอาดศรี คงนิล (2554,น.180). หลักวิจัย. นครราชสีมา : มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ผลของหอมแดงผงต่อการลดจุลินทรีย์ในเค้กกล้วยน้ำว้า
Effect of Dried Shallot Powder (*Allium ascalonicum* L.) on Microbial Reduction in Banana Cakes

กรกมล เวชสุวรรณ, ฉวีวรรณ ครั่งฝา และพิไลวรรณ เสาร์เคหา[1]
Kornkamol Wachsuwan, Chaweewan Krangfa and Pilaiwan Saokeha
ภัทราพร ยุธาชิต[2*]
Phattharaporn Yuthachit

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อหาปริมาณหอมแดงผง (Allium ascalonicum L.) ที่เหมาะสมต่อต่อลดปริมาณจุลินทรีย์ในเค้กกล้วยน้ำว้า โดยเสริมหอมแดงผงร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 2 และ 4 ของน้ำหนักแป้งสาลี วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี ทางจุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัส ผลการวิจัยพบว่า ปริมาณหอมแดงผงที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้เค้กกล้วยน้ำว้ามีสีน้ำตาลเข้ม ค่าความสว่าง (L*) ลดลง ในขณะที่ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของเนื้อเค้กเพิ่มขึ้นและทำให้ปริมาตรจำเพาะลดลง ($p \leq 0.05$) ด้านลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าค่าการยึดเกาะและค่าแรงกดเคี้ยวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่าง ($p > 0.05$) ของค่าความแข็งและความยืดหยุ่น คุณภาพด้านเคมีพบปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) และสารเควอซิทินมีปริมาณเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ด้านจุลินทรีย์พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา มีแนวโน้มลดลงและเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเค้ก มผช. 459/2555 การทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าปริมาณหอมแดงผงที่เหมาะสมสำหรับการเสริมในเค้กกล้วยน้ำว้าอยู่ที่ระดับร้อยละ 2 ของน้ำหนักแป้งสาลี ได้รับคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

คำสำคัญ : หอมแดง เควอซิทิน เค้กกล้วยน้ำว้า การลดจุลินทรีย์

[1] นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา e-mail: yaying1911@gmail.com

[2] อาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา e-mail: yphattaraporn@hotmail.com

Abstract

The aim of this research was to determine the appropriate proportion of shallot powders (Allium ascalonicum L.) for microbial reduction in banana cakes. The shallot powders were added at 0 (control), 2 and 4 percent of wheat weight in banana cakes. Physical, chemical, microbial and sensory qualities of banana cakes were determined. The results showed that the rising levels of shallot powders gave banana cakes as dark brown. The color values of lightness (L*) apparently decreased, whereas the increasing of redness (a*) and yellowness (b*) were observed. The density of banana cakes increased, while the cake's specific volume decreased ($p \leq 0.05$). Texture profile analysis displayed that the cohesiveness and chewiness tended to increase ($p \leq 0.05$), but not significantly different ($p > 0.05$) in hardness and springiness. There were not significantly difference ($p > 0.05$) of the moisture content, whereas the increasing of the quercetin content ($p \leq 0.05$). Microbial quality showed that total viable count, yeast and mold tended to decrease which according to the Thai community product standard of cake (TCPS459/2555). Sensory evaluation illustrated that the optimal proportion of shallot powders for adding in banana cakes was 2 percent of wheat weight. The color, taste, flavor, texture and overall preference scores to be slightly like to moderately like.

Keywords: shallot, quercetin, banana cake, microbial reduction

บทนำ

เค้กกล้วยน้ำว้าเป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ชนิดเค้กที่มี ทั้งไขมัน และไข่เป็นส่วนผสมรวมกัน มีเนื้อละเอียดนุ่ม ฟูตัว หอมหวานด้วยส่วนผสมของแป้งสาลี น้ำตาล ไข่ ไขมัน น้ำหรือน้ำนม สารที่ช่วยทำให้ขึ้นฟูและให้กลิ่นรส ลักษณะเค้กที่ดีควรมีสีผิวรอบนอกเป็นสีเหลือง หรือสีน้ำตาลอ่อน ผิวหน้าเค้กมันเรียบ ไม่แตกและไม่นูนเป็นแห่งๆ ลักษณะเนื้อในผนังเซลล์ละเอียด เนื้อไม่แน่น หนัก มีความชื้นไม่แฉะ มีความนิ่มนวล เมื่อเอามือแตะเบาๆ จะสปริงหรือหยุ่นกลับที่เดิม (วิภาวัน จุลยา, 2552) ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เบเกอรี่พบลักษณะการเสื่อมเสียทั้งทางกายภาพ คือ การเกิดสเตลิง (Staling) ทำให้เนื้อสัมผัสแน่นแข็งและแห้งมากขึ้น (นราธิป ปุณเกษม, 2556) การเสื่อมเสียทางเคมี เนื่องจากไขมันที่เป็นส่วนประกอบของเค้กเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้กลิ่นรสของเค้กเปลี่ยนแปลงไป และการเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์ ซึ่งการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ผลผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาสั้น ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่มักพบการเสื่อมเสียจากเชื้อรา ได้แก่ *Rhizopus* sp., *Mucor* sp., *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp., *Eurotium* sp. และ *Monilia sitophilia* และพบการเจริญของแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ทำให้เกิดลักษณะเหนียวเป็นยางยืด (ropiness) ในผลิตภัณฑ์ (Saranraj and Geetha, 2012) ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์เบเกอรี่มีวิธีการถนอมอาหารให้มีอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้นหลากหลายวิธี และหนึ่งวิธีที่นิยมใช้ของผู้ผลิตอาหารคือ การเติมวัตถุกันเสียที่เป็นสารสังเคราะห์ทางเคมีเพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ได้แก่ โซเดียม โพแทสเซียม หรือแคลเซียมโพรพิโอเนต และโซเดียมเบนโซเอต เป็นต้น กรดซอร์บิก เนื่องจากสารสังเคราะห์มีความคงตัวและใช้ง่ายในผลิตภัณฑ์อาหาร แต่หากใช้ปริมาณมาก หรือเกินเกณฑ์ที่กำหนด อาจทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ ปัจจุบันมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำผักและผลไม้ซึ่งเป็นสารธรรมชาติ มีความปลอดภัยต่อการบริโภคมาใช้เติมลงในผลิตภัณฑ์อาหารทดแทนสารสังเคราะห์ทางเคมี เช่น การเติมผงชาเขียวและผงโรสแมรี่ปริมาณร้อยละ 3 ในผลิตภัณฑ์เค้กข้าวช่วยลดปริมาณแบคทีเรีย *B. cereus* และ *Staphylococcus aureus* (Sun-Young et al., 2009) การเติมผงผิวส้มเกลี้ยง *(Citrus sinensis)* ในแพนเค้กช่วยลดการเจริญของแบคทีเรียและราในระหว่างการเก็บรักษา (An and Ma, 2017)

หอมแดง (*Allium ascalonicum* L.) เป็นพืชที่อยู่ในตระกูลเดียวกับหอมใหญ่และกระเทียม (Allium) อยู่ในวงศ์ *Alliaceae* หอมแดงมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต สูงสุด 12.6 กรัม และแร่ธาตุที่พบมากที่สุด คือ ฟอสฟอรัส มีปริมาณ 59 มิลลิกรัม ในส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม (กรมอนามัย. กอง

โภชนาการ, 2544) หอมแดงพบสารฟลาโวนอยด์ เช่น เควอซิติน (quercetin) และสารสปิเรโลไซด์ (spiraloside) และสารประกอบอินทรีย์กำมะถันหลายชนิด ได้แก่ เมทิลโปรปิลไดซัลไฟด์ (methylpropyldisulfide) อัลลิลลิกไดซัลไฟด์ (allylicdisulfide) สารเหล่านี้มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียและเชื้อรา ลดน้ำตาลในไขมันเลือด เป็นยาปฏิชีวนะธรรมชาติ มีสารต้านไวรัส มีสารต้านมะเร็ง และสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีมาก (วีณา เชิดบุญชาติ, 2545) สารเควอซิทินเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และมีผลในการป้องกันเชื้อแบคทีเรีย และต้านเชื้อรา (จินตนาภรณ์ วัฒนธร, 2554) ซึ่งพบมากในกาบใบแห้งและกาบใบสดชั้นนอกของหัวหอมปริมาณสูงสุด 2,536 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณค่อยๆ ลดลงจากบริเวณกลีบใบชั้นนอกไปยังกลีบใบชั้นในที่มีปริมาณต่ำที่สุด 56 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Yoo, Lee and Patil, 2013) สารสกัดจากหอมแดงสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้หลายชนิด (Mansour et al., 2009) ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำกาบใบหอมแดงมาเติมในเค้กกล้วยน้ำว้า เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี การยอมรับของผู้บริโภค และการลดปริมาณจุลินทรีย์ในเค้กกล้วยน้ำว้า

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมหอมแดงผง

นำหอมแดง (*Allium ascalonicum* L.) พันธุ์ศรีสะเกษ ปลูกในอำเภอวังหิน จังหวัดศรีสะเกษ กำจัดส่วนเปลือกแห้งที่ผิวด้านนอกหอมแดง ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา วางให้สะเด็ดน้ำ และแยกเอาเฉพาะกาบใบสดสองชั้นจากผิวด้านนอกของหอมแดง หลังจากนั้นนำกาบใบที่แยกได้อบให้แห้ง โดยตู้อบลมร้อน (Tray dry) ที่อุณหภูมิ 55±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 ชั่วโมง และบดเป็นผงด้วยเครื่องบดแห้ง (Blender) ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 150 เมซ เก็บรักษาหอมแดงผง โดยบรรจุแบบสุญญากาศในถุงพลาสติกโพลีเอธิลีนแบบหนา (High Density polyethylene ; HDPE) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปทดลอง

2. การผลิตเค้กกล้วยน้ำว้าเติมหอมแดงผง

ชั่งส่วนผสมเค้กกล้วยน้ำว้าตามสูตรในตารางที่ 1 แต่ละสูตรเสริมหอมแดงผงที่ระดับแตกต่างกัน คือ ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) 2 และ 4 ของน้ำหนักแป้งสาลี หลังจากนั้นร่อนส่วนผสมแห้ง ได้แก่ แป้ง ผงฟู เบกกิ้งโซดา เกลือ และหอมแดงผงให้เข้ากัน แล้วเตรียมส่วนผสมเปียกโดยบดกล้วยน้ำว้าที่มีลักษณะสุกงอมให้ละเอียดหลังจากนั้นนำกล้วยน้ำว้าสุกบดแล้วผสมน้ำตาลทรายแดงในเครื่องตีผสม (Kitchen Aid) ด้วยหัวตีตะกร้อในระดับความเร็วสูงนาน 5 นาที จนน้ำตาลละลายทั้งหมด แล้วเติมไข่ไก่ลงในกล้วยบดทีละฟองตีผสมให้เข้ากัน เติมนมสดและน้ำมะนาวตีผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำส่วนผสมแห้งเติมลงในส่วนผสมเปียกโดยค่อยๆ เติมแป้งทีละส่วนตีผสมให้เข้ากัน สลับกับมาการีนเหลวจนหมดทั้งสองอย่าง ตักส่วนผสมใส่ถ้วยกระดาษที่รองด้วยพิมพ์ ถ้วยละ 20 กรัม แล้วนำไปนึ่งให้สุกโดยวางบนลังถึงที่มีน้ำร้อนเดือดเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำพักให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เก็บตัวอย่างเค้กกล้วยน้ำว้าในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีน (Polypropylene) ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

ตารางที่ 1 ส่วนผสมและปริมาณหอมแดงผงที่เสริมในเค้กกล้วยน้ำว้า

ส่วนผสม	น้ำหนัก (กรัม)		
	สูตรควบคุม (0%)	สูตร 1 (2%)	สูตร 2 (4%)
แป้งเค้ก (ตราพัดโบก)	250	250	250
หอมแดงผง	0	5	10
กล้วยน้ำว้าสุก	80	80	80
น้ำตาลทรายแดง (ตรามิตรผล)	200	200	200
ผงฟู (ตราเบสท์ฟู้ดส์)	2.6	2.6	2.6
เกลือ (ตราปรุงทิพย์)	1.25	1.25	1.25
เบคกิ้งโซดา	8	8	8
ไข่ไก่เบอร์ 2	56.9	56.9	56.9
น้ำมะนาว	10	10	10
นมสด (ตราไทยเดนมาร์ค)	100	100	100
มาการีน (ตราใบไม้ทอง)	115	115	115

3. การวิเคราะห์ทางกายภาพ

3.1 ค่าสี

นำเค้กกล้วยน้ำว้าบดผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยโกร่ง แล้วชั่งตัวอย่างน้ำหนัก 20 กรัม บรรจุในภาชนะและวัดค่าสี 3 ตำแหน่งของแต่ละภาชนะ (ดัดแปลงจากจุฑามาศ พีรพัชระ และวรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์, 2559) วัดค่าสี(CIE L* a* b*) ด้วยเครื่องวัดสีรุ่น Mini scan EZ (Hunter Lab, USA) ซึ่ง ค่าสี L* (ค่าความสว่าง มีค่า 0-100 โดย 0 หมายถึง วัตถุมีสีเข้ม, 100 หมายถึง วัตถุสีอ่อน) a*(+ หมายถึง วัตถุมีสีแดง, - หมายถึง วัตถุมีสีเขียว) และ b* (+หมายถึง วัตถุมีสีเหลือง, - หมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงิน) วิเคราะห์ตัวอย่างละ 5 ซ้ำ

3.2 การทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัส

นำเค้กกล้วยน้ำว้าที่ตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมลูกเต๋าขนาด 2x2x2 เซนติเมตร วัดคุณภาพเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) รุ่น TA.XT Plus (Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK) ใช้หัวกดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร (P/50) กดลงบนตัวอย่างด้วยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) 2 ครั้ง ด้วยอัตราเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อวินาที เป็นระยะทางร้อยละ 50 ของความสูงตัวอย่าง วิเคราะห์ค่าความแข็ง (hardness,g) ความยืดหยุ่น (springiness) การยึดเกาะ (cohesiveness) และการบดเคี้ยว (chewiness) (ดัดแปลงจากวิธีของ Anis et al., 2014) วิเคราะห์ตัวอย่างละ 5 ซ้ำ

3.3การทดสอบปริมาตรจำเพาะและความหนาแน่น

การหาปริมาตรของเค้กกล้วยน้ำว้าด้วยการทดแทนปริมาตรเมล็ดงา โดยชั่งน้ำหนักเค้กกล้วยน้ำว้าที่จะตรวจสอบปริมาตร นำเค้กกล้วยน้ำว้าใส่ลงในบีกเกอร์ปริมาตร 500 มิลลิลิตร และเติมเมล็ดงาให้เต็มบีกเกอร์ จากนั้นทำการวัดปริมาตรเมล็ดงาที่เติมลงไปทั้งหมดด้วยกระบอกตวง (ดัดแปลงจากจุฑามาศ และวรลักษณ์, 2559) วิเคราะห์ตัวอย่างละ 5 ซ้ำ คำนวณหาปริมาตร ปริมาตรจำเพาะและความหนาแน่นของเค้กกล้วยน้ำว้า ดังสมการที่ (1)-(3) ตามลำดับ

ปริมาตรของเค้ก (ลูกบาศก์เซนติเมตร) = ปริมาตรของภาชนะ – ปริมาตรของเมล็ดงาที่เติมในภาชนะ (1)

$$\text{ปริมาตรจำเพาะของเค้ก (ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม)} = \frac{\text{ปริมาตรของขนมเค้ก}}{\text{น้ำหนักของขนมเค้ก}} \quad (2)$$

$$\text{ความหนาแน่นของเค้ก (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)} = \frac{\text{น้ำหนักของขนมเค้ก}}{\text{ปริมาตรของขนมเค้ก}} \quad (3)$$

4. การวิเคราะห์ทางเคมี

นำเค้กกล้วยน้ำว้าวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) และปริมาณเควอซิทิน (Wiczkowski et al., 2003; Feng and Liu, 2011)

5. การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

นำเค้กกล้วยน้ำว้าตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ ทั้งหมด (Aerobic Plate Count) Bacteriological Analytical Manual Chapter 3 (BAM, 2001) ปริมาณยีสต์และรา (Yeasts, Molds and Mycotoxins) Bacteriological Analytical Manual Chapter 18 (BAM, 2001)

6. การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

นำเค้กกล้วยน้ำว้าประเมินคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale ช่วงคะแนน 1-9 (1=ไม่ชอบมากที่สุด และ 9= ชอบมากที่สุด) โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

7. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randommize Design ,CRD) สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมี และวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design , RCBD) สำหรับทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance , ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

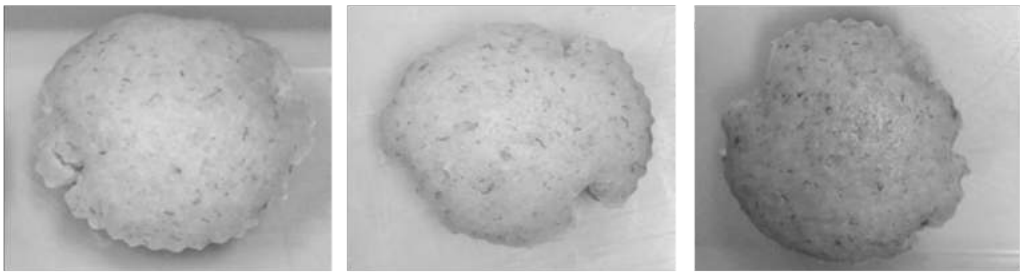
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของเค้กกล้วยน้ำว้าที่เสริมหอมแดงผง 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (ชุดควบคุม) , 2 และ 4 ของน้ำหนักแป้งโดยวัดค่าสี พบว่า ปริมาณหอมแดงผงเพิ่มขึ้นทำให้เค้กกล้วยน้ำว้ามีค่าความสว่าง (L*) ลดลง แต่ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น ($P \leq 0.05$) ดังตารางที่ 2 ซึ่งเค้กกล้วยน้ำว้าที่มีการเสริมหอมแดงผงร้อยละ 4 ของน้ำหนักแป้ง ให้ลักษณะสีเหลืองอมน้ำตาลเข้มมากกว่าสีของเค้กที่มีการเติมปริมาณร้อยละ 2 และชุดควบคุม (ดังภาพที่ 1) เนื่องจากหอมแดงมีสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ชนิดไซยานิดิน (cyanidin) (Arifin, Miyajima and Okubo. 1999) ซึ่งเป็นรงควัตถุสีส้มแดง (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2553) พบสะสมมากในเซลล์ผิว (epidermal cell) ของกาบใบชั้นนอกของหัวหอม (Oancea and Drághici, 2013) เมื่อเสริมลงในเค้กกล้วยน้ำว้าจะทำให้เค้กกล้วยน้ำว้ามีสีเข้มขึ้น ค่าความสว่างลดลง ค่าสีแดงและสีเหลืองเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2 ค่าสีของเค้กกล้วยน้ำว้าที่ใช้หอมแดงผงเสริมในระดับต่างๆ

ค่าสี	ปริมาณหอมแดงผง (ร้อยละ)		
	0	2	4
L*	$53.19^{a} \pm 0.07$	$50.82^{b} \pm 0.11$	$46.70^{c} \pm 0.46$
a*	$6.40^{c} \pm 0.07$	$7.17^{b} \pm 0.05$	$8.70^{a} \pm 0.11$
b*	$34.20^{c} \pm 0.01$	$36.45^{b} \pm 0.17$	$38.05^{a} \pm 0.14$

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ร้อยละ 0 ร้อยละ 2 ร้อยละ 4

ภาพที่ 1 เค้กกล้วยน้ำว้าที่เสริมหอมแดงผงในระดับต่างๆ

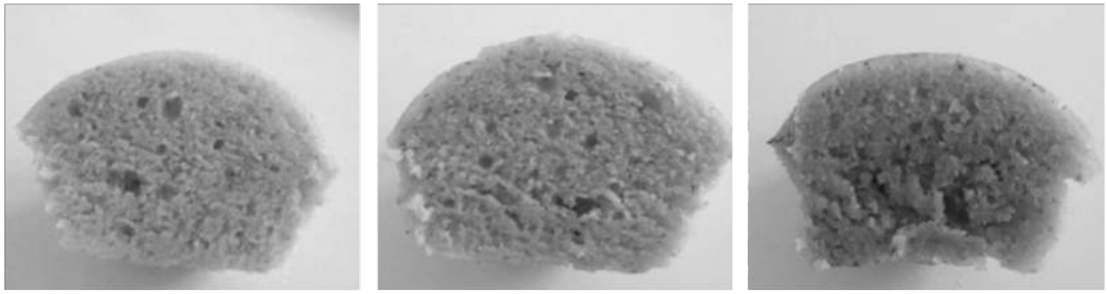
ลักษณะเนื้อสัมผัสเค้กกล้วยน้ำว้า พบว่า การเสริมหอมแดงผงไม่มีผลต่อค่าความแข็ง และความยืดหยุ่น ($p>0.05$) ของเค้กกล้วยน้ำว้า ในขณะการเพิ่มปริมาณหอมแดงผงทำให้ค่าการยืดเกาะ และค่าแรงกดเคี้ยวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเค้กกล้วยน้ำว้าที่เสริมหอมแดงผงร้อยละ 4 มีค่าการยืดเกาะ และค่าแรงกดเคี้ยวสูงที่สุด ($p\leq0.05$) เท่ากับ 0.42±0.06 และ 222.92±33.82 ตามลำดับ (ดังตารางที่ 3) การเสริมหอมแดงผงในปริมาณเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาตรจำเพาะของเค้กกล้วยน้ำว้ามีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ความหนาแน่นของเนื้อเค้กมีค่าเพิ่มขึ้น โดยเค้กกล้วยน้ำว้าที่เสริมหอมแดงผงร้อยละ 4 พบปริมาตรจำเพาะต่ำสุดเท่ากับ 0.40 ±0.09 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม และความหนาแน่นสูงสุด เท่ากับ 2.61 ±0.66 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แตกต่างจากทุกชุดการทดลอง ($p\leq0.05$) ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณหอมแดงผงในส่วนผสมที่มากขึ้น และเนื่องจากกาบใบชั้นนอกของหอมแดงมีองค์ประกอบของใยอาหาร (dietary fiber) โดยส่วนใหญ่เป็นสารเพคติน (pectic polysaccharides) (Ng, Smith and Waldron, 1998) ซึ่งเป็นใยอาหารชนิดละลายน้ำ (soluble dietary fiber) สูงมากกว่าใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำ (insoluble dietary fiber) (Jaime et al., 2002) ใยอาหารที่ละลายน้ำมีความสามารถดูดซับน้ำได้ดี และการเกิดอันตรกิริยา (interaction) ระหว่างใยอาหารกับกลูเตน (gluten) ในระหว่างการสร้างโด (dough) ทำให้ความสามารถการดูดซับน้ำและคุณสมบัติวิสโคอิลาสติก (viscoelastic property) ของโดลดลง ส่งผลให้เนื้อเค้กกล้วยหอมมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น และปริมาตรจำเพาะลดลง (Sivam et al., 2010) ดังนั้นการเสริมหอมแดงผงในส่วนผสมจะทำให้เนื้อแน่น และการขึ้นฟูของเค้กกล้วยน้ำว้าลดลง (ดังภาพที่ 2)

ตารางที่ 3 ลักษณะเนื้อสัมผัส ปริมาตรจำเพาะ และความหนาแน่นของเค้กกล้วยน้ำว้าที่เสริมหอมแดงผงระดับต่างๆ

คุณลักษณะทางกายภาพ	ปริมาณหอมแดงผง (ร้อยละ)		
	0	2	4
ค่าความแข็ง (กรัม)ns	736.65±17.97	704.55±36.31	729.64±16.04
ความยืดหยุ่น ns	0.71±0.01	0.74±0.01	0.73±0.02
ค่าการยืดเกาะ	0.22^{b}±0.08	0.38^{a}±0.07	0.42^{a}±0.06
ค่าแรงกดเคี้ยว	112.39^{b}±36.85	196.59^{a}±47.71	222.92^{a}±33.82
ปริมาตรจำเพาะ (ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม)	0.94^{a}±0.12	0.89^{a}±0.04	0.40^{b}±0.09
ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	1.07^{b}±0.14	1.12^{b}±0.06	2.6a±0.66

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)



ร้อยละ 0 ร้อยละ 2 ร้อยละ 4

ภาพที่ 2 ลักษณะตัดตามขวางของเนื้อเค้กกล้วยน้ำว้าที่เสริมหอมแดงผงในระดับต่างๆ

คุณภาพทางเคมี พบว่า เค้กกล้วยน้ำว้าทุกชุดการทดลองมีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ซึ่งอยู่ในช่วงร้อยละ32.93 - 33.91 และพบปริมาณเควอซิทินในเค้กกล้วยน้ำว้าที่เสริมหอมแดงผง โดยเค้กกล้วยน้ำว้าเสริมหอมแดงผงร้อยละ 4 ของน้ำหนักแป้งเค้ก พบปริมาณ เควอซิทินสูงสุด ($p\leq0.05$) เท่ากับ 3.33±1.05 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง (ดังตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เค้กกล้วยน้ำว้าที่เสริมหอมแดงผงระดับต่างๆ

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณหอมแดงผง (ร้อยละ)		
	0	2	4
ความชื้น^{ns}	33.37±0.31	32.93±0.29	33.91±1.03
ปริมาณสารเควอซิทิน (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง)	0.00c±0.00	0.70b±0.54	3.33a±1.05

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้น เพื่อหาปริมาณหอมแดงผงที่เหมาะสมต่อการลดปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้า จึงศึกษาเฉพาะผลของการเสริมหอมแดงผงที่มีต่อการยับยั้งปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา พบว่าเค้กกล้วยน้ำว้าทุกชุดการทดลองพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์ รา ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเค้ก มผช. 459/2555 ที่กำหนดให้ตัวอย่าง 1 กรัม มีจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1x106 โคโลนี มียีสต์และราไม่เกิน 100 โคโลนี เค้กกล้วยน้ำว้าที่เติมหอมแดงผงมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์ รา ต่ำกว่าชุดควบคุม เมื่อเพิ่มปริมาณหอมแดงผงในเค้กกล้วยน้ำว้าพบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลง โดยเค้กกล้วยน้ำว้าที่เติมหอมแดงผงร้อยละ 4 ของน้ำหนักแป้งเค้ก พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์ รา น้อยที่สุด คือ น้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม (ดังตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ของเค้กกล้วยน้ำว้าที่เติมหอมแดงผงระดับต่างๆ

ชนิดจุลินทรีย์ (โคโลนีต่อกรัม)	ปริมาณหอมแดงผง (ร้อยละ)		
	0	2	4
จุลินทรีย์ทั้งหมด	410	30	<10
ยีสต์ และรา	58	<10	<10

การเสริมหอมแดงผงในเค้กกล้วยน้ำว้าช่วยลดการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และสอดคล้องกับปริมาณเควอซิทินที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ลดลง โดยสารเควอซิทินที่พบในกาบใบหอมแดงสามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวกได้มากกว่าแบคทีเรียแกรมลบ ซึ่งสามารถยับยั้ง Bacillus cereus, Staphylococcus aureus และ Escherichia coli O157:H7 ได้มากที่สุดและน้อยที่สุดตามลำดับ (กิติพงศ์ และ นฤมล , 2560) และยับยั้ง Salmonella enterica, Listeria monocytogenes ซึ่งสารเควอซิทินยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ยับยั้งการสร้างสายดีเอ็นเอในเซลล์แบคทีเรีย และป้องกันการเจริญของแบคทีเรีย (Wu et al., 2008) นอกจากนี้สามารถยับยั้งการเจริญของรา Aspergillus niger, Trichoderma viride และ Penicillium cyclopium (Škerget et al., 2009) สารเควอซิทินอยู่ในรูปอะไกลโคน (aglycones) มีโครงสร้างประกอบด้วยวงแหวนเบนซีน 3 วง และมีหมู่ไฮดรอกซี 5 หมู่ โดยไฮดรอกซิลตำแหน่งคาร์บอนที่ 3 (Xu and Lee, 2001) ตำแหน่งคาร์บอนที่ 5 และ 7 เป็นตำแหน่งสำคัญที่ทำให้เกิดการยับยั้งจุลินทรีย์ (Wang et al., 1989) หมู่ไฮดรอกซิลของเควอซิทินสามารถจับกับเอนไซม์บริเวณแอคทีฟ (active site) ด้วยพันธะไฮโดรเจน (Abd-Allah, Awad and AbdelMohsen, 2015)

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเค้กกล้วยน้ำว้าที่เสริมหอมแดงผงในระดับต่างๆ ในคุณลักษณะ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่า การเสริมหอมแดงผงในเค้กกล้วยน้ำว้ามีผลต่อความชอบของผู้ทดสอบชิม ปริมาณหอมแดงผงที่เพิ่มขึ้นในเค้กกล้วยน้ำว้ามีผลทำให้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านสี และรสชาติลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่คะแนนความชอบด้านกลิ่นไม่มีความแตกแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของเค้กกล้วยน้ำว้าที่เสริมหอมแดงทุกระดับมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกัน แต่คะแนนต่ำกว่าเค้กกล้วยหอมที่ไม่เสริมหอมแดง ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 7 เมื่อเปรียบเทียบเค้กกล้วยน้ำว้าที่เสริมหอมแดงผงในระดับต่างๆ ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเค้กกล้วยน้ำว้าที่เสริมหอมแดงผงร้อยละ 2 มากกว่าร้อยละ 4 ซึ่งคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย (6.50) ถึงชอบปานกลาง (7.00)

ตารางที่ 7 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเค้กกล้วยน้ำว้าเติมหอมแดงผงระดับต่างๆ

คุณลักษณะ	ปริมาณหอมแดงผง (ร้อยละ)		
	0	2	4
สี	$7.17^{a} \pm 0.83$	$7.00^{a} \pm 1.03$	$6.40^{b} \pm 0.86$
กลิ่น^{ns}	6.47 ± 1.83	6.50 ± 0.90	6.20 ± 1.24
รสชาติ	$7.37^{a} \pm 1.00$	$6.73^{b} \pm 1.02$	$6.20^{c} \pm 0.89$
เนื้อสัมผัส	$7.63^{a} \pm 1.00$	$6.73^{b} \pm 1.05$	$6.30^{b} \pm 0.88$
ความชอบโดยรวม	$7.57^{a} \pm 0.90$	$6.90^{b} \pm 1.18$	$6.43^{b} \pm 0.57$

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

สรุปผลการวิจัย

การเสริมหอมแดงผงในเค้กกล้วยน้ำว้าทำให้เนื้อเค้กมีสีน้ำตาลเข้ม ความหนาแน่นของเนื้อเค้กเพิ่มขึ้น และปริมาตรจำเพาะลดลง ทำให้ลักษณะการขึ้นฟูของเนื้อเค้กลดลง หอมแดงผงที่เสริมในเค้กกล้วยน้ำว้าสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และผู้บริโภคให้การยอมรับเค้กกล้วยน้ำว้าที่เสริมหอมแดงผงในระดับคะแนนที่ชอบปานกลาง ดังนั้นจากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การเสริมหอมแดงผงร้อยละ 2 ของน้ำหนักแป้ง เป็นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับเติมในเค้กกล้วยน้ำว้าที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และลดปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจาก คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ประจำปีการศึกษา 2559 ผู้สนับสนุนทุนในการทำวิจัยจนสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

กรมอนามัย. กองโภชนาการ. (2544). ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย, แหล่งข้อมูล: http://nutrition.anamai. moph.go.th /images/file/nutritive_values_of_thai_foods.pdf. ค้นเมื่อวันที่ 24 ตุลาคม 2559.

กรมวิทยาศาสตร์บริการ. (2553). ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้ แอนโทไซยานิน, แหล่งข้อมูล: http://www.chaipanich.co.th /upload/file/file-20131122-691605.pdf. ค้นเมื่อวันที่ 16 มิถุนายน 2561.

กระทรวงอุตสาหกรรม. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2555). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เค้ก. มผช 459/2555, แหล่งข้อมูล: http://tcps.tisi.go.th /public/StandardList.aspx. ค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560.

กิติพงศ์ อัศตรกุล และนฤมล หิมะสุทธิเดช. (2560). ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียของสารสกัดจากหัวหอมและการประยุกต์ใช้ในน้ำผักผลไม้ผสม. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. 12(1): 71-83.

จินตนาภรณ์ วัฒนธร. (2554). “เคอร์ซิติน” สารพฤกษเคมีอเนกประสงค์, แหล่งข้อมูล: http://www.icam.kku.ac.th/Newletter/Quercetin.pdf. ค้นเมื่อวันที่ 10 มกราคม 2559.

จุฑามาศ พีรพัชระ และ วรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์. (2559). การใช้ประโยชน์จากเนื้อตาลสุกของชุมชนจังหวัดเพชรบุรีเพื่อผลิตขนมปัง. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร. 10(1): 168-178.

นราธิป ปุณเกษม. (2556). ผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อสเตลิงในขนมปัง. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. 8(1): 12-20.

วิภาวัน จุลยา. (2552). เค้ก. กรุงเทพฯ: บริษัทพิมพ์ดีการพิมพ์. หน้า 10-30.

วีณา เชิดบุญชาติ. (2545). ปลูกผักไทยได้ยาและอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์บ้านและสวน. กรุงเทพฯ.

Abd-Allah, W.E., Awad, H.A. and AbdelMohsen, M.M. (2015). HPLC analysis of quercetin and antimicrobial activity of comparative methanol extracts of Shinus molle L. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 4(11): 550-558.

An, I. and Ma, N. (2018). The efficacy of sweet orange (Citrus sinensis (l). osbeck) peels in the preservation of plain cake at ambient temperature. Jounal of Nutritional Health & Food Engineering. 82:199-203.

Anis, J.M.Z., Wan, W.I.R. and Daniel, S. R. (2014). Physicochemical and Sensorial Evaluation of Biscuit and Muffin Incorporated with Young Corn Powder. Sains Malaysiana. 43(1): 45–52.

Arifin, N.S., Miyajima, I. and Okubo, H. (1999). Variation of pigments in the bulbs of shallot (Allium cepa var. ascalonicum) and Alliumxwakegi. Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University. 43(3-4):303-308.

AOAC. (2000). Official methods of analysis 17th edition. Gaithersberg, Maryland: Association of Official Chemists.

Bacteriological analytical manual. (2001). Chapter 3, Aerobic plate count. USFDA. 8 pp. Retrieved January 20, 2017, from http://www.cfsan.fda.gov.

Bacteriological Analytical Manual. (2001). Chapter 18, Yeasts, Molds and Mycotoxins. USFDA, 4 pp. Retrieved January 20, 2017, from http://www.cfsan.fda.gov.

Feng. X., and W, Liu. (2011). Variation of quercetin content in different tissues of Welsh onion (Allium fistulosum L.). African Journal of Agricultural Research. 6(26): 5675-5679.

Jaime, L. et al. (2002). Structural carbohydrate differences and potential source of dietary fiber of onion (Allium cepa L.) tissues. Journal of Agricultural and Food ChemistryJ. 50: 122-128.

Mansour, A., Effat, A. M., Mohammad, A. M. and Ahmad, F. S. (2009). Characterization of shallot, an antimicrobial extract of allium ascalonicum. Pakistan Journal of Medical Sciences Quarterly. 25(6): 948-952.

Ng, A., Smith, A.C. and Waldron, K.W. (1998). Effect of tissue type, variety and storage on cell wall chemistry of onion (Allium Cepa L.). Retrieved April 18, 2017 from http://spiru.cgahr.ksu.edu /proj/iwcspp/ iwcspp7. html.

Oancea, S. and Drághici, O. (2013). pH and thermal stability of anthrocyanin-based optimized extracts of Romanian red onion cultivars. Czech Journal of Food Sciences. 31:283-291.

Saranraj, P. and Geetha, M. (2012). Microbial spoilage of bakery products and Its control by preservatives. International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives. 3(1):38-48.

Sivam, A.S., Sun-Waterhouse, D., Quek, S.Y. and Perera, C.O. (2010). Properties of bread dough with added fiber polysaccharides and phenolic antioxidants: A review. Journal of Food Science, 75(8): R163-R173.

Škerget, M., Majheniè, L., Bezjak, M. and Knez, Ž. (2009). Antioxidant, Radical Scavenging and Antimicrobial Activities of Red Onion (Allium cepa L.) Skin and Edible Part Extracts. Chemical and Biochemical Engineering Quarterly. 23(4): 435-444.

Sun-Young, L., So-Young, G., Seung-Ju, K. and Bo Kyung, M. (2009). Inhibitory effect of commercial green tea and rosemary leaf powders on the growth of foodborne pathogens in laboratory media and oriental-style rice cakes. Journal of Food Protection. 72(5): 1107–1111.

Wang, Y., Hamburger, M., Gueho, J. and Hostettmann, K. (1989). Antimicrobial flavonoids from Psiadia trinervia and their methylated and acetylated derivatives. Phytochemistry. 28(9):2323-7.

Wiczkowski. W., et al. (2003). Bioavailability of quercetin from flesh scales and dry skin of onion in rats. Polish Journal of food and nutrition sciences. 53(12): 95-99.

Wu, D., Kong, Y., Han, C., Chen. J., Hu, L., Jiang, H. and Shen, X. (2008). DAlanine: D-alanine ligase as a new target for the flavonoids quercetin and apigenin. International Journal of Antimicrobial Agents. 32: 421-426.

Xu, H.X. and Lee, S.F. (2001). Activity of plant flavonoids against antibiotic-resistant cacteria. Phytotherapy Research. 15:39-43.

Yoo, K. S., Lee, E. J. & Patil, B. S. (2013). Changes in quercetin glucoside concentrations of onion bulbs by scales, during storage, and in sprouting leaves exposed to UV. Postharvest Biology and Technology. 83:65-71.

ฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากพืช ในอำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช: ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย

Biological Activities of Plant Extract at Pakpanang, Nakhon Si Thammarat Province: Antioxidant and Antibacterial Activities

มณฑล เลิศคณาวนิชกุล[1]
กิจติศักดิ์ ชววิสิฐ[1]
และ พูลสิทธิ์ หิรัญสาย[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดพืชครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาโดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดพืช (ส้มโอทับทิมสยาม แก้วมังกร แห้วจูด ข้าวไข่มดริ้น) จากอำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีทดสอบดีพีพีเอช/เอบีทีเอส และทดสอบฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ด้วยวิธีซึมผ่านเข้าเนื้อวุ้น ปรากฏว่าสารสกัดจากพืชด้วยเอทานอลเท่านั้นที่แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ รวมไปถึงแสดงฤทธิ์ต้านแบคทีเรียได้แตกต่างกันออกไป แต่ไม่มีฤทธิ์ต้านยีสต์

คำสำคัญ: ปากพนัง สารสกัดจากพืช ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย

บทนำ

ปัญหาสารมลพิษจากภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมตกค้างในสิ่งแวดล้อมมีอยู่เป็นจำนวนมาก รวมทั้งสารเคมีบางชนิดในอาหารและเครื่องสำอางยังทำให้ผู้บริโภคเกิดอาการแพ้หรือเกิดผลข้างเคียงในระยะยาว ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อสิ่งมีชีวิตที่ไปสัมผัสโดนกับสารพิษเหล่านั้น ทำให้การใช้สารกัดจากพืชที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพจึงกลายเป็นสิ่งที่มีการสนใจอย่างกว้างขวาง มีการนำสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในพืชไปใช้ประโยชน์ทั้งทางการแพทย์ ด้านเกษตรกรรม ด้านอุตสาหกรรม เป็นต้น ทำให้สารสกัดจากพืชได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเป็นสารเคมีที่พบเฉพาะในพืชและได้จากธรรมชาติมีฤทธิ์ทางชีวภาพ และประสิทธิภาพที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย อีกทั้งเกิดผลข้าง

[1]สำนักวิชาสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช 80160

เคียงน้อย นอกจากนั้นยังช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตผลและของเหลือทิ้งทางการเกษตร และเพื่อช่วยลดการนำเข้าของยาหรือสารเคมีที่มีราคาแพงจากต่างประเทศ

พืชเป็นแหล่งวัตถุดิบที่สำคัญแหล่งหนึ่ง ของสารพฤกษเคมีซึ่งถูกใช้มาตั้งแต่สมัยอดีตเพื่อรักษาโรคต่างๆ และใช้บำรุงร่างกาย (Hassanpour et.al, 2011) ในที่นี้จะกล่าวถึงฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากพืชในสองด้าน คือฤทธิ์ทางด้านการใช้ต้านอนุมูลอิสระและต้านแบคทีเรียก่อโรค ซึ่งมีผู้ศึกษาวิจัยอย่างกว้างขวางในประเทศไทยแต่ยังพบข้อมูลอยู่น้อยในพืชประจำถิ่นในพื้นที่อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช รายงานวิจัยนี้จะเป็นการศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลยืนยันเบื้องต้นทางวิทยาศาสตร์ของสารพฤกษเคมีจากพืชท้องถิ่นในจังหวัดนครศรีธรรมราช ประเทศไทย ที่เกี่ยวข้องกับการต้านอนุมูลอิสระและต้านแบคทีเรียก่อโรค เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับผู้สนใจที่จะศึกษาค้นคว้าในด้านนี้ต่อไป หรืออาจจะเป็นการช่วยส่งเสริมและเพิ่มมูลค่าของพืชท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

วิธีดำเนินงานวิจัย

1.การเตรียมสารสกัดพืช

1.1 การเตรียมสารสกัดพืชด้วยเอทานอล (Obi et.al., 2011; Dahiru et.al., 2013; Maobe et.al., 2013) นำส่วนของพืชท้องถิ่น จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ หัวของแห้วจูด เนื้อของผลส้มโอ เนื้อของผลแก้วมังกร เมล็ดข้าวไข่มดริ้น โดยการไปจัดหาจากไร่สวนผลไม้ในอำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช มาล้างทำความสะอาดและ ผึ่งให้แห้งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำส่วนของพืชไปอบต่อในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง หรือจนแห้ง ปั่นให้ละเอียดโดยใช้เครื่องบดไฟฟ้า (ยกเว้นเนื้อผลไม้ไม่ต้องอบให้แห้งและไม่ต้องปั่นละเอียด) นำส่วนของพืชที่เตรียมไว้จำนวน 10 กรัม ใส่ลงในขวดดูแรน (Duran) แล้วเติมตัวทำละลายเอทานอล ปริมาตร 50 มิลลิลิตร เขย่าผสมให้เข้ากันแล้วนำไปปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกตะกอนที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แยกเก็บส่วนใส (การสกัดครั้งที่ 1) แล้วเติมเอทานอลลงไปในส่วนของตะกอนอีกครั้งทำซ้ำเป็นครั้งที่ 2 (การสกัดครั้งที่ 2) และทำซ้ำครั้งที่ 3 (การสกัดครั้งที่ 3) รวมส่วนใสของการสกัดทั้ง 3 ครั้ง ไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 จากนั้นนำไประเหยเอาเอทานอลออกด้วยเครื่อง Rotary Evaporator ใช้อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จนเอทานอลระเหยออกจนหมด ใช้สัญลักษณ์ E1, E2 และ E3 จากนั้นละลายด้วย 100% DMSO ให้มีความเข้มข้น 50 มิลลิกรัม (ของแข็ง) ต่อมิลลิลิตร (mg solid/ml) สารสกัดที่ได้ แล้วนำไปวิเคราะห์ฤทธิ์ทางด้านชีวภาพ หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ รวมไปถึงฤทธิ์ต้านแบคทีเรียก่อโรค

1.2 การเตรียมสารสกัดพืชด้วยน้ำ

ทำการสกัดสารพฤกษเคมีเช่นเดียวกับ “การเตรียมสารสกัดจากพืชด้วยเอทานอล” แต่เปลี่ยนตัวทำละลายจากเอทานอลเป็นน้ำ จากนั้นนำไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (lyophilization) นำตะกอนที่ได้มาละลายด้วย 100% DMSO ให้มีความเข้มข้น 50 มิลลิกรัม (ของแข็ง) ต่อมิลลิลิตร (mg solid/ml) สารสกัดที่ได้ติดฉลากเป็น W1 ทำซ้ำจำนวน 3 ครั้ง (สุดท้ายได้สารสกัดที่ได้ติดฉลากเป็น W1, W2 และ W3 ของตัวอย่างแต่ละชนิด) แล้วนำไปวิเคราะห์ฤทธิ์ทางด้านชีวภาพ หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ รวมไปถึงฤทธิ์ต้านแบคทีเรียก่อโรค

2.วิธีวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Re et.al., 1999)

2.1 โดยวิธีเอบีทีเอส (ABTS radical scavenging assay) แยกเตรียมสารสกัดจากพืชในข้างต้นความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ใน DMSO แล้วปิเปตมาปริมาตร 20 ไมโครลิตร ลงใน 96 well microtiter plate จากนั้นปิเปตสารละลายสต๊อก 2, 2’-azino-bis (3-ethyl-benzthiazoline-6-sulphonic acid) หรือ ABTS มีสูตรโมเลกุล C18H18N4O6S4 (ABTS ปริมาณ 0.0385 g ซึ่งสาร Potassium persulfate ปริมาณ 0.0066 g ผสมกับน้ำกลั่นปราศจากไอออน ปริมาตร 10 มิลลิลิตร) เก็บไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส ในที่มืด 12-16 ชั่วโมง ก่อนนำมาทดสอบ) ที่เตรียมไว้ ปริมาตร 180 µl ผสมกับตัวอย่างสารสกัดพืช บ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 10 นาที แล้วนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร คำนวณ % inhibition จากสูตร [% inhibition = (1 – OD sample/OD blank)×100] สร้างกราฟมาตรฐาน Trolox ที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยกำหนดแกน y เป็น % Inhibition และแกน x เป็นความเข้มข้นของสารมาตรฐาน Trolox (เตรียมสารละลายมาตรฐาน Trolox ที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน (5, 10, 20, 40, 60, 80 และ 100 µg/ml) ใน DMSO คำนวณความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระเอบีทีเอสของสารสกัดพืชจากสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน Trolox

โดยหน่วยของความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ เอบีทีเอสแสดงเป็นหน่วย mg Trolox /1 g extract (Trolox equivalent antioxidant capacity; TEAC)

2.2 โดยวิธีดีพีพีเอช (DPPH radical scavenging assay) แยกเติมสารละลายมาตรฐานหรือสารสกัดพืชที่เตรียมไว้ปริมาตร 75 ไมโครลิตร ใน 96 well microtiter plate จากนั้นเติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.2 mM (ชั่งสาร DPPH ปริมาณ 0.0020 กรัม ผสมกับเมทานอลปริมาตร 25มิลลิลิตร) ลงไปผสมปริมาตร 150 ไมโครลิตร แล้วนำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH สามารถคำนวณตามสูตรดังนี้ % inhibition = [1-(OD sample/OD blank)] × 100 สร้างกราฟมาตรฐาน ascorbic acid ที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยกำหนดแกน y เป็น % inhibition และแกน x เป็นความเข้มข้นของสารมาตรฐาน ascorbic acid คำนวณความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสมุนไพร จากสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน ascorbic acid โดยหน่วยของความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH แสดงเป็น หน่วย mg vitamin C/ 1 g extract (Vitamin C equivalent antioxidant capacity; VCEAC)

2.3 การรายงานฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

การตรวจความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ใช้วิธีวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร และรายงานผลเป็นค่า IC50 เปรียบเทียบค่าที่ได้กับวิตามินซี ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุมเชิงบวกในการทดลอง ส่วนวิธี ABTS จะใช้การวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร และรายงานผลเป็นค่า IC50 เปรียบเทียบค่าที่ได้กับวิตามินซี ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุมเชิงบวกในการทดลอง

3.การตรวจวัดปริมาณฟีนอลิกด้วยวิธี Folin-Ciocalteau (Singleton et.al., 1999)

ปิเปตสารละลายมาตรฐาน gallic acid (ในตัวทำละลาย DMSO ที่ความเข้มข้น 50, 100, 150, 200 and 250 มิลลิกรัมต่อลิตร) หรือสารสกัดพืช ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 12.5 ไมโครลิตร ใน 96 well microtiter plate และเติมน้ำกลั่นหลุมละ 50 ไมโครลิตร จากนั้นปิเปต Folin-Ciocalteau phenol reagent หลุมละ 12.5 ไมโครลิตร และบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 นาที แล้วปิเปต 7% ของ sodium carbonate และน้ำกลั่น ลงไปหลุมละ 125 ไมโครลิตร และ 100 ไมโครลิตร ตามลำดับ ทำการบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีฟ้าที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร

สร้างกราฟมาตรฐาน gallic acid ที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยกำหนดแกน y เป็น OD และแกน x เป็นความเข้มข้นของสารมาตรฐาน คำนวณหาปริมาณฟีนอลิกในตัวอย่างโดยนำมาเทียบกับสารมาตรฐาน gallic acid และแสดงหน่วยของฟีนอลิกเป็น gallic acid equivalent (mg GAE) ต่อสาร 1 กรัม

4.การตรวจสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของตัวอย่างสารสกัดพืช

เตรียมจานเพาะเชื้อทดสอบและการทดสอบโดยวิธี agar well diffusion (Kwaadsteniet et.al., 2005) โดยเพาะเลี้ยงเชื้อทดสอบในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว Mueller Hinton (MH) ด้วยการเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง จากนั้นไปปรับให้มีปริมาณเชื้อประมาณ 1.5×108 เซลล์ต่อมิลลิลิตร แล้วนำไปป้ายลงบนผิวหน้าจานอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง MH วางให้ผิวหน้าแห้งจึงเจาะหลุมทดสอบในจานอาหารเลี้ยงเชื้อดังกล่าว ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.6-0.8 มิลลิเมตร จากนั้นนำตัวอย่างสารสกัดพืชหยดลงไปในหลุมทดสอบๆ ละ 100 ไมโครลิตร นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สังเกตวงใสของการยับยั้งเชื้อ (inhibition zone)

5.การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนาโดยทำการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยเทียบกับกลุ่มสารควบคุมการทดสอบ ได้แก่ Gallic acid Trolox วิตามินซี ของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ผลการวิจัย

1.ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

จากการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS และ DPPH และปริมาณของสารฟีนอลิกรวมของสารสกัดพืชจากท้องถิ่นที่ปลูกในพื้นที่ปากพนัง ได้แก่ ส้มโอ 2 สายพันธุ์ (ส้มโอพันธุ์ทองดีและส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม) แก้วมังกร ข้าวไข่มดริ้น และแห้วจูด จำนวนรวม 8 ตัวอย่าง แสดงข้อมูลดังตารางที่ 1 พบว่า

1.1 ส้มโอทั้ง 2 สายพันธุ์ที่เก็บในระหว่างเดือนธันวาคม 2556 (ตัวอย่างหมายเลข 1 ของแต่ละสายพันธุ์) มีองค์ประกอบส่วนที่ละลายน้ำได้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน และยังพบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสาร ฟีนอลิกรวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับส้มโอสายพันธุ์ทับทิมสยามในตัวอย่างหมายเลข 2-4 ที่เก็บในระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2557 และนำมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องตามธรรมชาติ ภายหลังจากเก็บจากต้น เป็นเวลา 5, 8 และ 10 วันตามลำดับ พบว่ามีระดับการต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่เก็บในเดือนธันวาคม 2556 และนอกจากนี้ตัวอย่างหมายเลข 4 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS สูงที่สุด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของส้มโอทั้ง 2 สายพันธุ์จะได้สูงกว่าการตรวจด้วยวิธี ABTS

1.2 ตัวอย่างแก้วมังกรที่นำมาศึกษา พบว่าส่วนของสารที่ละลายในน้ำจะมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่าส่วนที่ละลายในตัวทำละลายเอทานอล และสารจากแก้วมังกรในส่วนที่ละลายในเอทานอล มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดในการทดสอบครั้งนี้ เมื่อนำผลรวมของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระทั้งในส่วนที่ละลายในน้ำและละลายในเอทานอล จะเห็นได้ว่าแก้วมังกรแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากส่วนที่ละลายในเอทานอลมีปริมาณของสารฟีนอลิกรวมสูงที่สุด

1.3 ข้าวไข่มดริ้นสามารถหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้เพียงส่วนที่ละลายในน้ำได้เท่านั้น เนื่องจากข้อจำกัดของวิธีที่ใช้ในการศึกษา โดยในส่วนของสารที่ละลายในเอทานอลเมื่อนำมาศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทั้งด้วยวิธี ABTS และ DPPH จะเกิดตะกอนของสารเกิดขึ้น ทำให้ไม่สามารถวัดและรายงานผลได้ อีกทั้งปริมาณสารที่สามารถสกัดได้นั้นมีน้อย จึงไม่เพียงพอกับการนำมาศึกษาหาปริมาณสารฟีนอลิกรวมได้ แต่จากข้อมูลฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเฉพาะในส่วนที่นำมาศึกษาได้ จะพบว่าสาระสำคัญส่วนที่ละลายในน้ำของข้าวไข่มดริ้นมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าสารสำคัญที่ละลายในน้ำที่ได้จากตัวอย่างชนิดอื่นๆ

1.4 สำหรับการศึกษาตัวอย่างแห้วจูด พบว่าความร้อนที่ใช้ในการต้มมีผลทำให้ระดับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ทั้งส่วนที่ละลายในน้ำและส่วนที่ละลายในเอทานอลแต่จะมีผลทำให้ปริมาณสารฟีนอลิกรวมลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบด้วยวิธี DPPH ของแห้วจูดมีค่าต่ำกว่าทดสอบด้วยวิธี ABTS เช่นเดียวกันกับที่พบในข้าวไข่มดริ้น

2.ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์

สารสกัดพืชจากตัวทำละลายเอทานอลเท่านั้นที่แสดงฤทธิ์ต้านการเจริญของจุลินทรีย์และฤทธิ์ดังกล่าวจะมีความแตกต่างกันออกไปในแต่ละตัวอย่างสารสกัด แต่ส่วนใหญ่แล้วแสดงฤทธิ์ได้น้อยทั้งในแบคทีเรียแกรมบวกแบคทีเรียแกรมลบ แต่ไม่สามารถต้านจุลินทรีย์ในกลุ่มยีสต์ ดังแสดงในตารางที่ 2

อภิปรายผลการวิจัย

1.ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารฟีนอลิกรวม

ABTS มีสูตรโมเลกุล $C_{18}H_{18}N_4O_6S_4$ มาทำให้เป็นอนุมูลอิสระโดยการถูกออกซิไดซ์ด้วยโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ให้กลายเป็น ABTS+• ซึ่งเป็นอนุมูลที่มีสีฟ้า-เขียว มีความยาวคลื่นสูงสุด (λmax) ที่ 734 นาโนเมตร เมื่อเติมสารทดสอบที่มีกิจกรรมต้านออกซิเดชันจะทำให้ ABTS+•ลดลง ซึ่งทำให้สีจางลง ผลการวิเคราะห์จะคำนวณเป็นค่าที่สัมพันธ์กับสารต้านออกซิเดชันมาตรฐาน Trolox และแสดงในหน่วยของ Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC) ส่วน อนุมูล DPPH• เป็นอนุมูลไนโตรเจนที่คงตัว มีสีม่วง อยู่ในรูปอนุมูลอิสระอยู่แล้ว โดยไม่ต้องทำปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดอนุมูล การวิเคราะห์เป็นการวัดความสามารถของสารทดสอบในการกำจัดอนุมูลอิสระ โดยวิธีให้ไฮโดรเจนอะตอม โดยวัดการลดลงของสีเมื่อเติมสารต้านอนุมูลอิสระลงไป ที่ความยาวคลื่น 515 nm DPPH radical ใช้ในการทดสอบความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของสารตัวอย่าง (scavenging activity) สารละลายของ DPPH• มีสีม่วงในเมทานอล และเมื่อได้รับ H+ จะเปลี่ยนเป็นสารละลายสีเหลือง ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมักสัมพันธ์กับปริมาณสารฟีนอลิก ซึ่งสาร phosphomolybdicphosp-hotungstic acid ในน้ำยา Folin-Ciocalteau จะถูกรีดิวซ์โดย phenolic hydroxyl group ของ total polyphenol เกิดเป็น tungsten และ molybdenum blue ซึ่งให้สีน้ำเงิน และดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 nm ซึ่งปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจะหาได้โดยการเทียบกับปริมาณของ gallic acid โดยที่เอทานอลสามารถสกัดสารพฤกษเคมีได้มากกว่าน้ำ (ตารางที่ 1) อะซิโตน และปิโตรเลียมอีเทอร์ เนื่องมาจากเอทานอลสามารถละลายสารพฤกษเคมีพวกสารประกอบฟีนอลิกในกลุ่มพอลิฟีนอลและฟลาโวนอยด์ได้ดี (Pinelo et.al., 2004; Mendonca-Filho et.al.,

2012) ซึ่งปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิกรวมมากส่งผลให้ปริมาณการกำจัดอนุมูลอิสระสูง (Paixao et.al., 2007) เนื่องจากสารในกลุ่มฟีนอลิกมีโครงสร้างเป็น Aromatic Ring ต่อกับ Hydroxyl Group ทำให้สารประกอบฟีนอลิกส่วนใหญ่เป็นโมเลกุลที่มีขั้วและสามารถละลายได้ดี ในตัวทำละลายที่มีขั้ว เช่น แอลกอฮอล์ โดยสารประกอบฟีนอลิกมีกลไกการต้านอนุมูลอิสระคือ เมื่อสารประกอบฟีนอลิกถูกสารอนุมูลอิสระดึงอิเล็กตรอนออกไป ส่งผลให้โมเลกุลเกิดการสูญเสียอิเล็กตรอน แต่เนื่องจากโครงสร้างของสารประกอบฟีนอลที่มีความหนาแน่นของอิเล็กตรอนสูง จึงช่วยให้อิเล็กตรอนที่มีอยู่อย่างหนาแน่นนั้นสามารถเกิดการเคลื่อนย้ายไปทั่วโครงสร้างได้และทำให้โครงสร้างเกิดการเสถียร ส่วนสารอนุมูลอิสระเมื่อดึงอิเล็กตรอนไปก็ทำให้มีโครงสร้างที่เสถียรขึ้น (Pietta, 2000) อย่างไรก็ตามซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ปริมาณน้ำตาล aromatic amines กรดแอสคอร์บิค กรดอินทรีย์ และอื่นๆ อีกมากอาจส่งผลให้พบค่าฟีนอลิกที่สูงเกินจริงเมื่อวิเคราะห์ด้วย Folin-Ciocalteu reagent (Waterhouse, 2002; Huanget.al., 2005) ทำให้การรายงานผลนั้นสูงเกินจริง และการวัดสีด้วยวิธีนี้ไม่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิกแต่อย่างใด (Huang et.al., 2005) นอกจากนี้ในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิกซึ่งอาจแบ่งเป็น 5 กลุ่มย่อย คือ flavonols, anthocyanins, hydroxycinna-mayes, flavanones, flavan-3-ols และ oligomeric procyan-idins พบว่ากลุ่มของ flavanones มีความสามารถในการให้ไฮโดรเจนอะตอมได้น้อยกว่ากลุ่มของ anthocyanins และ flavonols มาก ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักผลไม้บางชนิดจึงถูกวิเคราะห์ว่ามีน้อยกว่าโดยไม่สัมพันธ์กับปริมาณฟีนอลิกที่ปรากฏอยู่จริง (Proteggente et.al., 2002)

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าสารส่วนที่ละลายใน เอทานอลของแก้วมังกรจะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทั้งที่ทดสอบด้วยวิธี ABTS และ DPPH สูงที่สุด ซึ่งส่วนหนึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการสกัดส่วนดังกล่าวมีปริมาณสารฟีนอลิกรวมมากที่สุด ในส่วนของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามพบว่าตัวอย่างที่เก็บในช่วงเดือนธันวาคม 2556 จะมีค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าตัวอย่างที่เก็บได้ในเดือนกุมภาพันธ์ 2557 และการเก็บส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามไว้นานประมาณ 10 วัน ภายหลังจากการเก็บจากต้น จะมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับภูมิปัญญาของชุมชนโดยจะมีการบ่มเก็บส้มโอไว้ประมาณ 1-2 อาทิตย์ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวจากต้น จะให้รสชาติและคุณค่าของส้มโอดีกว่าการนำมารับประทานโดยทันที ในส่วนของแห้วจูดแสดงให้เห็นว่าแห้วจูดต้มจะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่าแห้วจูดดิบ แม้ว่ากระบวนการต้มจะส่งผลให้มีปริมาณสารฟีนอลิกรวมลดต่ำลงก็ตาม อย่างไรก็ตามการทดสอบในครั้งนี้เป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้นที่จะนำไปพัฒนาต่อเท่านั้น เนื่องจากอุปสรรคและข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนตัวอย่างและระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวตัวอย่าง ที่อาจจะส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของข้อมูลในการทดลอง อย่างไรก็ตามวิธี decolorimetric assay สามารถวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระได้เฉพาะกลุ่มที่มีความสามารถในการรับ-ให้อิเล็กตรอนหรือให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่อนุมูลอิสระในกลุ่มเปอร์ออกซิลเท่านั้น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มที่ละลายในไขมัน เช่น วิตามินอี หรือกลุ่มที่มีฤทธิ์ในการกำจัดออกซิเจนอะตอมเดี่ยว เช่น เบต้าแค- โรทีน ไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ด้วยวิธีนี้ การนำเสนออันดับของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผัก-ผลไม้ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี decolorimetric assay จึงต้องพิจารณาถึงข้อจำกัดของวิธี มิฉะนั้นจะสร้างความเข้าใจที่ผิดพลาดและคลาดเคลื่อนให้แก่ผู้บริโภคได้

2.ฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย

การสกัดสมุนไพรด้วยเมทานอลมีประสิทธิผลในการยับยั้งเชื้อมากที่สุด ในขณะที่สกัดด้วยน้ำไม่มีประสิทธิผลในการยับยั้งเชื้อ อย่างไรก็ตามไม่มีสารสกัดใดสามารถต้านเชื้อยีสต์ Candida albicans ได้ รายงานวิจัยเกี่ยวกับพืชสมุนไพรในการต้านการเจริญของเชื้อจะมีความแตกต่างกันออกไปในแต่ละชนิดของพืชดังกล่าว และส่วนใหญ่ความสามารถในการต้านเชื้อมักจะเป็นฤทธิ์ของสารสกัดที่ได้มาจากพืชสมุนไพร (จิราภรณ์ บุรากร และ เรือนแก้ว ประพฤติ, 2555; Obi et.al., 2011; Dahiru et.al., 2013; Maobe et.al., 2013) หรือจากเปลือกผลไม้ (พงศธร ล้อสุวรรณ และคณะ, 2551) แต่พบฤทธิ์ดังกล่าวได้น้อยในเนื้อผลไม้ และฤทธิ์ของสารสกัดพืชด้วยเอทานอลที่ต้านเชื้อได้ดีกว่าสารสกัดจากน้ำเนื่องมาจากว่าสารพฤกษเคมีที่สำคัญส่วนใหญ่สามารถสกัดออกมาได้ด้วยเอทานอลดีกว่าน้ำดังที่ได้วิจารณ์ไว้ในส่วนของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในข้างต้น (จิราภรณ์ บุรากร และ เรือนแก้ว ประพฤติ, 2555; Pietta, 2000; Pinelo et.al., 2004; Paixao et.al., 2007; Obi et.al., 2011; Mendonca-Filho, 2012; Dahiru et.al., 2013) ทั้งนี้เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคได้ พงศธร ล้อสุวรรณ และคณะ, 2551; Esekhiagbe et.al., 2009; Senful et.al., 2009)

ตารางที่ 1 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกรวมในสารสกัดพืชท้องถิ่นจากพื้นที่ปากพนัง

ตัวอย่าง	หมายเลขตัวอย่าง	วิธีการสกัด	%yield of extract	การต้านอนุมูลอิสระ (μmole Trolox/g)		ปริมาณฟีนอลิกรวม (mg Gal/g)
				ABTS	DPPH	
ส้มโอ (พันธุ์ทองดี)	1	AE	6.42	28.12±6.71	363.93±34.73	33.51±7.04
ส้มโอ	1	AE	6.96	35.18±1.43	307.30±31.38	28.21±2.24
(พันธุ์ทับทิมสยาม)	2	AE	13.23	9.73±1.45	18.35±1.25	26.91±5.26
	3	AE	12.75	9.58±1.08	18.19±1.44	26.61±3.71
	4	AE	12.17	12.24±0.99	18.16±1.83	26.21±6.00
แก้วมังกร	1	AE	8.09	15.42±1.13	UR	15.04±4.48
		EE	2.63	83.26±48.07	584.47±106.36	58.56±10.80
ข้าวไข่มดริ้น	1	AE	0.73	54.21±7.72	41.42±2.14	UR
		EE	1.32	UR	UR	
แห้วจูด	1	AE	4.30	33.92±2.63	7.27±0.21	41.58±5.82
		EE	1.27	UR	UR	25.56±3.01
		BAE	6.79	35.86±3.06	14.62±3.67	40.09±9.45
		BEE	9.03	21.46±3.48	UR	15.05±4.03

UR: ไม่สามารถรายงานผลได้ เนื่องจากข้อจำกัดของวิธีทดสอบ; AE: ส่วนที่ละลายในน้ำ; EE: ส่วนที่ละลายในเอทานอล; BAE: ส่วนละลายน้ำภายหลังจากผ่านการต้ม; BEE: ส่วนที่ละลายในเอทานอลภายหลังจากผ่านการต้ม

ตารางที่ 2 ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากผลไม้ด้วยตัวทำละลายเอทานอล

จุลินทรีย์	ผลไม้และผลิตภัณฑ์พื้นบ้าน															ควบคุม (100% DMSO)
	แก้วมังกร			ส้มโอ			แห้วจูด			แห้วจูดต้ม			ข้าวไข่มดริ้น			
	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	
แบคทีเรียแกรมบวก																
B. cereus ATCC 11778	–	–	–	+	+	+	–	–	–	–	–	–	+	+	+	–
M. luteus TISTR 884	+	+	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+	+	+	–
S. aureus TISTR 517	+	+	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+	+	+	–
แบคทีเรียแกรมลบ																
E. coli TISTR 887	+	+	+	–	–	+	–	–	–	–	–	–	+	+	+	–
Ps. aeruginosa TISTR 1467	+	+	+	–	–	–	–	–	–	+	+	+	+	+	+	–
S. Typhimurium TISTR 292	+	+	+	–	+	+	–	–	–	+	+	+	+	+	+	–
ยีสต์																
C. albicans BCC 5390	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+*

\+ มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ ; – ไม่มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์

B. *cereus, Bacillus cereus; M. luteus, Micrococcus luteus; S. aureus, Staphylococcus aureus; E. coli, Escherichia coli, Ps. aeruginosa, Pseudomonas aeruginosa; S.* Typhimurium*, Salmonella Typhimurium; C. albicans, Candida albicans*

+* 100% DMSO มีฤทธิ์ต้าน *Candida albicans* BCC 5390

E1, สารสกัดพืชด้วยเอทานอลครั้งที่ 1; E2, สารสกัดพืชด้วยเอทานอลครั้งที่ 2; E3, สารสกัดพืชด้วยเอทานอลครั้งที่ 3

สรุปผลการทดลอง

สารสกัดส้มโอ แก้วมังกร ข้าวไข่มดริ้น แห้วจูด ไม่แสดงฤทธิ์ทางชีวภาพทั้งฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์อย่างเด่นชัด ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิคและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในขั้นตอนต่างๆ ของการเก็บรักษาผลไม้ เพื่อให้ทราบว่าในขั้นตอนดังกล่าวมีผลลดหรือเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระหรือไม่อย่างไร เพื่อให้เป็นแนวทางในการเพิ่มคุณค่าผลไม้ให้ได้ประโยชน์ของสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด สำหรับฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์อาจต้องมีการศึกษาการสกัดสารพฤกษเคมีจากเปลือกผลไม้มาศึกษาควบคู่กับสารสกัดจากเนื้อผลไม้เพื่อเป็นการยืนยันฤทธิ์ที่ดีในการต้านเชื้อจากผักผลไม้ที่นำมาศึกษาเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าพืชท้องถิ่นอย่างยั่งยืน และควรบริโภคพืชหลากหลายชนิดร่วมกัน โดยเฉพาะพืชที่มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งเป็นประโยชน์นานาประการต่อร่างกาย

ช่วยควบคุมการทำงานในระบบต่างๆ ของร่างกายให้เกิดความสมดุล ช่วยชะลอความเสื่อม ช่วยป้องกันและรักษาโรคเป็นประโยชน์ต่อภูมิต้านทานของร่างกาย มีเส้นใยสูง จึงป้องกันโรคอ้วน อย่างไรก็ตามเพื่อเป็นประโยชน์ทางด้านโภชนาการจึงควรที่จะบริโภคพืชที่มีสารประกอบที่หลากหลาย เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย นอกจากนี้ควรบริโภคพืชที่สด สะอาด เพื่อที่จะได้รับสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายได้ครบและได้รับคุณค่าทางด้านโภชนาการที่สำคัญของร่างกาย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ (มวล.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนด้านวิชาการและทุนวิจัย (WU-TRF_ABC5601) และนักวิจัยมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ที่ให้การสนับสนุนและเข้ามามีส่วนร่วมงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

จิราภรณ์ บุรากร และ เรือนแก้ว ประพฤติ. 2555. ผลของสารสกัดสมุนไพรพื้นบ้านไทยจำนวน 7 ชนิดต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย. **วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก** 10(1): 12-22.

พงศธร ล้อสุวรรณ จิตศิริ รัชตนพันธุ์ และ ศศิธร จันทนวราง. 2551. สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สมบัติการต้านอนุมูลอิสระและการต้านจุลินทรีย์ของเปลือกผลไม้. **การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 46** : 554-561.

Dahiru, D., Malgwi, A.R. and Sambo, H.S. 2013. Inhibitory Effect of Senna siamea Leaf Extracts on Selected Microorganisms. **American Journal of Medicine and Medical Sciences** 3(5): 103-107.

Esekhiagbe, M., Agatemor, M.M.U. and Agatemor, C. 2009. Phenolic content and antimicrobial potentials of Xylopia aethiopica and Myristica argentea. **Macedonian Journal of Chemical Engineering** 28(2): 159–162.

Hassanpour, S., Maheri-Sis, N., Eshratkhan, B., and Baghbani, F. 2011. Plants and secondary metabolites (Tannins): A review. **International Journal of Forest, Soil and Erosion** 1(1): 47-53.

Huang, D., Ou, B. and Prior, R.L. 2005. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 53: 1841-1856.

Kwaadsteniet, M.D.E, Todorov, S.D., Knoetze, H. and Dicks, L.M.T. 2005. Characterization of a 3944 Da bacteriocin, produced by Enterococcus mundtii ST15, with activity against Gram-positive and Gram- negative bacteria. **International Journal of Food Microbiology** 105: 433-434.

Maobe, A.G., Gatebe, E., Gitu, L. and Rotich, H. 2013. Preliminary Phytochemical Screening of Eight Selected Medicinal Herbs Used for the Treatment of Diabetes, Malaria and Pneumonia in Kisii Region, Southwest Kenya. **European Journal of Applied Sciences** 5(1): 1-6.

Mendonca-Filho, R.R. 2012. **Bioactive Phyto-compounds: New Approaches in the Phytosciences,** in; Modern Phytomedicine. Turning Medicinal Plants into Drugs, Ahman, I., Aqil, F. and Owais, M. (Ed.).

Obi, R.K., Nwanebu, F.C., Ndubuisi-Nnaji, U.U., Onuoha, L.N. and Chiegboka, N. 2011. Ethanolic Extraction and Phytochemical Screening of Two Nigerian Herbs on Pathogens Isolate from Wound Infections. **Pharmacie Globale (IJCP)** 10(2): 1-5.

Paixao, N., Perestrelo, R., Marques, J.C. and Camara, J.S. 2007. Relationship between antioxidant capacity and total phenolic content of red, rose´ and white wines. **Food Chemistry** 105: 204-214.

Pietta, P. 2000. Flavonoids as antioxidants. **Journal of Natural Product** 63: 1035-1042.

Pinelo, M., Lara, M., Maria, J.S. and Maria, C.N. 2004. Solvent effect on quercetin antioxidant capacity. **Food Chemistry** 88(2): 201-207.

Proteggente, A.R., Pannala, A.S., Paganga, G., Buren, L.V., Wagner, E., Wiseman, S. and van de Put, E. 2002. The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. **Free Radicals Research** 6(2): 217-233.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology & Medicine** 26: 1231–1237.

Senful, M., Yildiz, E., Gungor, N., Cetin, B., Eder, Z. and Ercisli, S. 2009. Total phenolic content, antioxidant and antimicrobial activities of some medicinal plant. Pakistan **Journal of Pharmaceutical Science** 22(1): 102-106.

Singleton, V.L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventós, R.M. 1999. Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-ciocalteu Reagent. **Methods in Enzymology** 299: 152-178

Waterhouse, A.L. 2002. Determination of total phenolics. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry** I1.1.1-I1.1.8. New York: John Wiley & Sons.

ข้อกำหนดในการส่งบทความเพื่อพิจารณาตีพิมพ์ ในวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. ประเภทของงานที่ได้รับพิจารณาเพื่อลงตีพิมพ์

จะต้องเป็นงานที่อยู่ในกลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพและชีวภาพ วิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาชุมชน และยังไม่เคยถูกเผยแพร่ หรืออยู่ระหว่างการพิจารณาให้เผยแพร่ในวารสารหนังสืออื่นใด โดยแบ่งประเภทของงาน เป็น 2 ประเภท คือ บทคงามวิจัย (Research Articles) และ บทความชิชาการหรือบทความปริทัศน์ (Review Articles)

2. การเขียนบทความและการเตรียมต้นฉบับ จะต้องเป็นตามข้อกำหนดนี้เท่านั้น โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 สามารถเขียนเป็นภาษาไทยล้วน หรือภาษาอังกฤษล้วนก็ได้ เป็นภาษาวิชาการที่ถูกต้อง และยึดหลักการใช้คำศัพท์หรือการเขียนทับศัพท์ตามหลักของราชบัณฑิตยสถาน

2.2 ต้นฉบับต้องพิมพ์หน้าเดียวลงบนกระดาษขาวสั้น ขนาดเอ 4 เว้นระยะกระดาษทุกด้าน 1 นิ้ว ใช้รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ทั้งหมด และพิมพ์ห่างบรรทัดเดียว (Single space) โดยบทความแต่ละเรื่องมีความยาวไม่เกิน 10 หน้า จะต้องประกอบด้วย

2.2.1 ชื่อเรื่องบทความ (Title) จะต้องมีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้ข้อความกระชับตัวอักษรหนา ขนาด 20 จัดกึงกลางหน้ากระดาษ และอักษรตัวแรกของภาษาอังกฤษต้องพิมพ์ด้วยตัวพิมพ์ใหญ่

2.2.2 ชื่อผู้เขียน (Authors) ใช้ชื่อ-นามสกุลเต็ม ไม่ต้องระบุคำนำหน้าชื่อ ตำแหน่งหรือคุณวุฒิใช้ตัวอักษรเอน ขนาด 16 จัดชิดขวาสุด หากมี 2 คนให้ใช้ “และ/and” คั่น หากมีมากกว่าสองคนขึ้นไป กรณีภาษาไทยให้เว้นวรรค 2 ครั้งคั่น แต่กรณีภาษาอังกฤษให้ใส่ (,) คั่นและเว้นวรรค 1 ครั้งระหว่างแต่ละคน และคนสุดท้ายให้ใช้ “และ/and” คั่น และให้แสดงตัวเลขแบบยก (Superscript) กำกับเพื่อระบุตัวต้นสังกัด และใช้ (*) กำกับ Corresponding Author ซึ่งต้องระบุรายระเอียดของต้นสังกัด และที่อยู่ (จังหวัดและรหัสไปรษณีย์) ของผู้เขียนทุกคน และ E-mail ของ Corresponding Author ไว้ด้านล่างสุดหน้าแรก ใช้ตัวอักษรปกติ ขนาด 12 จัดตำแหน่งชิดซ้ายสุด

2.2.3 บทคัดย่อ (Abstract) มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษให้บทคัดย่อภาไทยก่อนภาษาอังกฤษหัวข้อบทคัดย่อ (Abstract) ใช้ตัวอักษรหนา ขนาด 16 จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ พิมพ์เป็น 1 คอลัมน์ ไม่ควรไม่เกิน 15 บรรทัด

2.2.4 คำสำคัญ (Keywords) มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษจำนาน 3-5 คำ ใช้ตัวอักษรปกติ ขนาด 14 โดยระบุขนาดไว้ท้ายบทคัดย่อภาษาอังกฤษ ส่วนที่เป็นชื่อหัวข้อ “คำสำคัญ” “Keywords” ให้ใช้ตัวอักษรหนา

2.2.5 เนื้อความ (Text) พิมพ์เป็น 2 คอลัมน์ ยกเว้นบทความทางสาขาวิชาคณิตศาสตร์ ที่มีสมการทางคณิตศาสตร์ พิมพ์เป็น 1 คอลัมน์ได้ โดยใช้ตัวอักษรปกติ ขนาด 14 จัดขอบซ้ายขวาตรงกัน และในการย่อหน้าถ้ามีการย่อหน้า ย่อยหลายครั้งให้แต่ละย่อหน้าย่อยห่างกัน 1.25 ซม. ส่วนที่เป็นหัวข้อจะพิมพ์ด้วยตัวอักษรหนาชิดขอบกระดาษด้านซ้าย และควรประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้

- บทความวิจัย (Research Articles) ประกอบด้วย
  - บทนำ (Introduction)
  - วิธีการดำเนินการวิจัย (Research Methodology)
  - ผลการวิจัย (Results)

• วิจาณ์ผลวิจัย (Discussion)
• สรุปผลการวิจัย (Conclusions)
• คำขอบคุณ หรือกิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements) ถ้ามี
• เอกสารอ้างอิง (References) ทั้งภายในเนื้อความและท้ายบทความ

- บทความวิชาการหรือบทความปริทัศน์ (Review Articles) ประกอบด้วย
• บทนำ (Introduction)
• เนื้อความ (Text)
• บทสรุป (Summary)
• คำขอบคุณ หรือกิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements) ถ้ามี
• เอกสารอ้างอิง (References) ทั้งภายในเนื้อความและท้ายบทความ

2.2.6 รูปภาพ ตาราง แผนภูมิ (Figure, Table and Diagram) สามารถนำเสนอต่อจากข้อความที่กล่าวถึง หรือ นำเสนอภายหลังจากจบหัวข้อนั้น ๆ ได้ และสามารถวางรูปภาพหรือตารางที่มีขนาดใหญ่ให้ครอบคลุมพื้นที่ของ 2 คอลัมน์ได้ และต้องระบุหมายเลขลำดับของรูปภาพ ตาราง แผนภูมิ ในบทความด้วยตัวอักษรปกติ ขนาด 14 โดยใช้คำว่ารูปที่ x หรือแผนภูมิที่ x และคำอธิบายสั้นๆ ไว้ใต้รูปภาพหรือแผนภูมิ และตารางที่ x และคำอธิบายสั้นๆไว้ด้านบนของตาราง โดยใช้ตัวอักษรปกติ ขนาด 14 จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ

2.2.7 ระบบหน่วยใช้ ใช้ระบบหน่วยเมตริกซ์ หรือ SI โดยจะใช้รูปแบบการเขียนแบบเต็มหรือแบบย่อยอย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ แต่ต้องให้เป็นรูปแบบเดียวกันทั้งบทความ

3. การเขียนเอกสารอ้างอิง (References) หรือบรรณานุกรม (Bibliography)

3.1 การอ้างอิงในเนื้อความ จะใช้ระบบ ชื่อและปี โดยจะวงเล็บชื่อผู้แต่ง (สำหรับคนไทย) หรือชื่อสกุล (สำหรับคนต่างชาติ)หรือชื่อนิติบุคคลที่จัดทำเอกสาร และระบุปีที่พิมพ์ ของเอกสารที่อ้างอิง เช่น สมศักดิ์และสมศรี (2535) รายงานว่า...หรือ...(สมศักดิ์ และสมศรี, 2535) กรณีมีผู้เขียน 3 คนขึ้นไป ให้ใช้คำว่า “และคณะ” กรณีภาษาไทย หรือ “et al.” กรณีภาษาอังกฤษแทนหากมีอ้างอิงจากหลายรายงานในหัวข้อเดียวกัน ให้ใช้ ... (สมศักดิ์, 2535; สมศรี, 2540; Williams, 2009) โดยเรียงภาษาไทยก่อนภาษาอังกฤษและเรียงตามปีที่พิมพ์

3.2 การอ้างอิงท้ายเรื่อง ใช้ตัวอักษรปกติ ขนาด 14 เรียงลำดับภาษาไทยก่อนภาษาอังกฤษ และเรียงตามตัวอักษรและสระกรณีผู้เขียนคนเดียวกันให้เรียงตามปีที่พิมพ์เอกสาร มีรูปแบบการเขียนสำหรับวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังนี้

3.2.1 ตำรา (Textbook) หรือหนังสือ

ให้ใช้ ชื่อสกุลของผู้แต่ง. (ตัวเลข ปี พ.ศ. ที่ตีพิมพ์). ชื่อหนังสือ. (พิมพ์ครั้งที่). เมืองที่พิมพ์: โรงพิมพ์หรือสำนักพิมพ์. เลขหน้าเริ่มต้น – หน้าสุดท้ายที่อ้างอิง.

ภาษาอังกฤษ ให้ใช้ชื่อสกุล, อักษรย่อชื่อต้น. อักษรย่อรอง (ถ้ามี) ของผู้แต่ง. (ตัวเลข ปี ค.ศ. ที่ตีพิมพ์).แทน เช่น

ลัดดา วงศ์รัตน์. (2537). คู่มือการเลี้ยงแพลงก์ตอน. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 103 – 105 .

Johnson, E.A. and Schroeder, W.A. (1995). Microbial carotenoids. In Advances Biochemical Engineering and Biotechnology. Heidelberg: Springer – Verlag. Pp 119 – 178.

3.2.2 วารสาร (Journal)

ให้ใช้ ชื่อสกุลของผู้แต่ง. (ตัวเลข ปี พ.ศ.ที่ตีพิมพ์). ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร. เล่มที่ (ฉบับ): เลขหน้า เริ่มต้น - หน้าสุดท้ายที่อ้างอิง.

ภาษาอังกฤษให้ใช้ได้ 2 แบบ คือ

ชื่อสกุล, อักษรย่อชื่อต้น. อักษรย่อชื่อรอง (ถ้ามี) ของผู้แต่ง. (ตัวเลข ปี ค.ศ. ที่ตีพิมพ์). ชื่อบทความ ชื่อวารสาร (แบบย่อ). Volume (Issue): เลขหน้าเริ่มต้น – หน้าสุดท้ายที่อ้างอิง.
ชื่อสกุล, อักษรย่อชื่อต้น. อักษรย่อชื่อรอง (ถ้ามี) ของผู้แต่ง. (ตัวเลข ปี ค.ศ. ที่ตีพิมพ์). ชื่อบทความ ชื่อวารสาร (แบบเต็ม). Volume (Issue): เลขหน้าเริ่มต้น – หน้าสุดท้ายที่อ้างอิง. เช่น

ไพลิน จิตรชุ่ม และลัดด วงศ์รัตน์. (2550). องค์ประกอบชนิดและความหนาแน่นของโคพีพอดีบริเวณอ่าวมะนาว จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ (section T). 6 ฉบับพิเศษ 1): 133 – 142

Kiho, T., Morimoto,H., Kobayashi, Ukai, S., Aiza, K. and Inakuma, T. (2000). Effect of a polysaccharide (TAP) from the fruiting bodies of Tremellaauantia on Glucose metabolism in mouse liver. Biotechnol Biochem.64(2): 417 – 419 (กรณีชื่อวารสารแบบย่อ)

Turner, J.T. (2004) The importance of small planktonic copepods and their roles inpelagic Marine food web Zoological Studies 43(2): 255 – 266. (กรณชื่อวารสารแบบเต็ม)

3.2.3 บทความในงานประชุมวิชาการ (Proceedings) หรือเอกสาร รางงานการวิจัย

ให้ใช้ ชื่อสกุลของผู้แต่ง. (ตัวเลข ปี พ.ศ. ที่ตีพิมพ์). ชื่อบทความ. ใน: ชื่องานประชุมวิชาการหรือชื่อรายงานการวิจัย. ชื่อผู้จัดงานประชุมหรือชื่อผู้จัดทำโครงงานวิจัย, จังหวัด. เลขหน้าเริ่มต้น – หน้าสุดท้ายที่อ้างอิง.

ภาษาอังกฤษ ชื่อสกุล, อักษรย่อชื่อต้น. อักษรย่อชื่อรอง (ถ้ามี) ของผู้แต่ง. (ตัวเลข ปี ค.ศ. ที่ตีพิมพ์).แทน เช่น

พรรณนา วันชวง และละออศรี เสนาะเมือง. (2549). ความหลากหลายชนิดของโรติเฟอร์คลาโดเซอรา และโคพีพอด ในแหล่งน้ำชั่วคราวในเขตจังหวัดอุบลราชธานี. ใน: รายงานวิจัยในโครงการBRT 2549.

วิสุทธิ์ ใบไม้ และรังสิมา คุ้มหอม (บรรณาธิการ). บริษัทจิรวัฒน์เอ็กเพรส จำกัด,กรุงเทพฯ. 105 – 118

Pookpakdi, A. (1992). Soybean production under saturated soil condition in Thailand, In C. George Kuo (eds.). In: Adaptstion of food crops to temperature and water stress Proceeding of an international symposium Taiwan 13 – 18 August 1992. Asain Vegetable Research and Development Center, Taiwan. 478 – 485.

3.2.4 วิทยานิพนธ์ (Thesis)

ให้ใช้ ชื่อสกุลของผู้แต่ง. (ตัวเลข ปี พ.ศ. ที่ตีพิมพ์). ชื่อบทความ. ระดับปริญญาของวิทยานิพนธ์ ชื่อมหาวิทยาลัย. จังหวัด. จำนวนหน้า.

ภาษาอังกฤษ ให้ใช้ ชื่อสกุล, อักษรย่อชื่อต้น. อักษรย่อชื่อรอง (ถ้ามี) ของผู้แต่ง. (ตัวเลข ปี ค.ศ. ที่ตีพิมพ์).

3.2.5 แหล่งข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์

ให้ใช้ ชื่อสกุลของผู้แต่ง. (ตัวเลข ปี พ.ศ. ที่ตีพิมพ์). ชื่อบทความ. แหล่งข้อมูล: URL ของเว็บไซต์ที่อ้างอิงข้อมูล. ค้นเมื่อวันที่ เดือน ปี พ.ศ. .

ภาษาอังกฤษ ชื่อสกุล, อักษรย่อชื่อต้น. อักษรย่อชื่อรอง (ถ้ามี) ของผู้แต่ง. (ตัวเลข ปี ค.ศ. ที่ตีพิมพ์).แทน เช่น

เอกลักษณ์ จันทร์มะ และ อ่อนจันทร์ โครตพงษ์. (2010). ผีเสื้อกระพือปีก. กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมกระทรวงทรัพยากรทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมข้อมูลhttp://www.deqp.go.th/website/20/index.php?option=com_content&view+article&id=4160%3a2010-09-30-03-37-43&catid=50&Itemid=74&lang=th. ค้นเมื่อวันที่ 20 ธันวาคม 2554.

3.3 การอ้างอิงเอกสารกรณีรอการตีพิมพ์ ให้ระบุข้อมูลของเอกสารให้มากที่สุด และใช้วงเล็บคำว่า “(ระหว่างตีพิมพ์)” หรือ “(in press)” ในกรณีที่เป็นภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ตาม ลำดับ โดยวงเล็บต่อท้ายเอกสารอ้างอิงนั้น

4. การส่งต้นฉบับบทความ ผู้เขียนสามารถส่งต้นฉบับบทความที่พิมพ์ตามข้อกำหนดของรูปแบบของวารสาร และบันทึกข้อมูล ในรูปแบบไฟล์ .doc หรือ .docx และรูปแบบไฟล์ .pdf ซึ่งสามารถส่งบทความได้ 2 ช่องทาง คือ

4.1 จัดส่งทางจดหมาย ส่งต้นฉบับบทความที่พิมพ์เป็นกระดาษ 2 ชุด และแผ่นซีดี (CD-Rom) 1 แผ่น พร้อมทั้งแจ้งที่อยู่ หมายเลขโทรศัพท์ และ E-mail ของผู้เขียน และวงเล็บที่มุมขวาล่างซองจดหมายว่า (ส่งต้นฉบับบทความเพื่อตีพิมพ์ลง วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) มายัง บรรณาธิการวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา 340 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง นครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา 30000

4.2 ส่งทางจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (E-mail) ส่งต้นฉบับทบความที่พิมพ์และบันทึกข้อมูลในรูปแบบไฟล์ .doc หรือ .docx และรูปแบบไฟล์ .pdf พร้อมทั้งแจ้งที่อยู่ หมายเลขโทรศัพท์ และ e-mail ของผู้เขียน โดยระบุหัวข้อการส่งข้อการส่งจดหมายว่า “ส่งต้นฉบับบทความเพื่อตีพิมพ์ลงวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” มายัง e-mail address : scijournal@nrru.ac.th

5. การพิจารณาและประเมินผลบทความ

ต้นฉบับบทความที่ส่งมาตีพิมพ์นั้นจะได้รับการอ่าน และประเมินผล โดยผู้ทรงคุณวุฒิ (peer Review) จากภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยในสาขาวิชานั้นๆ อย่างน้อย 2 คนขึ้นไปต่อเรื่อง และกองบรรณาธิการ จะแจ้งผลการพิจารณาให้ผู้เขียนทราบผลว่า ต้องแก้ไขก่อนการตีพิมพ์โดยไม่มีการแก้ไข หรือไม่ผ่านการพิจารณา ตีพิมพ์ ซึ่งจะจัดส่งผลการพิจารณาคืนให้ ผู้เขียนทาง E-mail address ของผู้เขียนบทความและกองบรรณาธิการวารสารจะส่งต้นฉบับบทความให้ผู้เขียนตรวจพิสูจน์อักษรในลำดับสุดท้าย (Final proof) เพื่อให้ความเห็นชอบความถูกต้องครบถ้วนของเนื้อหา ซึ่งหากไม่มีการแก้ไขใดๆ หรือการติดต่อกลับของผู้เขียนภายในระยะเวลาที่กำหนด กองบรรณาธิการ ถือว่าบทความนั้นถูกต้องและครบถ้วนแล้ว

6. บทความที่ส่งตีพิมพ์ในวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

จะต้องเป็นบทความที่ไม่ลอกเลียนแบบบทความอื่นที่ตีพิมพ์แล้ว และเป็น บทความที่ไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารใดมาก่อน ซึ่งลิขสิทธิ์ของบทความต้นฉบับที่ได้รับการตีพิมพ์ลงในวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จะถือเป็นกรรมสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ห้ามนำข้อความทั้งหมดหรือบางส่วนไปพิมพ์ซ้ำเว้นเสียแต่ว่าได้ระบุการอ้างอิง (Citation) เป็นลายลักษณ์อักษร และความรับผิดชอบ เนื้อหาของต้นฉบับที่ปรากฏ ในวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นั้น จะเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียน ทั้งนี้จะไม่รวมความผิดพลาดที่เกิดจากเทคนิคการพิมพ์

แบบเสนอเพื่อขอลงตีพิมพ์ในวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ชื่อเรื่อง ภาษาไทย.....

.....

Title English.....

.....

ชื่อ-สกุล ผู้แต่งหลัก ภาษาไทย.....

English.....

ที่อยู่ ภาษาไทย.....

.....

Address English.....

.....

รหัสไปรษณีย์.....โทรศัพท์.....โทรสาร.....

E-mail.....

ชื่อ-สกุล ผู้แต่งร่วม

1. .....
2. .....
3. .....
4. .....
5. .....

ประเภท ☐ **บทความวิจัย (Research Articles)**

สาขา ◯ วิทยาศาสตร์กายภาพและชีวภาพ

สาชา ◯ วิทยาศาสตร์สุขภาพ

สาขา ◯ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สาขา ◯ วิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาชุมชน

☐ **บทความวิชาการ (Review Articles)**

<u>คำยืนยันของผู้แต่งทุกท่าน</u>

ข้าพเจ้าขอยืนยันว่าบทความนี้ไม่เคยเสนอหรือกำลังเสนอตีพิมพ์ในวารสารใดมาก่อน และยินดีให้กองบรรณาธิการวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา เลือกสรรหาผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อพิจารณาต้นฉบับของข้าพเจ้าโดยอิสระ และยินยอมให้กองบรรณาธิการฯ สามารถตรวจแก้ไขต้นฉบับดังกล่าวได้ตามสมควร และยินยอมให้บทความที่ลงตีพิมพ์ในวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมาถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ลงชื่อ.....

ลงชื่อ.....

ลงชื่อ.....

ลงชื่อ.....

ลงชื่อ.....

วันที่...../...../.....

ใบสมัครสมาชิกวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

วันที่_____เดือน_____พ.ศ._____

เรียน กองบรรณาธิการวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ข้าพเจ้า (นาย,นาง,นางสาว)_____

สังกัด-ที่อยู่

_____

_____

โทรศัพท์_____E-Mail_____

มีความประสงค์จะขอสมัครสมาชิกวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาราชภัฏนครราชสีมา

( ) สมาชิกประเภทบุคคลรายปี 100 บาท

( ) สมาชิกประเภทบุคคลราย 3 ปี 250 บาท

( ) สมาชิกประเภทองค์กร/หน่วยงาน รายปี 100 บาท

( ) สมาชิกประเภทองค์กร/หน่วยงาน รายปี 3 ปี 250 บาท

พร้อมนี้ ข้าพเจ้าได้ส่งค่าสมาชิก จำนวน_____บาท (_____) มาชำระพร้อมนี้แล้วโดย

( ) เงินสด (เฉพาะที่ชำระเงินด้วยตนเองที่งานวารสารวิจัย)

( ) ธนาณัติ (สั่งจ่าย บรรณาธิการวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ม.ราชภัฏนครราชสีมา ปณ. นครราชสีมา 30000)

( ) โอนเงินเข้าบัญชีธนาคารกรุงศรีอยุธยา จำกัด (มหาชน) ชื่อบัญชี ทุนอุดหนุนวิจัยคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ม.ราชภัฏนครราชสีมา เลขที่บัญชี 419 – 1 – 76220 – 1 สาขามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา และจัดส่ง Slip การชำระเงินที่ธนาคารออกมาให้มาพร้อมใบสั่งซื้อนี้

ขอให้ กองบรรณาธิการวารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จัดส่งวารสารให้ข้าพเจ้าตามที่อยู่ดังนี้

ชื่อ_____ นามสกุล_____

บ้านเลขที่_____หมู่_____ถนน_____ตำบล_____อำเภอ_____

จังหวัด_____รหัสไปรษณีย์_____โทรศัพท์_____

E-mail_____โทรศัพท์มือถือ_____

ลงชื่อ.....

(_____)

หมายเหตุ 1.การส่งบทความตีพิมพ์ไม่จำเป็นต้องเป็นสมาชิก

2.บุคคล/หน่วยงาน/องค์กร ที่ต้องการสมัครเป็นสมาชิกเพื่อประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้ากรุณากรอกข้อมูลตามแบบฟอร์มข้างต้น และจัดส่งให้วารสารดำเนินการต่อไป

สถานที่ส่งบทความ
หน่วยวิจัยและบริการวิชาการ สำนักงานคณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
อาคารปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้น 2 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
340 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา 30000
โทรศัพท์. 044-009-009 ต่อ 3295 โทรสาร. 044-272-939 E-mail : sci.vijai@gmail.com.

หากบทความของท่านผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer review) และได้รับการตีพิมพ์ลงวารสาร ผู้ส่งบทความจะได้รับเล่มวารสารที่บทความนั้นลงตีพิมพ์ จำนวน 2 เล่ม