

วารสาร

วิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ปีที่ 40 ฉบับที่ 6 พฤศจิกายน - ธันวาคม 2564

JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
MAHASARAKHAM UNIVERSITY
INDEXED IN TCI (Tier 2)

ISSN (Print Edition) : 1686-9664
ISSN (Online Edition) : 2586-9795

DOAJ
DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS

EBSCOhost

วัตถุประสงค์

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแหล่งเผยแพร่ผลงานทางวิชาการที่มีคุณภาพของนักวิชาการทั้งในและต่างประเทศ โดยเผยแพร่บทความวิจัย (research article) บทความปริทัศน์ (review article) ในสาขาวิชาต่างๆ ได้แก่ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ เกษตรศาสตร์ แพทยศาสตร์ วิทยาศาสตร์สุขภาพ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เจ้าของ

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
สำนักงานกองบรรณาธิการ
กองส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150
โทรศัพท์ภายใน 1754 โทรศัพท์โทรสาร 0-4375-4416

ที่ปรึกษา

อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ศาสตราจารย์ ดร.วิสิทธิ์ ไบไม้
ศาสตราจารย์ ดร.วิชัย บุญแสง
ศาสตราจารย์ ดร.พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์

บรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ประเทพา

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ ประมวล
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร ศิริอมรรพรรณ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.วรพล เองวานิช
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ ดร.วัลยา สุทธิขำ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ บุญเกิด
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศาสตราจารย์ ดร.ละอองศรี เสนาะเมือง
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศาสตราจารย์ ดร.ปราณี อ่านเป็ร้อง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศาสตราจารย์ ดร.นิวัฒน์ เสนาะเมือง
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศาสตราจารย์ ดร.อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ศาสตราจารย์ ดร.วงศา เล้าหศิริวงษ์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ สายกระสุน
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณ บุญยะสิทธิ์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.ขวัญใจ กนกเมธากุล
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รองศาสตราจารย์ ดร.ฉันทนา อารมย์ดี
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญจง ขาวสิทธิวงษ์
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.พรเทพ ถนอมแก้ว
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.นฤมล แสงประดับ
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.เทอดศักดิ์ คำเหม็ง
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ยืน ภู่วรรณ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.อริชฎู กุมพล
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ศิริเกษม ศิริลักษณ์
มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
รองศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต บุญปก
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพรัตน์ พุทธกาล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุชา เพ็ชรชนะ
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสกสรร สุขะเสนา
มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัลย์พร ทองเจริญบัวงาม
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลงกรณ์ ละม่อม
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.ณัฐพล ภูมิพันธ์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมนึก พ่วงพรพิทักษ์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อาจารย์ เกียรติกร ดร.รักษจินดา วัฒนาลัย
มหาวิทยาลัยสยาม
Dr.Adrian R. Plant
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

เลขานุการ

ฉวีวรรณ อรรถเศรษฐ์

ผู้ช่วยเลขานุการ

พัทธวิไล รุ่งวิสัย
จิรารัตน์ ภูสีฤทธิ์

กำหนดเผยแพร่

ปีละ 6 ฉบับ
ฉบับที่ 1 มกราคม-กุมภาพันธ์
ฉบับที่ 2 มีนาคม-เมษายน
ฉบับที่ 3 พฤษภาคม-มิถุนายน
ฉบับที่ 4 กรกฎาคม-สิงหาคม
ฉบับที่ 5 กันยายน-ตุลาคม
ฉบับที่ 6 พฤศจิกายน-ธันวาคม

บทความและความคิดเห็นในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นความคิดเห็นของผู้เขียน กองบรรณาธิการไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป และบทความในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สงวนสิทธิ์ตามกฎหมายไทย การจะนำไปเผยแพร่ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากกองบรรณาธิการเท่านั้น

บทบรรณาธิการ

ข้าว: ความมั่นคงทางอาหารกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก

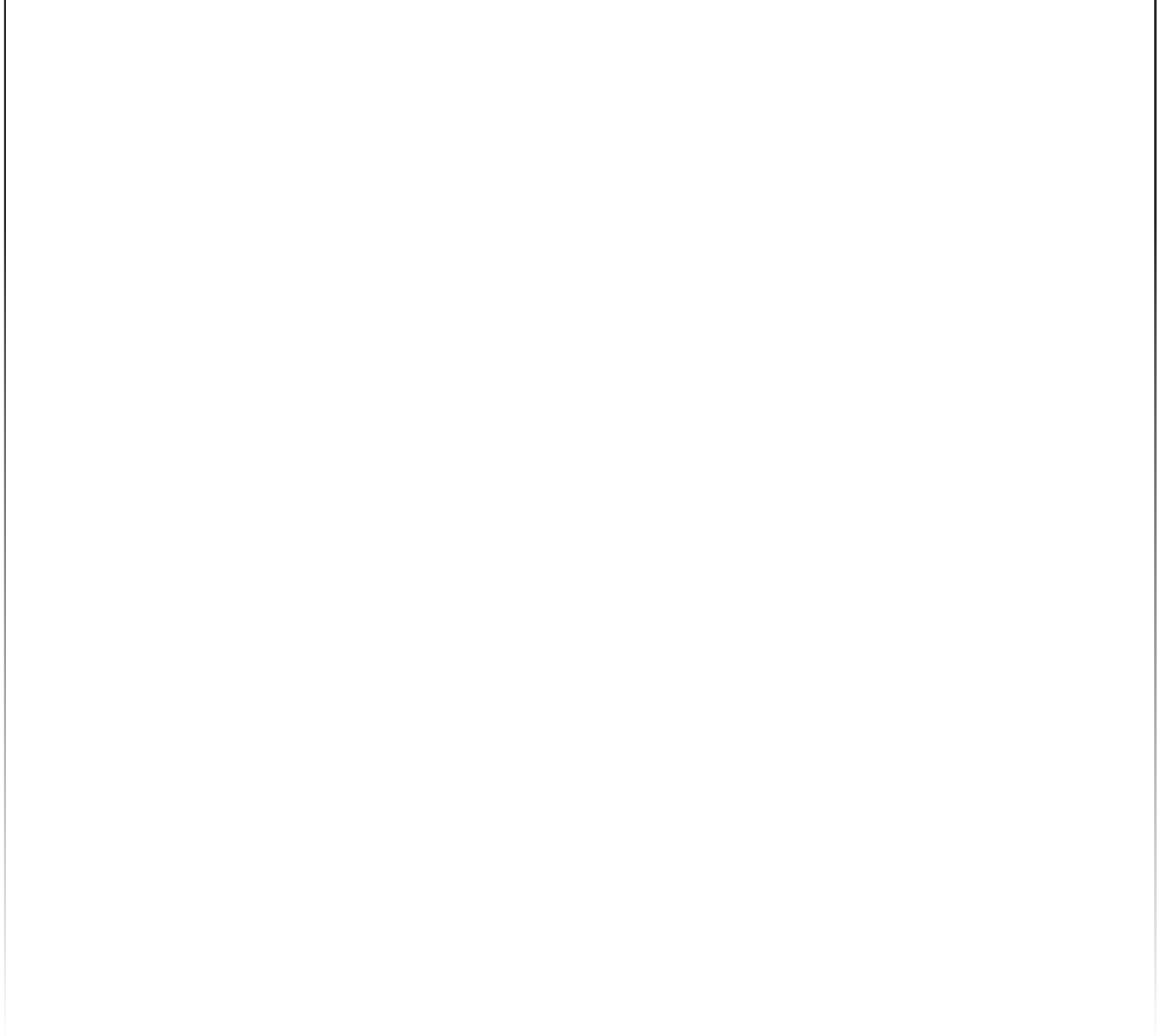
การประชุม COP 26 (26th Conference of the Parties) ที่ผ่านมามีความเกี่ยวข้องกับผู้นำประเทศที่เป็นภาคีสมาชิกของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่เมืองกลาสโกว์ ประเทศสกอตแลนด์ ระหว่างวันที่ 31 ตุลาคม 2564 ถึง 13 พฤศจิกายน 2564 ที่ผ่านมามีข้อสรุปว่าผู้นำจะนำนโยบาย แนวทางและกิจกรรมใดบ้างที่ทุกประเทศต้องไปดำเนินการให้เป็นรูปธรรมเพื่อหยุดยั้งการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของโลกจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นจากมนุษย์ ในมิติของความมั่นคงด้านอาหารที่เกี่ยวข้องกับข้าว เป้าหมายคือ รักษาปริมาณการผลิตไว้และเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้น ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก คือ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่มีอิทธิพลทำให้การผลิตข้าวเกิดปัญหาไม่บรรลุเป้าหมาย ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ฝนแล้ง น้ำท่วม การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ และรังสีจากดวงอาทิตย์ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว มีการคาดการณ์ว่า ใน 100 ปีข้างหน้าการผลิตข้าวจะลดลงจากปัจจุบันร้อยละ 51 อันเป็นผลมาจากปัจจัยที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศดังกล่าว นอกจากนี้ในกระบวนการปลูกข้าวยังส่งเสริมการเพิ่มขึ้นของแก๊สที่ทำให้สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง คือ คาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 10-14 ของปริมาณแก๊สประเภท greenhouse gas emissions และแก๊สมีเทน ร้อยละ 18 ของปริมาณแก๊สมีเทนทั่วโลก ปริมาณแก๊สทั้งสองชนิดนี้ถูกปลดปล่อยจากนาข้าว (paddy rice fields) หรือในกระบวนการปลูกข้าว

ดังนั้น ในพื้นที่ปลูกข้าว นักวิชาการและผู้ปลูกข้าวต้องแสวงหา ศึกษา ค้นคว้า วิจัย เพื่อบรรเทา หรือ ลดการปลดปล่อยแก๊สมีเทนที่เป็นแก๊สหลักที่ต้องจัดการลดปริมาณการปลดปล่อยจากนาข้าว ซึ่งมีสองแนวทางหลัก คือ ทำอย่างไรในกระบวนการปลูกข้าวจะลดการสร้างแก๊สมีเทนให้เกิดขึ้นน้อยที่สุดหรือไม่เกิดขึ้นเลย มีนักวิชาการเสนอไว้หลายวิธีที่ได้ผลในเชิงบวก และการจัดสร้าง จัดหาพันธุ์ข้าวที่ปลดปล่อยแก๊สมีเทนได้น้อย หรือ ทนแล้ง ทนต่อน้ำท่วม ปรับเปลี่ยนช่วงเวลาการปลูกข้าว การจัดการระบบปลูกข้าวด้วยระบบฟาร์มสมัยใหม่ การจัดหาจุลินทรีย์จากธรรมชาติที่สามารถเปลี่ยนแก๊สมีเทนไปเป็นสารประกอบอื่น เป็นต้น

เป็นข้อตกลงระหว่างประเทศ ที่อยากเห็นโลกสีเขียวใบนี้ยังคงความเป็นสีเขียวยาวนานเท่านั้น เป็นความท้าทายของภาครัฐ ภาคประชาชน ที่ต้องดำเนินการให้เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดในข้อตกลง นับว่าเป็นวาระแห่งชาติอีกอย่างหนึ่งที่รับช่วงต่อจากเวทีโลกสู่เวทีชุมชนในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทย

ศาสตราจารย์ ดร. ปรีชา ประเทพา

บรรณาธิการ



สารบัญ

Biological Science

การเพิ่มมูลค่าข้าวโพดและข้าวท่าด้วยกระบวนการผลิตน้ำอัดลมระดับครัวเรือน 387

Adding value to corn and purple rice through production of a homemade soft drink

นันทวุฒิ นียมวงษ์, ธิตัญญา นานุช, เกตุสุดา ฝอยทองสุข, อันธิกา บุญแดง,
วารภรณ์ อภิวัฒน์วิวัฒน์, พรพิมล จันทร์ฉาย, พิลานี ไถถนอมสัจย์

Nanthavut Niyomvong, Thitiya Namnood, Gatesuda Foithongsuk, Antika Boondaeng,
Waraporn Apiwatanapiwat, Pornpimon Chanchai, Pilanee Vaithanomsat

Computer and Information Technology

เบิร์ตซิม: สื่อจำลองสถานการณ์การคลอดติดไหล่ 394

BirthSim: A shoulder dystocia simulation media

พรสิงห์ นิลผาย, จันทกานต์ กาญจนเวทวงศ์, จิติมนต์ อังสกุล, ธรา อังสกุล

Phonsing Ninphai, Jantakan Kanjanawetang, Jitimon Angskun, Thara Angskun

Environmental Science

การประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากกิจกรรมของฟาร์มกุ้งแบบหนาแน่นชายฝั่งแห่งหนึ่ง
ในจังหวัดฉะเชิงเทรา 404

Evaluation of greenhouse gas emission from activities of a coastal intensive shrimp farm in Chachoengsao Province

ซิน เมย์ ทัน, สร้อยดาว วินิจนันท์รัตน์

Zin May Tun, Soydoa Vinitnantharat

ประสิทธิภาพของผักตบชวาและจอกในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบการปลูกแบบไร้ดินจำลอง
wastewater treatment 415

Efficiency of water hyacinth and water lettuce in a stimulated hydroponic system for domestic

wastewater treatment

สุทธิดา พุทไธสง, ปวีณา แอบเพชร, รวินิภา ศรีมูล

Sutthida Putthaisong, Paweena Aeppeth, Rawinipa Srimoon

Food Technology

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากเส้นใยเปลือกทุเรียนแบบฟอกขาวและไม่ฟอกขาว 422

Development of packaging from durian rind fibers using bleached and unbleached fibers

วิศชนม์ นิลนนท์, กุลพร พุทรมี, จิรพร สวัสดิ์การ, คมสัน มุ่ยสี, ประมวล ศรีกาหลง

Waritchon Ninlanon, Kunlaorn Puttame, Jiraporn Sawasdikarn, Komsan Muisee, Pramoun Srikalong

การเพิ่มมูลค่าข้าวโพดและข้าวดำด้วยกระบวนการผลิตน้ำอัดลมระดับครัวเรือน

Adding value to corn and purple rice through production of a homemade soft drink

นันทวุฒิ นียมวงษ์^{1*}, ธิติญา น้าหนูช¹, เกตุสุดา ฝอยทองสุข¹, อันทิกา บุญแดง²,
วารภรณ์ อภิวัฒนาภิวัด², พรพิมล จันทรฉาย², พิลานี ไวถนอมสัตย์²,
Nanthavut Niyomvong^{1*}, Thitiya Namnood¹, Gatesuda Foithongsuk¹, Antika Boondaeng²,
Waraporn Apiwatanapiwat², Pornpimon Chanchai², Pilanee Vaithanomsat²

Received: 8 May 2021 ; Revised: 6 August 2021 ; Accepted: 31 August 2021

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มมูลค่าข้าวโพดและข้าวดำด้วยกระบวนการผลิตน้ำอัดลมระดับครัวเรือน โดยศึกษาอัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบที่ใช้ ได้แก่ น้ำข้าวดำ และน้ำข้าวโพด ต่อปริมาณน้ำสะอาด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม จากการทดสอบโดยกลุ่มอาสาสมัครจำนวน 30 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 5 ระดับ พบว่า ในผลิตภัณฑ์น้ำข้าวดำอัดแก๊ส ผู้บริโภคให้การยอมรับข้าวดำต่อน้ำในอัตราส่วน 1:20 และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 10 บริกซ์ (3.26±0.86) มากที่สุด จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางโภชนาการไม่พบปริมาณโปรตีน พบไขมัน 0.07% คาร์โบไฮเดรต 9.95% สารต้านอนุมูลอิสระ 7.92% และสารแอนโทไซยานิน 6.18% ส่วนผลิตภัณฑ์น้ำข้าวโพดอัดแก๊ส ผู้บริโภคให้การยอมรับข้าวโพดต่อน้ำในอัตราส่วน 1:1 ยอมรับต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 8 บริกซ์ (3.30±0.79) จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ พบปริมาณโปรตีน 0.86% ไขมัน 0.35% คาร์โบไฮเดรต 7.12% และสารต้านอนุมูลอิสระ 42.06% จากการตรวจสอบความปลอดภัยทางจุลินทรีย์ในเครื่องดื่มไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในเครื่องดื่มทั้งสองชนิด พบว่าผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้น ประสบความสำเร็จในระดับตลาดทดลองและทำกำไรต่อหน่วยถึง 87.5% จากต้นทุน จากผลวิจัยชี้ให้เห็นว่าวัตถุดิบข้าวดำและข้าวโพดสามารถใช้เป็นแนวทางการใช้ประโยชน์จากข้าวและข้าวโพดราคาต่ำเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มอัดแก๊สที่มีคุณค่าทางสารอาหารและสามารถผลิตในครัวเรือนได้

คำสำคัญ: ข้าวดำ ข้าวโพด น้ำอัดลม ผลิตระดับครัวเรือน

Abstract

The objective of this research is to add value of purple rice and corn by producing carbonated soft drinks at the household level by studying the ratio of rice, water and corn against a total amount of soluble solids and the appropriate pH in the beverage. This research conducted preference testing in group testing (N=30) by a 5-point Likert scale questionnaire. The result suggested that the consumers accepted the rice beverage at the ratio of 1:20 (boiled rice juice /water) with the total amount of soluble solids of 10 brix (3.26±0.86) and protein content of 0.00%, fat 0.07%, carbohydrates 9.95%, ash antioxidant 7.92%, anthocyanin 6.18%. For the corn beverage, consumers accepted the ratio of corn to water at the ratio 1:1, the total amount soluble solids of 8 brix (3.30±0.79) and protein content of 0.86%, fat 0.35%, carbohydrates 7.12%, antioxidants 42.06%. Food microbial testing found no risk microbes in the beverages. The products were successful at trial market level and gain at 87.5% from unit cost. This study could provide utilization guidelines for adding value to rice and corn products through a household production.

Keywords: purple rice, corn, carbonated soft drinks, household production

¹ สาขาวิชาชีววิทยาและเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ ประเทศไทย

² สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

¹ Department of Biology and Biotechnology, Faculty of Science and Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University, Nakhon Sawan, Thailand

² Kasetsart Agricultural and Agro-Industrial Product Improvement Institute, Kasetsart University, Bangkok, Thailand

* Corresponding author; e-mail address: nanthavut.ni@nsru.ac.th

บทนำ

น้ำอัดลม (Sparkling water) เป็นเครื่องดื่มให้ความหวานที่มีกลิ่นรสและสีสรรที่หลากหลายในท้องตลาด ทำให้รู้สึกสดชื่นได้อย่างรวดเร็ว มีรสชาติอร่อย ราคาถูก สามารถหาซื้อได้ง่าย อีกทั้งมีรสชาติที่หลากหลาย จึงทำให้น้ำอัดลมเป็นเครื่องดื่มที่นิยมบริโภคทั่วโลก โดยทั่วไปน้ำอัดลมมักผลิตในระดับอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ นิยมเจือสีและวัตถุปรุงแต่งให้มีกลิ่นรสที่หลากหลาย ทำให้มีความต้องการบริโภคเป็นจำนวนมากในแต่ละวัน อย่างไรก็ตามน้ำอัดลมมีสารที่ให้พลังงานสูงจากน้ำตาล และมีความเป็นกรดสูงจากกรดคาร์บอนิกที่ละลายอยู่ในน้ำ ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ทำให้น้ำอัดลมมีความซ่า (Fizziness) โดยกรดคาร์บอนิกนั้น ได้จากปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยอาศัยความดันสูงจากเครื่องจักรในการอัดให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้ทำปฏิกิริยาละลายเข้ากับโมเลกุลน้ำ ซึ่งมีรายงานว่าเครื่องดื่มอัดลมที่อัดแก๊สในปริมาณมากติดต่อกันเป็นเวลานาน มีผลต่อสุขภาพกระดูกและฟัน เนื่องจากกรดคาร์บอนิกนั้นสามารถย่อยมีฤทธิ์กัดกร่อนสลายแคลเซียมได้ (Ryu, 2018) อีกทั้งน้ำอัดลมที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรมจำนวนมาก นิยมเติมคาเฟอีนลงไปเพื่อให้ดื่มแล้วเกิดความสดชื่น กระปรี้กระเปร่า ถึงแม้ว่ามีรายงานหลายชิ้นที่ระบุว่าคาเฟอีนมีคุณสมบัติต่อร่างกายหลายประการทั้งเสริมสุขภาพและลดความเสี่ยงโรคต่างๆ (Kolahdouzan & Hamadeh, 2017 ; Peerapen & Thongboonkerd, 2018) แต่อย่างไรก็ตามหากดื่มในปริมาณมาก อาจทำให้เกิดการติดคาเฟอีนตามมาทำให้ต้องบริโภคน้ำอัดลมอยู่เป็นประจำ ทำให้ผู้ที่ติดคาเฟอีนจากน้ำอัดลมได้รับปริมาณน้ำตาลมากเกินไปเกินความต้องการของร่างกายจนนำไปสู่โรคต่างๆ ได้ ยิ่งในปัจจุบันพบว่าผู้บริโภคหันมาดูแลสุขภาพกันมากขึ้น โดยเริ่มตั้งแต่การเลือกรับประทานอาหารหรือการดื่มเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ โดยเฉพาะเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพชนิดต่างๆ ที่กำลังเป็นที่นิยมเนื่องจากจะได้รับวิตามินที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพไปพร้อมๆ กับรสชาติของเครื่องดื่มไปด้วย กล่าวได้ว่าเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพมีแนวโน้ม (Trend) ลดปริมาณน้ำตาลลงเพื่อจำหน่ายในท้องตลาดในอนาคต (Marriott et al, 2004)

จากการพิจารณาจากปริมาณการเพาะปลูกในท้องถิ่น พบว่าพืชหลายชนิดมีศักยภาพการผลิตเป็นเครื่องดื่มที่มีคุณค่าทางโภชนาการตามธรรมชาติ โดยเฉพาะข้าวและข้าวโพด (ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์, 2560) ที่เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีราคาค่อนข้างต่ำ และเป็นปัญหาเกษตรกรในหลายพื้นที่ของประเทศไทยมาเป็นเวลานาน จากเหตุผลดังกล่าวงานวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มคุณค่าให้กับข้าวและข้าวโพด โดยการพัฒนาเป็นเครื่องดื่มอัดแก๊สที่มีคุณค่าทางโภชนาการ โดยเลือกข้าวก่ำเนื่องจากข้าวก่ำมีฤทธิ์ต้าน

อนุมูลอิสระเช่นเดียวกับวิตามินอี นอกจากนี้ยังมีสารแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นฟลาโวนอยด์กลุ่มหนึ่งที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีมีประโยชน์ต่อสุขภาพ (วรวิรี วิทยา, 2558) ส่วนข้าวโพดเป็นธัญพืชที่มีสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายในบางประเทศใช้บริโภคเป็นอาหารหลักประเภทแป้ง (Gabriel & Ortega, 2014) และมีเส้นใยอาหารสูง เพาะปลูกง่าย สามารถจัดหาวัตถุดิบได้ง่าย มีปริมาณมาก (Soare et al, 2018) จากความพร้อมด้านวัตถุดิบทั้งสองชนิดดังกล่าว จึงทำให้งานวิจัยนี้มุ่งสร้างเครื่องดื่มอัดแก๊สที่ควบคุมปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมโดยไม่เกินมาตรฐานที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆ แต่ยังคงรสชาติที่พึงพอใจต่อกลุ่มผู้บริโภคอยู่ และใช้การอัดแก๊สปริมาณน้อยเพื่อให้มีผลลบบต่อสุขภาพให้น้อยที่สุด โดยเน้นกระบวนการที่สามารถใช้เทคโนโลยีต่างๆ ที่สามารถทำได้ในครัวเรือน นอกจากนี้การนำเอาวัตถุดิบดังกล่าวมาใช้อย่างเป็นนการเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบที่สามารถหาได้ทั่วไปในท้องถิ่นเพื่อนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

แผนการทดลองในครั้งนี้ ออกแบบเพื่อศึกษาว่าเครื่องดื่มแต่ละสูตร มีผลต่อความพึงพอใจในกลุ่มทดสอบอย่างไร โดยแปรผันอัตราส่วนของวัตถุดิบต่อน้ำ 3 ชุดการทดลองซึ่งมีการทำซ้ำทั้งหมด 3 ซ้ำต่อชุดการทดลอง ทำการศึกษาในเครื่องดื่ม 2 ประเภท รวมเป็น 18 ชุดทดลอง นำชุดทดลองทั้งหมดที่สร้างขึ้นไปทดสอบการตอบรับทางประสาทสัมผัสโดยกลุ่มทดสอบจำนวน 30 คน และให้คะแนนในแบบทดสอบชนิด 5 ระดับความพึงพอใจ

1. น้ำข้าวก่ำอัดแก๊ส

1.1 ศึกษาอัตราส่วนข้าวก่ำต่อน้ำ

ศึกษาอัตราส่วนข้าวก่ำต่อน้ำที่เหมาะสมในอัตราส่วนต่างกัน 3 สูตร ได้แก่ 1:10 1:20 และ 1:30 (โดยน้ำหนัก) (จุฑามาศ ธิระสาโรช และเฉลิมพล ถนอมวงศ์, 2553) โดยนำข้าวก่ำล้างด้วยน้ำเปล่าสะอาดประมาณ 2-3 ครั้ง และแช่ข้าวก่ำในน้ำสะอาดเป็นเวลาเป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปต้มตามอัตราส่วนข้างต้น 15-30 นาที และกรองด้วยผ้าขาวบาง (วรวิรี วิทยา, 2558)

1.2 ศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

พัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 3 ระดับ (5 8 และ 10 ปริกซ์) (อมรรัตน์ มุขประเสริฐ, 2545) โดยเติมน้ำตาลซูโครสลงในน้ำข้าวก่ำทั้ง 3 สูตร ให้ได้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่ต้องการ 3 ระดับ วัดด้วยเครื่อง Refractometer และ นำไปพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ที่ให้เย็น เทใส่ขวดและอัดแก๊สด้วยเครื่องอัดในขั้นตอนต่อไป

2. น้ำข้าวโพดอัดแก๊ส

2.1 ศึกษาอัตราส่วนข้าวโพดต่อน้ำ

ปอกเปลือกข้าวโพด นำข้าวโพดไปต้มเป็นเวลา 15-20 นาที พักไว้ให้เย็น นำข้าวโพดมาแกะเมล็ดออกจากฝัก ศึกษาปริมาณข้าวโพดต่อน้ำที่เหมาะสมในอัตราส่วนต่างกัน 3 สูตร ได้แก่ 1:1 1:5 และ 1:10 โดยนำเมล็ดข้าวโพดปั่นผสมกับน้ำสะอาดให้ละเอียด กรองและคั้นน้ำข้าวโพดออกจากฝักขาวบาง (รวมพร เลี่ยมแก้ว และเพ็ญขวัญ ชมปรีดา, 2561)

2.2 ศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

พัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 3 ระดับ (8 10 และ 12 บริกซ์) (อมรรัตน์ มุขประเสริฐ, 2545) โดยเติมน้ำตาลซูโครสลงในน้ำข้าวโพดทั้ง 3 สูตร ให้ได้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่ต้องการ 3 ระดับ วัดด้วยเครื่อง Refractometer และนำไปพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และทำให้เย็นเทใส่ขวดอัดแก๊สและทำการอัดแก๊สด้วยเครื่องอัดในขั้นตอนต่อไป

3. วิธีอัดแก๊ส

อัดแก๊สด้วยเครื่องทำโซดาหยี่ห้อ VIZA Soda Stream รุ่น Juice 701 โดยนำผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ได้แก่ น้ำข้าวโพด ใส่ขวดแก้วขนาด 370 มิลลิลิตร แล้วอัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยกดปุ่มอัดแก๊สห่างกันครั้งละ 20 วินาที จำนวน 3 ครั้ง

4. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้งหมดมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสีกลิ่นความหวานความซ่าและความชอบโดยรวม โดยทดสอบกับกลุ่มผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 30 คน เพศชายและหญิงช่วงอายุ 20-40 ปี จำนวนอย่างละครึ่ง

5. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี สารต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์น้ำข้าวโพด น้ำข้าวโพด และทดสอบปริมาณจุลินทรีย์

นำชุดการทดลองที่ได้รับการยอมรับสูงสุดจากข้างต้น มาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของน้ำข้าวโพด น้ำข้าวโพด โดยวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ความชื้น เถ้า สารแอนโทไซยานิน และแกมมา-โอไรซานอล (AOAC, 2005) สารต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์น้ำข้าวโพด (Re *et al.*, 1999) โดยมีชุดทดลองจำนวน 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ยและรายงานเป็นร้อยละ (% scavenging) นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทำการทดสอบปริมาณจุลินทรีย์ด้วยวิธี Dilution plate count (Centrallabthai, 1998 ; Sullivan & Carpenter, 1993 ; Wan *et al.*, 2011 ; George & Latimer, 2016) โดยทำจำนวน 3 ซ้ำบนอาหาร Eosin-methylene blue agar (EMB) และ Potato dextrose agar (PDA) ส่วนโคลิฟอร์ม ใช้ชุดตรวจสอบ SI-2 (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์)

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-way analysis of variance) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยกำหนดความเชื่อมั่นทางสถิติที่ระดับ $p \leq 0.05$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. น้ำข้าวโพดอัดแก๊ส

จากการศึกษาอัตราส่วนข้าวโพดต่อน้ำที่เหมาะสมในอัตราส่วนที่ต่างกัน 3 สูตร (1:10 1:20 และ 1:30 โดยน้ำหนัก) ศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 3 ระดับ (5 8 และ 10 บริกซ์) พบว่า ความพึงพอใจด้านประสาทสัมผัส สี และความซ่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนด้านกลิ่น ความหวาน และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้บริโภคให้การยอมรับข้าวโพดต่อน้ำในอัตราส่วน 1:20 มากที่สุด ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 10 บริกซ์ (Table 1) แต่ในด้านประสาทสัมผัส สี ความซ่า ไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของจุฑามาศ ธิระสาโรช และ เฉลิมพล ถนอมวงศ์ (2553) พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากข้าวหอมนิล ในอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวต่อน้ำคือ 1:30 มากที่สุด ซึ่งมีปริมาณที่ไม่ต่างมากจากงานวิจัยครั้งนี้ แต่ปริมาณ Sucrose syrup ที่ละลายในเครื่องดื่มที่ปริมาณ 7 บริกซ์นั้นได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมในด้านรสชาติและความชอบรวมสูงที่สุด ซึ่งต่างจากงานวิจัยในครั้งนี้นี้ ที่มีความนิยมที่ 10 บริกซ์มากกว่า เมื่อนำอัตราส่วนของน้ำข้าวโพดอัดแก๊สข้างต้นไปวิเคราะห์ปริมาณ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ความชื้น เถ้า สารต้านอนุมูลอิสระ แอนโทไซยานินและแกมมา-โอไรซานอลแล้ว ไม่พบปริมาณโปรตีน (0.00%) โดยพบไขมัน 0.07% คาร์โบไฮเดรต 9.95% ความชื้น 89.93% เถ้า 0.05% สารต้านอนุมูลอิสระ 7.92% และสารแอนโทไซยานิน 6.18% เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ สุรพงษ์ พิณกลาง (2561) พบว่า เครื่องดื่มชุปเปอร์เบอร์รี่จากสารสกัดข้าวหอมนิล มีปริมาณโปรตีน 0.06% ไขมัน 0.11% คาร์โบไฮเดรต 15.96% เถ้า 0.22% และปริมาณแอนโทไซยานิน 2.09% ซึ่งคุณค่าทางสารอาหารโดยรวมมีความใกล้เคียงกันกับของน้ำข้าวโพดอัดแก๊ส ยกเว้นค่าสารแอนโทไซยานินที่ข้าวโพดมีมากถึง 6.18% เนื่องจากเป็นรงควัตถุที่พบมากในพืชสีแดงน้ำเงินหรือม่วง ซึ่งรวมถึงข้าวโพดที่มีสีม่วงเข้มตามธรรมชาติ จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าข้าวโพดเป็นแหล่งของแอนโทไซยานินที่ดี ซึ่งมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของลิโปโปรตีน และการตกตะกอนของ

เกิดเลือด มีบทบาทในการป้องกันการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น โรคระบบหัวใจหลอดเลือด มะเร็ง เบาหวานอีกด้วย ซึ่งถือว่าเป็นจุดเด่นของผลิตภัณฑ์ (Palungwachira et al, 2019) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยครั้งนี้ไม่พบสารแกมมา-โอโรซานอล ที่มักพบในธัญพืชหลายชนิด ซึ่งอาจเป็นผลมาจากกระบวนการเจือจางด้วยน้ำเพื่อเพิ่มปริมาณผลิตภัณฑ์

ทำให้อยู่ในระดับที่ไม่สามารถตรวจพบได้ เมื่อทำการทดสอบปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำข้าวอัดแก๊สหลังบรรจุเป็นเวลา 2 สัปดาห์ในตู้เย็น ด้วยวิธี Dilution plate count ไม่พบรา อีโคไล และแบคทีเรียโคลิฟอร์ม แสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติทางจุลชีววิทยาเบื้องต้นและทราบอายุการเก็บรักษาของน้ำข้าวอัดแก๊สหลังผ่านการพาสเจอร์ไรซ์

Table 1 the preference score of carbonated rice drink

carbonated rice drink (rice: water)	Total dissolved solids (%)	Average liking score				
		Color ^{ns}	smell	Sweetness	Fizziness ^{ns}	Total inclination
1:10	5	3.26±0.78	2.90 ^{ab} ±0.84	2.36 ^b ±0.85	2.86±0.93	2.48 ^{bc} ±0.87
1:10	8	3.30±0.74	3.03 ^{ab} ±0.88	3.03 ^a ±0.88	3.16±0.83	3.03 ^a ±0.92
1:10	10	3.46±0.73	3.10 ^a ±0.80	3.30 ^a ±1.08	3.30±0.91	3.03 ^a ±0.88
1:20	5	3.06±0.73	2.90 ^{ab} ±0.88	2.36 ^b ±0.80	2.93±1.08	2.80 ^{ab} ±0.84
1:20	8	3.16±0.79	2.93 ^{ab} ±0.94	3.13 ^a ±0.89	3.26±0.94	3.10 ^a ±0.75
1:20	10	3.20±0.84	3.06 ^a ±0.98	3.33 ^a ±1.09	3.03±1.03	3.26 ^a ±0.86
1:30	5	3.03±0.99	2.50 ^b ±0.90	2.20 ^b ±0.96	2.86±1.07	2.20 ^c ±0.80
1:30	8	3.03±0.99	2.70 ^{ab} ±0.91	3.10 ^a ±1.06	3.16±0.98	3.06 ^a ±0.90
1:30	10	3.13±1.07	2.76 ^{ab} ±1.04	3.26 ^a ±1.25	3.10±1.15	2.96 ^a ±0.96

Note: * Different characters in vertical orientation are different. The difference was statistically significant ($p \leq 0.05$)
ns = no statistically significant difference ($p > 0.05$)

2. น้ำข้าวโพดอัดแก๊ส

จากการศึกษาปริมาณข้าวโพดต่อน้ำที่เหมาะสมในอัตราส่วนต่างกัน 3 สูตร (1:1 1:5 และ 1:10 โดยน้ำหนัก) ศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 3 ระดับ (8 10 และ 12 บริกซ์) พบว่า ความพึงพอใจด้านประสาทสัมผัสด้านความหวาน และความชอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนด้านสี กลิ่น และความซ่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้บริโภคให้การยอมรับข้าวโพดต่อน้ำมากที่สุดในอัตราส่วน 1:1 ในปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 8 บริกซ์ (Table 2) เพราะสีน้ำข้าวโพดในอัตราส่วนที่ 1:1 มีสีเหลืองที่เข้มและมีกลิ่นข้าวโพดที่ชัดเจนกว่าน้ำข้าวโพดในอัตราส่วนที่ 1:5 และ 1:10 แต่ในด้านความหวาน และความชอบโดยรวมไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ความชื้น เถ้า สารต้านอนุมูลอิสระ พบว่า มีปริมาณโปรตีน 0.86% ไขมัน 0.35% คาร์โบไฮเดรต 7.12% ความชื้น 91.31% เถ้า 0.36% สารต้านอนุมูลอิสระ 42.06%

(Table 3) เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ สวามิณี นวลแขกุล (2546) ที่ศึกษาปริมาณสารอาหารจากผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มข้าวโพดเสริมเส้นใยอาหารจากกากที่เหลือจากการผลิตน้ำนมข้าวโพดพบว่า มีปริมาณโปรตีน 0.53% ซึ่งน้อยกว่างานวิจัยในครั้งนี้ไม่มากนัก พบว่าของแข็งที่ละลายได้ เท่ากับ 4 Brix คิดเป็นสัดส่วนครึ่งหนึ่งของงานในครั้งนี้ โดยงานดังกล่าวได้นำไปแปรรูปต่อเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มข้าวโพดที่มีส่วนประกอบไปด้วยน้ำข้าวโพด 79.43% น้ำตาล 8% มีการเสริมโปรตีนถั่วเหลือง 0.8% เส้นใยอาหารข้าวโพด 11.73% และ คาราจีแนน 0.04% เมื่อพาสเจอร์ไรซ์ เป็นเวลา 30 นาที สามารถเก็บไว้ได้ 16 วัน ที่อุณหภูมิ 0-4 (อุณหภูมิตู้เย็น) และจากการตรวจสอบทางจุลินทรีย์ด้วยวิธี Dilution plate count ไม่พบรา อีโคไล และแบคทีเรียโคลิฟอร์มเช่นเดียวกับน้ำข้าวอัดแก๊ส จากงานวิจัยดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงมีแนวทางในการใช้สารเสริมสารทำให้คงตัวจากธรรมชาติ และมีการเพิ่มสารอาหารอื่น เช่น โปรตีนจากแหล่งต่างๆ ในงานวิจัยขั้นต่อไป

Table 2 The preference score of carbonated corn drink

carbonated corn drink (corn:water)	Total dissolved solids (%)	Average liking score				
		Color	smell	Sweetness	Fizziness	Total inclination
1:1	8	3.76 ^a ±0.85	3.60 ^a ±0.93	3.23 ^{ab} ±0.93	2.93 ^c ±0.90	3.30 ^a ±0.79
1:1	10	3.73 ^a ±0.82	3.46 ^{ab} ±1.00	3.43 ^a ±1.04	2.93 ^c ±0.98	3.03 ^{ab} ±0.80
1:1	12	3.76 ^a ±0.89	3.43 ^{ab} ±1.10	2.70 ^b ±1.14	2.73 ^c ±0.98	2.66 ^b ±1.02
1:5	8	2.80 ^b ±0.96	3.00 ^{bc} ±0.83	2.80 ^{ab} ±1.03	3.03 ^c ±0.88	2.66 ^b ±0.80
1:5	10	2.83 ^b ±1.05	2.96 ^{bc} ±0.88	3.33 ^{ab} ±1.15	3.10 ^{bc} ±0.99	2.96 ^{ab} ±0.88
1:5	12	2.90 ^b ±0.95	3.16 ^a ±1.01	2.93 ^{ab} ±1.25	3.13 ^{bc} ±1.16	2.86 ^{ab} ±1.00
1:10	8	2.60 ^b ±1.06	2.86 ^c ±0.89	2.90 ^{ab} ±1.06	3.60 ^{ab} ±0.93	2.83 ^{ab} ±0.94
1:10	10	2.70 ^b ±1.17	2.86 ^c ±0.86	3.20 ^{ab} ±1.09	3.76 ^a ±0.85	3.10 ^{ab} ±1.06
1:10	12	2.56 ^b ±1.07	2.73 ^c ±0.86	2.83 ^{ab} ±0.98	3.26 ^a ±0.98	2.63 ^b ±0.76

Note: * Different characters in vertical orientation are different. The difference was statistically significant ($p \leq 0.05$)

Table 3 Results of nutritional analysis and detection of microbial in carbonated rice drink, carbonated corn drink and carbonated pineapple drink

specification	carbonated rice drink	carbonated corn drink
	Quantity (percentage)	Quantity (percentage)
Protein	0.00	0.86
Fat	0.07	0.35
Carbohydrate	9.95	7.12
Moisture	89.93	91.31
Ash	0.05	0.36
Antioxidant	7.92	42.06
Vitamin c	ND	ND
Anthocyanin	6.18	ND
Gamma oryzanol	ND	ND
Fungal, <i>E-coli</i> and Coliforms	ND	ND

Note: ND = Not detected

3. การผลิตด้วยกระบวนการในครัวเรือนและการเศรษฐศาสตร์ต้นทุนเบื้องต้น

จากการวิเคราะห์วิธีการผลิต พบว่างานวิจัยนี้สามารถปรับใช้ในครัวเรือนได้ง่าย โดยใช้อุปกรณ์เครื่องครัว ภาชนะหุงต้มทั่วไป โดยมีเทคโนโลยีที่จำเป็นที่เพิ่มมาเพียงอย่างเดียวคือเครื่องอัดแก๊สขนาดเล็กแบบพกพาชนิดเติมบุลเล็ต (Carbonate bullet) ใส่แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีราคาไม่สูง สามารถเคลื่อนย้ายไปยังที่ต่างๆ ได้สะดวก เมื่อวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อขวด พบว่าต้นทุนการผลิตอยู่ที่จำนวน 8 บาทต่อ 1 ขวด ปริมาตร 330 มิลลิลิตร เฉพาะค่าใช้จ่ายของการเติมแก๊สนั้น อยู่ที่ 2 บาทต่อเครื่องดื่ม 1 ขวด

ไม่รวมค่าต้นทุนเครื่องอัดแก๊สราคา อยู่ในช่วง 2,000-3,500 บาท ขึ้นอยู่กับยี่ห้อและรุ่น โดยค่าเงินบาทขณะที่รายงานการวิจัยอยู่ที่ 1 บาท : 0.033 ดอลลาร์สหรัฐ หรือ 1 USD เท่ากับ 32.9090 บาท (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2564) จากการทดลองขายของกลุ่มผู้ประกอบการชุมชนอาสา จำนวน 1 กลุ่ม ได้ตั้งราคาจากต้นทุนของสินค้า (Markup on cost) ที่ขวดละ 15 บาท พบว่าสามารถขายได้หมดทั้งรุ่น (Trial market product จำนวน 36 ขวด) และทำกำไรต่อหน่วยถึง 87.5% จากต้นทุน ซึ่งนับว่ามีศักยภาพทางด้านต้นทุนแข่งขันกับเครื่องดื่มอัดแก๊สหรือน้ำอัดลมต่างๆ ไปในท้องตลาด โดยจุดเด่นของผลิตภัณฑ์คือมีความได้เปรียบด้านคุณค่าทาง

อาหารและการลดความเสี่ยงของการเกิดโรคต่างๆ จากการดื่มน้ำอัดลมปกติ และความง่ายของกระบวนการผลิต และการปรับเปลี่ยนสูตรและวัตถุดิบต่างๆ ที่สามารถหาได้ง่ายเป็นจำนวนมากตามฤดูกาลในขณะนั้น

สรุป

จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำข้าวเก่าและน้ำข้าวโพดอัดแก๊ส พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ในอัตราส่วนข้าวเก่าต่อน้ำที่ 1:20 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 10 บริกซ์ และผลิตภัณฑ์น้ำข้าวโพดอัดแก๊สในอัตราส่วนข้าวโพดต่อน้ำที่ 1:1 ในปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 8 บริกซ์ ซึ่งค่าดังกล่าว สามารถใช้เป็นสูตรในการผลิตเครื่องดื่มพืชสำหรับจำหน่ายในเชิงการค้า โดยเป็นการลดปริมาณวัตถุดิบเข้มข้นด้วยการเติมน้ำ หรือนำไปประยุกต์ในธัญพืชชนิดอื่นๆ งานวิจัยในครั้งนี้พบว่าเครื่องดื่มที่ผลิตจากวัตถุดิบข้าวและข้าวโพดนั้นได้ ยังคงคุณค่าทางอาหารเมื่อแปรรูปเป็นเครื่องดื่มได้

จากกระบวนการทั้งหมด สามารถทำได้ในครัวเรือน โดยอุปกรณ์และภาชนะหุงต้มทั่วไป และสามารถลงทุนได้ในราคาที่ไม่สูงมาก ซึ่งเป็นแนวทางสำหรับการแปรรูปผลผลิตด้วยเทคโนโลยีง่ายๆ ในครัวเรือน ที่สามารถสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางอาหาร เหมาะกับการเสริมสุขภาพแก่เยาวชนทั่วไป และกลุ่มที่มีความต้องการทางสุขภาพเป็นกรณีพิเศษ เช่น ผู้สูงอายุ ผู้ป่วยโรคประจำตัวเกี่ยวกับปริมาณน้ำตาลในเลือด หรือโรคอ้วนที่ต้องควบคุมพลังงานเป็นกรณีพิเศษ เพื่อให้เกิดการแก้ปัญหาสุขภาพและมีชีวิตที่ดีควบคู่กัน (Well-being) ของประชากรต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้ โดยผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ปีงบประมาณ 2563 ภายใต้โครงการ “การเพิ่มมูลค่าในผลิตภัณฑ์อาหารนมจากข้าวโพดราคาต่ำในท้องถิ่น: การวิจัยเชิงปฏิบัติการอย่างมีส่วนร่วมกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรผสมผสานอำเภอท่าตะโก จังหวัดนครสวรรค์” และขอขอบคุณสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร และที่ให้การสนับสนุนในเรื่องสถานที่และอุปกรณ์เครื่องมือในการดำเนินโครงการวิจัย รวมทั้งการปันข้อมูลและทรัพยากรต่างๆ ระหว่างการดำเนินการวิจัยเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. (2536). เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร. กรุงเทพฯ.
- จุฑามาศ ธิระสาโรช และเฉลิมพล ถนอมวงศ์. (2553). การผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากข้าวหอมนิล. *วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 3, 397-401.
- ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2564, กรกฎาคม 16). *อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ ประจำวันที่ 16 กรกฎาคม 2564*. <https://www.bot.or.th/>. retrieved July 16, 1991, from <https://www.bot.or.th/>.
- รวมพร เลี่ยมแก้ว และเพ็ญขวัญ ชมปรีดา. (2561). การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มน้ำนมข้าวโพดผสมธัญพืช. *วารสารสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย*, 7, 82-91.
- วรวิรี วิทยา. (2558). *ข้าวลิ้มผิว*. ฝ่ายส่งเสริมและเผยแพร่สำนักส่งเสริมและฝึกอบรมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สวามินี นวลแซกุล. (2546). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มข้าวโพดเสริมเส้นใยอาหารจากกากที่เหลือจากการผลิตน้ำนมข้าวโพด*. กรุงเทพมหานคร [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต].
- สุรพงษ์ พิณจกลาง. (2561). การผลิตเครื่องดื่มชุปเปอร์เบอร์รี่ที่มีสารสกัดแอนโธไซยานินจากข้าวหอมนิลบนพื้นฐานของการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 49, 25-28.
- ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์. (2017). *พันธุ์นครสวรรค์ 3 จากต้นน้ำสู่ปลายทาง [Conference session]*. การประชุมวิชาการสถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2560, โรงแรมระยองรีสอร์ท.
- อมรัตน์ มุขประเสริฐ. (2545). *น้ำผลไม้ผสมอัดก๊าซ*. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 12, 50-56.
- AOAC. (2005) *Official method of Analysis*. 18th Edition, Association of Officiating Analytical Chemists, Washington DC, Method 935.14 and 992.24.
- Centrallabthai. (1998). *In-house method TE-CH-120 based on Bull*. Centrallabthai.
- Sullivan, D.M. & Carpenter, D.E. (1993). *Methods of analysis for nutrition labeling*. AOAC International.
- Cécicoli, G., Ortega, A. I., Gariglio, N., Favaro, J.C., Carlos, & A., Carlos, B. (2014). Sweet corn (*Zea mays L.*) growth and yield are influenced by establishment methods. *Bothalia journal. National Botanical Institute*, 44, 2-12.

- George, W. & Latimer, Jr. (2016). *Official methods of analysis of AOAC International*. Association of officiating analytical chemists Rockville.
- Kolahdouzan, M. & Hamadeh, M.J. (2017). The neuroprotective effects of caffeine in neurodegenerative diseases. *CNS neuroscience & therapeutics*, 23(4), 272-290.
- Marriott, B.P., Hunt, K.J., Malek, A.M., & Newman, J.C. (2019). Trends in Intake of Energy and Total Sugar from Sugar-Sweetened Beverages in the United States among Children and Adults, NHANES 2003-2016. *Nutrients*, 11(9).
- Palungwachira, P., Tancharoen, S., Phruksaniyom, C., Klungsaeng, S., Srichan, R., Kikuchi, K. & Nararatwanchai, T. (2019). Antioxidant and Anti-Inflammatory Properties of Anthocyanins Extracted from *Oryza sativa* L. in Primary Dermal Fibroblasts. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2019.
- Peerapen, P. & Thongboonkerd, V. (2018). Caffeine in Kidney Stone Disease: Risk or Benefit?. *Advances in nutrition*, 9(4), 419-424.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-10), 1231-1237.
- Ryu, H.K., Kim, Y.D., Heo, S.S., & Kim, S.C. (2018). Effect of carbonated water manufactured by a soda carbonator on etched or sealed enamel. *Korean journal of orthodontics*, 48(1), 48-56.
- Soare, E. Chiurciu. I. Bălan. A.V. & David. L. (2018). World Market Research on Maize. *Agriculture for Life Life for Agriculture* 1 (pp. 216-222).
- Wan, C., Yu, Y., Zhou, S., Liu, W., Tian, S., & Cao, S. (2011). Antioxidant activity and free radical-scavenging capacity of *Gynura divaricata* leaf extracts at different temperatures. *Pharmacognosy magazine*, 7(25), 40-45.

เบิร์ทซิม: สื่อจำลองสถานการณ์การคลอดติดไหล่

BirthSim: A shoulder dystocia simulation media

พรสิงห์ นิลผาย¹, จันทกานต์ กาญจนเวทวงศ์², จิติมนต์ อังสกุล³, ธรา อังสกุล⁴
Phonsing Ninphai¹, Jantakan Kanjanawetang², Jitimon Angskun³, Thara Angskun⁴

Received: 18 July 2021 ; Revised: 8 October 2021 ; Accepted: 9 November 2021

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบสื่อจำลองสถานการณ์ภาวะฉุกเฉินการคลอดติดไหล่ที่เรียกว่า เบิร์ทซิม เบิร์ทซิมประยุกต์ใช้พื้นฐานของเกมการศึกษาในด้านการแพทย์ สุขภาพ และพยาบาลศาสตร์สำหรับการออกแบบ เบิร์ทซิมได้รับการประเมินและการให้ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านพยาบาล ได้รับการประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ และประเมินความพึงพอใจการใช้งานเบิร์ทซิม โดยนักศึกษาพยาบาลศาสตร์ชั้นปีที่สาม ที่ผ่านการเรียนในรายวิชาการผดุงครรภ์มาแล้ว การทดสอบก่อนและหลังของการใช้สื่อพบว่า ในด้านผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ คะแนนเฉลี่ยหลังใช้สื่อเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ไม่พบนัยสำคัญทางสถิติ ในด้านความพึงพอใจพบว่าเป็นสื่อที่น่าสนใจ ช่วยส่งเสริมทักษะการตัดสินใจแก้ปัญหา รวมถึงสามารถกระตุ้นการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ ผลการประเมินสรุปได้ว่า แนวทางการออกแบบเบิร์ทซิมเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการผลิตสื่อการเรียนรู้สำหรับนักศึกษาพยาบาลศาสตร์

คำสำคัญ: การจำลองสถานการณ์ ความจริงเสมือน ผดุงครรภ์ คลอดติดไหล่

Abstract

This article presents a design of a simulation media for shoulder dystocia called BirthSim. The BirthSim is designed by applying the foundation of educational games in the field of healthcare, medicine and nursing. It has been assessed and obtains suggestion from nurses. BirthSim is evaluated in terms of learning achievement and satisfaction by the third year nursing students who have passed the midwifery course. The pre-test and post-test of media use revealed that in terms of learning achievement, average score after media use increased marginally with no statistical significance. In terms of satisfaction, it was found that the media is interesting. It helps promote problem solving skills as well as stimulate learning of learner. The results indicated that BirthSim design approach is a suitable method for learning media production for nursing students.

Keywords: Simulation, Virtual Reality, Midwifery, Shoulder Dystocia

¹ นักศึกษาปริญญาโท สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สำนักวิชาพยาบาล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

^{3,4} รองศาสตราจารย์ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

¹ Master's degree student, School of Social Technology, Suranaree University of Technology, Muang District, Nakhon Ratchasima Province 30000

² Assistant professor, Nursing School, Suranaree University of Technology, Muang District, Nakhon Ratchasima Province 30000

^{3,4} Associate Professor, School of Social Technology, Suranaree University of Technology, Muang District, Nakhon Ratchasima Province 30000

ความเป็นมาและความสำคัญ

การคลอดติดไหล่เป็นภาวะฉุกเฉินทางสูติศาสตร์ที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยมากประมาณร้อยละ 0.6-1.4 ของการคลอดทางช่องคลอด (คณะอนุกรรมการมาตรฐานวิชาชีพ, 2553) โดยการคลอดติดไหล่นั้น เกิดจากไหล่ของทารกติดอยู่ภายในช่องเชิงกราน ได้บริเวณกระดูกหัวไหล่ โดยมีสัญญาณบ่งชี้คือศีรษะของทารกติดอยู่บริเวณช่องคลอดคูล้ายคอเต่า (Turtle Sign) และการดึงศีรษะทารกกลงตามขั้นตอนปกติก็ไม่สามารถทำให้ทารกเคลื่อนตัวผ่านช่องคลอดออกมาได้ ผู้ทำคลอดจึงต้องใช้กระบวนการช่วยคลอดมากขึ้น ซึ่งกระบวนการดังกล่าวนี้ เป็นเหตุการณ์ที่จำเป็นต้องอาศัยความเข้าใจในกลไกภายในร่างกายระหว่างการคลอดติดไหล่ อย่างถ่องแท้ จึงจะสามารถช่วยเหลือผู้คลอดและทารกได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่สื่อในปัจจุบันยังไม่สามารถแสดงกระบวนการภายในร่างกายระหว่างการทำคลอดได้ ประกอบกับปัจจัยเสี่ยงต่างๆ ที่เกิดขึ้นก่อนคลอดและขณะเจ็บครรภ์คลอดอาจไม่สามารถทำนายการคลอดติดไหล่ได้อย่างแม่นยำเมื่อเกิดภาวะคลอดติดไหล่จึงจำเป็นต้องมีการช่วยคลอดอย่างรวดเร็วและถูกต้อง เพื่อลดภาวะแทรกซ้อนต่อทารกที่เกิดจากการขาดออกซิเจน และการบาดเจ็บจากการคลอดโดยเฉพาะอย่างยิ่งการบาดเจ็บที่เส้นประสาทบริเวณไหล่ (brachial plexus injury) ซึ่งหากเกิดการบาดเจ็บที่เส้นประสาทนี้แม้ทารกจะไม่เสียชีวิตก็อาจจะพิการตลอดชีวิตได้

งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาสื่อจำลองสถานการณ์ภาวะฉุกเฉินการคลอดติดไหล่ซึ่งเรียกว่า เบิร์ทซิม โดยใช้โครงสร้างพื้นฐานของเกมการศึกษาในด้านการแพทย์และสุขภาพ (Lieberman, 2010) ร่วมกับทฤษฎีสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (Effective learning environment theory)

(Norman & Schmidt, 2000) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่กล่าวถึงการสร้างสภาพแวดล้อมที่ทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพ เป็นพื้นฐานที่สำคัญของเกมคิดไตร่ตรอง (Serious game) เพื่อทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ และความพึงพอใจของนักศึกษาศัลยกรรมศาสตร์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในอดีตการผสมผสานการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อจำลองสถานการณ์ ได้ถูกนำมาใช้เพิ่มทักษะของผู้เรียน ได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพ (Sabha *et al.*, 2007) และมีความเป็นไปได้ที่จะได้รับการยอมรับจากผู้เรียน (Dale *et al.*, 2008) ซึ่งการเรียนรู้ผ่านการจำลองสถานการณ์มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ในการฝึกทักษะที่อาจพบบ่อยในทางปฏิบัติ รวมถึงการช่วยชีวิตทารกแรกเกิดซึ่งเป็นภาวะฉุกเฉินของที่พบบ่อยที่สุดในการผดุงครรภ์ โดยมีมากถึงร้อยละ 15 ในช่วงระยะคลอด ดังนั้นการจำลองเสมือนจริงจึงเป็นเทคโนโลยีฝึกอบรมทักษะที่กล่าวได้ว่ามีศักยภาพและไม่เกิดความเสียหายต่อผู้เรียน (Jessica *et al.*, 2018) อีกทั้งให้ความรู้สึกดึงดูดใจและสนุกสนาน รวมถึงมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเรียนรู้และการจดจำ (Sherrill *et al.*, 2016) มีการปฏิสัมพันธ์ระหว่างการเรียนที่ดีกว่าการเรียนแบบดั้งเดิม (Ann *et al.*, 2018) ส่งผลต่อผู้เรียนทั้งในด้านความพึงพอใจ และสามารถรับรู้ความสามารถของตนเอง การเรียนรู้ผ่านจำลองเสมือนจริง (Margaret *et al.*, 2017) สามารถจำลองสถานการณ์ได้แบบไม่จำกัดและไม่จำเป็นต้องใช้ผู้บรรยายจริงระหว่างการใช้งาน (Todd & Debra, 2016) อีกทั้งรูปแบบของอุปกรณ์ และเทคโนโลยีที่ใช้ก็ส่งผลต่อผู้เรียน ทั้งในด้านประสบการณ์และความมั่นใจ (Sharon *et al.*, 2018) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถแสดงได้ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Compares related research

	Immersive level Comparison	compare with traditional	content recognition	learning achievement	confidence and clinic
Helen & Aslak (2020)		✓		✓	
Shi <i>et al.</i> (2020)		✓		✓	
Sharon <i>et al.</i> (2018)	✓				✓
Jessica <i>et al.</i> (2018)	✓	✓			✓
Ann <i>et al.</i> (2018)		✓	✓	✓	
Sherrill <i>et al.</i> (2018)		✓		✓	
Margaret <i>et al.</i> (2017)		✓		✓	✓
Sherrill <i>et al.</i> (2016)		✓	✓		
Todd & Debra (2016)	✓	✓		✓	
Dale <i>et al.</i> (2008)		✓			
Sabha <i>et al.</i> (2007)		✓		✓	

จาก Table 1 แสดงให้เห็นถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีการเปรียบเทียบปัจจัยทั้งในด้านของการเปรียบเทียบ ระดับของการฝังตัว (Immersive) ระหว่างระดับไร้ความรู้สึก ฝังตัว (Non-Immersive Virtual Reality) โดยการใช้การแสดงผล ผ่านจอภาพแสดงผล (Monitor) จนถึงระดับความรู้สึกฝังตัว สมบูรณ์ (Fully-Immersive Virtual Reality) ที่ใช้จอภาพแบบ ยึดศีรษะ (Head Mounted Display: HMD) ในการแสดงผล ว่าระดับของการฝังตัวที่แตกต่างกันนั้นจะส่งผลต่อรวมถึง ความมั่นใจของผู้เรียนหรือไม่ อีกทั้งยังมีการศึกษาและทดลอง การเปรียบเทียบกับวิธีการเรียนรู้แบบเดิม เช่น ที่ส่งผลต่อการ จดจำเนื้อหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งจากการทดลองของ Shi *et al.* (2020) ที่เปรียบเทียบระหว่างการศึกษากายวิภาค ของกะโหลกศีรษะมนุษย์จริง และกะโหลกศีรษะมนุษย์เสมือน จริงพบว่าส่งผลสัมฤทธิ์ต่อผู้เรียนได้เทียบเท่ากัน ซึ่งสอดคล้อง กับการทดลองของ Helen & Aslak (2020) ที่ได้เปรียบเทียบ การเสมือนจริงและวิธีการเรียนแบบดั้งเดิมว่าให้ผลสัมฤทธิ์ ที่เทียบเท่ากัน ซึ่งสื่อเสมือนจริงนั้นสามารถใช้ทบทวนความรู้ และทักษะของบุคลากรทางการแพทย์ แต่อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบการประยุกต์เนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับภาวะฉุกเฉิน ทางการผดุงครรภ์โดยใช้การเรียนรู้ผ่านเกม ในรูปแบบเกม คิดไตร่ตรองด้านการศึกษากายในสภาพแวดล้อมเสมือนจริง 3 มิติ และไม่เคยมีการทดสอบถึงประสิทธิภาพของสื่อชนิดนี้ มาก่อนว่าส่งผลสัมฤทธิ์มากน้อยเพียงใดต่อการเรียนรู้ และ ความพึงพอใจของนักศึกษา รวมไปถึงบุคคลทั่วไปที่นำไปใช้ ประโยชน์

การออกแบบและพัฒนาเบิร์ตซิม

เบิร์ตซิมเป็นสื่อการเรียนรู้ที่สามารถปฏิสัมพันธ์ กับผู้เรียนโดยจำลองสภาพแวดล้อมและเหตุการณ์ อันสมมุติขึ้น มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาภาวะคลอดติดไหล่ โดยมีภาพเคลื่อนไหว เสียง และเรื่องราวเป็นองค์ประกอบ สถานการณ์จำลองจะดำเนินไปเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ผ่าน เรื่องราวภายใต้กติกาที่ตั้งไว้ โดยภัทรวิธ สรรพคุณ และ คณะ (2557) ได้อ้างถึงทฤษฎีสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่มี ประสิทธิภาพของ Norman and Schmidt (2000) ซึ่งเป็น ทฤษฎีพื้นฐานที่สำคัญของเกมคิดไตร่ตรอง ประกอบไปด้วย หลักสำคัญ 7 ข้อได้แก่ 1) สภาพแวดล้อมต้องมีปฏิสัมพันธ์ กับผู้เรียน 2) ต้องมีวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนว่าต้องการให้ผู้เรียน ได้รับอะไรจากการเรียนรู้และมีการวางแผนการจัดการสภาพ แวดล้อมที่เหมาะสม 3) สภาพแวดล้อมนั้นต้องมีกลไกในการ กระตุ้น การเรียนรู้กับผู้เรียน 4) ต้องมีระดับความยากที่ไม่ ยากเกินไปจนทำให้ผู้เรียนสูญเสียความมั่นใจที่จะเรียนรู้และ ต้องไม่ง่ายเกินไปจนทำให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่าย 5) สภาพ

แวดล้อมนั้นต้องมีคุณสมบัติในการมอบประสบการณ์โดยตรง ให้กับผู้เรียนผ่านภารกิจหรืองานที่ต้องทำให้สำเร็จลุล่วง 6) ต้องมีการจัดหาตัวช่วยในกรณีที่ผู้เรียนมีปัญหา ทำให้ ผู้เรียนไม่เลิกล้มที่จะเรียนรู้ 7) สภาพแวดล้อมนั้นต้องมีการ หลีกเลี่ยงการรบกวนหรือการขัดจังหวะในการเรียนรู้ของ ผู้เรียน

นอกจากนี้ Lieberman Debra (2010) ได้เสนอ โครงสร้างพื้นฐานของเกมการศึกษาในด้านการแพทย์และ สุขภาพ เพื่อช่วยในการออกแบบพัฒนา และประเมินเกมส์ จำนวน 10 ข้อดังนี้

- 1) มีการประเมินผลลัพธ์ของการเล่นเกมเพื่อทำให้ ผู้เรียนเกิดการแข่งขันกับตนเอง (Challenge)
- 2) ผู้เรียนมีความรู้สึกมีส่วนร่วมและเข้าถึงเนื้อหาของเกม (Engagement and immersion)
- 3) องค์ประกอบทางด้านมัลติมีเดีย รวมถึงเนื้อเรื่อง กระตุ้นให้ผู้เรียนรู้สึกอยากเอาชนะ (Motivation)
- 4) มีความรู้สึกมีส่วนร่วมเสมือนว่าเป็นตัวละครภายใน เนื้อเรื่อง (Identification and nurturing)
- 5) แสดงผลลัพธ์ของการตัดสินใจที่เกิดจากผู้เรียน (Consequences of health behavior)
- 6) มีพื้นที่สำหรับฝึกฝน รวมถึงประกาศความสำเร็จ ของผู้เรียน (Skill development and carrying out)
- 7) ผู้เรียนได้รับความรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ (Knowledge gain)
- 8) จำลองจากเหตุการณ์จริงให้ผู้เรียนได้ฝึกตัดสินใจ (Rehearsing real life)
- 9) ให้ผู้เรียนเลือกตัดสินใจ โดยไม่มีกรอบบังคับ ตายตัวมากนัก (Simulating self-care)
- 10) มีการแข่งขัน ร่วมมือ หรือติดต่อกันระหว่างผู้เรียน (Social interaction)

ผู้พัฒนาจึงได้ทำการแบ่งระดับของความยากง่าย ออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับง่าย ระดับปานกลาง และ ระดับยาก ให้ผู้เรียนเลือกก่อนเข้าสู่สถานการณ์จำลอง ดังแสดงใน Figure 1 โดยแต่ละระดับจะถูกกำหนดให้อยู่ภาย ได้สถานการณ์เดียวกัน แต่จะมีตัวช่วยและการคำนวณร้อยละ ของความสำเร็จที่แตกต่างกัน โดยระดับง่าย ปานกลาง และ ยากจะตั้งร้อยละของความสำเร็จ สำหรับผ่านเกณฑ์ที่ 50, 50 และ 60 ตามลำดับ โดยระดับง่ายจะมีตัวช่วยเฉลย หากผู้เรียน ใช้เวลาคิดในข้อนั้นๆ นานเกินไป แต่ระดับปานกลางและยาก จะไม่มีตัวช่วยเฉลย



Figure 1 Difficulty level selection menu

เมื่อเข้าสู่การจำลองสถานการณ์ ผู้เรียนจะได้รับบทบาทเป็นพยาบาลวิชาชีพ ที่ต้องทำคลอดในสถานการณ์ภาวะคลอดติดไหล่ โดยมีมุมมองแบบ 3 มิติให้ผู้เรียนมีความรู้สึกเสมือนว่าเป็นตัวละครภายในเนื้อเรื่อง (Identification and

nurturing) ซึ่งผู้เรียนจะอยู่ในห้องคลอดจำลองที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ทำคลอด แบบจำลองมารดาและทารกที่อยู่ระหว่างการคลอด ที่ออกแบบให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกอยากช่วยมารดาให้ได้ โดยการใช้อุปกรณ์ประกอบด้านกราฟิก ภาพเคลื่อนไหว และเสียงร้องของมารดาและทารก เพื่อให้ผู้เรียนทราบวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนว่าต้องการให้ผู้เรียนทำอะไร และกระตุ้นให้ผู้เรียนรู้สึกอยากช่วยมารดาและทารกให้ปลอดภัย (Motivation) รวมถึงมีความรู้สึกร่วมกับสถานการณ์ (Engagement and immersion)

เมื่อสถานการณ์ดำเนินไป เบิร์ตซิมจะแสดงตัวเลือกอันเป็นหัตถการต่างๆ ให้ผู้เรียนเลือกได้อย่างอิสระ (Simulating self-care) เมื่อถึงเวลาที่กำหนดดังแสดงใน Figure 2 โดยจะอ้างอิงมาจากแนวทางเวชปฏิบัติเมื่อเกิดภาวะคลอดติดไหล่ และการสอบถามข้อมูลจากผู้มีประสบการณ์ในการสอนรายวิชาการผดุงครรภ์ (Rehearsing real life)

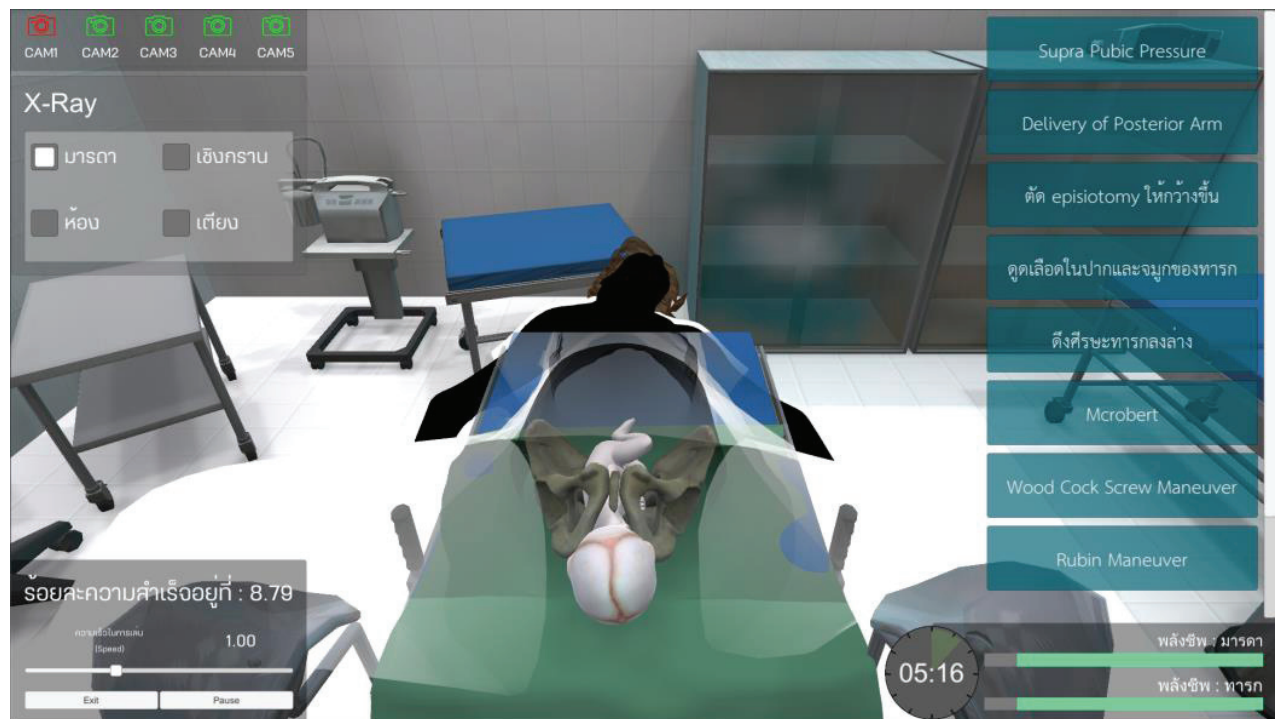


Figure 2 image of Birthsim usage

โดยสถานการณ์ภาวะคลอดติดไหล่ที่ผู้เรียนเริ่มสวมบทบาท จะเริ่มขึ้นเมื่อศีรษะของทารกคลอดแล้ว แต่ติดอยู่ที่ช่องคลอดคล้ายคอคเต่า (Turtle sign) และไม่สามารถดึงให้ไหล่ของทารกนั้นคลอดออกมาได้ซึ่งมีแนวทางปฏิบัติดังนี้

- 1) ขอความช่วยเหลือจากแพทย์หรือผู้มีประสบการณ์มากกว่า
- 2) สวนปัสสาวะ
- 3) พิจารณาตัด episiotomy มีให้กว้างขึ้น
- 4) ดูดมูกในจมูกและปากของทารก

- 5) ลองดึงศีรษะลงล่างอีกครั้ง
 - 6) เริ่มกระบวนการช่วยคลอดไหล่ยาก ซึ่งประกอบด้วยหัตถการ Suprapubic pressure และ McRoberts maneuver
 - 7) พิจารณาช่วยคลอดด้วยวิธีอื่นตามความชำนาญ ได้แก่ Wood's corkscrew maneuver, Rubin maneuver, Delivery of posterior shoulder, Gaskin maneuver
- ซึ่งวิธีการอื่นๆ เช่น Zavanelli maneuver, Fracture of clavicle, hysterotomy, symphysiotomy ต้องอาศัยการ

ผ่าตัดและและควรรอยู่ในการดูแลของแพทย์ วิธีการดังกล่าว
จึงอยู่นอกขอบเขตของการพัฒนาเบิรท์ซิม

โดยในระหว่างที่สถานการณ์จำลองดำเนินไป
เบิรท์ซิมจะแสดงคำถาม ดังแสดงใน Figure 3 เพื่อเป็นการ

ประเมินความรู้ของผู้เรียน และจะแสดงคำตอบที่ถูกต้องหลัง
การเลือกคำตอบแก่ผู้เรียนโดยทันที เพื่อเป็นการทบทวน
และเพิ่มพูนความรู้ (Knowledge gain) ตามวัตถุประสงค์
ของการใช้งานเบิรท์ซิม



Figure 3 Questions Display in Birthsim

การคำนวณร้อยละของความสำเร็จ และสรุปผล
ของเบิรท์ซิม จะเริ่มต้นตั้งแต่ศีรษะของทารกติดคล้าย
คอเต่าต่อเนื่องไปเป็นเวลา 5 นาที เนื่องจากคลอดติดไหล่
เป็นภาวะฉุกเฉินที่ต้องช่วยเหลือโดยเร็ว เพราะรกที่มีหน้าที่
พาออกซิเจนสู่ทารกกำลังลอกตัว ทำให้ทารกมีโอกาสเสี่ยง
ที่จะขาดอากาศหายใจได้ หากไม่สามารถช่วยเหลือได้ภายใน
เวลาดังกล่าว จะถือว่าทำภารกิจไม่สำเร็จ ซึ่งในระยะเวลา
ดังกล่าวนี้จะสามารถทำการช่วยเหลือได้หรือไม่นั้น มาจาก
การคำนวณร้อยละของความสำเร็จ ที่เกิดขึ้นตามการตอบ
คำถาม และเหตุการณ์ที่เลือกในระหว่างการทำคลอด โดย
กำหนดเงื่อนไขในการคำนวณดังนี้

- 1) เงื่อนไขการแปรผันตามการเลือกของผู้เรียน
เมื่อผู้เรียนเลือกกระทำเหตุการณ์ใดๆ ก็ตาม จะส่งผลต่อร้อยละ
ความสำเร็จ และพลังชีวิตที่เหลืออยู่ของมารดาและทารก
- 2) เงื่อนไขการแปรผันตามเวลา ได้แก่ พลังชีวิต
ของมารดา และทารกที่จะลดลงตามเวลา และความรวดเร็ว

ในการตัดสินใจของผู้เรียน เนื่องจากภาวะคลอดติดไหล่เป็น
ภาวะฉุกเฉิน การตัดสินใจที่รวดเร็วและถูกต้องจึงมีผลต่อ
ร้อยละของความสำเร็จ ดังนั้นหากสามารถตอบคำถามได้อย่าง
รวดเร็วและถูกต้อง จะผลต่อโอกาสสำเร็จที่มากขึ้นด้วย

สถานการณ์จำลองในเบิรท์ซิมนี้ มีส่วนของการแสดงผล
ผลลัพธ์ที่เกิดจากการตัดสินใจ รวมถึงมีการประเมินผลของการ
เล่นเพื่อให้ผู้เรียนได้แข่งขันกับตนเอง (Challenge) ซึ่งในส่วน
ของการแสดงผลลัพธ์นี้แสดงใน Figure 4 โดยกำหนดเงื่อนไข
การสิ้นสุดสถานการณ์จำลองที่มีความเป็นไปได้ทั้งสิ้น 2 กลุ่ม
โดยจำแนกได้ ดังนี้

- 1) ร้อยละความสำเร็จถึงเกณฑ์ที่ตั้งไว้ สามารถ
ช่วยเหลือมารดาและทารกสำเร็จ
- 2) สิ้นสุดสถานการณ์จำลองเนื่องจากไม่สามารถ
ช่วยเหลือได้ เพราะพลังชีพของมารดา หรือทารกมีค่าเป็นศูนย์

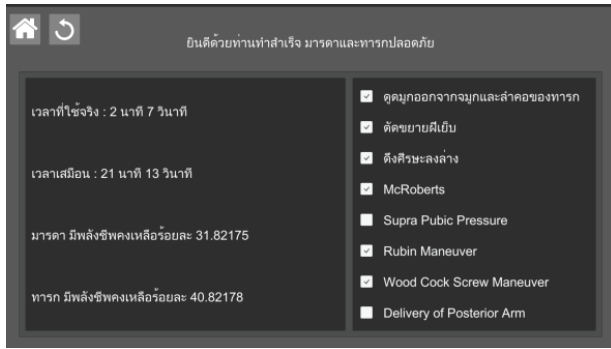


Figure 4 Summary screen

การประเมินเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญประเมินเนื้อหาเบิร์ตซิมประกอบด้วย อาจารย์ประจำสำนักวิชาพยาบาลศาสตร์ สาขาวิชาการพยาบาลครอบครัวและการผดุงครรภ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จำนวน 3 ท่านโดยผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นว่าเบิร์ตซิมมีความเข้าใจง่าย ใช้งานง่าย กระตุ้นการเรียนรู้ได้ดี และช่วยส่งเสริมทักษะการตัดสินใจในการแก้ปัญหา มีความน่าสนใจ และเป็นสื่อการเรียนการสอนที่ดีมาก เหมาะสมกับช่วงอายุของผู้เรียนในยุคนี้ที่จะสนใจเทคโนโลยีมากกว่าตัวหนังสือ ทำให้ผู้เรียนเข้าใจได้ง่ายขึ้นนอกจากการอ่านตำราอย่างเดียว และในส่วนของคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ สรุปประเด็นสำคัญแบ่งออกเป็น 3 ประเด็นดังนี้

1. ด้านการใช้ภาษา ผู้เชี่ยวชาญให้คำแนะนำในเรื่องการใช้ภาษาภายในเบิร์ตซิม ควรพิจารณาปรับปรุงให้เน้นศัพท์เฉพาะทางการแพทย์พยาบาล เช่น คำว่า "ตัดขยายฝีเย็บ" อาจแทนด้วย "ตัด episiotomy" และควรปรับปรุงการใช้คำที่แสดงถึงความอันตราย เช่น คำว่า "พลังชีพมารดา" ควรเปลี่ยนเป็น "ระดับความรู้สึกตัวของมารดา" และควรหลีกเลี่ยงคำถาม "ข้อใดไม่ใช่..." เพราะอาจสร้างความสับสนต่อผู้เรียนโดยไม่จำเป็น

2. ด้านการนำเสนอ เนื่องจากสภาพแวดล้อมมีรายละเอียดมาก และผู้เรียนสามารถกำหนดมุมมองได้เอง ผู้เชี่ยวชาญจึงเห็นว่าควรเน้นส่วนสำคัญของแต่ละกระบวนการที่เกิดขึ้นให้ชัดเจนกว่านี้ เช่น เน้นตำแหน่งมือกดบริเวณ Suprapubic เพื่อให้ผู้เรียนเห็นตำแหน่งที่ต้องทำจริง

อย่างชัดเจนและอาจพิจารณาเพิ่มเติมคำอธิบายรายละเอียดของเหตุการณ์ในช่วงที่มีความสำคัญ

3. ด้านการดำเนินเรื่อง เนื่องจากการแสดงคำถามเป็นระยะๆ จึงอาจทำให้รู้สึกขาดความต่อเนื่องในการดำเนินสถานการณ์ อาจพิจารณาเปลี่ยนวิธีการให้มุ่งเน้นขั้นตอนการช่วยเหลือมากกว่านี้

การประเมินความพึงพอใจของเบิร์ตซิม

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของเบิร์ตซิมนี้ เป็นนักศึกษาพยาบาลศาสตร์ชั้นปีที่ 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จำนวน 35 คน โดยการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเป็นการเลือกแบบสุ่มจากนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการผดุงครรภ์ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถามความพึงพอใจ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยอาศัยแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (Fred D. Davis, 1989) ร่วมกับงานของณัฐจิรา วินิจฉัย และคณะ (2563) และเอกรัฐ หล่อพิเชียร (2560) ที่มีความคล้ายคลึงกัน โดยนำแบบสอบถามมาคำนวณหาค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศจำนวน 3 ท่าน และประเมินแบบสอบถามโดยผู้เชี่ยวชาญด้านพยาบาลศาสตร์จำนวน 3 ท่าน แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อโปรแกรมเบิร์ตซิมมีทั้งหมด 5 ด้าน จำนวน 17 ข้อ ประกอบด้วยด้านเนื้อหา ด้านเทคโนโลยี ด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ ด้านความคิดเห็นต่อสื่อ ด้านส่วนประกอบของสื่อ และความคิดเห็นโดยรวม โดยผลการประเมินแสดงใน Table 2 โดยแปลผลแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating scale) 5 ระดับดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง มากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง มาก

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง น้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง น้อยที่สุด

Table 2 Student Satisfaction Survey Feedback Summary

Indicator	\bar{x}	S.D.	Category
Content			
The content is consistent with the course content.	4.57	0.608	Excellent
The media is displayed correctly according to the content.	4.54	0.610	Excellent
Media helps to review knowledge and skills.	4.34	0.905	Good
Technology			
Technology used is appropriate for the content.	4.34	0.639	Good
Feeling of being in a real situation.	4.22	0.731	Good
Presentation techniques are interesting.	4.37	0.645	Good
Content presentation clear.	4.08	0.701	Good
Perceived benefits			
Media encourages learning.	4.40	0.774	Good
Enhances the analytical thinking process.	4.28	0.825	Good
Enhance decision-making skills and problem solving.	4.40	0.735	Good
Opinion to the media			
The media is interesting, and attract attention.	4.31	0.758	Good
Modern and different from normal learning.	4.52	0.638	Excellent
Easy to use.	3.58	1.00	Good
Components of the media			
The message is clearly descriptive.	3.92	0.808	Good
The component such as 3D models, images, texts is appropriate.	4.32	0.613	Good
Overall opinion			
Do you think this material is useful?	4.35	0.666	Good
What is your overall satisfaction with the media?	4.23	0.629	Good

ผู้วิจัยพบว่านักศึกษาที่มีความพึงพอใจด้านเนื้อหา สื่อนำเสนอเนื้อหาสอดคล้องกับเนื้อหาวิชามากที่สุด ที่ $\bar{x}=4.57$ รองลงมาคือ สื่อแสดงผลถูกต้องตามเนื้อหา และสื่อช่วยทบทวนความรู้และทักษะตามลำดับ ด้านเทคโนโลยีนักศึกษามีความพึงพอใจเทคนิควิธีการนำเสนอ น่าสนใจมากที่สุด ที่ $\bar{x}=4.37$ รองลงมาคือ เทคโนโลยีที่ใช้มีความเหมาะสมกับเนื้อหา เทคโนโลยีที่ใช้ให้ความรู้สึกร่วมเสมือนได้อยู่ในสถานการณ์จริง และเทคโนโลยีที่ใช้ช่วยให้การเสนอเนื้อหาชัดเจนตามลำดับ ด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ นักศึกษามีความพึงพอใจสื่อช่วยกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ และสื่อช่วยเสริมสร้างทักษะการตัดสินใจแก้ปัญหามากที่สุด เท่ากันที่ $\bar{x}=4.40$ รองลงมาคือสื่อช่วยเสริมสร้างกระบวนการคิดวิเคราะห์ ด้านความคิดเห็นต่อนักศึกษามีความพึงพอใจสื่อมีความทันสมัยและแปลกใหม่แตกต่างไปจากการเรียนปกติมากที่สุด ที่ $\bar{x}=4.52$ รองลงมาคือ สื่อมีความน่าสนใจ และดึงดูดความสนใจ และสื่อใช้งานได้ง่ายตามลำดับ ด้านส่วนประกอบของ

สื่อนักศึกษามีความพึงพอใจการจัดวางองค์ประกอบศิลป์มากที่สุด ที่ $\bar{x}=4.32$ รองลงมาคือ ภาษาภายในโปรแกรมสามารถสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน และด้านความคิดเห็นโดยรวม นักศึกษามีความพึงพอใจท่านคิดว่าสื่อนี้เป็นสื่อที่มีประโยชน์ในระดับใดมากที่สุด ที่ $\bar{x}=4.35$ รองลงมาคือ ท่านมีความพึงพอใจต่อสื่อในภาพรวมในระดับใด ที่ $\bar{x}=4.23$ นอกจากนี้ยังได้รับข้อเสนอแนะจากนักศึกษา ในประเด็นเพิ่มเติมด้านการใช้งาน เนื่องจากนักศึกษา ไม่เคยใช้งานโปรแกรมในลักษณะนี้มาก่อน จึงต้องใช้เวลาเรียนรู้การใช้งานค่อนข้างนาน และเนื่องจากเบิร์ตซิม นำปัจจัยด้านเวลาใช้ในการคำนวณร้อยละความสำเร็จด้วย จึงทำให้นักศึกษาสับสน เพราะเลือกคำตอบที่ถูกต้องแต่ผลลัพธ์ไม่เท่ากัน ซึ่งเกิดจากความเร็วในการตอบคำถาม แต่ละข้อแต่ละครั้งไม่เท่ากัน รวมถึงการมีเวลานับถอยหลัง ทำให้นักศึกษาตื่นเต้น และรีบตอบคำถามเป็นเหตุให้ตอบคำถามผิดเป็นบางครั้ง

ในส่วนประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยการนำสื่อดังกล่าวไปทดสอบกับนักศึกษายาบาลศาสตร์ชั้นปีที่ 3 จำนวน 35 คน ด้วยแบบทดสอบ

วัดความรู้ก่อน และหลังเรียนพบว่าค่าเฉลี่ยหลังเรียนนั้นมีความรู้สูงขึ้นเล็กน้อย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานลดลงเล็กน้อย แสดงใน Table 3

Table 3 Comparison table of pre-test and post-test

Pre-Test		Post-Test		t	p
\bar{x}	S.D.	\bar{x}	S.D.		
7.02	1.80	7.11	1.69	-2.98	.768

การอภิปรายผล

จากงานวิจัยพบว่า นักศึกษายาบาลศาสตร์ชั้นปีที่ 3 จำนวน 35 คนที่กำลังเตรียมตัวขึ้นหอฝึกปฏิบัติการมีค่าเฉลี่ยแบบทดสอบหลังเรียนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากการใช้สื่อเบร็ทซิมที่ 7.02 เพิ่มขึ้นเป็น 7.11 คะแนนจากแบบทดสอบทั้งสิ้น 10 ข้อโดยไม่พบนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อพิจารณาข้อมูลคะแนนเป็นรายบุคคล พบว่า ส่วนใหญ่มีคะแนนก่อนและหลังใช้สื่อ แทบไม่ต่างกัน แต่ก็มีนักศึกษาบางคนที่คะแนนเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เช่น เพิ่มจาก 6 คะแนนเป็น 10 คะแนน อาจเกิดจากนักศึกษาชั้นปีที่ 3 นั้นเป็นชั้นปีที่ผ่านการเรียนเรื่องคลอดติดไหล่มาไม่นาน ประกอบกับคะแนนเฉลี่ยก่อนทดลองนั้นมีค่าเฉลี่ยที่สูง แสดงให้เห็นว่าแต่เดิมนักศึกษามีความรู้และความเข้าใจในภาวะคลอดติดไหล่เป็นอย่างดี จึงเป็นเหตุให้ค่าเฉลี่ยหลังเรียนเพิ่มขึ้นแต่ไม่พบนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่าลดลงเล็กน้อย พิจารณาได้ว่าคะแนนหลังทดลองมีความแปรปรวนน้อยลง แสดงให้เห็นว่านักศึกษาส่วนใหญ่มีคะแนนโดยรวมดีขึ้น

และอาจเป็นไปได้ว่า นักศึกษามีเวลาเรียนรู้การใช้สื่อระหว่างการดำเนินการวิจัยที่จำกัด จึงใช้เวลาส่วนมากมุ่งเน้นไปที่การเรียนรู้วิธีใช้ รวมถึงปัจจัยด้านเวลาที่จำกัดในการดำเนินสถานการณ์ สามารถกระตุ้นนักศึกษาให้ตระหนักถึงภาวะฉุกเฉินที่ต้องทำการช่วยเหลือได้ แต่ก็ทำให้นักศึกษาตื่นเต้น และรีบตอบคำถาม เป็นเหตุให้ตอบคำถามผิด นำไปสู่การรับรู้เนื้อหาได้ไม่เต็มที่ ดังนั้นการออกแบบข้อคำถามควรมีการปรับปรุง การออกแบบข้อคำถามควรสั้น กระชับ เพื่อให้ นักศึกษาอ่านและทำความเข้าใจได้อย่างรวดเร็ว และตัวเลือกในแต่ละข้อต้องมีจำนวนน้อยลงด้วย

สำหรับความพึงพอใจโดยรวมต่อเบร็ทซิมอยู่ในระดับพึงพอใจมาก และแบ่งความพึงพอใจออกเป็นแต่ละด้านดังนี้

ด้านเนื้อหา ผลการวิจัยพบว่านักศึกษามีความพึงพอใจสื่อนำเสนอเนื้อหาสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาและสื่อแสดงผลถูกต้องตามเนื้อหามากที่สุด เนื่องจากโปรแกรมนี้ ได้ทำการออกแบบอ้างอิงจากเนื้อหาในรายวิชา ร่วมกับการ

ศึกษาแบบแผนการทำงานจริงจากสถานการณ์พยาบาลและมีการตรวจสอบความถูกต้องจากผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ผู้สอน รวมถึงผ่านการตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ (Knowledge gain)

ด้านเทคโนโลยี ผลการวิจัยพบว่านักศึกษามีความพึงพอใจเทคนิควิธีการนำเสนอ น่าสนใจมากที่สุด เนื่องจากเทคโนโลยีที่ใช้มีความแปลกใหม่ เนื่องจากประยุกต์หลักการของเกมคิดไตร่ตรอง ที่มุ่งเน้นให้สามารถเรียนรู้เนื้อหาที่เฉพาะเจาะจง ควบคู่กับความบันเทิงที่ถูกต้องทำขึ้นโดยมีภาพเคลื่อนไหว เสียง และเรื่องราวเป็นองค์ประกอบ การเรียนรู้จะดำเนินไปแบบบรรลุวัตถุประสงค์ผ่านเรื่องราวภายใต้กติกาที่ตั้งไว้ รองลงมาคือ เทคโนโลยีที่ใช้มีความเหมาะสมกับเนื้อหา, เทคโนโลยีที่ใช้ให้ความรู้สึกร่วมเสมือนได้อยู่ในสถานการณ์จริง และเทคโนโลยีที่ใช้ช่วยให้การเสนอเนื้อหาชัดเจนตามลำดับ

ด้านการรับรู้ถึงประโยชน์ ผลการวิจัยพบว่านักศึกษามีความพึงพอใจสื่อช่วยกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ และสื่อช่วยเสริมสร้างทักษะการตัดสินใจแก้ปัญหาที่สูงสุดสอดคล้องกับข้อคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และการทดลองของ Sherrill *et al.* (2016) ที่กล่าวถึงสื่อเสมือนจริงที่ให้ความรู้สึกดึงดูดใจและสนุกสนาน รวมถึงมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเรียนรู้และการจดจำ รองลงมาคือสื่อช่วยเสริมสร้างกระบวนการคิดวิเคราะห์

ด้านความคิดเห็นต่อสื่อ ผลการวิจัยพบว่านักศึกษามีความพึงพอใจสื่อมีความทันสมัย และแปลกใหม่แตกต่างไปจากการเรียนปกติมากที่สุด เนื่องจากมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย จึงแตกต่างจากการเรียนภายในห้องเรียนแบบปกติ เพราะสามารถจำลองสถานการณ์ได้แบบไม่จำกัด สอดคล้องกับแนวคิดของ Todd and Debra (2016) รองลงมาคือ สื่อมีความน่าสนใจ และดึงดูดความสนใจ แต่ข้อคำถาม "สื่อใช้งานได้ง่าย" นั้นพบว่ามีความคะแนนต่ำที่สุดของข้อคำถามทั้งหมด ซึ่งอาจเกิดจากการไม่คุ้นชินกับการใช้สื่อ เนื่องจากเป็นสื่อที่มีความแปลกใหม่ และผู้เรียนไม่เคยใช้

มาก่อน ดังนั้นจึงควรพัฒนาส่วนแนะนำการใช้งาน รวมถึงชี้แจงวัตถุประสงค์และเนื้อหาก่อนการใช้งานให้ชัดเจนกว่านี้

ด้านส่วนประกอบของสื่อ ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจการจัดวางองค์ประกอบศิลป์มากที่สุด เนื่องจากผู้วิจัยได้เลือกใช้เครื่องมือ และวิธีการของการพัฒนาเกมในการสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมทำให้การเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ พร้อมกับการออกแบบข้อความ และวิธีการสื่อความหมายร่วมกับผู้เชี่ยวชาญ ดังนั้นระดับความพึงพอใจของ ภาษาภายในโปรแกรมสามารถสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน อยู่ในระดับมากเช่นกัน แต่คะแนนที่ได้ค่อนข้างจะน้อยเมื่อเทียบกับข้อคำถามอื่น ซึ่งสอดคล้องกับข้อคิดเห็นจากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญในด้านการใช้ภาษา จึงเป็นประเด็นที่ควรปรับปรุงเนื้อหาของเบิร์ตซิมต่อไป

ด้านความคิดเห็นโดยรวม ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาคิดว่าสื่อนี้เป็นสื่อที่มีประโยชน์มากที่สุด รองลงมาคือมีความพึงพอใจต่อสื่อในภาพรวม สอดคล้องกับแนวคิดของ Margaret *et al.* (2017) ที่ได้ผลการทดลองว่าการเรียนเสมือนจริงส่งผลต่อผู้เรียนทั้งในด้านความพึงพอใจ และสามารถรับรู้ความสามารถของตนเอง เมื่อเรียนรู้ผ่านจำลองการเล่นเกมเสมือนจริง

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า เบิร์ตซิมเป็นสื่อที่มีความน่าสนใจจากมุมมองของผู้เชี่ยวชาญ และมุมมองของผู้เรียน สามารถกระตุ้นการเรียนรู้ และใช้ฝึกทักษะการตัดสินใจได้ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะได้รับการยอมรับจากผู้เรียน สอดคล้องกับแนวคิดของ Dale *et al.* (2008) สามารถพัฒนาเพื่อใช้ฝึกอบรมทักษะแบบไม่เกิดความเสียหายต่อผู้เรียนตามแนวคิดของ Jessica *et al.* (2018) ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sherrill *et al.* (2016) โดยเทคโนโลยีที่ใช้ก็ส่งผลต่อผู้เรียน ทั้งในด้านประสบการณ์และความมั่นใจตามแนวคิดของ Sharon *et al.* (2018) ส่งผลต่อผู้เรียนในด้านความพึงพอใจ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Margaret *et al.* (2017) อีกทั้งจากการพัฒนาโดยใช้วิธีการของการทำเกมก็สามารถจำลองสถานการณ์ได้แบบไม่จำกัดตามแนวคิดของ Todd and Debra (2016)

บทสรุปและงานวิจัยในอนาคต

การประยุกต์ใช้โครงสร้างพื้นฐานของเกมการศึกษา ในด้านการแพทย์และสุขภาพ ร่วมกับการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ เป็นแนวทางที่สามารถใช้ออกแบบสื่อสำหรับนักศึกษาพยาบาล สำหรับจำลองสถานการณ์ภาวะฉุกเฉินทางการพยาบาลได้ โดยสื่อดังกล่าวสามารถกระตุ้นการเรียนรู้ความสนใจ รวมถึงใช้ฝึกฝนทักษะการแก้ไขปัญหา และการ

ตัดสินใจได้ แม้ว่าจะยังไม่เห็นผลสัมฤทธิ์ด้านการเรียนรู้ อย่างมีนัยยะสำคัญ แต่ก็พบประเด็นที่สามารถต่อยอดในการออกแบบสื่อการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ได้แก่ ประเด็นด้านการออกแบบข้อคำถาม ที่ควรมุ่งเน้นให้ผู้เรียนอ่าน และทำความเข้าใจได้เร็ว ประเด็นในด้านการการเรียนรู้วิธีใช้งาน ที่ควรออกแบบให้ผู้เรียนไม่ต้องเสียเวลาเรียนรู้การใช้งานมาก เพื่อให้ผู้เรียนใช้เวลากับการรับรู้เนื้อหาได้อย่างเต็มที่

สำหรับอนาคต ผู้วิจัยจะนำความเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงเนื้อหาให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และต่อยอดเบิร์ตซิมให้สามารถแสดงผลด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือนผ่านจอภาพยืดศีรษะ รวมถึงการเปรียบเทียบกับสื่อเดิมที่ผู้เรียนใช้ทบทวนระหว่างการเรียนรู้ด้วยว่า หากเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ระหว่างสื่อที่มีอยู่เดิม กับสื่อความจริงเสมือนจะให้ผลลัพธ์เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร รวมถึงการทำแบบทดสอบเพื่อเปรียบเทียบระดับของการจดจำว่า สื่อเสมือนจริงมีผลต่อการจดจำในระยะยาวหรือไม่ และยังคงมีประเด็นที่ยังไม่ได้นำมาประยุกต์ใช้ได้แก่ การแข่งขัน ร่วมมือหรือติดต่อระหว่างผู้เรียน (Social interaction) ซึ่งเป็นหัวข้อที่ท้าทายและน่าสนใจ

เอกสารอ้างอิง

- คณะอนุกรรมการมาตรฐานวิชาชีพ พ.ศ. 2562-2564. (2563). *แนวทางเวชปฏิบัติของราชวิทยาลัยสูตินรีแพทย์แห่งประเทศไทย เรื่องการคลอดไหล่ยาก*. <http://www.rtcog.or.th/home/wp-content/uploads/2020/09/OB-63-023-Shoulder-Dystocia.pdf>
- จันทร์ปัทม์ ศรีแก้ว และคณะ. (2558). รูปแบบการจัดการเรียนการสอนรายวิชาผดุงครรภ์สำหรับนักศึกษาพยาบาล เพื่อเตรียมสอบ ขึ้นทะเบียนเป็นผู้ประกอบวิชาชีพการพยาบาลและการผดุงครรภ์. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*, 10(1), 13-26.
- ชญาภรณ์ เอกธรรมสุทธิ และเกสร สุวิทย์ศิริ. (2560). การสร้างความรู้ผ่านทักษะการแก้ปัญหา. *วารสารวิทยาลัยบรมราชชนนี กรุงเทพฯ*, 33(1), 177-183.
- ณัฐจิรา วินิจฉัย, กชกร เพ็ญชัย และพรสิงห์ นิลผาย. (2564). ผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยโปรแกรม Simulation ฝึกยาต่อความพึงพอใจของนักศึกษาพยาบาลศาสตร์ชั้นปีที่ 2. *วารสารการพยาบาลและสุขภาพ*, 15(1), 1-11.
- ภัทรวินิ สรรพคุณ, พีรยศ ภมรศิลป์ธรรม และลาวัลย์ ศรีธาพุท. (2557). เกมการศึกษาด้านการแพทย์และสุขภาพ. *ไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ*, 9(2), 82-87.

- ภัทราวดี วงศ์สุเมธ. (2556). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับและการใช้งานระบบการเรียนผ่านเว็บ. *วารสารนักบริหาร*, 33(3), 3-10.
- เอกรัฐ หล่อพิเชียร. (2560). การใช้สื่อการเรียนรู้อัจฉริยะเสริม (Augmented Reality) เรื่อง โพรโตคอล TCP/IP เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาวิชาการศึกษาสารข้อมูล และเครือข่ายคอมพิวเตอร์ สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศการศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. *การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 9 "ราชมงคลสร้างสรรค์นวัตกรรมที่ยั่งยืนสู่ประเทศไทย 4.0" (Creative RMUT and Sustainable Innovation for Thailand 4.0)*.
- Ann, L.B., Suzan, K. & Anthony, E. (2018). Using Game-Based Virtual Reality with Haptics for Skill Acquisition. *Clinical Simulation in Nursing*, 16, 25-32.
- Dale, C.A., Stanley, M.S., Summers, K., Marlene, L., Stewart, M., Ja, M., Lisa, S., Kenneth, S., Joshua, J., Scott, L., Beth, L., Linda, S., Steven, M., Berthold, U., Gordon G., Holly, S.B., Marcus, K., David, W Diane, S.W., Robert, C., Timothy, E.G. & Thomas, P.C. (2008). Medical students learn over distance using virtual reality simulation. *Simulation in Healthcare: The Journal of the Society for Simulation in Healthcare*, 3(1), 10-15.
- Fred, D.D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-339.
- Helen, B. & Aslak, S. (2020). Is individual practice in an immersive and interactive virtual reality application non-inferior to practicing with traditional equipment in learning systematic clinical observation? A randomized controlled trial. *BMC Med Educ*, 20(1), 123.
- Jessica, W., Donovan, J. & Rohan, W. (2018). Consideration of using virtual reality for teaching neonatal resuscitation to midwifery students. *Nurse Education in Practice*, 31, 126-129.
- Lieberman, D. (2010). Ten ways playing video games can improve our health. *Presentation given for the Center for Film, Television and New Media. Carsey-Wolf 2010*: 403-417.
- Margaret, V., Dari, R., Lynda, A. & Paula, M. (2017). Virtual Gaming Simulation for Nursing Education an Experiment. *Clinical Simulation in Nursing*, 13, 238-244.
- Sabha, G., Joseph, A.D., Myron, R.S., Giavonni, M.L. & Neal, E.S. (2007). Virtual-reality training improves angled telescope skills in novice laparoscopists. *The American Journal of Surgery*, 193(2), 260-265.
- Sharon, L.F., Sherrill, J.S. & Deborah, L.U. (2018). The Student Experience with Varying Immersion Levels of Virtual Reality Simulation. *Nursing Education Perspectives*, 39(2), 99-101.
- Sherrill, J.S., Sharon, L.F., Deborah, L.U., Eric, H., Stephanie, N. & Angeli, M. (2018). Effectiveness of Two Varying Levels of Virtual Reality Simulation. *Nursing Education Perspectives*, 39(6), 10-15.
- Sherrill, J.S., Sharon, F., Deborah, L.U., Eric, H., Stephanie, N. & William, M. (2016). Learning and Retention Using Virtual Reality in a Decontamination Simulation. *Nursing Education Perspectives*, 37(4), 210-214.
- Shi, C., Jiawei, Z., Cheng, C., Zhouxian, P., Lingshan, L., Jianhua, D., Xinhua, S., Zhen, S., Huijuan, Z., Jihai, L., Hua, Y., Chao, M. & Hui, P. (2020). Can virtual reality improve traditional anatomy education programmes? A mixed-methods study on the use of a 3D skull model. *BMC Med Educ*, 20(1), 395.
- Todd, P.C. & Debra, W. (2016). Screen-Based Simulation and Virtual Reality for Pediatric Emergency Medicine. *Clinical Pediatric Emergency Medicine*, 17(3), 224-230.

การประเมินการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากกิจกรรมของฟาร์มกุ้งแบบหนาแน่นชายฝั่งแห่งหนึ่งในจังหวัดฉะเชิงเทรา

Evaluation of greenhouse gas emission from activities of a coastal intensive shrimp farm in Chachoengsao Province

ซิน เมย์ ทัน¹, สร้อยดาว วินิจนันทรรัตน์^{2*}
Zin May Tun¹, Soydoa Vinitnantharat^{2*}

Received: 7 October 2021 ; Revised: 27 October 2021 ; Accepted: 26 November 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเพาะเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมแบบหนาแน่นจาก 3 กระบวนการผลิต ได้แก่ การเตรียมบ่อ การเพาะเลี้ยงและการเก็บเกี่ยว ที่ความหนาแน่น 50,000-60,000 ตัว/ไร่ ในเดือนมีนาคม-พฤษภาคม พ.ศ. 2562 ข้อมูลกิจกรรมได้แก่การใช้พลังงานและสสาร ของเสียและการระบายน้ำทิ้งได้เก็บรวบรวม และนำมาคำนวณเป็นปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่ปล่อย ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการเพาะเลี้ยง 1 รอบ ปล่อยแก๊สเรือนกระจกเท่ากับ 4.33 กก. คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/กก. ผลผลิต โดยขั้นตอนการเพาะเลี้ยงเป็นขั้นตอนที่ปล่อยแก๊สเรือนกระจกสูงสุดเท่ากับ 3.63 กก. คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/กก. ผลผลิต การใช้ไฟฟ้าจากการเติมอากาศ การใช้เครื่องให้อาหารอัตโนมัติ และแสงสว่าง คิดเป็นร้อยละ 83.58 ของค่าการปล่อยแก๊สเรือนกระจกทั้งหมด หากมีการให้อากาศแบบบางช่วงเวลา และลดจำนวนและขนาดวัตต์ของหลอดไฟฟ้าสามารถทำให้การปล่อยแก๊สเรือนกระจกลดลงได้ร้อยละ 9.88

คำสำคัญ: การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แก๊สเรือนกระจก ฟาร์มกุ้งแบบหนาแน่น

Abstract

This study investigated the GHG emission from 3 processes of white leg shrimp production in an intensive shrimp farm; namely, pond preparation, culturing and harvesting at the density of 50,000-60,000 individuals/rai in March-May 2019. The activity data such as energy and materials use, waste and water discharge were collected and greenhouse gas emission calculated. Results showed that overall GHG emission for 1 crop was 4.33 kgCO₂e/kg product for which the cultural stage produced the highest amount of 3.63 kgCO₂e/kg. The use of electricity from aeration, auto feeding and lighting in the cultural stage was 83.58% of total GHG emission. If intermittence aeration was applied and the light bulbs were decreased in number and wattage, the total amount of GHG emission could be decreased by 9.88%.

Keywords: Aquaculture, Greenhouse Gas, Intensive Shrimp Farm

¹ นักศึกษาระดับปริญญาโท บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ

² รองศาสตราจารย์ หลักสูตรเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม กลุ่มวิจัยด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและพลังงานเพื่อชุมชนและเศรษฐกิจหมุนเวียน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ

¹ Master student, The Joint Graduate School of Energy and Environment, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Center of Excellence on Energy Technology and Environment, Bangkok, Thailand, zinmayhtun.civil@gmail.com, 0943808909

² Associate Professor, Environmental Technology Program, Environmental and Energy Management for Community and Circular Economy (EEC&C) Research Group, School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand, soydoa.vin@mail.kmutt.ac.th, 0814436054

Introduction

The problem of global warming from greenhouse gases (GHGs) has become more and more critical. The aquaculture sector is one of the fastest-growing food production systems in the world (Dorber *et al.*, 2020) shrimp aquaculture has undergone a rapid development in the last decades, as it can help to satisfy the increasing food demand of a growing population. However, shrimp production can be accompanied by environmental impacts, such as land cover changes associated with pond construction, or the degradation of coastal areas through pollution. Environmental footprinting, has proven to be a valuable tool for tracing environmental impacts from human consumption back to their location and sector of origin. Here, we focus on the land footprint, which quantifies the area of required land resources to satisfy human consumption (of shrimp production and shrimp farming has been especially condemned all over the world (Ahmed & Glaser, 2016) because of its socio-economic and environmental impacts. Whiteleg shrimp is a valuable and ideal species among Asian shrimp producers. Thailand have been produced whiteleg shrimp with an intensive production system in the coastal areas surrounding the upper gulf of Thailand from 1987 to 1989 (Szuster, 2006). Thailand hosted the world's top ten providers of both freshwater and seawater shrimp products in the year 2019 (Phornprapha, 2020). It has been recognized that intensive shrimp farming is one of the most important and widely used production systems in the aquaculture of Thailand. Chachoengsao province has been reported as having the greatest production of whiteleg shrimp in all of the coastal zones producing 24,803 tons that were 40.43% of the total whiteleg shrimp products in Thailand. The total area was 2,141 rai in 2018 (Department of Fisheries, 2020).

The objectives of this study are (i) to determine materials and energy usage in intensive shrimp processes (ii) to compare greenhouse emissions of each process at the pond preparation stage, cultural stage and harvesting stage of intensive shrimp processing (iii) to propose reduction of GHGs emissions and energy uses in intensive shrimp farm aquaculture.

Methodology

This study used the basic principle of GHG emission calculation by multiplying the activity data with the emission factors (coefficients which quantify the emissions per unit activity). The emission factors were derived from the IPCC 2006 guidelines (IPCC, 2006a ; IPCC, 2006b) and Thailand greenhouse gas organization (TGO, 2020 ; TGO, 2021a ; TGO, 2021b). The activity data were investigated in one crop of the entire shrimp production process of an intensive shrimp farm at Chachoengsao province in 2019. Data were collected at the farm by direct measurement of types and numbers of motor use, light bulb, weight of plastic packages for transportation and by interviewing the farmers about farm practices and chemical use in the farm. In addition, pond water was taken to quantify the chemical oxygen demand (COD). The conversion of organic matter to GHG by microorganisms in sediment was not take into account when calculating emissions. The GHG emissions was reported in terms of kgCO₂eq/kg shrimp harvested. This research was certified by human research ethics (KMUTT-IRB-COE-2019-180).

1. Study Site and General Information

The shrimp pond has an area of about 1.5 rai or 2,400 m² and shrimp production is typically 3 crops per year. Data of shrimp production was collected during March-May 2019. The seeding of super post larvae was at size ranges 2-5 cm ; weight of one shrimp was 0.1 to 1 g and the density was 50,000 to 60,000 individuals/rai. The total weight of shrimp after harvesting was 1.8575 tons (1238.33 kg/rai). This study site was changed from rice paddy field to shrimp farm more than 20 years previously, thus it was not considered to be GHG emission from land use change (IPCC, 2006a). In addition, MacLeod *et al.* (2019) also mentioned that landuse change arising from pond construction emits carbon dioxide (CO₂) but it is difficult to quantify and unlikely to be a major source of emissions.

2. Calculation of GHG from Use of Total Energy

Energy uses in aquaculture farms comprise electricity and fuel consumption. Electricity is used for aeration, auto feeding and lighting. The fuel oil is used for water pumping and transportation. Therefore, total GHG

emission from energy use is the summation of GHG from electricity and fuel oil.

2.1 Calculation of GHG from Total Use of Electricity Consumption

To determine the electricity consumption, the amount of aeration and associated electricity use was estimated following the method of Boyd and McNevin (2020). Motors were used for aeration and water pumping. The power of each motor was estimated from its horsepower (hp) as shown in equation (1) (Boyd & McNevin, 2020).

$$P = 0.746 A_i \quad (1)$$

where P=Power of an aerator or pump (kW) and A_i =capacity (hp)

Thus, electricity used for the motor (E_m) can be calculated as equation (2).

$$E_m \text{ (kWh)} = (100 \times P) t / \text{Efficiency} \quad (2)$$

where, t is the time for which the motor was used (h), Efficiency is an efficiency of an electric motor (%)

The efficiency of small motors (1-4 hp) is usually assumed to be 75-79%, and above 90% for a 5 hp motor (Boyd & Mcnevin, 2020). The more powerful motor is more efficient in converting electrical energy input to mechanical energy output. To evaluate the energy use from lighting (E_L), the usage time, numbers and type of light bulb were recorded and calculated following equation 3.

$$E_L \text{ (kWh)} = nPt \quad (3)$$

where, n is number of the LED bulbs, and P is power of LED bulb (KW)

Total GHGs emission from electricity consumption (GHG_E) can be calculated from the summation of E_m and E_L per amount of shrimp production in one crop as shown in equation (4).

$$\text{GHG}_E \text{ (kgCO}_2\text{e/kg)} = 0.5986 (E_m + E_L) / \text{kg shrimp} \quad (4)$$

where, 0.5986 is the emission factor of electricity in $\text{kgCO}_2\text{e/kWh}$ (TGO, 2021a).

2.2 Calculation of GHG from Total Use of Fuel Consumption

Small trucks and some water pumps used fuel oils such as gasohol and diesel. The water pumps used diesel oil for adding water into the pond during preparation and for draining water out during harvesting.

Emission from water pumping (E_p) can be calculated as equation (5).

$$E_p \text{ (kgCO}_2\text{e)} = EF \times R \quad (5)$$

where EF is emission factor for diesel oil for stationary combustion=2.7076 ($\text{kgCO}_2\text{e/L}$) (TGO, 2021a) and R is amount of oil used (Liter)

According to the collected data, two small trucks were used for transportation, for which the GHG emission from transportation (E_T) was computed following equation (6).

$$E_T \text{ (kgCO}_2\text{e)} = EF \times [\text{distance (km)} \times \text{rates of energy consumption (L/km)}] \quad (6)$$

where EF is emission factor, which diesel for mobile combustion=2.7403 $\text{kgCO}_2\text{e/L}$ and for gasohol= 2.2325 $\text{kgCO}_2\text{e/L}$ (TGO, 2020).

Thus, GHG emission from fuel consumption (GHG_F) can be calculated from equation (7).

$$\text{GHG}_F \text{ (kgCO}_2\text{e/kg)} = (E_p + E_T) / \text{kg shrimp} \quad (7)$$

3. Calculation GHG from Total Use of Raw Materials and Waste

The materials used in the farm were chemicals and shrimp feed so the packaging bags are solid waste. The packaging bags were collected and weighed after they has been emptied of feed, chemicals and shrimp larvae. Water discharge from the shrimp pond to the receiving water was also estimated and calculated as wastewater.

3.1 GHG Emission from the Packaging Bags

High-density polyethylene (HDPE) was used for packaging bags of shrimp feed and chemicals. They are strong, flexible, lightweight and have high moisture

resistance. The GHG emission from packaging bags (GHG_B) was calculated from the weight of plastic packages bags in the equation (8).

$$GHG_B \text{ (kg CO}_2\text{e/kg)} = EF \times W \quad (8)$$

where the emission factor of HDPE is 6.7071 kgCO₂e/kg (TGO, 2021a), W is weight of the plastic packaging bags (kg)

If the plastic bags were recycled, the emission was calculated by equation (9).

$$E_{EOL} = [(1-R_{RL}) \times E_{dl}] + E_{tw} \quad (9)$$

where, E_{EOL} is GHG emission during waste management (tCO₂e/ton), R_{RL} Recycling rate for plastic material (0.87), E_{dl} Waste management GHGs emission value (2.3 tCO₂e/ton) and E_{tw} GHGs emission from transport of car (zero emission) (TGO, 2021b).

The GHG emission from dead fish and uneaten food waste from intensive seabass farms was calculated as food waste and it was assumed that they were decomposed the same as at a landfill site in which the emission factor (EF) was 2.53 kg CO₂e/kg (TGO,2021b).

$$E_{df} \text{ or } E_{un} = EF \times W \quad (10)$$

Where, E_{df} =Emission from dead fish 2.53 (kgCO₂e/kg)

E_{un} = Emission from uneaten feed 2.53 (kgCO₂e/kg)

W=weight of the dead fish or uneaten feed (kg)

3.2 GHGs emission from feed

Ammonia is nitrogen waste produced from feed input. The emission of nitrous oxide (N₂O) from different aquaculture systems could be different significantly, depending on the environmental conditions. Hu *et al.* (2012) stated that nitrification and denitrification processes are

influenced by many parameters such as dissolved oxygen concentration, pH and temperature. N₂O

emission is evaluated from the shrimp production in terms of N₂O production of 1.69 gN₂O-N per kg of production (IPCC 2006 a ; Hu *et al.*, 2012 ; Paudel *et al.*, 2019) this study estimates emission of N₂O-N from aquaculture in Nepal in 2020 and 2030 to be 1.1 × 10⁸ g N₂O-N (±5.2%). Thus GHGs from feed (GHG_F) can be evaluated from equation (10).

$$GHG_F \text{ (kg CO}_2\text{e/kg)} = 1.69 \times \text{kg shrimp production} \times 265 \text{ (GWP of N}_2\text{O)} \quad (11)$$

3.3 GHGs Emission from Discharged Water

The discharged water from the shrimp pond was estimated as wastewater which the shrimp pond depth less than 2 meters. The GHG emission from discharged water (GHG_W) is shown in equation (12) (TGO, 2020).

$$GHG_W \text{ (kg CH}_4\text{)} = 0.050 \times [(W_i \times \text{COD}/1000)] \quad (12)$$

where, W_i is wastewater volume (m³) and COD is Chemical Oxygen Demand (mg/l).

Result and Discussion

The overall input and output of each stage of shrimp farm in this study is shown in Figure 1.

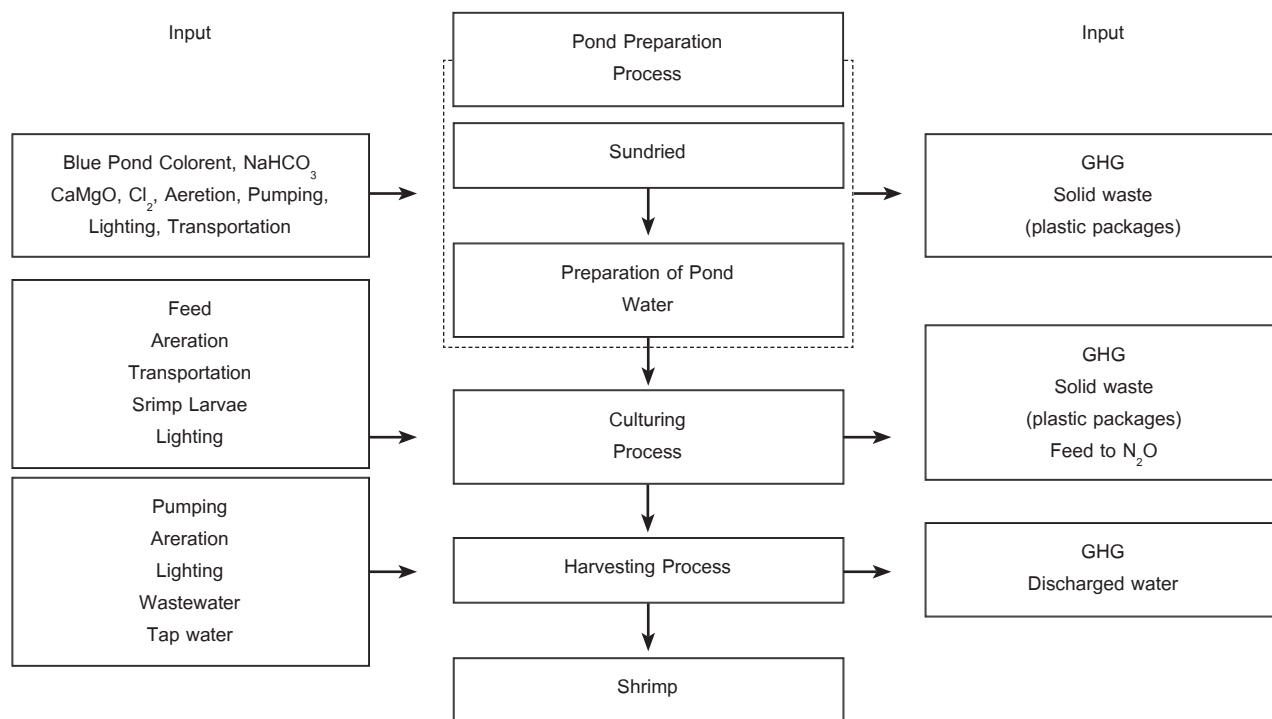


Figure 1 Input and Output Evaluated of Shrimp Production in an Intensive System

Pond preparation started in March 2019 and lasted for 15 days, the cultural stage was 48 days and the harvesting stage was 1 day in May 2019. There was no nursery period in this farm because super post larvae were used for seeding. The duration of the pond cultural stage was 48 days because the shrimps were starting to become infected by white spot syndrome virus so the farmer harvested early. The marketable size was about 30 pcs/kg (FAO, 1986) but in this farm, the harvesting size was 49 pcs/kg. The pond preparation stage had been started after shrimp harvesting and the water was pumped out for cleaning accumulated particles from dead plankton, uneaten feed and feces and was then sundried for about 2 weeks. Boyd (2019) stated that sunlight decreases soil moisture, and that it is sufficient to destroy most of the organisms (including pathogens) remaining in the pond after draining. It is necessary to prevent the remaining pathogen from one crop to the next crop after shrimp harvesting and also to maintain a good quality of soil and water in the pond. Calcium magnesium oxide (CaMgO) was applied to the pond floor before adding the water for killing the germs. A mixture of calcium carbonate (CaCO_3) and slaked lime or hydrated lime [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] was normally used to increase the pH level and to reduce the turbidity which enables optimum photosynthesis

(Chanda *et al.*, 2019). The shrimp pond in this study did not have applied hydrated lime or calcium carbonate. Then, water was pumped into the pond and the chemicals were applied, such as the blue pond colorant, sodium bicarbonate (NaHCO_3), CaMgO , chlorine, and potassium permanganate (KMnO_4). The application of calcium and magnesium in the pond gave the essential elements for aquatic plants and animals (Boyd, 2015). The CaMgO did not emit CO_2 and it was used instead of a mixture of CaCO_3 and $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Adding carbonates to soils in the form of lime (calcic limestone (CaCO_3), or dolomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) leads to CO_2 emissions as the carbonate limes dissolve and release bicarbonate (HCO_3^-), which evolves into CO_2 and water (IPCC, 2006a)

The harvesting stage was only one day in duration. The volume of water (W_i) of the pond at full capacity was approximately 3600 m^3 . During the cultural stage, there was no water exchange. However, water was aerated by using aerators. In the harvesting stage, the aerated water was gradually drained out. Then cleaning the pond by spraying the water using 1 hp motor for 4 hours. The remaining of 1.5 m^3 of water was left in the pond. The feed conversion ratio (FCR) that is kg dry weight of feed divided by kg wet weight of shrimp was 1.07.

1. GHG Emission during Pond Preparation Stage

In the pond preparation stage, the energy used comprised aeration, transportation, pumping and lighting. Total greenhouse gas emission from this stage is shown in Table 1. Boyd & McNevin (2020) stated that many types of mechanical aerators were used in aquaculture farming. Among them, the floating electric aerators with steel paddlewheels were the main means of aeration, and

the other types of aerators were vertical turbine, diffuser, and venturi aerators. The aerators used in this farm were used for 4 hours in the daytime and for 4 hours at the nighttime. In the daytime, three motors were used (2 for 2 hp motors and 1 for 5 hp motor), whereas 4 motors (3 for 2 hp motors and 1 for 3 hp motor) were used in nighttime. The total electricity consumed for 15 days of aeration was 871.9 kWh.

Table 1 GHG Emission from Pond Preparation Stage

Sectors	Energy & Material use	GHG Emission (kgCO ₂ e/kg)
Aeration	871.9(kWh)	0.2810
Lighting	54(kWh)	0.0174
Pumping	90(liters)	0.1310
Transportation (diesel)	0.889 (liters)	0.0013
(gasohol)	0.889 (liter)	0.0011
Plastic	0.004(ton)	0.0007
Total		0.4327

Small trucks were use only once for carrying the chemicals from the chemical shop to the farm during the pond preparation stage. The distance between the chemical shop (Tha lay Thong) and the farm was 4 km and the fuel consumption of the small trucks was 0.11 L/km. Another energy use was water pumping for 4 hours for which the engine diesel oil consumption was 60 liters/rai. Moreover, the energy was consumed for 20 individual 18-Watt LED bulbs were used for lighting (7.00 pm.-5 am). The energy consumption for electricity was 3.6 kWh/day.

Waste generation from this stage is plastic bags from the chemical used for water adjustment which is the lowest GHG contribution as shown in Table 1. The highest emission was aeration (64.92%), followed by water pumping (30.34%) lighting (4.02%) and transportation (0.55%).

2. GHG Emission from the Culturing Stage

The material used for the culturing stage was chemicals and feedstock. The total plastic packaging bags was 88 bags or 11 kg. In this study, the farmers sold all the plastic bags as recycled material. Therefore, the GHGs emission from plastic bags was 1.79 kgCO₂e/ton.

The production of shrimp after harvesting was 1857.5 kg/crop, therefore, the amount of N₂O emission from the cultural stage was 0.004932 kg N₂O/ton of shrimp or 1.31 kg CO₂e/ton shrimp.

The energy used in the culture stage was for aeration, lighting, transportation, and an auto feeding machine. The aerators in this farm were operated for 24 hours/day during the cultural period. In the daytime, two 2 hp motors and one 5 hp motor were operated. There were three 2 hp motors and one 3 hp motor opened at nighttime. Also, 3 hp submerged aerators with 16 heads were used for twenty-four hours in the pond. The total electricity consumption for aeration during the whole culture stage of 48 days was 10910 kWh. For lighting, 20 light bulbs of 18-Watt were used with a total of 172.8 kWh during this stage. The electricity consumption of a 1 hp pump for the auto feeding was 134.3 kWh for 30 days and the efficiency of the pump was 79% thus the electricity consumption for the auto feeder was 170 kWh. Two small trucks were used for going to a shop. A small truck using diesel was used 3x and another small truck using gasohol as a fuel was used 7x. The diesel fuel energy used was 0.889 liters and gasohol fuel energy used was 2.667 liters for transportation Therefore, the

total emission for the culture stage was 3.63 kgCO₂e/kg.

Total greenhouse gas emission from the culturing stage of the shrimp farm is shown in Table 2. The

highest emission was aeration (96.94%), followed by lighting (1.44%) and auto feeding (1.42%).

Table 2 GHG Emission from Culturing Stages

Sectors	Energy & Material used	GHG Emission (kgCO ₂ e/kg)
Aeration	10910 (kWh)	3.5158
Lighting	172.8 (kWh)	0.0556
Auto feeding	170 (kWh)	0.0547
Transportation (gasohol)	2.667 (liters)	0.0045
(diesel)	0.889 (liter)	
N ₂ O emission	0.0049 (kgN ₂ O/ton)	0.0013
Plastic waste	0.011 (ton)	0.0017
Total		3.634

3. GHG Emission from Harvesting Stage

During the harvesting stage, the pond water was aerated and the volume of 3598.5 m³ was discharged. The average COD concentrations was 63.38 mg/l.

Shrimps were caught in the pond and transferred to the customers' vehicles which carried them to the market. Therefore, the energy used for harvesting did not include that of transportation of shrimps. During the harvesting time, the surface aeration pumps were closed at 2.30 am and submerged aeration was closed at 3.00 am. Hence, the electricity consumption was less than at other stages. After the shrimps were caught, the water pump was used for cleaning the pond. In addition, 3,000

liters of tap water were used for cleaning the pipes and submerged aerators. Total GHGs emission from the harvesting stage of shrimp farm was 0.272 kgCO₂e/kg. The highest emission of GHG was water discharge (63.2%), followed by water pumping (32.63%) and aeration (3.53%). The emission from lighting is 0.43% as shown in Table 3.

The total amount of GHG emission from pond preparation, culturing and harvesting were 0.43, 3.63 and 0.27 kgCO₂e/kg, respectively. A comparison of three stages of GHGs emissions from the intensive shrimp farming process of this present study and other researches is shown in Table 5.

Table 3 GHGs Emission from Harvesting Stage

Sector	Energy & Material used	GHG Emission (kgCO ₂ e/kg)
Aeration	29.75 (kWh)	0.010
Lighting	3.6(kWh)	0.0012
Pumping (electric)	3.78 (kWh)	0.0012
(diesel)	60 (liter)	0.087
Wastewater Discharge	11.4 (kg)	0.1719
Tap water	3 m ³	0.0005
Total		0.2718

Table 4 shows the GHG emissions from aquaculture production. It was found that the GHG emissions varied depending on the farm practices and species cultivated. GHG emission of this study corresponded with the results of Seeprom & Phoochinda (2017). Results from Haditomo *et al.* (2020) revealed a lower GHG emission from Vannamei shrimp farms in Indonesia than in Thailand. The GHG emission was also estimated from activity data same as this present study

but it did not include the pond preparation period and transportation. In addition, the value of 2.37 kgCO₂e/kg was an average value from 9 farms in which the range was 1.05-4.67 kgCO₂e/kg. The report from Robb *et al.* (2017) expressed the lower GHG emissions of fish farms as being lower than emissions of shrimp farms. This was because cultivation of tilapia, carps and catfish does not require 24 hours aeration.

Table 4 GHG Emission from Various Aquacultural Farms

Location	Description	GHG Emission (kgCO ₂ e/kg)				Total	Reference
		Pond Preparation	Culture	Harvesting	Transportation		
Chacheongsao Thailand	Activity data analysis (1.86 tons/1.25 rai/ 64 days)	0.43	3.63	0.27		4.33	This present study
Suphan Buri, Thailand	Activity data analysis (600kg/5rai/ 67 days)	1.85	2.25	0.02	0.26	4.38	Seeprom & Phoochinda (2017)
Indonesia	Activity data (cradle-to-gate). Average value of traditional, intensive and super-intensive farms					2.37	(Haditomo <i>et al.</i> , 2020)
Bangladesh-Nile tilapia India-Indian major carps Viet Nam-stripped catfish	Life cycle assessment (aquaculture LCA model v1.1) intensive system					1.58	(Robb <i>et al.</i> , 2017)
						1.84	
						1.37	

4. Proposed Sustainable Aquaculture Practices

The results revealed that the use of electricity was the main GHG emission. Thus, if a solar cell can be applied, the GHG emission would also decrease. Solar cells are clean energy so there is no GHG emission. It was reported that the capital cost for installation was 170,000 Baht/2 rai for daytime operation of white leg shrimp culture. The payback period for solar cell application was 11 years and lifetimes were 20-25 years (Lertsatitthakorn *et al.*, 2020). However, a reserve battery is necessary for aeration during nighttime. The cost of solar cell installation is not attractive so intermittent aeration would reduce energy consumption and operational cost. The aeration time might reduce during the daytime because the dissolved oxygen content of the water is gradually increased from the early morning hours by photosynthesis.

Moreover, the dissolved oxygen level is higher than the saturation level in the early afternoon (Kepenyés & Váradi, 1984). The pond preparation process was started in March, therefore the daytime length was longer and the intensity of sunlight for the photosynthesis process was very efficient in producing oxygen. Mohanty (2001) mentioned that from the view of economics of the culture operation, the aeration time can be restricted to 9 h/day at 1-15 days, 11 h/day at 16-30 days, 13 h/day at 31-45 days, 15 h/day at 46-60 days of culture stage and at the various stocking densities of the average survival rate of *P. monodon* shrimp was not extremely large. In the pond preparation stage, the temperature of water was 30.3 °C and the dissolved oxygen was 5.84 mg/l. Rahman *et al.* (2020) mentioned that the good quality of dissolved oxygen (DO) amount was 4 or 5 mg/l or higher. Thus, the

aeration time can be decreased by 1 h/day during pond preparation stage because the DO level was enough and there were no seeded shrimp in the pond. As for culture stage, there were submerged and surface aerators. The submerged aerators should be operated for 24 hours to avoid adverse conditions at sediment water interface because black tiger shrimp live on the bottom, whereas white leg shrimp feed on the bottom. However, 2 hp and 5 hp surface aerators can be turned off after 3 hours (11 A.M to 2 A.M) as this period has high dissolved oxygen, so the aeration times reduced were from 24 hours/day to 21 hours/day. Tien *et al.* (2019) mentioned that there is a greater need for aerators at night than daytime so the aerators were not turned off at night because daytime has oxygen from photosynthesis but high oxygen consumption for respiration during nighttime. This will reduce electricity use by 9.88% and will also save on cost. However, turning off the surface aerators may result in higher water temperature than when they are operating, and the bottom sediment may be floated as the submerged aerators were turned on. However, dissolved oxygen should be monitored in pond water when the surface aerators were turned off because it may not be applicable for some farms with a long period of shrimp culture (90-120 days), particularly when no submerged aerators are applied. Other indirect activities for reduction of the GHG emissions are planting trees such as mangrove trees in the area and decreasing the uneaten feed. It was reported that *S alba* could absorb carbon dioxide of 57.6 tons CO₂/ha (Putra *et al.*, 2019). If there is no uneaten feed in the pond, there will be low organic matter in the pond, consequently low COD in discharged water. In addition, the FCR will decrease. The dissolved oxygen concentration should be monitored to improve management of aeration (Boyd & Mcnevin, 2020). Furthermore, a biofloc technology system would produce higher levels of water quality and shrimp performance, that could reduce GHG emissions from the wastewater discharge of the shrimp farm (Krummenauer *et al.*, 2014).

Conclusion

Intensive aquaculture can create job opportunities and develop its related sector, although it has been recognized as one of the GHG emission sources for

Agriculture, Forestry and Other Land Use Sector (AFOLU). GHG emissions from pond preparation, culturing and harvesting were 0.432, 3.863 and 0.276 kgCO₂eq/kg, respectively. The highest GHG emission came from the use of electricity at the cultural stage. The electricity used accounted for 92% of the total GHG emissions. Thus, to mitigate the GHG emissions, the use of intermittent aeration and decrease in the number of light bulbs were proposed for farm trials.

Acknowledgements

This study was supported by the Joint Graduate School of Energy and Environment (JGSEE), and School of Energy, Environment and Materials at King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT).

References

- Ahmed, N. & Glaser, M. (2016). Coastal aquaculture, mangrove deforestation and blue carbon emissions: Is REDD+ a solution? *Marine Policy*, 66, 58-66. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.01.011>.
- Boyd, C.E. (2015). Calcium, magnesium Use In Aquaculture. *Global Aquaculture Advocate*, September/October, 28-29.
- Boyd, C.E. (2019). Shrimp pond preparation crucial for production, disease prevention. *Global Aquaculture Advocate*, March 25, 7-11.
- Boyd, C.E. & McNevin, A.A. (2020). Aerator energy use in shrimp farming and means for improvement. *Journal of the World Aquaculture Society*, 52, 6-29. <https://doi.org/10.1111/jwas.12753>.
- Chanda, A., Das, S., Bhattacharyya, S., Das, I., Giri, S., Mukhopadhyay, A., Samanta, S., Dutta, D., Akhand, A., Choudhury, S. B. & Hazra, S. (2019). CO₂ fluxes from aquaculture ponds of a tropical wetland: Potential of multiple lime treatment in reduction of CO₂ emission. *Science of the Total Environment*, 655, 1321-1333. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.332>.
- Dorber, M., Verones, F., Nakaoka, M. & Sudo, K. (2020). Can we locate shrimp aquaculture areas from space?-A case study for Thailand. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 20, <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100416>.

- Department of Fisheries. (2020). *Fisheries statistics of Thailand 2018*. Fisheries development and planning division, Ministry of Agriculture and Cooperatives No.10/2020.
- FAO. (1986). *Shrimp Culture: Pond Design, Operation and Management: Harvesting and Preservation*. <http://www.fao.org/3/ac210e/AC210E12.htm#ch12>.
- Haditomo, A.H.C., Wijayanto, D. & Adi, N.S. (2020). Greenhouse gases emission estimation from Indonesia Litopenaeus vannamei shrimp. *ACL Bioflux*. 13(6), 3778-3788.
- Hu, Z., Lee, J.W., Chandran, K., Kim, S. & Khanal, S.K. (2012). Nitrous oxide (N₂O) emission from aquaculture: A review. *Environmental Science and Technology*, 46(12), 6470-6480. <https://doi.org/10.1021/es300110x>.
- IPCC. (2006a). *N₂O Emissions from Managed Soils and CO₂ Emissions from Lime and Urea Application. Agriculture, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019 refinement. 1-54*. <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/>.
- IPCC. (2006b). *Wastewater Treatment and Discharge. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 5 Waste, 5, 1-56*. <https://www.ipcc-ggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html>
- Kepenyes, J. and Várad, L. (1984). *Chapter 21 Aeration and Oxygenation in Aquaculture (Lecture notes, AdCP Inter-regional Training Course) Budapest: Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <http://www.fao.org/3/x5744e/x5744e0m.htm>.
- Krummenauer, D., Samocha, T., Poersch, L., Lara, G. & Wasielesky, W. (2014). The reuse of water on the culture of pacific white shrimp, litopenaeus vannamei, in BFT system. *Journal of the World Aquaculture Society*, 45(1), 3-14. <https://doi.org/10.1111/jwas.12093>.
- Lertsatitthankorn, C., Rungsiyopas, M., Vinitnantharat, S. (2020). *Economics and Environment of Solarcell Application for Pond Aeration of Coastal Aquaculture*, Research report, Integrated Research Program, Effect of Season on Environmental Costing of Coastal Aquaculture.
- MacLeod, M., Hasan, M. & Robb, D.H.F & Mamun-Ur-Rashid, M. (2019). Quantifying and mitigating greenhouse gas emissions from global aquaculture. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No.626*. FAO.
- Mohanty, R.K. (2001). Effect of pond aeration on growth and survival of Penaeus monodon Fab. *Bangladesh J Fish Res*, 5(1), 59-65.
- Paudel, S.R., Luitel, S., Adhikari, R., Wagle, A. & You, K. (2019). Potential nitrous oxide (N₂O) emission from aquaculture in Nepal. *International Journal of Environmental Studies*, 76(2), 318-328. <https://doi.org/10.1080/00207233.2018.1560764>.
- Phornprapha, W. (2020). *Shrimp Farming in Thailand : A Pathway to Sustainability Pomona Senior Theses. 208. Pomona College. California. USA*. https://scholarship.claremont.edu/pomona_theses/208.
- Putra, A., Rudianto, A. and Dewi, C.S.U. (2019) Analysis of The Ability of Mangrove Sequestration and Carbon Stock In Pejarakan Village, Buleleng Regency, Bali. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11(3), 511-26.
- Rahman, A., Dabrowski, J., McCulloch, J. (2020). Dissolved oxygen prediction in prawn ponds from a group of one step predictors. *Information Processing in Agriculture*, 7(2), 307-17.
- Robb, D.H.F., MacLeod, M., Hasan M.R. & Soto, D. (2017). *Greenhouse gas emission from aquaculture A life cycle assessment of three Asian systems*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper.
- Seeprom, J. & Phoochinda, W. (2017). *CO₂ emission reduction from Vannamei Shrimp Cultures for Moo 3,4,6 in Ongkharak Subdistrict, Bang Pla Ma District, SuphanBuri*. <http://gseda.nida.ac.th/nida/wp-content/uploads/2017/10/2-เชิงปฏิบัติการ-บทความส่งคณะ-Conference.pdf>.
- Szuster, B. (2006). Coastal shrimp farming in Thailand: Searching for sustainability. *Environment and Livelihoods in Tropical Coastal Zones: Managing Agriculture-Fishery-Aquaculture Conflicts*, 86-98. <https://doi.org/10.1079/9781845931070.0086>.
- TGO (2020). *Update emission factor CFO, April 2020*. http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/emission/ts_578cd2cb78.pdf.

- TGO. (2021a). *Update emission factor CFP, March 2021*. http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/emission/ts_b934985782.pdf.
- TGO. (2021b). *Requirements for calculation and report carbon footprint for organization, The Thailand Greenhouse Gas Management Organization*. <http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/ebook/content/c858f3c01f/index.html>.
- Tien, N.N., Matsuhashi, R. & Chau, V.T.T.B. (2019). A sustainable energy model for shrimp farms in the Mekong delta. *Energy Procedia*, 157, 926-938. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.11.259>.

ประสิทธิภาพของผักตบชวาและจอกในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบการปลูกแบบไร้ดินจำลอง

Efficiency of water hyacinth and water lettuce in a stimulated hydroponic system for domestic wastewater treatment

สุทธิดา พุกไชสง¹, ปวีณา แอบเพชร¹, รวินิภา ศรีมูล^{2*}
Sutthida Putthaisong¹, Paweena Aeppeth¹, Rawinipa Srimoon^{2*}

Received: 28 September 2021 ; Revised: 25 October 2021 ; Accepted: 8 November 2021

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของผักตบชวาและจอกในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยการปลูกแบบไร้ดินจำลอง โดยใช้น้ำเสียจากหอพักใช้เวลาบำบัด 9 วัน ผลการศึกษาพบว่า ผักตบชวาและจอกซึ่งเป็นพืชลอยน้ำสามารถบำบัดน้ำเสียชุมชนได้ดีโดยเฉพาะความกระด้าง บำบัดได้ร้อยละ 80.26 และ 75.00 แอมโมเนียไนโตรเจน บำบัดได้ร้อยละ 76.18 และ 81.31 ของแข็งละลายน้ำ บำบัดได้ร้อยละ 71.43 และ 63.04 สำหรับผักตบชวาและจอก ตามลำดับ ($p < 0.05$) ฟอสฟอรัสในรูปฟอสเฟตของแข็งทั้งหมด ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด บีโอดี ไซมันและน้ำมัน แבקที่เรียทั้งหมด บำบัดได้ในช่วงร้อยละ 27.07-69.23 และเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำได้ร้อยละ 15.56-17.29 ส่วนของพืชที่มีบทบาทสำคัญในการบำบัดน้ำเสีย คือ ระบบรากฝอยและลำต้นในน้ำดูดซับสารอาหาร แร่ธาตุ และดักตะกอนของแข็ง ลำต้นเป็นทางผ่านของแก๊สจากบรรยากาศลงสู่ใต้น้ำ อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิและความเป็นกรดต่างของน้ำไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) เนื่องจากทำการทดลองในโรงเรือนอุณหภูมิจึงไม่เปลี่ยนแปลงมาก ความเป็นกรดต่างของน้ำเสียที่บำบัดแล้วอยู่ในช่วง 6.8-7.0 อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน จากผลการวิจัยนี้สรุปได้ว่าการใช้ผักตบชวาและจอกสามารถบำบัดน้ำเสียชุมชนได้ดีจึงเป็นประโยชน์ในการนำระบบการปลูกพืชแบบไร้ดินไปใช้น้ำบำบัดน้ำเสียภายในชุมชนต่อไป

คำสำคัญ: ผักตบชวา จอก การปลูกพืชแบบไร้ดิน

Abstract

The objective of this research was to investigate the efficiency of water hyacinth and water lettuce, which are floating plants, in a stimulated hydroponic system for domestic wastewater treatment using a university's dormitory wastewater for 9 days. The results showed that both plants could treat wastewater efficiently, especially water hardness (% treatment=80.26 and 75.00), ammonia nitrogen (% treatment=76.18 and 81.31) and total dissolved solid (% treatment=71.43 and 63.04) for water hyacinth and water lettuce, respectively ($p < 0.05$). The percentage of treatment of phosphate phosphorus, total solid, total suspended solid, biochemical oxygen demand (BOD), fat/oil/grease (FOG) and total bacteria were in the range 27.07-69.23%. Dissolved oxygen was increased by 15.56-17.29%. The process of rhizofiltration of these plants played an important role in the reduction of nutrients, minerals and solids. Plants also transport atmospheric and photosynthetic oxygen to the roots and release oxygen to water. However, water hyacinth

¹ นักศึกษา, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์และเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี จังหวัดจันทบุรี 22210

² อาจารย์, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์และเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี จังหวัดจันทบุรี 22210

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน: rawinipa_sr@mutto.ac.th

¹ Student, Department of Applied Science and Biotechnology, Faculty of Agro-Industrial Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-Ok, Chanthaburi Campus, Chanthaburi, 22210

² Lecturer, Department of Applied Science and Biotechnology, Faculty of Agro-Industrial Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-Ok, Chanthaburi Campus, Chanthaburi, 22210

* Corresponding author: rawinipa_sr@mutto.ac.th

and water lettuce did not affect the temperature and pH, because the experimental models were established in a greenhouse. The pH of wastewater was not significantly different ($p>0.05$). The pH of treated water was between 6.8-7.0, which did not exceed the standard value. In conclusion, water hyacinth and water lettuce were useful for domestic wastewater treatment and appropriate to local operation.

Keywords: Water Hyacinth, Water Lettuce, Hydroponics

บทนำ

น้ำเสียชุมชน (Domestic wastewater) มีที่มาจากกรทำกิจกรรมประจำวัน เช่น การซักล้าง การประกอบอาหาร ห้องน้ำ สิ่งที่เป็นส่วนใหญ่จึงเป็นสารอินทรีย์ต่างๆ เศษอาหาร เชื้อโรค สิ่งปฏิกูล ผงซักฟอก ไขมันและน้ำมัน และขยะต่างๆ น้ำทิ้งชุมชนมีค่าบีโอดี (Biochemical oxygen demand, BOD) ประมาณ 150-250 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 6-8 สารแขวนลอยประมาณ 20-100 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2545) ถึงแม้จะเป็นน้ำทิ้งที่มีสารมลพิษไม่มาก แต่เนื่องจากมีปริมาณมาก และมีแหล่งกำเนิดอยู่อย่างกระจัดกระจายทำให้ยากต่อการควบคุมแก้ไข การบำบัดน้ำเสียชุมชนทำได้หลายวิธี ทั้งวิธีทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ การปลูกพืชไร้ดิน (Hydroponics) เป็นวิธีทางชีวภาพวิธีหนึ่งที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนได้ เนื่องจากน้ำเสียชุมชนมักไม่มีส่วนประกอบที่เป็นสารพิษจึงไม่เป็นอันตรายกับพืชในระบบ การปลูกพืชแบบไร้ดินเป็นระบบที่มีการใช้น้ำและธาตุอาหารพืช มีการควบคุมสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืช สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้ โดยการปลูกพืชที่เจริญลอยอยู่ระดับน้ำหรือพืชลอยน้ำ (Floating plants) ซึ่งมีรากและลำต้นลอยอยู่ในน้ำ พืชลอยน้ำมักมีส่วนหนึ่งส่วนใดเปลี่ยนไปเป็นท่อนเพื่อพยุงลำต้นให้ลอยน้ำได้ เช่น ผักตบชวา มีส่วนของก้านใบพองตัวเป็นท่อน ผักบุ้งมีส่วนลำต้นที่ภายในกลวงเป็นช่องอากาศใหญ่ ช่วยให้ลำต้นลอยทอดลอยไปตามผิวน้ำได้ เป็นต้น ส่วนของพืชที่มีบทบาทสำคัญในการบำบัดน้ำเสีย คือ รากและลำต้นที่อยู่ในน้ำ ซึ่งจะดูดซับสารอาหาร สารพิษ แร่ธาตุ และดักตะกอนของแข็งในน้ำ ส่วนของลำต้นเป็นทางผ่านของแก๊สจากบรรยากาศลงสู่แหล่งน้ำ ในการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของพืชลอยน้ำ 2 ชนิด คือ ผักตบชวา (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) และ จอก (*Pistia stratiotes* L.) ในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนด้วยการปลูกแบบไร้ดิน เนื่องจากพืชทั้งสองชนิดเป็นพืชลอยน้ำที่ขึ้นได้ในทุกสภาพน้ำแม้ในน้ำเสีย เจริญเติบโตเป็นกลุ่มแน่น ลำต้นลอยน้ำ มีระบบรากเป็นแบบรากฝอยรากยาวจำนวนมากทำหน้าที่ดูดซับและเป็นตัวกรอง ทำให้ของแข็ง สาร

แขวนลอยต่างๆ และสารมลพิษที่ปนอยู่ในน้ำถูกดูดซับหรือกรองเอาไว้ รวมทั้งจุลินทรีย์ที่อาศัยเกาะอยู่ที่รากจะช่วยดูดสารมลพิษไว้ด้วยอีกทางหนึ่ง รากพืชยังดูดสารอาหารและแร่ธาตุที่อยู่ในน้ำเพื่อการเจริญเติบโตและลำเลียงไปยังใบเพื่อการเจริญเติบโตและสังเคราะห์แสงจึงสามารถกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียได้ จากการศึกษาพบว่าผักตบชวาและจอกมีศักยภาพสูงในการบำบัดน้ำเสียโดยเฉพาะน้ำเสียชุมชนที่มีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบหลักรวมทั้งยังสามารถดูดซับสารพิษไว้ได้ดีโดยกระบวนการดูดซับจากรากสู่ใบ (Anudechakul *et al.*, 2015 ; Nizam *et al.*, 2020) ดังนั้นผลการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ในการนำระบบการปลูกพืชแบบไร้ดินไปประยุกต์ใช้กับบำบัดน้ำเสียภายในชุมชนซึ่งเป็นการบำบัดที่มีค่าใช้จ่ายต่ำและไม่ยุ่งยาก ชุมชนสามารถดำเนินการระบบได้เอง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ประกอบด้วย 4 กลุ่มทดลอง (Treatments) กลุ่มทดลองที่ 1 คือ วันที่ 0 นำก่อนการบำบัด กลุ่มทดลองที่ 2 วันที่ 0-3 วันที่ผ่านการบำบัดไปแล้ว 3 วัน กลุ่มทดลองที่ 3 วันที่ 4-6 วันที่ผ่านการบำบัดไปแล้ว 6 วัน และ กลุ่มทดลองที่ 4 วันที่ 7-9 วันที่ผ่านการบำบัดไปแล้ว 9 วัน แต่ละกลุ่มทดลองเก็บตัวอย่างน้ำ 3 ตัวอย่าง เพื่อเพื่อวัดค่าสังเกต

2. การเตรียมพืชในระบบ

ในการศึกษานี้ใช้พืชลอยน้ำ (Floating plants) มีรากห้อยลอยอยู่ในน้ำ จำนวน 2 ชนิด คือ ผักตบชวา (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) และจอก (*Pistia stratiotes* L.) (Figure 1) โดยคัดเลือกให้มีขนาดใกล้เคียงกัน จากบ่อน้ำภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี ต้นผักตบชวาขนาดต้นกว้างประมาณ 11 เซนติเมตร สูง 15 เซนติเมตร ความยาวรากเฉลี่ยประมาณ 4 เซนติเมตร และจอกขนาดต้นกว้างประมาณ 13 เซนติเมตร สูงประมาณ 24 เซนติเมตร รากยาวเฉลี่ย 6 เซนติเมตร

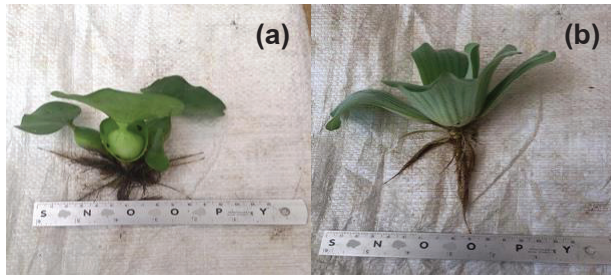


Figure 1 Floating plants using in the study
(a) Water hyacinth and (b) Water lettuce

3. การเตรียมบ่อสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบการปลูกพืชไร้ดินจำลอง (Stimulated hydroponics)

เตรียมอ่างพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร จำนวน 2 อ่าง และแผ่นโฟมวงกลมหนา 2.5 เซนติเมตร เจาะรูสำหรับปลูกพืชเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร จำนวน 33 รู (Figure 2) ซึ่งกำหนดระยะห่างระหว่างต้นไม่ให้ชิดกันเกินไป จากจำนวนต้นและพื้นที่อ่างคำนวณได้ความหนาแน่นของต้นพืชเท่ากับ 65 ต้นต่อตารางเมตร

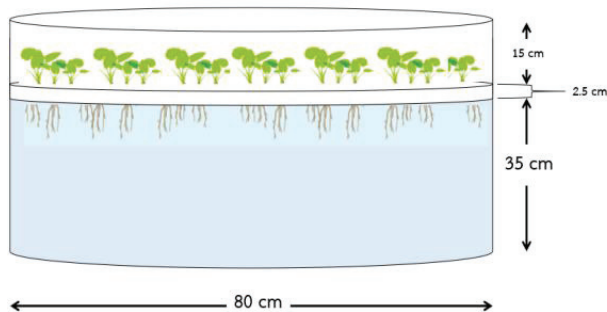


Figure 2 Stimulated hydroponic System

น้ำเสียที่ใช้ศึกษาเป็นน้ำเสียจากหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี โดยใช้ปั๊มน้ำสูบน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัด ระดับน้ำสูง 35 เซนติเมตรจากก้นอ่าง และนำแผ่นโฟมที่ทำการเจาะรูแล้ว 33 รู มาวางห่างจากปากอ่าง 15 เซนติเมตร นำผักตบชวาและ

จอกที่เตรียมไว้ชนิดละ 33 ต้น ใส่ลงในแผ่นโฟมวงกลมที่เจาะรูไว้แล้วสำหรับปลูกผักตบชวา 1 อ่าง และจอก 1 อ่าง จากแผนการทดลองจึงทำการขังน้ำเสียไว้เป็นเวลา 9 วัน สาเหตุที่กำหนดเวลา 9 วัน เนื่องจากน้ำเสียตัวอย่างที่นำมาทดลองนี้ นำมาจากบ่อพักน้ำเสียของหอพักซึ่งมีการกำจัดวัชพืชในบ่อทุกๆ 10 วัน จึงใช้เวลาขังน้ำเสียในระบบ 9 วัน และทำการเก็บตัวอย่างน้ำทุกๆ 3 วัน มาตรวจวัดคุณภาพน้ำตามเกณฑ์ของกรมควบคุมมลพิษ (2545) ได้แก่ ของแข็งทั้งหมด (Total solid, TS) ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total suspended solid, TSS) และของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total dissolved solid, TDS) ใช้วิธี Gravimetric, อุณหภูมิวัดด้วย Thermometer, ความเป็นกรดด่าง (pH) วัดด้วย pH meter, ความกระด้างของน้ำ ใช้วิธี EDTA titrimetric, ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved oxygen, DO) ใช้วิธี Azide modification of Iodometric method, บีโอดี (Biological oxygen demand, BOD) ใช้วิธี Azide modification ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน, ไขมันและน้ำมัน (Fat oil and grease) ใช้วิธี Separatory funnel extraction, ฟอสเฟตฟอสฟอรัส (Phosphate phosphorus) ใช้วิธี Ascorbic acid, แอมโมเนียไนโตรเจน (Ammonia nitrogen) ใช้วิธี Phenate และปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (Total bacteria) ใช้วิธี Standard plate count

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test กำหนดความเชื่อมั่นทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ รายงานผลการวิจัยเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean±SD.)

ผลการวิจัย

จากการศึกษาประสิทธิภาพของผักตบชวาและจอกในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบการปลูกแบบไร้ดินจำลอง ผลการทดลองแสดงใน Table 1 และ Figure 3 ส่วนการเพิ่มออกซิเจนละลายแสดงใน Table 2

Table 1 Water qualities from the stimulated hydroponic system using water hyacinth and water lettuce (n=3)

Parameters	Plants	Days				% treatment
		0	3	6	9	
TS (mg/L)	water hyacinth	1288.00±262.41 ^a	851.33±43.92 ^b	621.33±255.21 ^c	476.00±171.10 ^d	63.04
	water lettuce	1288.00±262.41 ^a	656.67±291.70 ^b	491.33±232.65 ^c	438.67±78.53 ^d	65.94
TSS (mg/L)	water hyacinth	142.67±18.58 ^a	120.00±15.59 ^b	91.33±14.01 ^c	73.33±12.37 ^d	48.60
	water lettuce	142.67±18.58 ^a	124.67±12.63 ^b	112.67±11.36 ^c	73.33±13.84 ^d	48.60
TDS (mg/L)	water hyacinth	746.67±32.76 ^a	454.67±70.96 ^b	360.67±44.07 ^c	213.33±63.88 ^d	71.43
	water lettuce	746.67±32.76 ^a	851.33±43.92 ^b	621.33±255.21 ^c	476.00±171.10 ^d	63.04
Water hardness (mgCaCO ₃ /L)	water hyacinth	32.20±8.46 ^a	11.44±2.67 ^b	8.05±1.91 ^c	6.36±1.39 ^d	80.26
	water lettuce	32.20±8.46 ^a	9.74±1.91 ^b	7.62±2.27 ^d	8.05±3.74 ^c	75.00
BOD (mg/L)	water hyacinth	104.00±36.66 ^a	96.00±24.00 ^b	80.00±13.86 ^c	46.00±10.39 ^d	55.77
	water lettuce	104.00±36.66 ^a	80.00±27.71 ^b	56.00±27.71 ^c	32.00±13.86 ^d	69.23
Fat,oil,grease (FOG) (mg/L)	water hyacinth	6050.00±1409.61 ^a	7000.00±1839.57 ^b	4700.00±1031.50 ^c	2966.67±564.51 ^d	50.96
	water lettuce	6050.00±1409.61 ^a	4333.33±500.67 ^b	3466.67±307.68 ^c	2650.00±151.66 ^d	56.20
PO ₄ ³⁻ -P (mg/L)	water hyacinth	41.16±4.97 ^a	39.07±17.07 ^b	32.49±5.19 ^c	21.18±0.59 ^d	48.54
	water lettuce	41.16±4.97 ^a	39.03±17.16 ^b	31.58±4.38 ^c	19.76±0.86 ^d	51.99
NH ₃ -N (mg/L)	water hyacinth	201.65±5.14 ^a	105.35±34.38 ^b	59.12±9.69 ^c	48.04±1.94 ^d	76.18
	water lettuce	201.65±5.14 ^a	80.48±29.92 ^b	57.67±17.85 ^c	37.68±5.14 ^d	81.31
TB (CFU/mL)	water hyacinth	1.81×10 ⁸ ±8485281.4 ^a	1.40×10 ⁸ ±7071067.8 ^b	1.27×10 ⁸ ±8485281.4 ^d	1.32×10 ⁸ ±5656854.2 ^c	27.07
	water lettuce	1.81×10 ⁸ ±8485281.4 ^a	1.68×10 ⁸ ±11313708.8 ^b	1.32×10 ⁸ ±16970562.7 ^c	1.07×10 ⁸ ±4242640.7 ^d	40.88

The different superscript letters (^{a, b, c, d}) in each rows showed the significant differences (p<0.05) TS=total solid, TSS=total suspended solid, TDS=total dissolved solid, BOD=Biochemical oxygen demand, PO₄³⁻-P=phosphate phosphorous, NH₃-N=ammonia nitrogen, TB=total bacteria

Table 2 Dissolved oxygen (DO) in the stimulated hydroponic system using water hyacinth and water lettuce (n=3)

Parameters	Plant	Days				% increase
		0	3	6	9	
DO (mg/L)	water hyacinth	3.47±0.46 ^a	1.87±0.46 ^d	2.41±0.02 ^c	2.87±0.58 ^b	17.29
	water lettuce	3.47±0.46 ^a	1.61±0.02 ^d	2.67±0.46 ^c	2.93±0.46 ^b	15.56

The different superscript letters (^{a, b, c, d}) in each rows showed the significant differences (p<0.05)

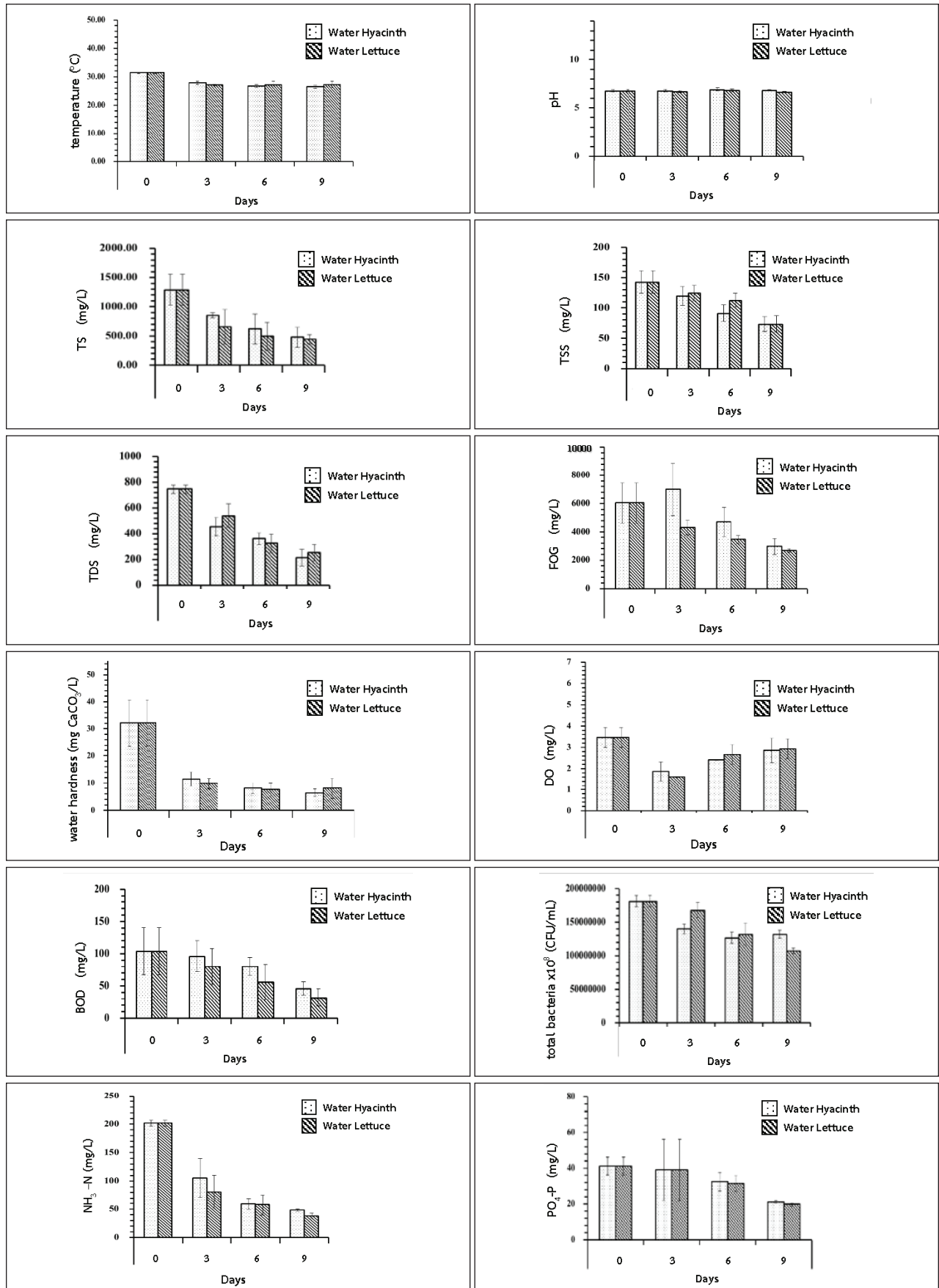


Figure 3 Water qualities from the stimulated hydroponic system

(TS=total solid, TSS=total suspended solid, TDS=total dissolved solid, FOG=fat, oil and grease, DO=dissolved oxygen, BOD=Biochemical oxygen demand, PO₄³⁻-P=phosphate phosphorous, NH₃-N=ammonia nitrogen)

สรุปและวิจารณ์ผล

จากผลการทดลองพบว่า จอกสามารถลดปริมาณของแข็งทั้งหมดได้ดีที่สุดในขณะที่ผักตบชวาและจอกสามารถลดของแข็งแขวนลอยได้ดีไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) พีชทั้งสองชนิดเป็นพีชลอยน้ำมีระบบรากแขนงและรากฝอยแตกออกจากโคนต้นจำนวนมากเปรียบได้กับวัสดุพูนทำหน้าที่กรองของแข็งในน้ำได้ดี นอกจากนี้ ยังสามารถลดความกระด้างน้ำได้สูงถึงร้อยละ 75.00-80.26 เนื่องจากพีชนำแคลเซียมและแมกนีเซียมอยู่ในน้ำเสียไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ (Wada, 2019) เมื่อพิจารณาปริมาณไขมันและน้ำมัน พบว่า ทั้งผักตบชวาและจอกสามารถลดค่าไขมันและน้ำมันได้ประมาณร้อยละ 50 เนื่องจากน้ำเสียที่ใช้มีปริมาณไขมันและน้ำมันเริ่มต้นค่อนข้างสูงจึงทำให้การบำบัดไขมันและน้ำมันได้ไม่ดีเท่าที่ควร

น้ำเสียชุมชนจะมีองค์ประกอบเป็นสารอินทรีย์เป็นส่วนมาก ดังนั้น ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและค่าบีโอดีจึงเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำที่สำคัญ จากการทดลองพบว่า ผักตบชวามีประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณออกซิเจนละลายน้ำได้สูงกว่าจอก (Table 2) อย่างไรก็ตาม ในวันที่ 0 มีการใช้ปั๊มน้ำสูบน้ำขึ้นมาเพื่อทำการบำบัดซึ่งอาจมีฟองอากาศปนลงไปใต้น้ำมาก ทำให้ผลการศึกษาในวันที่ 3 มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลงเมื่อเทียบกับวันแรก แต่หลังจากบำบัดไปในวันที่ 6 และ 9 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยกระบวนการขนส่งแก๊สออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงและการดึงออกซิเจนจากบรรยากาศส่งผ่านใบ ลำต้น ลมสู่ราก และปลดปล่อยออกสู่แหล่งน้ำทำให้ออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าบีโอดีลดลงด้วย

ในแง่ของสารอาหารสำคัญของพีช ได้แก่ แอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในรูปของฟอสเฟต พบว่า จอกมีประสิทธิภาพลดปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในรูปฟอสเฟตได้สูงกว่าผักตบชวา ทั้งนี้เนื่องจากจอกที่ใช้มีขนาดต้นใหญ่กว่าผักตบชวา โดยมีความกว้างประมาณ 13 เซนติเมตร สูงประมาณ 24 เซนติเมตร รากยาวเฉลี่ย 6 เซนติเมตร ในขณะที่ผักตบชวาที่ใช้ต้นกว้างประมาณ 11 เซนติเมตร สูง 15 เซนติเมตร ความยาวรากเฉลี่ยประมาณ 4 เซนติเมตร และจอกมีความหนาของกล่มรากฝอยมากกว่า จึงทำให้มีการดูดซับแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในรูปฟอสเฟตได้ดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Mustafa and Hayder (2015) ซึ่งทดลองปลูกจอกในระบบไฮโดรโปนิกส์สำหรับบำบัดน้ำเสียจากชุมชนโดยเป็นระบบบำบัดขั้นที่สามพบว่า น้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดที่ปลูกจอกในเวลาเพียง 24 ชั่วโมง สามารถลดปริมาณฟอสเฟตฟอสฟอรัส แอมโมเนียไนโตรเจน และไนเตรตไนโตรเจน ได้สูงถึงร้อยละ 81.2, 88.7

และ 83.6 ตามลำดับ Nizam *et al.* (2020) ก็พบว่า การบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้จอกสามารถลดปริมาณของแข็งแขวนลอย ฟอสเฟต และแอมโมเนียไนโตรเจนได้ร้อยละ 98, 89 และ 78 ตามลำดับ เมื่อขังน้ำเสียไว้เป็นเวลา 2 วัน ทั้งนี้พีชลอยน้ำในระบบการปลูกแบบไรดิ้นมีลักษณะการดูดซึมธาตุอาหารทางรากได้รวดเร็ว เนื่องจากรากพีชที่จมอยู่ในน้ำจะดูดธาตุอาหารที่อยู่อย่างอิสระโดยไม่มีแรงดึงจากเม็ดดินมาหน่วงการไหลของน้ำเข้าสู่รากพีชจึงสามารถดูดซึมไนโตรเจนและฟอสฟอรัสไปสะสมที่บริเวณยอดเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตได้ดี (Valipour *et al.*, 2015)

อย่างไรก็ตาม การบำบัดน้ำเสียในระบบไรดิ้น ไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง เนื่องจาก pH ก่อนและหลังบำบัดมีค่าไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) และมีค่าอยู่ในช่วง 6.8-7.0 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2548) และอุณหภูมิแต่ละวันไม่แตกต่างกันมาก อยู่ในช่วง 26.50-31.45 องศาเซลเซียส เนื่องจากการทดลองในโรงเรือน อุณหภูมิน้ำจึงขึ้นกับอุณหภูมิของอากาศในแต่ละวัน สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Keeratiurai (2013) ซึ่งพบว่า การบำบัดน้ำเสียโดยพีชในระบบไฮโดรโปนิกส์ไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิของน้ำก่อนและหลังการบำบัด

สำหรับปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด พบว่า แบคทีเรียทั้งหมดในอ่างที่ปลูกจอกลดลงมากกว่าอ่างที่ปลูกผักตบชวา (ลดลงร้อยละ 40.88 และร้อยละ 27.07 ตามลำดับ) แต่ถือว่าบำบัดได้ค่อนข้างน้อย คือ ต่ำกว่าร้อยละ 50 เนื่องจากน้ำเสียในระบบการบำบัดมีฟองและมีกลิ่นเหม็นมาก หรือเวลาที่ใช้บำบัดน้อยเกินไป แต่จากการศึกษาเรื่องระยะเวลาการขังน้ำเสียพบว่า ผลการวิจัยในครั้งนี้สอดคล้องกับ Anudechakul *et al.* (2015) ที่พบว่า ผักตบชวาสามารถดูดซับสารพิษคลอโรฟิโอสได้จากรากสู่ใบได้สูงสุดภายในเวลา 8 วัน ในขณะที่ Xiuxiu *et al.* (2016) ก็พบว่า การกำจัดสารปนเปื้อนอินทรีย์ในน้ำเสียโดยใช้หญ้าไรร่วมกับเบนโทไนต์เพื่อกำจัดสารปนเปื้อนอินทรีย์ในระบบไฮโดรโปนิกส์ มีประสิทธิภาพในการกำจัดฟีนอลในน้ำเสียได้สูงถึงร้อยละ 92.5 โดยใช้เวลาบำบัด 6 วัน ซึ่งจะเห็นว่าการศึกษาที่กล่าวมามีเวลาขังน้ำเสียในระบบใกล้เคียงกับเวลาที่ใช้ในการบำบัดของการศึกษาในครั้งนี้ อย่างไรก็ตาม ถ้าน้ำเสียนั้นมีปริมาณมาก การใช้พีชในระบบการปลูกพีชแบบไรดิ้นอาจเพิ่มระยะเวลาขังน้ำเสียให้นานขึ้น และหากน้ำเสียนั้นมีสารพิษปนเปื้อนก็ควรมีระบบการบำบัดน้ำเสียระบบอื่น เช่น การเติมสารเคมีกำจัดสารพิษออกไปก่อน เป็นต้น

จากผลการวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่า ผักตบชวาและจอกมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้ระบบการ

ปลูกแบบไร้ดินหรือระบบไฮโดรโปนิคส์ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในระบบบำบัดน้ำทิ้งชุมชน เนื่องจากเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเหมาะสำหรับการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ปนเปื้อนสารอินทรีย์ วิธีการไม่ยุ่งยาก และมีค่าใช้จ่ายต่ำ สามารถพัฒนาระบบการบำบัดน้ำเสียแบบไร้ดินนี้ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นหรือใช้การบำบัดร่วมกับวิธีการอื่น เช่น การใช้วัสดุดูดซับจากธรรมชาตินำมาเป็นวัสดุกรอง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการบำบัด อย่างไรก็ตามเมื่อนำผลที่ได้จากการศึกษานี้เทียบกับค่าเกณฑ์กำหนดสูงสุดตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งของอาคารประเภทต่างๆ ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2548) ซึ่งหอพักจัดอยู่ในอาคารประเภท ค. หรือหอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 50 ห้อง แต่ไม่ถึง 250 ห้อง พบว่าค่า pH, ค่าของแข็งละลายน้ำ และค่าบีโอดี (ของการบำบัดด้วยออก) มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน แต่ของแข็งแขวนลอยและไขมันและน้ำมัน มีค่าเกินมาตรฐาน ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะว่าควรมีการใช้ระบบบำบัดอื่นร่วมกับการบำบัดด้วยการปลูกพืชแบบไร้ดิน เช่น การมีระบบบำบัดไขมันด้วยถังดักไขมันก่อนปล่อยน้ำเสียลงสู่ท่อพัก เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์และเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เอื้อเพื่อสถานที่สำหรับทำการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2545). พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 กฎ ประกาศ และระเบียบที่เกี่ยวข้องด้านการควบคุมมลพิษ (พิมพ์ครั้งที่ 5). โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2548). กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด. ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ 122

ตอนที่ 125ง. หน้า 4-10.

- Anudechakul, C., Vangnai, A.S. and Ariyakanon, N. (2015). Removal of chlopyrifos by water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and the role of a plant-associated bacterium. *International Journal of Phytoremediation*, 17, 678-685.
- Keeratiurai, P. (2013). Efficiency of wastewater treatment with hydroponics. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 8(12), 800-805.
- Mustafa, H.M. and Hayder, G. (2020). Performance of *Pistia stratiotes*, *Salvinia molesta*, and *Eichhornia crassipes* aquatic plants in the tertiary treatment of domestic wastewater with varying retention times. *Applied Science*, 10, 9015, 1-19.
- Nizam, N.U.M., Hanafiah, M.M., Noor, I.M. and Karim, H.I.A. (2020). Efficiency of five selected aquatic plants in phytoremediation of aquaculture wastewater. *Applied Science*, 10, 2712.
- Valipour, A., Raman, V.K. and Ahn, Y.H. (2015). Effectiveness of domestic wastewater treatment using a bio-hedge water hyacinth wetland system. *Water*, 7, 329-347.
- Wada, T. (2019). Chapter 1.1-Theory and technology to control the nutrient solution of hydroponics: In Anpo, M., Fukuda, H. and Wada, T., (Eds.). *Plant Factory Using Artificial Light*, Elsevier.
- Xiuxiu, R, Wei, EY., Jianwei, Z., Hua, C., Liangwen, W, Guang, RQ. and Ray, L. (2016). Hydroponic removal of organic contaminants from water by using ryegrass and organobentonites simultaneously. *Frost Applied Clay Science*, 119, 333-337.

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากเส้นใยเปลือกทุเรียนแบบฟอกขาวและไม่ฟอกขาว

Development of packaging from durian rind fibers using bleached and unbleached fibers

วริตชนม์ นิลนนท์¹, กุลพร พุทธิมี¹, จิรพร สวัสดิการ¹, คมสัน มุ่ยสี², ประมวล ศรีกาหลง³
Waritchon Ninlanon¹, Kunlaporn Puttame¹, Jiraporn Sawasdikarn¹,
Komsan Muisee², Pramoun Srikalong³

Received: 15 July 2021 ; Revised: 26 August 2021 ; Accepted: 5 October 2021

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปภาชนะจากเส้นใยชนิดฟอกขาว (DRFT) และไม่ฟอกขาว (DRF) โดยส่วนผสมในการขึ้นรูปประกอบด้วยแมกนีเซียมสเตียเรท กัวกัม กลีเซอรอล แป้งสาลี และแป้งมันสำปะหลังซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวประสาน และใช้กระบวนการขึ้นรูปแบบอัดร้อน โดยศึกษาระดับเส้นใยในประมาณ 10, 20, 30 40, 50, และ 60% โดยน้ำหนัก และวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ผลการวิจัยพบว่า ภาชนะบรรจุที่ขึ้นรูปด้วยเส้นใยชนิด DRFT ให้ลักษณะปรากฏสีขาวน้ำตาลอ่อน มีค่าความแข็งสูงและมีน้ำหนักมาก โดยปริมาณเส้นใย DRFT 50% ให้ค่าความต้านทานการซึมผ่านน้ำและน้ำมันมากที่สุดเท่ากับ 53 ± 9.29 วินาทีต่อมิลลิลิตร และ 14 ± 0.57 วินาทีต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และมีค่าความแข็งเท่ากับ 0.15 ± 1.08 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ขณะที่ภาชนะบรรจุที่ขึ้นรูปด้วยเส้นใย DRF ให้ลักษณะปรากฏสีน้ำตาลเข้ม มีความมันวาว ขึ้นรูปได้ง่ายและมีน้ำหนักเบา โดยปริมาณเส้นใย DRF 60% มีความสามารถต้านทานการซึมผ่านของน้ำและน้ำมัน และค่าความแข็งมากที่สุดเท่ากับ 92 ± 9.31 วินาทีต่อมิลลิลิตร 110 ± 4.21 วินาทีต่อมิลลิลิตร และ 0.13 ± 1.30 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ดังนั้นการเลือกใช้ชนิดของเส้นใยเพื่อขึ้นรูปภาชนะบรรจุจึงขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งสามารถนำไปใช้สำหรับบรรจุอาหารแห้งได้

คำสำคัญ: เส้นใยฟอกขาว เส้นใยเปลือกทุเรียน ภาชนะบรรจุ

Abstract

The objective of this research was to study the appropriate amount of durian rind fibers for forming packages from bleached (DRFT) and unbleached fibers (DRF). The molding mixture consisted of magnesium stearate, guar gum, glycerol, wheat flour and tapioca starch which acted as binders, and used a hot-pressed forming process. Fiber levels were studied in approximately 10, 20, 30, 40, 50 and 60% by weight, and physical quality was analyzed. The results showed that DRFT fiber molded package had a white-brown appearance, high hardness and heavy weight. The fiber content of 50% DRFT gave the highest resistance to water and oil permeability for 53 ± 9.29 sec/ml and 14 ± 0.57 sec/ml, respectively, and the hardness was 0.15 ± 1.08 kg/cm². DRF fiber molded packages had a dark brown appearance, were glossy, easily moldable and lightweight. The 60% DRF fiber content gave the highest resistance to water and oil permeability, and the highest hardness values were 92 ± 9.31 sec/ml 110 ± 4.21 sec/ml and 0.13 ± 1.30 kg/cm², respectively. Therefore, the choice of fiber type to form a container depends on the purpose of its use, in packing dry foods

Keywords: bleached fiber, durian rind fiber, package

¹ รองศาสตราจารย์, คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ตำบลท่าช้าง อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี 22000

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ตำบลท่าช้าง อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี 22000

³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

¹ Assoc. Prof., Faculty of Agricultural Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Muang District, Chanthaburi 22000, Thailand.

² Assist. Prof., Faculty of Industrial Technology, Barni Rajabhat University, Muang District, Chanthaburi 22000, Thailand.

³ Assist. Prof., Faculty of Food Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang District, Bangkok, 10520, Thailand.

* Corresponding author ; Waritchon Ninlanon, Faculty of Agricultural Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Muang District, Chanthaburi 22000, Thailand. waritchon.n@rbru.ac.th

บทนำ

ทุเรียนเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ซึ่งได้รับความนิยมในการบริโภคเป็นอย่างมากทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยมีมูลค่าการส่งออกในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก ปัจจุบันเกษตรกรสามารถพัฒนาให้สามารถออกผลผลิตได้เกือบตลอดปี ปัญหาหนึ่งที่ตามมาภายหลังจากการบริโภคและการแปรรูปคือขยะที่เกิดจากส่วนของเปลือกทุเรียน โดยเปลือกทุเรียนเป็นของเหลือทิ้งที่พบจำนวนมาก ทุเรียนหนึ่งผลพบว่าส่วนของเปลือกมีจำนวนไม่น้อยกว่า 30% ของน้ำหนักทั้งหมด ซึ่งเป็นปัญหาในการกำจัดทิ้งของหน่วยงานที่ต้องรับผิดชอบและเป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ส่งกลิ่นเหม็นยิ่งกลายเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยพวกหนูและแมลงต่าง ๆ ซึ่งเป็นพาหะนำโรคร้ายมาสู่คนด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเปลือกทุเรียนมาใช้ประโยชน์ในการผลิตบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหาร เนื่องจากเปลือกทุเรียนมีองค์ประกอบของเส้นใยสูงโดยนอกเหนือจากส่วนที่เป็นพอลิแซคคาไรด์แล้วยังประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นเยื่อเซลลูโลสสูงถึง 30% โดยขนาดของเส้นใยเซลลูโลสมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 100-150 ไมโครเมตร (Penjumras *et al.*, 2014) และเป็นวัตถุดิบสำคัญในการเตรียมซีเอ็มซีได้ (Carboxymethyl cellulose, CMC) (กฤษณา ศิริเลิศมุกกุล, 2547) จากรายงานวิจัยของสุนันท์ พงษ์สามารถ และคณะ (ม.ป.ป.) พบว่าสารสกัดเปลือกทุเรียนมีลักษณะเป็นของแข็ง เป็นผงมีรูปร่างไม่แน่นอน พบทั้งลักษณะกลมและคล้ายไฟเบอร์ มีสีน้ำตาลอ่อนและเป็นผงสีขาวนวล สารที่สกัดได้มีกลิ่นเฉพาะ มีรสเปรี้ยวอมขมจนถึงไม่มีรสขม มีลักษณะคล้ายฟองอากาศกลมกลวง ผงของสารสกัดเปลือกทุเรียนจะพองตัวได้ในน้ำให้เป็นของเหลวข้นหนืด

ปัจจุบันบรรจุภัณฑ์ทางอาหารหลายชนิดโดยเฉพาะพลาสติกและโฟม มีแนวโน้มการใช้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี เนื่องจากมีความสะดวกในการใช้และยังมีราคาถูก แต่ด้วยภาชนะเหล่านี้มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี ย่อยสลายได้ยากต้องใช้ระยะเวลาในการกำจัดด้วยการกลบฝังหรือการเผาไหม้สร้างปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมทั้งทางน้ำและทางอากาศได้ และหากมีการนำกลับมาใช้ใหม่ในอาหารโอกาสการปนเปื้อนสารพิษกับอาหารที่รับประทานมีสูง นักวิจัยได้พยายามศึกษาแหล่งวัสดุทางการเกษตรที่ย่อยสลายได้ง่ายเพื่อนำมาทดแทนวัสดุที่ไม่ย่อยสลายดังกล่าว โดยมีองค์ประกอบของส่วนผสมที่ประกอบไปด้วยแป้งน้ำ และเส้นใยจากพืชชนิดต่างๆ ด้วยกระบวนการกรองสูญญากาศ หรือการบีบอัดด้วยความร้อน ชนิดของเส้นใยที่ช่วยเสริมความแข็งแรงในภาชนะประเภทโฟม เช่น Softwood, Aspen fiber, ปอ และ ป่าน ฯลฯ Lawton *et al.* (2004) รายงานถึงการนำ Aspen fiber 15-30% ในโฟมจากแป้งข้าวโพดเพื่อปรับปรุง

คุณสมบัติทางเชิงกล Soykeabkaew *et al.* (2004) รายงานการใช้เส้นใยจากปอหรือป่านในแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งมีส่วนช่วยให้ภาชนะมีความยืดหยุ่นมากขึ้น Salgado *et al.* (2008) ใช้เส้นใยเซลลูโลส 10-20% ในสูตรภาชนะโฟมทำให้คุณสมบัติเชิงกลดีขึ้นและช่วยลดความชื้นที่เกิดขึ้นภายหลังได้ด้วย Kaisangri *et al.* (2012) รายงานการผลิตถาดโฟมด้วยแป้งมันสำปะหลังผสมเส้นใยคราฟท์ 30% และโคโคซาน 4% ถาดโฟมที่ได้ให้สมบัติใกล้เคียงกับ Polystyrene foam

ดังนั้นด้วยคุณสมบัติของเปลือกทุเรียนดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงเห็นถึงศักยภาพในการนำเส้นใยเปลือกทุเรียนไปใช้เป็นตัวเสริมสำหรับวัสดุบรรจุภัณฑ์ โดยเปรียบเทียบชนิดเส้นใยเปลือกทุเรียนที่ผ่านกระบวนการฟอกขาวและไม่ฟอกขาว ในปริมาณเส้นใยที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปแผ่นวัสดุและภาชนะบรรจุภัณฑ์ ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับอาหาร ซึ่งจะช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมและเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าของเปลือกทุเรียนซึ่งเป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตรต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปภาชนะบรรจุจากเส้นใยเปลือกทุเรียนที่ผ่านกระบวนการฟอกขาวและไม่ผ่านการฟอกขาว

วิธีการวิจัย

1. การวางแผนทดลอง วัตถุดิบและสารเคมี

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ศึกษาปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปภาชนะบรรจุจากเส้นใยเปลือกทุเรียนที่ผ่านกระบวนการฟอกขาวและไม่ผ่านการฟอกขาว โดยทดสอบบนแผ่นวัสดุเบื้องต้นด้วยปริมาณเส้นใย 10, 20, 30, 40, 50 และ 60% (โดยน้ำหนัก) และเลือกปริมาณเส้นใยที่สามารถขึ้นรูปแผ่นวัสดุได้เพื่อศึกษาการขึ้นรูปภาชนะบรรจุทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

เปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองจากร้านค้าตลาดเนินสูง อ.เมือง จันทบุรี แป้งมันสำปะหลังและแป้งสาลี (เกรดการค้า) จากตลาดน้ำพุ อ.เมือง จันทบุรี โซเดียมไฮดรอกไซด์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ กลีเซอรอล แมกนีเซียมสเตียเรท และกาวกัม (เกรดวิเคราะห์, บริษัทไซแอนติฟิคเคมิคอล จำกัด)

2. การเตรียมเส้นใยจากเปลือกทุเรียน

2.1 การเตรียมเส้นใยเปลือกทุเรียนชนิดฟอกขาว (Durian rind fiber treated : DRFT)

นำเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองมาผ่านกระบวนการสับหยาบด้วยเครื่องสับย่อย ต้มด้วยสารละลายโซเดียม

ไฮดรอกไซด์ในปริมาณความเข้มข้น 18% ใช้อัตราส่วนของ สารละลายต่อเส้นใยแห้งเท่ากับ 5:1 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ล้างเยื่อเปลือกทุเรียนจน ไม่มีสารโซเดียม ไฮดรอกไซด์ตกค้าง นำเยื่อเปลือกทุเรียน มาผ่านการฟอกขาวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 15% ในอัตราส่วนของสารต่อเส้นใยแห้งเท่ากับ 5:1 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ซึ่งทำให้เยื่อที่ได้มีความขาวมากขึ้น นำอบแห้งที่อุณหภูมิ 60±5 องศาเซลเซียส เมื่อเยื่อแห้งแล้วนำมากระจายเยื่อเพื่อ แยกกลุ่มก้อนของเส้นใยให้แตกตัวออกจากกัน และเก็บรักษา ในถุงพลาสติกชนิด PE 2 ชั้น ที่อุณหภูมิห้องปกติ

2.2 การเตรียมเส้นใยเปลือกทุเรียนชนิดไม่ฟอกขาว (Durian rind fiber : DRF)

โดยนำเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองมาผ่าน กระบวนการสับหยาบด้วยเครื่องสับย่อย ก่อนนำมาอบแห้งใน ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เมื่อเปลือกทุเรียน แห้งแล้วนำไปบดด้วยเครื่องบดละเอียดและอบให้แห้งอีกครั้ง ก่อนเก็บรักษาในถุงพลาสติกชนิด PE 2 ชั้น ที่อุณหภูมิห้อง ปกติ

3. เครื่องมือขึ้นรูปภาชนะ

เครื่องมือขึ้นรูปภาชนะบรรจุ เป็นเครื่องสำหรับขึ้นรูป แบบอัดร้อน โดยใช้กำลังไฮดรอลิกในการอัดขึ้นรูป ซึ่งเครื่อง ขึ้นรูปที่สร้างขึ้นมีความสามารถสร้างแรงดันไฮดรอลิกได้สูงสุด 15 ตัน มีอุปกรณ์ให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูป โดย สภาวะที่ใช้สำหรับการขึ้นรูปภาชนะ คือ อุณหภูมิ 100-120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่แรงดัน 2 ตัน แม่พิมพ์มี ขนาด 22x22x10 เซนติเมตร

4. ศึกษาปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียนที่เหมาะสมในการ ขึ้นรูปแผ่นวัสดุเบื้องต้น

เตรียมส่วนผสมจากเส้นใยเปลือกทุเรียนที่เตรียมได้ ทั้งสองชนิดจากข้อ 2 ในปริมาณ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60% โดยน้ำหนัก (แบ่งมันสำปะหลัง) และผสมสารขึ้นรูปประกอบ ไปด้วยแมกนีเซียมสเตียเรท 4% กัวกัม 1.5% กลีเซอรอล 4% และแป้งสาลี 10% โดยน้ำหนัก ผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้า กันด้วยเครื่องผสมเป็นเวลา 5 นาที ขึ้นรูปแผ่นวัสดุให้มีความ หนา 2 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร ให้ความร้อนที่ อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จนกระทั่งแผ่นวัสดุแห้ง วิเคราะห์ คุณภาพ และเลือกปริมาณเส้นใยที่เหมาะสมเพื่อศึกษาการ ขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ต่อไป

5. ศึกษาการขึ้นรูปภาชนะบรรจุจากเส้นใยเปลือกทุเรียน ด้วยเครื่องมือขึ้นรูป

จากผลการศึกษาปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียนที่ เหมาะสมในขั้นตอนที่ 4 โดยผสมส่วนผสมแมกนีเซียม สเตียเรท

4% กัวกัม 1.5% และกลีเซอรอล 4% แป้งสาลี 10% ผสม ส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมเป็นเวลา 5 นาที ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูป โดยขนาดความกว้างของภาชนะ ในการขึ้นรูปมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 เซนติเมตร ความหนา 2 มิลลิเมตร ก่อนนำอบแห้งที่อุณหภูมิ 65±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง หรือจนแห้ง เก็บภาชนะบรรจุไว้ที่อุณหภูมิ 27±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และวิเคราะห์ คุณภาพ

6. การวิเคราะห์คุณภาพ

วิเคราะห์คุณภาพแผ่นวัสดุและภาชนะที่ผ่านการ ขึ้นรูปด้วยคุณลักษณะทางกายภาพ ด้านลักษณะปรากฏ ค่าความแข็งด้วยเครื่อง Hardness tester (Cat.Nos.510-1) โดยใช้หัวกดแบบโคนชนิด C กำหนดตำแหน่งของการวัดให้ ตั้งฉาก จากนั้นกดหัววัดลงบนตัวอย่างด้วยความแรงที่คงที่ สม่าเสมอ อ่านค่าจากสเกลที่ได้และบันทึกผล หน่วยเป็น กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

การวัดความต้านทานการซึมผ่านของน้ำและน้ำมัน ดัดแปลงตามวิธีการของ พรทิพย์ ฐานมัน (2543) โดยวาง ชั้นตัวอย่างลงบนขาตั้งเหล็ก เติมน้ำและน้ำมันปริมาณ 700 มิลลิลิตร ลงในชั้นตัวอย่าง บันทึกเวลาและปริมาณน้ำหรือ น้ำมันที่ซึมผ่านชั้นตัวอย่างในภาชนะรองรับ ในการซึมผ่าน ของน้ำบันทึกทุกระยะเวลาตั้งแต่ 20 วินาที จนถึงระยะเวลา 120 วินาที ส่วนการซึมผ่านของน้ำมันบันทึกทุกนาทีตั้งแต่ 1 นาที จนถึงระยะเวลา 21 นาที

7. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดลองโดยใช้ ANOVA (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่าง ระหว่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัย

1. ผลของปริมาณของเส้นใยเปลือกทุเรียนชนิด DRFT ที่เหมาะสมในแผ่นวัสดุ

ปริมาณของเส้นใยเปลือกทุเรียนที่เหมาะสมในแผ่น วัสดุ ด้านลักษณะปรากฏทางกายภาพ พบว่าปริมาณของ เส้นใยเปลือกทุเรียนที่ 10 และ 20% ลักษณะผิวแผ่นวัสดุ ไม่เรียบเนียน มีรอยแตกร้าวและเกิดการแตกหักได้ง่าย ไม่มี ความสม่ำเสมอของแผ่นวัสดุ ส่วนที่ปริมาณเส้นใย 30, 40, 50 และ 60% แต่ละอัตราส่วนมีความแตกต่างกันที่ลักษณะปรากฏ ทางกายภาพ คือแผ่นวัสดุมีผิวที่เรียบเนียนมากขึ้น มีความ สม่าเสมอ ไม่มีรอยร้าวสามารถบิดงอได้ โดยเส้นใยเปลือก ทุเรียนที่เพิ่มมากขึ้นมีผลต่อลักษณะทางกายภาพของแผ่น วัสดุที่ดี เนื่องจากเปลือกทุเรียนเป็นเส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติ เป็นกลุ่มเส้นใยที่มีโครงสร้างของโมเลกุลประกอบด้วยกลุ่ม

แอนไฮโดรกลูโคสเกาะเกี่ยวกันเป็นสายโซ่ยาวโมเลกุลใหญ่ สายโมเลกุลนี้รวมกันจำนวนมากจะเกิดเป็นเส้นใยและยิ่งมีความยาวของเส้นใยมากขึ้น มีผลทำให้เซลลูโลสมีความเหนียวมากขึ้น จากการวิเคราะห์ค่าการซึมผ่านของน้ำและน้ำมัน (Figure 1-2) แสดงแนวโน้มความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านน้ำและน้ำมันของแผ่นวัสดุเมื่อมีปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น แผ่นวัสดุที่ขึ้นรูปด้วยปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียน 30% มีการซึมผ่านน้ำได้เร็วมากที่สุด เท่ากับ 695 มิลลิลิตร ในเวลา 20 วินาที (34.75 มิลลิลิตรต่อวินาที) รองลงมาคือ ปริมาณเส้นใย 40, 50 และ 60% ตามลำดับ โดยที่ปริมาณเส้นใย 60% มีความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านน้ำและใช้เวลานานมากที่สุดเท่ากับ 683 มิลลิลิตร ในเวลา 120 วินาที (5.69 มิลลิลิตรต่อวินาที) เช่นเดียวกับการซึมผ่านน้ำมันของแผ่นวัสดุ โดยปริมาณเส้นใย 30% มีการซึมผ่านของน้ำมันเร็วที่สุด เท่ากับ 685 มิลลิลิตร ใช้ระยะเวลาเพียง 9 นาที (1.27 มิลลิลิตรต่อวินาที) รองลงมาคือ 40, 50 และ 60% ตามลำดับ โดยแผ่นวัสดุที่มีปริมาณเส้นใยทุเรียน 60% มีความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านน้ำมันและใช้เวลานานที่สุดเท่ากับ 680 มิลลิลิตร ในระยะเวลา 21 นาที (0.54 มิลลิลิตรต่อวินาที) สำหรับแผ่นวัสดุที่มีเส้นใยระดับ 10 และ 20% ไม่สามารถวัดการต้านทานการซึมผ่านของน้ำและน้ำมันได้ จึงไม่มีข้อมูลปรากฏ

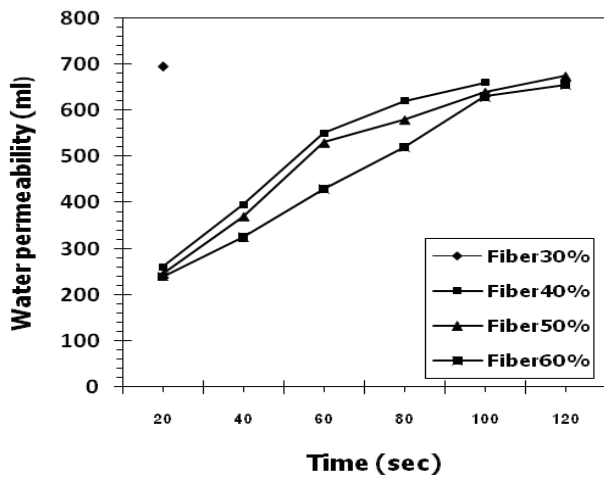


Figure 1 The permeability of water in material sheets with different levels of durian rind fibers (DRFT)

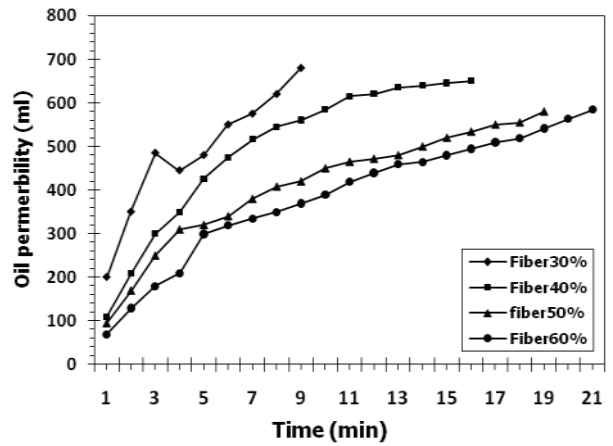


Figure 2 The permeability of oil in material sheets with different levels of durian rind fibers (DRFT)

2. ผลของปริมาณของเส้นใยเปลือกทุเรียนชนิด DRF ที่เหมาะสมในแผ่นวัสดุ

ผลลักษณะปรากฏทางกายภาพของแผ่นวัสดุที่ขึ้นรูปพบว่าที่ระดับเส้นใยทุเรียนบดแห้ง 10% ไม่สามารถขึ้นรูปแผ่นวัสดุไม่ได้ โดยที่ระดับเส้นใยเปลือกทุเรียน 20% มีความเหนียวจากการเกิดเจลของแป้งทำให้ขึ้นรูปแผ่นวัสดุได้ยาก ในขณะที่เส้นใยเปลือกทุเรียน 30% แผ่นวัสดุมีความเหนียวน้อยกว่าเส้นใยที่ระดับ 20% และสามารถขึ้นรูปได้ดีกว่า ส่วนแผ่นวัสดุเส้นใยเปลือกทุเรียน 40 และ 50% ให้ลักษณะแผ่นวัสดุมีความเหนียวยืดหยุ่นบิดงอได้ สามารถผสมและขึ้นรูปได้ง่าย และแผ่นวัสดุเส้นใยเปลือกทุเรียนที่ระดับ 60% ไม่มีความยืดหยุ่น ขึ้นรูปได้แต่มีลักษณะแห้งเปราะ โดยแผ่นวัสดุทั้งหมดไม่มีรอยร้าว เส้นใยเปลือกทุเรียน DRF ประกอบด้วยองค์ประกอบอื่นนอกเหนือจากเส้นใยเซลลูโลส เช่น แป้ง และ กัม ซึ่งมีส่วนทำให้แผ่นวัสดุมีความเหนียวยืดหยุ่นมากขึ้น

จากการทดสอบการซึมผ่านของน้ำและน้ำมัน พบว่าการซึมผ่านน้ำและน้ำมันของแผ่นวัสดุสูงขึ้นตามลำดับเมื่อระยะเวลาผ่านไปมากขึ้น โดยแผ่นวัสดุที่ขึ้นรูปด้วยปริมาณเส้นใย 30, 40, 50 และ 60% มีความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านของน้ำและน้ำมันได้นานมากขึ้นตามลำดับ โดยวัสดุที่ขึ้นรูปด้วยปริมาณเส้นใย 60% มีความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านของน้ำและน้ำมันได้นานมากที่สุด เท่ากับ 490 มิลลิลิตร ในระยะเวลา 120 วินาที (4.08 มิลลิลิตรต่อวินาที) และ 660 มิลลิลิตร ในระยะเวลา 22 นาที (0.5 มิลลิลิตรต่อวินาที) ตามลำดับ (Figure 3-4) โดยที่ปริมาณเส้นใย 10% มีการซึมผ่านของน้ำและน้ำมันเร็วที่สุด เนื่องจากมีลักษณะแผ่นบางปริมาณเส้นใยน้อย ดังนั้นในที่นี้จึงเลือกแผ่นวัสดุที่มีปริมาณเส้นใย 30, 40, 50 และ 60% เพื่อศึกษาการขึ้นรูปของภาชนะบรรจุต่อไป

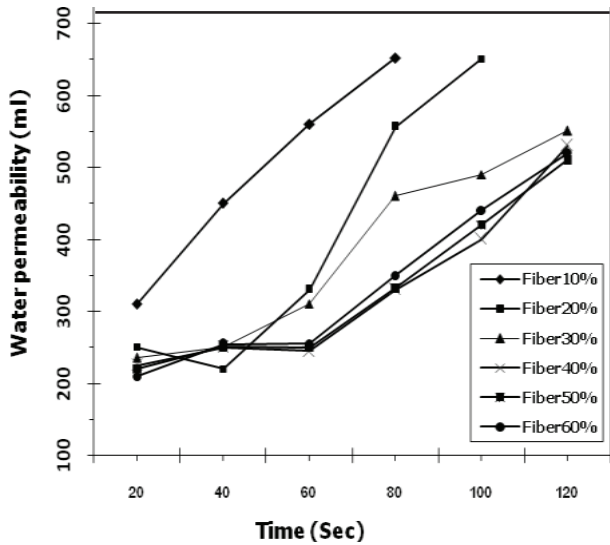


Figure 3 The permeability of water in material sheets with different levels of durian rind fibers (DRF)

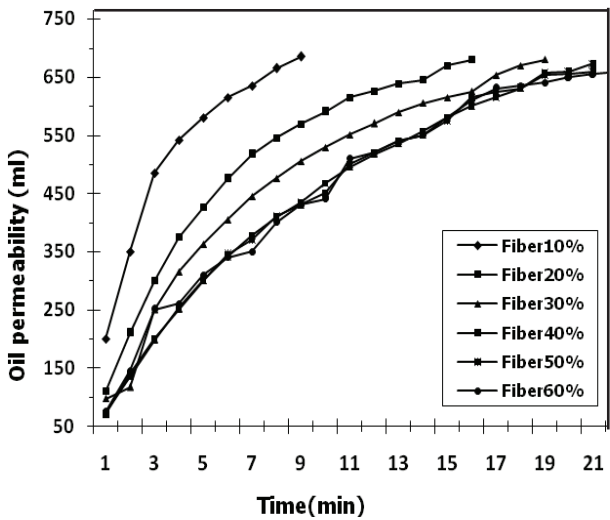


Figure 4 The permeability of oil in material sheets with different levels of durian rind fibers (DRF)

3. ผลของปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียน DRFT ต่อการขึ้นรูปของภาชนะบรรจุ

ผลทางด้านลักษณะปรากฏทางกายภาพของภาชนะ (Figure 5) พบว่า ภาชนะที่มีเส้นใยเปลือกทุเรียนปริมาณน้อยจนไปถึงปริมาณมากมีลักษณะปรากฏทางกายภาพที่ต่างกันในด้านของเนื้อสัมผัส ผิวเรียบเนียน และรอยแตก โดยปริมาณเส้นใยที่เหมาะสมในการขึ้นรูปของภาชนะบรรจุคือ 40 และ 50% เนื่องจากมีความสามารถในการขึ้นรูปได้ดีกว่าปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียน 30 และ 60% โดยมีลักษณะทางกายภาพที่ดี ไม่มีรอยแตกหรือมีความเรียบเนียน

3.1 คุณสมบัติด้านซึมผ่านน้ำและน้ำมันของภาชนะบรรจุจากเส้นใยเปลือกทุเรียน DRFT

จาก Table 1 พบว่าภาชนะบรรจุที่มีส่วนผสมของเส้นใยเปลือกทุเรียนสูงมีความต้านทานการซึมผ่านน้ำสูงขึ้น โดยภาชนะบรรจุที่มีปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียน 50% มีการต้านทานการซึมผ่านน้ำมากที่สุด (53 วินาทีต่อมิลลิลิตร) และความต้านทานการซึมผ่านของน้ำลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียนสูงขึ้นไป 60% (30 วินาทีต่อมิลลิลิตร) โดยภาชนะที่ขึ้นรูปด้วยเส้นใยเปลือกทุเรียน 30% มีการต้านทานการซึมผ่านน้ำน้อยที่สุดเท่ากับ 4 วินาทีต่อมิลลิลิตร

การซึมผ่านน้ำมันของภาชนะบรรจุ (Table 1) พบว่าการต้านทานการซึมผ่านน้ำมันของภาชนะสูงที่สุดที่ปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียน 50% (14 วินาทีต่อมิลลิลิตร) และลดลงเมื่อมีปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียนเพิ่มขึ้น 60% (11 วินาทีต่อมิลลิลิตร) ขณะที่ภาชนะที่ขึ้นรูปด้วยเส้นใยเปลือกทุเรียน 30% มีความต้านทานการซึมผ่านน้ำมันน้อยที่สุดเท่ากับ 9 วินาทีต่อมิลลิลิตร

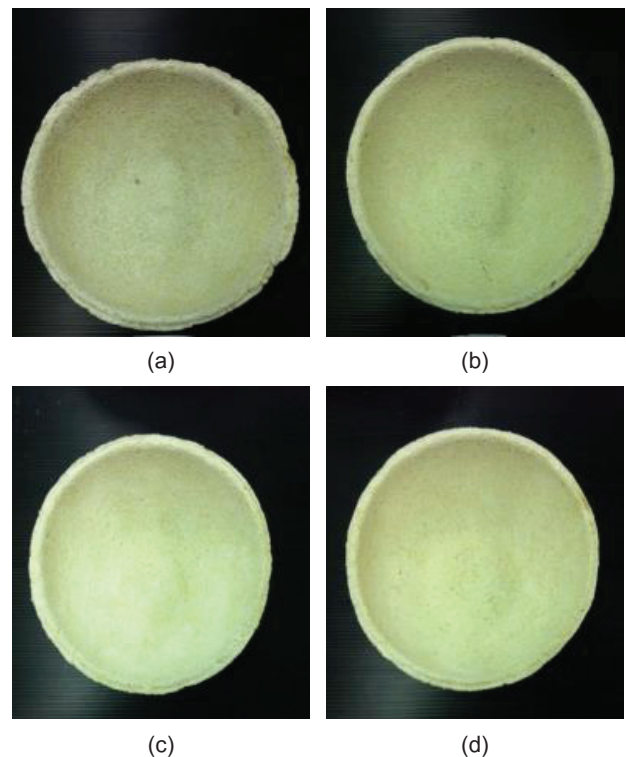


Figure 5 Characteristics of packages with different levels of DRFT
 DRFT 30% (b) DRFT 40%
 (c) DRFT 50% (d) DRFT 60%

3.2 ความแข็งแรงของภาชนะบรรจุจากเส้นใยเปลือกทุเรียน DRFT

จาก Table 1 พบว่าความแข็งแรงของภาชนะบรรจุที่มีส่วนผสมของเส้นใยเปลือกทุเรียน 60% มีความแข็งแรงสูงสุดเท่ากับ 0.16 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยความแข็งแรงของภาชนะบรรจุที่ระดับเส้นใยเปลือกทุเรียน 40 และ 50% ไม่แตกต่างกัน ขณะที่ภาชนะบรรจุที่มีส่วนผสมของเส้นใยเปลือกทุเรียน 30% มีความแข็งแรงต่ำสุดเท่ากับ 0.14 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

4. ผลของปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียน DRF ต่อการขึ้นรูปภาชนะบรรจุ

ผลด้านลักษณะปรากฏทางกายภาพ ภาชนะมีสีน้ำตาลเข้ม มีความเรียบเนียนมันวาว มีความเปราะของขอบด้านบนของภาชนะ โดยพื้นผิวของวัสดุแยกออกจากกันภายหลังจากทำแห้ง รอยขาดของขอบภาชนะลดลงเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น 50 และ 60% (Figure 6) ทั้งนี้เนื่องจากการหดตัวจากความชื้นที่ลดลง เมื่อทดสอบความต้านทานการซึมผ่านของน้ำและน้ำมัน พบว่ามีค่าความต้านทานเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น โดยความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านของน้ำและน้ำมันของภาชนะสูงสุดที่ระดับเส้นใย 60% เท่ากับ 92 วินาทีต่อมิลลิเมตร และ 110 วินาทีต่อมิลลิเมตร ตามลำดับ และภาชนะมีความแข็งแรงเท่ากับ 0.13 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (Table 2)

วิจารณ์และสรุปผล

องค์ประกอบหลักของเปลือกทุเรียนส่วนใหญ่ประกอบด้วย เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ประมาณ 57.4% และ 22% ลิกนิน 13.6% (Lubis *et al.*, 2018) และ สารประกอบพอลิแซคคาไรด์ สารสกัดจากเปลือกทุเรียนที่ได้มีลักษณะเป็นของแข็งเป็นผงมีรูปร่างไม่แน่นอน มีทั้งลักษณะกลมและคล้ายไฟเบอร์ คุณสมบัติของเส้นใยเปลือกทุเรียนมีลักษณะเป็นเส้นใยแข็งและไม่ยืดหยุ่น มีคุณสมบัติเชิงกลเช่นเดียวกับเส้นใยของฝ้ายและป่าน ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมสิ่งทอได้ (Lubis *et al.*, 2018) เส้นใยเปลือกทุเรียนที่ผ่านการสกัดและฟอกขาว (DRFT) ให้ลักษณะเส้นใย

มีสีขาวปนน้ำตาลอ่อน สีของแผ่นวัสดุและภาชนะที่ได้จึงมีความขาวสว่างมากกว่าเส้นใยที่ไม่ได้ผ่านการสกัด (DRF) ซึ่งสีของแผ่นวัสดุและภาชนะที่ได้มีสีน้ำตาลเข้ม อันเนื่องมาจากองค์ประกอบต่างๆของเปลือกที่ไม่ได้ถูกสกัดออก ส่วนผสมซึ่งมีเส้นใยปริมาณที่สูงขึ้นทำให้สัดส่วนของแป้งมันสำปะหลังลดลง เซลลูโลสมีสมบัติดูดซับความชื้นได้ง่าย ขณะที่แป้งมันสำปะหลังซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวประสานจากโมเลกุลของแป้งมีหมู่ไฮดรอกซิลที่มีสมบัติชอบน้ำจำนวนมาก ความต้านทานการซึมผ่านน้ำและน้ำมันของแผ่นวัสดุและภาชนะบรรจุเป็นผลมาจากการยึดเกาะระหว่างเส้นใยและแป้งมันสำปะหลัง และระหว่างเส้นใยกับเส้นใย โดยสภาพพื้นผิวเส้นใยซึ่งถูกปรับสภาพด้วยด่างและสารฟอกขาวช่วยให้พื้นผิวมีความหยาบเพิ่มขึ้น จึงมีส่วนเพิ่มความสามารถในการยึดเกาะระหว่างเส้นใยและพอลิเมอร์แมทริกซ์ดีขึ้น และยังช่วยปรับคุณสมบัติเชิงกล การคงสภาพและค่าความต้านทานน้ำได้ดี (พินภิญจาทันทาตง และคณะ 2561) ดังนั้นการเพิ่มปริมาณเส้นใยของเปลือกทุเรียนจึงมีผลต่อความสามารถในการต้านทานน้ำและน้ำมันได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามความสมดุลในสัดส่วนของเส้นใยและแป้งมันสำปะหลังมีผลต่อความต้านทานของน้ำในภาชนะที่ขึ้นรูปด้วย ซึ่งถ้าสัดส่วนของเส้นใยน้อยกว่าหรือมีมากกว่าแป้ง ความสามารถในการเป็นตัวประสานในการยึดเกาะของแป้งในส่วนผสมจึงลดลง จึงมีผลต่อความต้านทานการซึมผ่านของน้ำลดลง โดยสัดส่วนของเส้นใย DRFT ที่เหมาะสมในการขึ้นรูปภาชนะบรรจุจึงอยู่ในระดับเส้นใย 50%

สำหรับภาชนะที่ขึ้นรูปด้วยเส้นใย DRF ลักษณะปรากฏของภาชนะมีความมันวาว และความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านของน้ำและน้ำมันได้ดี โดยเส้นใยเปลือกที่เพิ่มขึ้น 60% ให้ลักษณะปรากฏและความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านของน้ำและน้ำมันได้สูงสุด เนื่องจากองค์ประกอบของเปลือกเมื่อไม่ได้ผ่านการสกัดและฟอกขาวจะมีองค์ประกอบอื่นนอกเหนือจากเส้นใยเซลลูโลส โดยเฉพาะสารที่มีคุณสมบัติให้ความเหนียว ซึ่งเป็นกลุ่มของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสหรือซีเอ็มซีและโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสซึ่งไม่ได้ถูกกำจัดออกไปในกระบวนการสกัด

Table 1 Properties of packing in package with different levels of DRFT

Properties	DRFT contents (%)			
	30	40	50	60
Water permeation time (sec/ml)	4±1.15 ^a	9±4.72 ^a	53±9.29 ^b	30±12.58 ^c
Oil permeation time (sec/ml)	7±3.78 ^a	9±1.15 ^b	14±0.57 ^d	11±1.15 ^c
Hardness (kg/cm ²)	0.14±1.09 ^a	0.15±1.20 ^b	0.15±1.08 ^b	0.16±1.00 ^c

^{abc} means in the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05)

Table 2 Properties of packing in package with different levels of DRF

Properties	DRF contents (%)			
	30	40	50	60
Water permeation time (sec/ml)	16±7.11 ^a	19±5.42 ^a	55±7.10 ^b	92±9.31 ^c
Oil permeation time (sec/ml)	18±5.23 ^a	25±4.65 ^b	78±5.64 ^c	110±4.21 ^d
Hardness (kg/cm ²)	0.10±1.10 ^a	0.10±1.00 ^a	0.11±1.42 ^b	0.13±1.30 ^c

^{abc} means in the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05)

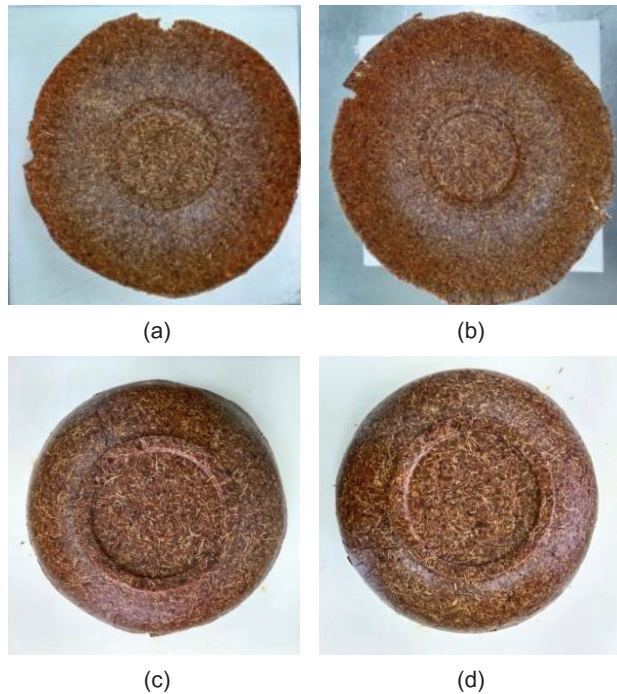


Figure 6 Characteristics of packages with different levels of DRF
 DRF 30 % (b) DRF 40 %
 (c) DRF 50 % (d) DRF 60 %

(ภฤชญา ศิริเลิศมุกุล, 2547; พิมภนิจภา กันทาดง และคณะ, 2561; Lubis *et al.*, 2018) โดยสารซีเอ็มซีสามารถละลายได้ทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น มีคุณสมบัติให้ความคงตัว เพิ่มความหนืด และช่วยยึดเกาะ (binding agent) โดยให้ความหนืดสูงสุดในช่วงค่า พีเอช 6.5-9.0 (Food additives, 2021)

ดังนั้นในการขึ้นรูปภาชนะจากเส้นใย DRF จึงจำเป็นต้องใช้ปริมาณของเส้นใยมากกว่าเส้นใย DRFT จากงานวิจัยของ Soykeabkaew *et al.* (2004) ได้เติมเส้นใยจากปอหรือป่านในแป้งมันสำปะหลัง ทำให้ภาชนะมีความยืดหยุ่นมากขึ้น จากปฏิกิริยาการเชื่อมข้ามระหว่างแป้งและเส้นใย จากรายงานของ Salgado *et al.* (2008) พบว่าการใช้เส้นใยเซลลูโลส

10-20% ในภาชนะโพลีมีมีส่วนช่วยปรับคุณสมบัติเชิงกลและช่วยลดความชื้นที่เกิดขึ้นในภายหลังได้ นอกจากนี้ปริมาณเส้นใยยังมีผลต่อความแข็งแรงของภาชนะบรรจุด้วย ซึ่งพบว่า การเพิ่มปริมาณเส้นใยเปลือกทุเรียนมากขึ้นส่งผลให้ค่าความแข็งแรงของภาชนะบรรจุเพิ่มขึ้น โดยภาชนะที่ขึ้นรูปด้วยเส้นใย DRFT มีความแข็งแรงมากกว่าภาชนะที่ขึ้นรูปด้วยเส้นใย DRF ผลของปริมาณเส้นใยต่อค่าความแข็งแรงของภาชนะที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kaisangri *et al.* (2012) ซึ่งใช้เส้นใยจากธรรมชาติเป็นส่วนผสมในถาดโพลี ย่อยสลายได้ โดยส่วนผสมประกอบด้วยแป้ง มันสำปะหลังและโคโคซาน พบว่าการใช้เส้นใยคราฟท์ 30% มีผลต่อค่าความหนาแน่นของถาดโพลีเพิ่มขึ้น

ดังนั้นผลของการใช้ชนิดเส้นใยเปลือกทุเรียนที่แตกต่างกันในการผลิตภาชนะบรรจุ จึงมีผลต่อปริมาณในการใช้ที่เหมาะสม ลักษณะปรากฏและคุณสมบัติในการบรรจุที่แตกต่างกัน ซึ่งภาชนะที่ใช้เส้นใยเปลือกทุเรียนชนิด DRFT เป็นส่วนผสม ปริมาณเส้นใยที่เหมาะสม คือ 50% ส่วนภาชนะที่ใช้เส้นใยเปลือกทุเรียนชนิด DRF เป็นส่วนผสม ปริมาณเส้นใยที่เหมาะสม คือ 60% โดยภาชนะจากเส้นใยชนิด DRF ให้ลักษณะปรากฏที่ดีในด้านความมันวาว และมีความสามารถในการต้านทานต่อการซึมผ่านของน้ำและน้ำมันได้ดี มีความสามารถในการขึ้นรูปได้ง่ายและมีน้ำหนักเบา ส่วนภาชนะที่ขึ้นรูปด้วยเส้นใยชนิด DRFT มีความแข็งแรง มีความสว่าง และมีน้ำหนักมากกว่า ดังนั้นการเลือกใช้จึงขึ้นอยู่กับความต้องการในการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งสามารถนำไปใช้สำหรับบรรจุอาหารแห้งได้ แต่สำหรับบรรจุอาหารเหลวจำเป็นต้องมีการปรับปรุงสมบัติในการบรรจุต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สทศว.) ประจำปีงบประมาณ 2563

เอกสารอ้างอิง

- กฤษณา ศิริเลิศมุกกุล. (2547). เซลลูโลสจากเปลือกทุเรียน. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พรทิพย์ ฐานมัน. (2543). การพัฒนาภาชนะบรรจุจากแป้งมันสำปะหลัง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พิมพ์นิจภา กันทาดง, มินตรา พีเกาะ และอริชรา สิ้นด่านจาก. (2561). फिल्मคอมโพสิตชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง เสริมแรงด้วยเส้นใยเซลลูโลสเปลือกทุเรียน. วารสารวิจัยและวิชาการ มทร. พระนคร, 13(1), 39-50.
- สุนันท์ พงษ์สามารถ, เรวดี ธรรมอุปกรณ์ และชิติรัตน์ ปานม่วง. (ม.ป.ป.). การศึกษาสารคาร์โบไฮเดรตจากเปลือกทุเรียน ในการเตรียมผลิตภัณฑ์ยาน้ำและผลิตภัณฑ์อาหาร. <https://www.researchgate.net/scientific-contributions/sunanth-phngssamarth-17750384>.
- Food additives. (2021). *What is carboxymethyl cellulose (CMC)/cellulose gum (E466) in food and uses?*. <https://foodadditives.net/thickeners/cellulose-gum/>.
- Kaisangsri, N., Kerdchoechuen, O. & Laohakunjit, N. (2012). Biodegradable foam tray from cassava starch blended with natural fiber and chitosan. *Industrial Crops and Products*, 37(1), 542-546.
- Lawton, J.W., Shogren, R.L. & Tiefenbacher, K.F. (2004). Aspen fiber addition improves the mechanical properties of baked cornstarch foams. *Industrial Crops and Products*, 19, 41-48.
- Lubis, R., Saragih, S.W., Wirjosentono, B. & Eddyanto, E. (2018). Characterization of durian rinds fiber (*Durio zubinthinus, murr*) from North Sumatera. *AIP conference Proceedings* (pp.1-8). <https://doi.org/10.1063/1.5082474>.
- Penjumras, P., Abdul Rahman, R.B., Talib, R.A. & Abdan, K. (2014). Extraction and characterization of cellulose from durian rind. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 237-243.
- Salgado, P.R., Schmidt, V.C., Molina Ortiz, S.E., Mauri, A.N. & Laurindo, J.B. (2008). Biodegradable foams based on cassava starch, sunflower proteins and cellulose fibers obtained by a baking process. *J. of Food Engineering*, 85, 435-443.
- Soykeabkaew, N., Supaphol, P. & Rujiravanit, R. (2004). Preparation and characterization of jute-and flax-reinforced starch-based composite foams. *Carbohydrate Polymers*, 58, 53-63.

คำแนะนำสำหรับผู้พิมพ์

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำหนดพิมพ์ปีละ 6 ฉบับ ฉบับที่ 1 (มกราคม-กุมภาพันธ์) ฉบับที่ 2 (มีนาคม-เมษายน) ฉบับที่ 3 (พฤษภาคม-มิถุนายน) ฉบับที่ 4 (กรกฎาคม-สิงหาคม) ฉบับที่ 5 (กันยายน-ตุลาคม) ฉบับที่ 6 (พฤศจิกายน-ธันวาคม) ผู้พิมพ์ทุกท่านสามารถส่งบทความวิจัยเพื่อรับการพิจารณาลงตีพิมพ์ได้ โดยไม่ต้องเป็นสมาชิกและไม่จำเป็นต้องสังกัดมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผลงานที่ได้รับการพิจารณาในวารสารจะต้องมีสาระที่น่าสนใจ เป็นงานที่ทบทวนความรู้เดิมหรือองค์ความรู้ใหม่ ที่ทันสมัย รวมทั้งข้อคิดเห็นทางวิชาการที่เป็นประโยชน์ต่อผู้อ่าน และจะต้องเป็นงานที่ไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารอื่นมาก่อน รวมถึงไม่อยู่ระหว่างพิจารณาลงพิมพ์ในวารสารใด บทความอาจถูกดัดแปลงแก้ไข เนื้อหา รูปแบบ และสำนวน ตามที่กองบรรณาธิการเห็นสมควร ทั้งนี้ เพื่อให้วารสารมีคุณภาพในระดับมาตรฐานสากล และนำไปอ้างอิงได้

การเตรียมต้นฉบับ

1. ต้นฉบับพิมพ์เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ แต่จะเรื่องจะต้องมีบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ การใช้ภาษาไทยให้ยึดหลักการใช้คำศัพท์การเขียนทับศัพท์ภาษาอังกฤษตามหลักของราชบัณฑิตยสถาน ให้หลีกเลี่ยงการเขียนภาษาอังกฤษร่วมกับภาษาไทยในข้อความ ยกเว้นกรณีจำเป็น เช่น ศัพท์ทางวิชาการที่ไม่มีทางแปล หรือคำที่ใช้แล้วทำให้เข้าใจง่ายขึ้น คำศัพท์ภาษาอังกฤษที่เขียนเป็นภาษาไทยให้ใช้ตัวเล็กทั้งหมด ยกเว้นชื่อเฉพาะ สำหรับต้นฉบับภาษาอังกฤษ ควรได้รับการตรวจสอบความถูกต้องของภาษาจากผู้เชี่ยวชาญด้านภาษาอังกฤษก่อน

2. ขนาดของต้นฉบับ ใช้กระดาษขนาด A4 (8.5x11 นิ้ว) และพิมพ์โดยเว้นระยะห่างจากขอบกระดาษด้านละ 1 นิ้ว จัดเป็น 2 คอลัมน์

3. ชนิดของขนาดตัวอักษร ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษให้ใช้ตัวอักษร **Browallia New**

3.1 ชื่อเรื่องให้ใช้อักษรขนาด **18 pt. ตัวหนา**

3.2 ชื่อผู้พิมพ์ใช้อักษรขนาด **16 pt. ตัวปกติ**

3.3 หัวข้อหลักใช้อักษรขนาด **16 pt. ตัวหนา**

3.4 หัวข้อรองใช้อักษรขนาด **14 pt. ตัวหนา**

3.5 บทคัดย่อและเนื้อหาใช้ตัวอักษรขนาด **14 pt. ตัวบาง**

3.6 เชิงอรรถอยู่หน้าแรกที่เป็นรายละเอียดชื่อตำแหน่งทางวิชาการ และที่อยู่ของผู้พิมพ์ใช้อักษรขนาด 12 pt.

ตัวบาง และใส่ Corresponding author

4. ผู้พิมพ์จะต้องจัดเตรียมต้นฉบับในรูปแบบของไฟล์ “.doc” (MS Word) และ “.pdf” (Portable Document Format)

5. จำนวนหน้า ความยาวของบทความไม่ควรเกิน 12 หน้า รวมตาราง รูป ภาพ และเอกสารอ้างอิง

6. รูปแบบการเขียนต้นฉบับ แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทบทความรายงานผลวิจัยหรือบทความวิจัย (research article) และบทความจากการทบทวนเอกสารวิจัยที่ผู้อื่นทำเอาไว้ หรือบทความทางวิชาการ หรือบทความทั่วไป หรือบทความปริทัศน์ (review article)

7. การส่งบทความ ส่ง online ผ่านระบบ ThaiJo โดยสามารถเข้าไปดูรายละเอียดที่ www.scjmsu.msu.ac.th

8. หากจัดรูปแบบไม่ถูกต้องทางวารสารจะจัดส่งคืนผู้พิมพ์เพื่อปรับแก้ไข ก่อนเสนอผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณา ซึ่งอาจทำให้กระบวนการตีพิมพ์ล่าช้า

บทความวิจัย/บทความวิชาการ ให้เรียงลำดับหัวข้อดังนี้

ชื่อเรื่อง (Title) ชื่อเรื่องให้มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรสั้น กระชับ และสื่อเป้าหมายหลักของงานวิจัย ไม่ใช่คำย่อ ความยาวไม่เกิน 100 ตัวอักษร

ชื่อผู้พิมพ์ [Author(s)] และที่อยู่ ให้มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และระบุตำแหน่งทางวิชาการ หน่วยงาน หรือสถาบันที่สังกัด และ E-mail address ของผู้พิมพ์ไว้เป็นเชิงบรรณของหน้าแรก เพื่อกองบรรณาธิการสามารถติดต่อได้

บทคัดย่อ (Abstract) เป็นการย่อเนื้อความงานวิจัยทั้งเรื่องให้สั้น และมีเนื้อหา ประกอบด้วย วัตถุประสงค์ ผลการค้นพบที่สำคัญ และสรุป มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยบทคัดย่อภาษาอังกฤษมีความยาวไม่เกิน 300 คำ สำหรับบทคัดย่อภาษาไทยให้สอดคล้องกับบทคัดย่อภาษาอังกฤษ

คำสำคัญ (Keywords) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ไม่เกิน 5 คำ ให้ระบุไว้ท้ายบทคัดย่อของแต่ละภาษา

บทนำ (Introduction) เป็นส่วนเริ่มต้นของเนื้อหา ที่บอกความเป็นมา เหตุผล และวัตถุประสงค์ ที่นำไปสู่งานวิจัยนี้ ให้ข้อมูลทางวิชาการที่เกี่ยวข้องจากการตรวจสอบเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีรายงานการศึกษาท่อนหน้า

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา (Materials and Methods) ให้ระบุรายละเอียด วัสดุอุปกรณ์ สิ่งื่อนำมาศึกษา จำนวน ลักษณะเฉพาะของตัวอย่างที่ศึกษา อธิบายวิธีการศึกษา แผนการทดลองทางสถิติ วิธีการเก็บข้อมูลการวิเคราะห์และการแปรผล

ผลการศึกษา (Results) รายงานผลที่ค้นพบ ตามลำดับขั้นตอนของการวิจัย อย่างชัดเจนได้ใจความ ถ้าผลไม่ซับซ้อน และมีตัวเลขไม่มากควรใช้คำบรรยาย แต่ถ้ามีตัวเลข หรือ ตัวแปรมาก ควรใช้ตารางหรือแผนภูมิประกอบการรายงานผลการศึกษา

วิจารณ์และสรุปผล (Discussion and Conclusion) การอภิปรายผลการศึกษาว่าตรงกับวัตถุประสงค์และเปรียบเทียบกับสมมติฐานของการวิจัยที่ตั้งไว้ หรือแตกต่างไปจากผลงานที่มีผู้รายงานไว้ก่อนหรือไม่ อย่างไร เหตุผลใดจึงเป็นเช่นนั้น และมีพื้นฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ ผู้พิมพ์อาจมีข้อเสนอแนะที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ หรือตั้งประเด็นคำถามการวิจัย ซึ่งเป็นแนวทางสำหรับการวิจัยต่อไป

ตาราง รูป ภาพ แผนภูมิ (Table, Figures, and Diagrams) ควรคัดเลือกเฉพาะที่จำเป็น แทรกไว้ในเนื้อเรื่อง โดยเรียงลำดับให้สอดคล้องกับคำอธิบายในเนื้อเรื่อง และมีคำอธิบายเป็นภาษาอังกฤษ ที่สื่อความหมายได้สาระครบถ้วน กรณีที่เป็นตาราง คำอธิบายอยู่ด้านบน ถ้าเป็นรูป ภาพ แผนภูมิ คำอธิบายอยู่ด้านล่าง

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements) ระบุงานวิจัยได้รับการสนับสนุนงบประมาณ หรือสนับสนุนด้านอื่นๆ รวมถึงความช่วยเหลือจากองค์กรใดหรือผู้ใดบ้าง

เอกสารอ้างอิง (References) ระบุงานการเอกสารที่นำมาใช้อ้างอิงให้ครบถ้วนไว้ท้ายเรื่อง โดยใช้ APA Style ดังตัวอย่าง สามารถดูรายละเอียดและตัวอย่างเพิ่มเติมได้ที่ www.scjmsu.msu.ac.th

เอกสารอ้างอิงให้เขียนตามรูปแบบ “Publication Manual of the American Psychological Association” (7th Edition)

1. หนังสือ (ในรูปแบบรูปเล่ม)

ชื่อ-สกุล. (ปีพิมพ์). *ชื่อเรื่อง* (พิมพ์ครั้งที่). สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง:

วิธาน ฐานะวุฑฒิ. (2547). *หัวใจใหม่-ชีวิตใหม่*. ปิตติศึกษา.

2. บทความในวารสารอิเล็กทรอนิกส์

ชื่อ-สกุล. (ปีพิมพ์). ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร, เลขของปีที่(เลขของฉบับที่), เลขหน้า. /<https://doi.org/เลขdoi>

ตัวอย่าง:

มานะ สิ้นฐานษานนท์. (2549). ปัจจัยส่งเสริมการจัดการศึกษาที่ส่งผลต่อคุณภาพนักเรียนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. *วารสารครุศาสตร์*, 18(2), 115-116.

3. รายงานการประชุมเชิงวิชาการ (Proceeding)

ชื่อ-สกุล. (ปี). ชื่อบทความ. ใน/ชื่อบรรณานุกรม (บ.ก.), ชื่อหัวข้อการประชุม. ชื่อการประชุม (น. เลขหน้า). ฐานข้อมูล.

ตัวอย่าง:

พัชราภา ตันติชูเวช. (2553). การศึกษาทั่วไปกับคุณลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ในประเทศมาเลเซีย และสิงคโปร์ ศึกษาโดยเปรียบเทียบกับประเทศไทย. ใน ศิริชัย กาญจนวาสี (บ.ก.), *การขับเคลื่อนคุณภาพการศึกษาไทย. การประชุมวิชาการและเผยแพร่ ผลงานวิจัยระดับชาติ* (น. 97-102). คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

4. หนังสือพิมพ์และหนังสือพิมพ์ออนไลน์

ชื่อสกุล. (ปี, /วัน/เดือน). ชื่อคอลัมน์. ชื่อหนังสือพิมพ์, เลขหน้า.

ตัวอย่าง:

พงษ์พรรณ บุญเลิศ. (2561, 15 สิงหาคม). เติลนิวส์ว่าไรดี: 'สื่อพิพิธภัณฑน์' เชื่อม ยุคสมัย เข้าถึงด้วย 'มิติใหม่' อินเทอร์เน็ต. *เติลนิวส์*, 4.

5. หนังสือ (ในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์)

ชื่อ สกุล. (ปีพิมพ์). ชื่อเรื่อง (พิมพ์ครั้งที่). URL

ตัวอย่าง:

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *หลักสูตรการศึกษาปฐมวัย พุทธศักราช 2560 สำหรับเด็กอายุ ต่ำกว่า 3-5 ปี*. http://drive.google.com/file/d/1HiTwiRh1Er73h VYIMh1cYWzQiaNI_Vc/view

Intruccion for Authors

Research manuscripts relevant to subject matters outlined in the objectives are accepted from all institutions and private parties provided they have not been preprinted elsewhere. The context of the papers may be revised as appropriate to the standard. The manuscript must be interesting topic, review knowledge, modern knowledge, and academic comments that are beneficial to readers. The journal publishes 6 issues a year. Vol.1 (January-February) Vol.2 (March-April) Vol.3 (May-June) Vol.4 (July-August) Vol.5 (September-October) Vol.6 (November-December).

Preparation of manuscripts:

1. Manuscripts can be written in either Thai or English with the abstract in both Thai and English. The use of Thai language adheres to the principles of vocabulary, transliteration in English according to the principles of the Royal Society of Thailand. Manuscript should be specific, clear, concise, accurate, and consistent. Mixing Thai and English should be avoided except for the case of necessity, such as academic vocabulary with no translation or mixing words for easier understanding. English vocabulary written in Thai must use all lowercase except for unique names. English language manuscripts should be checked by an English language editor prior to submission.

2. Manuscript should be on A4 standard size paper. Each side must have 1" margins with 2 columns.

3. Browallia New font is required with font size as follows:

3.1 Title of the article: **18 pt. Bold**

3.2 Name(s) of the authors: **16 pt. Unbold**

3.3 Main Heading: **16 pt. Bold**

3.4 Sub-heading: **14 pt. Bold**

3.5 Body of the text: **14 pt. Unbold**

3.6 Footnotes for authors and their affiliations: **12 pt. Unbold**, must be cited at the bottom of the first page. Academic position and corresponding author must be added at footnotes.

4. Manuscripts should be typed in MS word ".doc" and ".pdf" (Portable Document Format)

5. The number of pages are limited to 12 pages, including references, tables, graphs, or pictures.

6. Types of manuscripts: research articles and review articles.

7. Manuscript submission: online submission via www.scjmsu.msu.ac.th.

8. Manuscript with uncorrected format will be sent back to the author before review process which can delay the publication process.

Research article / review article must be in sequence as follows:

Title: denoted in both Thai and English, must be concise and specific to the point, normally less than 100 characters.

Name(s) of the author(s): denoted with affiliation must be in Thai and English, academic position must be specified, and email address for contact the author.

Abstract: This section of the paper should follow an informative style, concisely covering all the important of findings. The abstract must include objectives, findings, and conclusion. Thai and English abstract is required. The English abstract is restricted to **300 words**. Thai abstract should be relevant to English version.

Keywords: Give 4-5 concise words to specify your article

Introduction: This section is the initial part of the article, contain information about background, reasons, purposes, and review section.

Materials and Methods: A discussion of the materials used, and a description clearly detailing how the experiment was undertaken, e.g., experimental design, data collection and analysis, and interpretation

Results: Present the output. Li the information in complicated, add tables, graphs, diagrams etc., as necessary.

Discussion and Conclusion: Discuss how the results are relevant/oppose to the objective and hypothesis. How the result is different/relevant when comparing to the former findings. Give us your reason why result is like that base on reliable researches. This part should end with suggestions for research utilization or providing questions for future studies.

Tables, figures, diagrams: Selected only necessary objects to insert in the body of manuscript in accordance with the description in the text. The short description is required in English with completely meaningful. For figures and diagrams, the description is below the picture. But, for table, the description is on top of the table.

Acknowledgement: the name of the persons, organization, or funding agencies who helped support the research are acknowledged in this section.

References: listed and referred in APA.

Reference are written in “Publication Manual of the American Psychological Association” (7th Edition)

1. Book

Mertens, D.M. (2014). *Research and evaluation in education and psychology: Integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods* (4th ed.). SAGE.

2. Academic Journal

Herbst-Damm, K.L., & Kulik, J.A. (2005). Volunteer support, marital status, and the survival times of terminally ill patients. *Health Psychology, 24*, 225-229. <https://doi.org/10.1037/0278-6133.24.2.225>

3. Conference Proceeding

Katz, I., Gabayan, K., & Aghajan, H. (2007). A multi-touch surface using multiple cameras. In J. Blanc-Talon, W. Philips, D. Popescu, & P. Scheunders (Eds.), *Lecture notes in computer science: Vol. 4678. Advanced concepts for intelligent vision systems* (pp. 97-108). Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-540-74607-2_9

4. Newspaper / Online Newspaper

Brody, J.E. (2007, December 11). Mental reserves keep brain agile. *The New York Times*. <http://www.nytimes.com>

5. E-book

Dahlberg, G., & Moss, P. (2005). *Ethics and politics in early childhood education*. <https://epdf.tips/ethics-and-politics-in-early-childhoodeducation-contesting-early-childhood.html>

Aim and Scope:

The Journal of Science and Technology aims to disseminate of scientific knowledge in the discipline of Mathematics, Science, Technology, Engineering, Agriculture, Medicine, Health Science, Interdisciplinary in science and technology. The journal publishes both research article and review article.

Ownership

Maharakham University
Editorial Office
Division of Research Facilitation and Dissemination,
Khamriang Sub-distict, Kantharawichai District,
Maha Sarakham Province 44150
Tel & Fax: 0 4375 4416 ext. 1754

Advisors

President of Maharakham University
Professor Dr.Visut Baimai
Professor Dr.Vichai Boonsaeng
Professor Dr.Peerasak Srinives

Editor-in-Chief

Professor Dr.Preecha Prathepha

Assistant Editors

Professor Dr.Pairot Pramual
Maharakham University
Professor Dr.Sirithon Siriamornpun
Maharakham University
Associate Professor Dr.Worapol Aengwanich
Maharakham University
Associate Professor Dr.Vallaya Sutthikhum
Maharakham University

Editorial Board

Professor Dr.Thaweesakdi Boonkerd
Chulalongkorn University
Professor Dr.La-orsri Sanoamuang
Khon Kaen University
Professor Dr.Pranee Anprung
Chulalongkorn University
Professor Dr.Niwat Sonoamuang
Khon Kaen University
Professor Dr.Anongrit Kangrang
Maharakham University
Professor Dr.Wongsa Laohasiriwong
Khon Kaen University
Associate Professor Dr.Sunan Saikrasun
Maharakham University
Associate Professor Dr.Suwanna Boonyaleepun
Khon Kaen University
Associate Professor Dr.Kwanjai Kanokmedhakul
Khon Kaen University
Associate Professor Dr.Chantana Aromdee
Khon Kaen University

Associate Professor Dr.Boonchong Chawsithiwong
National Institute of Development Administration
Associate Professor Dr.Porntep Tanonkeo
Khon Kaen University

Associate Professor Dr.Narumon Sangpradub
Khon Kaen University

Associate Professor Dr.Terdsak Khammeng
Khon Kaen University

Associate Professor Yuen Poovarawan
Kasetsart University

Associate Professor Dr.Orawich Goompol
Maharakham University

Associate Professor Dr.Sirikasem Sirilak
Naresuan University

Associate Professor Dr.Chawalit Boonpok
Maharakham University

Assistant Professor Dr.Napparat Buddhakala
Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Assistant Professor Dr.Anucha Pranchana
Ubon Ratchathani Rajabhat University

Assistant Professor Dr.Seckson Sukhasena
Naresuan University

Assistant Professor Dr.Walaiporn Tongjaroenbuengam
Maharakham University

Assistant Professor Dr.Alongkorn Lamom
Maharakham University

Assistant Professor Dr.Natapol Pumipuntu
Maharakham University

Assistant Professor Dr.Somnuk Puangpronpitag
Maharakham University

Dr.Rakjinda Wattanalai

Siam University

Dr.Adrian R. Plant

Maharakham University

Secretary

Chaweewan Akkasesthang

Assistant secretary

Phakwilai Rungwisai

Jirarat Puseerit

Six issues per year

Number 1 January-February

Number 2 March-April

Number 3 May-June

Number 4 July-August

Number 5 September-October

Number 6 November-December