

ISSN: 2730-1583



วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นอร์ทเทิร์น

Journal of Science and Technology Northern

ปีที่ 3 ฉบับที่ 4 ประจำเดือน ตุลาคม - ธันวาคม 2565



วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโนร์ทเทิร์น ISSN 2730-1583

Journal of Science and Technology Northern

ปีที่ 3 ฉบับที่ 4 ตุลาคม – ธันวาคม 2565

วัตถุประสงค์ของการจัดพิมพ์วารสาร

1. เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้นักวิชาการ คณาจารย์ นิสิต นักศึกษา และบุคคลทั่วไป ได้เผยแพร่บทความทางวิชาการและบทความวิจัยที่มีคุณภาพ
2. เพื่อเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความรู้ ประสบการณ์ด้านวิชาการ และด้านการวิจัย

ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไตรรัตน์ ยืนยง อธิการบดีวิทยาลัยนอร์ทเทิร์น

บรรณาธิการ

ดร.พุดพิงค์ มากมาย คณบดีคณะสหเวชศาสตร์ วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น

กองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.เดชา	ทำดี	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.วราภรณ์	บุญเชียง	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อาจารย์ ดร.สุภัทรา	กลางประพันธ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ศาสตราจารย์ ดร.ศุภชัย	ยวาะประภาส	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รองศาสตราจารย์ สฤณี	พรมสายใจ	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
รองศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ศักดิ์	หนูสอน	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รองศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์	เนียมนาถ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รองศาสตราจารย์ ดร.ปัทมา	สุพรรณกุล	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธันช	กนกเทศ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิเศษ ดร.สมตระกูล ราศิริ		วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดพิษณุโลก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อานนท์	วงษ์มณี	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิศักดิ์	ชันแก้วหล้า	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรา	ดลวิทยาคุณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษ	เคลือบวัง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐาวรี	ชั้นสำโรง	มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สำราญ	ชั้นสำโรง	ม.มหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย วิทยาเขตเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนัญญา	จิระพรกุล	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เนาวรัตน์	มณีนิล	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อาจารย์ ดร.ยุพรัตน์	หลิมมงคล	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อาจารย์ ดร.คงศักดิ์	บุญยะประณัย	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ ม.เชียงใหม่
อาจารย์ ดร.กิตติพัทธ์	เอี่ยมมรด	สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดตาก
อาจารย์ ดร.จิระเกียรติ	ประสานธนกุล	สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดตาก
อาจารย์ ดร.พัฒนา	นาคทอง	วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี นครลำปาง
ภญ.ดร.ธีรยา	วรปาณี	สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสุโขทัย
อาจารย์ ดร.เสน่ห์	แสงเงิน	มหาวิทยาลัยรามคำแหง วิทยาเขตจังหวัดสุโขทัย
อาจารย์ ดร.อมรศักดิ์	โพธิ์อำ	มหาวิทยาลัยรามคำแหง วิทยาเขตจังหวัดสุโขทัย
อาจารย์ ดร.รชานนท์	ง่วนใจรัก	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
อาจารย์ ดร.จิระภา	ข้าพิสุทธิ	วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น
อาจารย์ ดร.น.สพ.เมธี	สุทศศิลป์	วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น
อาจารย์ ดร.รุ่งตะวัน	เมืองมูล	วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น
อาจารย์ ดร.สถาพร	สาภา	วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น
อาจารย์ ดร.เพชรลดา	บริหาร	วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น
อาจารย์ ดร.สุพัฒน์	อาสนะ	วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดขอนแก่น

ฝ่ายจัดการและเลขานุการกองบรรณาธิการ

อาจารย์เศรษฐกุล	บุญยศศักดิ์เสรี	วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น
อาจารย์กล้าณรงค์	อินตะวงศ์	วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น
อาจารย์ธีรพัฒน์	อินทร์ธรรม	วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น
อาจารย์จตุพร	แพงจักร	วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น
อาจารย์ชนกนันท์	ฝากมิตร	วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น

กำหนดการเผยแพร่

ปีละ 4 ฉบับ

เจ้าของวารสาร

วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น

สำนักงาน

กองบรรณาธิการวารสาร ฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น ชั้น 1
888 หมู่ 2 ถนนพหลโยธิน (แนวเก่า) ตำบลหนองบัวใต้ อำเภอเมือง จังหวัดตาก 63000
โทรศัพท์ 055-517488 ต่อ 808

พิมพ์ที่ บริษัท พีค การพิมพ์ จำกัด เลขที่ 24/9 ถนนติวานนท์ ตำบลบ้านกลาง อำเภอเมืองปทุมธานี
จังหวัดปทุมธานี 12000 โทรศัพท์ 0-297-9571-6

สารบัญ

หน้า

บทความวิจัย

ผลของโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารและ ผลลัพธ์ทางคลินิกของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 คลินิกโรคไต โรงพยาบาลท่าตะโก วรรณลักษณ์ สุประดิษฐอาภรณ์.....	1
การผลิตถ่านกัมมันต์จากเศษไม้ลำไยโดยใช้ซิงค์คลอไรด์ ($ZnCl_2$) และน้ำส้มควันไม้เป็นตัวกระตุ้น สังคม สัพโส, ยุทธนา ศรีอุดม, ชัยณรงค์ แสนเปา, วิศิษฐ์ ขัดสาย และ กันตภณ เปรมประยูร.....	23
สภาพสุขภาพและคุณภาพน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ในเขตพื้นที่รอบ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร จิตติสุดา อุดมรัตน์ศิริชัย, สุจิตตรา เทียงสันเทียะ, วชิระ สิงห์คง และ บุญยกฤต รัตนพันธุ์.....	33
การศึกษาสารพิษตกค้างเบื้องต้น ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมัน หอมระเหยจากหัวกระเทียมด้วยเทคนิค GC-MS สุกิจ ทองแบน, วาสนา ประภาเลิศ, อัครสิทธิ์ บุญส่องแท้, กัญญ์วรา หล่ายข้าม และ รุ่งทิพย์ กาวารี.....	47
การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพสมุนไพรผักเชียงดา อำไพ สงวนแวว, ศุภชา นาทีทอง, นฤพร วนาบุปผา และ วันเพ็ญ ลอศรีโสภณ.....	60
การตรวจสอบการปลอมปนของน้ำในน้ำกะทิด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี รวิภัทร ลาภเจริญสุข, ทยานนท์ ลั่นวงษา, พันฉาย สันติสกุลวงศ์ และ วุฒิพงษ์ บุตรนนท์.....	75
แบบจำลองสำหรับประมาณค่าปริมาณเมฆจากค่ารังสีอาทิตย์รวมในจังหวัดภูเก็ต สุวิทย์ เพชรห้วยลึก.....	86

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทความวิจัย	
การผลิตและสมบัติของข้าวเกรียบปลาจากปลาเล็กปลาน้อย อรรณูญา อำไพจิตร และ พรหมภัสสร พรทวีโชคโกคิน.....	97
การใช้เครื่องมือ FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) ในการจัดการความเสี่ยงของ ระบบยาแผนกผู้ป่วยใน โรงพยาบาลสนม จังหวัดสุรินทร์ พรรณวิภา ลาภจิตร.....	115

Received: 20 Oct 2022; Revised: 4 Nov 2022

Accepted: 18 Nov 2022

ผลของโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารและ ผลลัพธ์ทางคลินิกของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 คลินิกโรคไต โรงพยาบาลท่าตะโก

วรรณลักษณ์ สุประดิษฐอาภากร¹

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi – experimental Research) แบบสองกลุ่มวัดผลก่อนและหลังการทดลอง (two- groups pretest–posttest design) เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารและผลลัพธ์ทางคลินิกของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 คลินิกโรคไต โรงพยาบาลท่าตะโก จำนวน 60 ราย รวบรวมข้อมูลระหว่างวันที่ 11 ตุลาคม 2565 ถึง 2 ธันวาคม 2565 คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มตามคุณสมบัติที่กำหนด และสุ่มเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 30 ราย โดยให้มีลักษณะใกล้เคียงกันในเรื่อง เพศ อายุ รายได้ ระยะเวลาของการเจ็บป่วยด้วยโรคไตเรื้อรัง ระดับค่าอัตราการกรองของไต และระดับค่าความดันโลหิต กลุ่ม ทดลองได้รับโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ (Educative supportive nursing system) ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการพยาบาลตามปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ คู่มือการดูแลตนเองด้านโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 แบบบันทึกการติดตามต่อเนื่องทางโทรศัพท์ และแบบบันทึกพฤติกรรมกรบริโภคอาหารวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา และสถิติอ้างอิง ได้แก่ Paired t-test, Independent t-test

ผลการวิจัยพบว่าหลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมกรบริโภคอาหารสูงขึ้นกว่าก่อนการทดลองและสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ด้านผลลัพธ์ทางคลินิกเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการกรองของไต พบว่าการทำงานของไตของกลุ่มทดลองมีแนวโน้มดีขึ้นมากกว่าก่อนการทดลองและมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการพยาบาลตามปกติ แต่เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($p=0.10$) สำหรับค่าความดันโลหิตหลังการทดลองกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยความดันโลหิตต่ำกว่าก่อนการทดลองและต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการพยาบาลตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

¹ พยาบาลวิชาชีพชำนาญการ โรงพยาบาลท่าตะโก จังหวัดนครสวรรค์



ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ สามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 และส่งผลทำให้แนวโน้มอัตราการกรองของไตเพิ่มขึ้น มีค่าความดันโลหิตอยู่ในเกณฑ์เป้าหมาย ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาคุณภาพการให้บริการในคลินิกโรคไต และเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพระบบการจัดการด้านการสนับสนุนและให้ความรู้เรื่องการบริโภคอาหาร เพื่อการชะลอไตเสื่อม โดยมีข้อเสนอแนะควรเพิ่มระยะเวลาดูตามประเมินอัตราการกรองของไตในระยะ 4, 8 และ 12 เดือนเพื่อติดตามอัตราการเสื่อมของไตอย่างต่อเนื่อง และควรเพิ่มตัวแปรด้านอื่นๆ เช่น ปริมาณโซเดียมในปัสสาวะ และโปรตีนในปัสสาวะ 24 ชั่วโมงร่วมด้วย เพื่อประเมินผลการควบคุมอาหารโปรตีน และอาหารที่มีเกลือโซเดียมของผู้ป่วย

คำสำคัญ : โปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้, พฤติกรรมการบริโภคอาหาร, ผลลัพธ์ทางคลินิก

Effects of a supportive and educational nursing program on dietary and nutritional behaviors Clinical outcomes of the elderly with chronic kidney disease stage 3-4 at the Kidney Disease Clinic, Tha Tako Hospital

Wannalak Supraditarporn¹

ABSTRACT

This was quasi-experimental research aimed to examine the effects of supportive education nursing programs on food consumption behaviors and clinical outcomes among Chronic Kidney disease elderly stage 3-4, Kidney Clinic, Thatako Hospital. . Level among sixty CKD elderly stage 3-4, who visited the CKD elderly stage 3-4 clinic at Thatako Hospital. Data were collected from 11 October to 02 December 2022. The subjects were purposively selected based on the inclusion criteria and were randomly assigned in equal numbers into experimental and control groups with thirty cases in each group. The similarity between groups in terms of sex, age, income, length of illness with CKD, glomerular filtration rates, and blood pressure level. The subjects in the experimental group received a supportive education nursing program from the researcher. The conceptual model used in this study was Orem's Nursing Theory. While the control group received the usual nursing care. The research instruments consisted of a supportive education nursing program, a handbook of food consumption for CKD elderly stage 3-4, a Demographic Data Recording Form, Food consumption behavior, and clinical outcomes. Data were analyzed using descriptive statistics and inferential statistics by paired-test and independent t-test.

Results revealed that after the intervention, the experimental group had significantly higher mean scores of food consumption behaviors for CKD elderly stage 3-4 than before the intervention and had significantly higher than the control group ($p < 0.05$). For clinical outcomes, and estimated glomerular filtration rates, the experimental group showed a better filtering rate

¹ Registered Nurse, Professional Level, Thatako Hospital, Nakhon Sawan



of the kidney than before the intervention and the control group, but not statistically significant ($p=0.10$) Additionally, the experimental group had significantly lower mean scores of blood pressure than before intervention and had significantly lower than the control group ($p< 0.05$).

The results from this study indicate that the supportive education nursing program could have good effects to increase food consumption behaviors and control clinical outcomes for CKD elderly stage 3-4. It can be used for improving the quality of care in Kidney Clinics and nurses can use this program to guide the care the patients with CKD elderly stage 3-4 to effectively care for food consumption management and a supportive - education system for reducing waste products which will help reduce the decline of kidney function. Therefore, implementation of this program is suggested to improve its effectiveness of this program with monitoring and evaluation of the glomerular filtration rate at 4,8 and 12 months adding add a variable follow-up, such as the amount of sodium in the urine and 24-hour urine protein to assess the effect of the patient's diet, protein and sodium salt diet.

Keywords : supportive education nursing program, food consumption behaviors, clinical outcomes

บทนำ

โรคไตเรื้อรังเป็นโรคที่พบบ่อยและเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญของประเทศเป็นโรคเรื้อรังที่รักษาไม่หายขาด การรักษาเป็นเพียงแบบประคับประคอง เพื่อชะลอการเสื่อมของไตให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (สมาคมโรคไตแห่งประเทศไทย, 2560) ปัจจุบันแนวโน้มคนไทยป่วยเป็นโรคไตเพิ่มขึ้น 15-20% ต่อปีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จำเป็นต้องได้รับการรักษาอย่างต่อเนื่อง จากผลการศึกษาความชุกโรคไตเรื้อรังของโครงการวิจัยการประมาณความชุกของโรคไตเรื้อรังในประชากรไทย (Thai SEEK Project) ซึ่งสมาคมโรคไตแห่งประเทศไทยประมาณการว่ามีผู้ป่วยโรคไตระยะที่ 1-5 มากถึง 8 ล้านคน หรือร้อยละ 17.5 ของประชากรอายุ 15 ปีขึ้นไป เป็นผู้ป่วยระยะที่ 3-5 ร้อยละ 8.6 และระยะที่ 1-2 ร้อยละ 8.9 ผู้ป่วยรายใหม่ที่ต้องได้รับการบำบัดทดแทนไตปีละประมาณ 20,000 คน ซึ่งสาเหตุส่วนใหญ่ของโรคไตเรื้อรัง เกิดจากโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูง นอกจากนี้ยังมีปัจจัยเสี่ยงอื่น เช่น การบริโภคอาหารที่ไม่ถูกต้อง การรับประทานยาไม่เหมาะสม เช่น การใช้ยาแก้ปวดไม่ถูกต้องติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน (สำนักนโยบายยุทธศาสตร์, 2560)

จากข้อมูลทะเบียนผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังในคลินิกโรคไต โรงพยาบาลท่าตะโก (โรงพยาบาลท่าตะโก, 2561-2565) พบแนวโน้มอุบัติการณ์ของโรคเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ปี พ.ศ. 2561-2565 จำนวนผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะ 3-4 เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจำนวน 936, 974, 1,014, 1,025 และ 1,015 (ต.ค 64 - ก.ค 65) คนตามลำดับ พบมากสุดในวัยสูงอายุ ถึงร้อยละ 84.03 สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดโรคไตเสื่อมเรื้อรัง คือโรคเบาหวาน พบได้ถึงร้อยละ 63.65 รองลงมาเป็นโรคความดันโลหิตสูง พบร้อยละ 35.82 การรักษาโรคไตเรื้อรังระยะก่อนการบำบัดทดแทนไตในปัจจุบันจะเน้นการชะลอความเสื่อมของไต เป็นการช่วยประคับประคองการทำหน้าที่ของไต เพื่อให้ไตส่วนที่ยังดีอยู่คงความสามารถในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้ป่วยให้ถูกต้องเป็นวิธีหนึ่งที่มีความสำคัญและมีหลักฐานเพียงพอว่าสามารถช่วยชะลอการเสื่อมของไตได้ โดยคำนึงถึงการได้รับโปรตีนและพลังงานอย่างเพียงพอ (ปวีณา สุสันฐิตพงษ์, 2560) แต่จากการสัมภาษณ์พูดคุยกับผู้ป่วย โดยเฉพาะผู้สูงอายุโรคไตระยะ 3-4 ที่มารับบริการตรวจรักษาที่คลินิกโรคไต โรงพยาบาลท่าตะโก จำนวน 10 คน พบว่าผู้ป่วยมากกว่าร้อยละ 80 ขาดความตระหนักในเรื่องการชะลอความเสื่อมของไต ขาดความรู้ และมีความรู้เกี่ยวกับพฤติกรรมบริโภคอาหารที่ไม่เหมาะสมจนทำให้ไตเสื่อมเร็วขึ้น การดูแลรักษาจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเน้นการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม ให้ความรู้เพื่อที่จะปรับพฤติกรรมบริโภคอาหารซึ่งมีผลกระทบต่อความรุนแรงของโรค ปัญหาทางด้านอาหารที่พบบ่อยคือการขาดโปรตีนและพลังงาน ซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์กับอัตราการตายที่สูงขึ้น (รัชดา เย็นสวัสดิ์, 2557) คลินิกโรคไตโรงพยาบาลท่าตะโก มีกิจกรรมการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม และให้ความรู้แก่ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังทุกราย แต่เมื่อวิเคราะห์การดำเนินงานพบว่ารูปแบบการพยาบาลการช่วยเหลือผู้สูงอายุโรคไต

เรื่องร้องในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคอาหารยังไม่ชัดเจน เป็นเพียงการให้คำแนะนำตามระยะเวลาที่มีจำกัด หลังได้รับการตรวจจากแพทย์โดยพยาบาลประจำคลินิก ส่วนใหญ่จะเป็นวิธีการสื่อสารทางเดียว ผู้ป่วยมีส่วนร่วมในการเรียนรู้น้อย เกิดการท้อใจมากกว่าการเรียนรู้ด้วยตนเอง ขาดการประเมินความพร้อมและความต้องการของผู้ป่วย ส่งผลให้สิ่งที่สอนและคำแนะนำอาจไม่สอดคล้องกับความต้องการและวิถีชีวิตของผู้ป่วย ไม่สามารถนำไปปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง ประกอบกับผู้ป่วยส่วนใหญ่เป็นผู้สูงอายุทำให้มีข้อจำกัดในการเรียนรู้และท้อใจ การจัดกิจกรรมครั้งเดียวและไม่ได้มีการติดตามประเมินผลอย่างต่อเนื่องเป็นระยะ รวมทั้งระยะเวลาที่เปลี่ยนไปทำให้ระดับความรู้ลดลงจากการลืม หรือไม่สามารถจดจำในเรื่องที่สอนได้ทั้งหมด ส่งผลให้ผู้ป่วยมีภาวะพร่องความสามารถในการดูแลตนเอง ไม่สามารถตอบสนองความต้องการการดูแลตนเองทั้งหมดได้

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นชี้ให้เห็นว่าระบบบริการดูแลผู้ป่วยในคลินิกโรคไตเรื้อรังเดิมยังไม่ตอบสนองความต้องการการดูแลตนเองทั้งหมดของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 ทำให้ไม่สามารถชะลอความเสื่อมของไตได้ ผู้วิจัยในฐานะพยาบาลวิชาชีพที่รับผิดชอบการดูแลผู้ป่วยในคลินิกโรคไต ตระหนักถึงความจำเป็นที่จะต้องมีการวางแผนการพยาบาลที่เน้นความสามารถในการดูแลตนเองในส่วนที่ผู้ป่วยมีความพร้อมคือพฤติกรรมการบริโภคอาหาร โดยเลือกใช้วิธีการสอนและแนวคิดที่นำมาออกแบบการสอนให้ผู้ป่วยเกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องมีความคงทนของความรู้ มีการสอนซ้ำและติดตามเป็นระยะเพื่อไม่ให้เกิดการลืม สามารถกระตุ้นให้ผู้ป่วยมีพฤติกรรมดูแลตนเองที่ดีได้ (รัชดา เย็นสวัสดิ์, 2557) ซึ่งระบบการพยาบาลที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยกลุ่มนี้ คือระบบการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ เป็นระบบการพยาบาลตามแนวคิดการดูแลตนเองที่โอเร็ม (Orem D. E. , 2001) เสนอแนะว่าเหมาะสมสำหรับผู้ป่วยซึ่งมีความสามารถในการดูแลตนเองได้ แต่อาจขาดความรู้ ทักษะที่จำเป็น และไม่สามารถพิจารณาตัดสินใจกระทำการดูแลตนเองได้เป็นระบบ การช่วยเหลือของพยาบาลภายใต้ระบบดังกล่าวคือ การให้การช่วยเหลือทั้งแบบการสอน การชี้แนะ การสนับสนุน และการสร้างสิ่งแวดล้อมเพื่อช่วยส่งเสริมความสามารถในการดูแลตนเองทั้งหมดของผู้ป่วยให้เพิ่มขึ้น และจากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาพบว่าการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้มีผลต่อความรู้และพฤติกรรมดูแลตนเองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยการเรียนรู้ถึงโรคและเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคของผู้ป่วยให้ถูกต้อง เป็นวิธีหนึ่งที่มีหลักฐานเพียงพอว่าสามารถช่วยผู้ป่วยชะลอความเสื่อมของไตได้ การบริโภคอาหารโปรตีน เกลือแร่ และน้ำอย่างถูกต้องจะช่วยให้ไตไม่ต้องทำหน้าที่มากเกินไป สามารถช่วยชะลอการเสื่อมของไต (จุฬาลักษณ์ ลิมลีocha, 2563)

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้นำระบบการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้มาสร้างเป็นโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารและผลลัพธ์ทางคลินิกของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 เพื่อเพิ่มความสามารถในการดูแลตนเอง และตอบสนองการดูแลตนเองทั้งหมดในระยะยาว และเมื่อผู้ป่วยได้พัฒนาความสามารถในการดูแลตนเองเกี่ยวกับการรับประทานอาหารและตอบสนองความต้องการในการดูแลตนเองอย่างเพียงพอ ผู้ป่วยจะมีพฤติกรรมดูแลตนเองเกี่ยวกับการรับประทานอาหารดีขึ้น สามารถ

ควบคุมความดันโลหิตให้อยู่ในเกณฑ์ปกติได้ ซึ่งจะส่งผลให้อัตราการกรองของไตดีขึ้น ช่วยชะลอการเสื่อมของไต ชะลอการดำเนินของโรค ช่วยยืดระยะเวลาการบำบัดทดแทนไตออกไปให้นานที่สุด ตลอดจนช่วยให้ผู้ป่วยมีคุณภาพชีวิตที่ดีและช่วยป้องกันภาวะขาดสารอาหารในผู้ป่วยกลุ่มนี้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของพฤติกรรมการบริโภคอาหารและผลลัพธ์ทางคลินิกได้แก่ อัตราการกรองของไต ค่าระดับความดันโลหิต ของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 ก่อนและหลังการได้รับโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้
2. เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของพฤติกรรมการบริโภคอาหารและผลลัพธ์ทางคลินิกได้แก่ อัตราการกรองของไต ค่าระดับความดันโลหิต ของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 หลังการทดลองระหว่างกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้กับกลุ่มที่ได้รับการพยาบาลตามปกติ

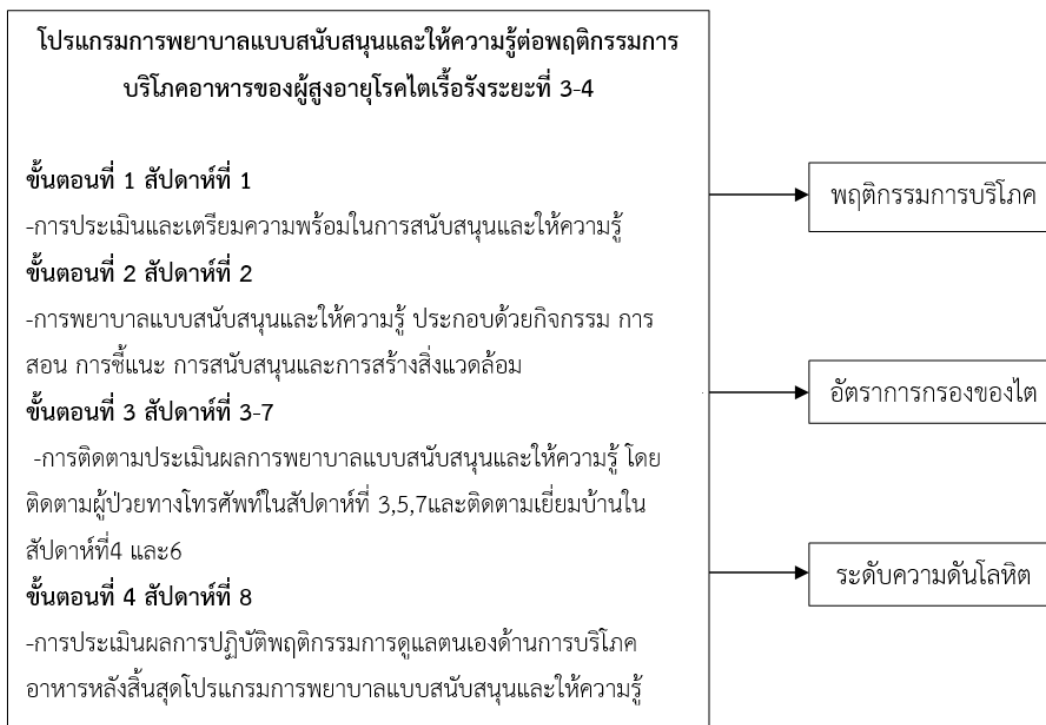
สมมติฐานการวิจัย

1. คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 ภายหลังได้รับโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้สูงกว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรม
2. คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 ภายหลังได้รับโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการพยาบาลตามปกติ
3. ค่าเฉลี่ยอัตราการกรองของไต (eGFR) ผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 ภายหลังได้รับโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้สูงกว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรมและสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการพยาบาลตามปกติ
4. ค่าเฉลี่ยของความดันโลหิตของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 ภายหลังได้รับโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ต่ำกว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรมและต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับการพยาบาลตามปกติ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้วิจัยประยุกต์ใช้แนวคิดระบบการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ (Educative supportive nursing system) ตามทฤษฎีการพยาบาลของโอเร็ม ร่วมกับการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการบริโภคอาหารในผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 มาเป็นกรอบแนวคิด ซึ่งโอเร็มกล่าวว่า ความสามารถในการดูแลตนเองเป็นมโนคติที่กล่าวถึงคุณภาพอันซับซ้อนของบุคคลที่จะสร้างหรือพัฒนาการดูแลตนเอง ซึ่งความสามารถใน

การดูแลตนเองประกอบด้วย 1) ความสามารถด้านการคาดการณ์ เพื่อตรวจสอบสถานการณ์ องค์ประกอบของตนเองและสิ่งแวดล้อมประกอบเพื่อการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพ 2) การปรับเปลี่ยน ความสามารถในการตัดสินใจเกี่ยวกับสิ่งที่ควรจะทำเพื่อตอบสนองต่อความต้องการในการดูแลตนเองที่จำเป็น และ 3) การลงมือปฏิบัติ เป็นความสามารถในการปฏิบัติหรือทำกิจกรรม หรือพฤติกรรมเพื่อสนองต่อความต้องการการดูแลตนเองที่จำเป็น อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าบุคคลจะมีความสามารถในการดูแลตนเอง แต่สถานการณ์บางอย่าง เช่น ความเจ็บป่วยทำให้บุคคลมีความสามารถในการดูแลตนเองลดลง โดยเฉพาะอย่างผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรัง ประกอบกับความเสื่อมของวัยทำให้มีข้อจำกัดในการดูแลตนเอง จากการทบทวนในคลินิกโรคไต พบผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังส่วนใหญ่ มีความพร้อมของความสามารถในการดูแลตนเองโดยเฉพาะพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่ไม่เหมาะสมจนทำให้ไตเสื่อมเร็วขึ้นซึ่งการบริโภคอาหารเป็นปัจจัยด้านพฤติกรรมที่มีความสำคัญใน การช่วยชะลอความเสื่อมของไต ดังนั้นผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังจำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนและได้รับความรู้ที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มศักยภาพในการพัฒนาความสามารถในการดูแลตนเองด้านการบริโภคอาหารให้ถูกต้องเหมาะสมความต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำระบบการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้มาประยุกต์ในการพัฒนาโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารที่ถูกต้องเหมาะสมกับโรคซึ่งเป็นวิธีการพยาบาล 1 ใน 3 ของระบบการพยาบาลของโอเร็ม ที่เสนอแนะไว้ว่าเหมาะสมสำหรับผู้ป่วยที่ยังมีความสามารถดูแลตนเองได้ แต่ก็ยังไม่เพียงพอที่จะตอบสนองความต้องการการดูแลตนเองทั้งหมด ซึ่งผู้ป่วยต้องการการพยาบาลเพื่อช่วยปรับพฤติกรรมการบริโภคอาหารให้ถูกต้องและเพียงพอในการชะลอความเสื่อมของไต โดยการช่วยเหลือของพยาบาลภายใต้ระบบดังกล่าวประกอบด้วยวิธีการช่วยเหลือ 4 วิธี คือ การสอน การชี้แนะ การสนับสนุน และการสร้างสิ่งแวดล้อมที่สอดคล้องกับวิถีชีวิตของผู้ป่วยซึ่งเมื่อผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังได้รับโปรแกรมนี้แล้ว จะทำให้เกิดการเรียนรู้ในการดูแลตนเองและช่วยให้เข้าใจการกระทำมากขึ้น รวมทั้งยังเป็นการส่งเสริมให้สามารถตัดสินใจเลือกวิธีการดูแลตนเองด้านพฤติกรรมการบริโภคอาหารได้อย่างเหมาะสม ทำให้มีพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่ถูกต้อง ส่งผลให้ผลลัพธ์ทางคลินิก ที่ประกอบด้วยค่าอัตราการกรองของไต (eGFR) เพิ่มขึ้น และระดับค่าความดันโลหิตไม่เกิน 130/80 mmHg ซึ่งจะช่วยชะลอความเสื่อมของไตและคงไว้ซึ่งภาวะสุขภาพที่ดีอย่างยั่งยืน โดยโปรแกรมประกอบด้วย 4 ขั้นตอน 1) การประเมินและเตรียมความพร้อมในการสนับสนุนและให้ความรู้ 2) การพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ ประกอบด้วยกิจกรรม การสอน การชี้แนะ การสนับสนุนและการสร้างสิ่งแวดล้อม สิ่งแวดล้อม 3) การติดตามประเมินผลการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ 4) การประเมินผลการปฏิบัติพฤติกรรมดูแลตนเองด้านการบริโภคอาหารหลังสิ้นสุดโปรแกรม เขียนเป็นกรอบแนวคิดได้ดังนี้



วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (quasi-experimental research) แบบสองกลุ่มวัดผลก่อนและหลังการทดลอง (two- groups pretest-posttest design) กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะ 3-4 ที่มารับบริการตรวจรักษาที่คลินิกโรคไต โรงพยาบาลท่าตะโก จำนวน 60 ราย คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างจากการสุ่มเฉพาะเป็นโดยวิธีการจับฉลากแบบไม่ใส่คืนที่ (Sampling without Replacement) ตามเกณฑ์ที่กำหนด จากนั้นสุ่มอย่างง่ายเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 30 ราย โดยให้มีคุณลักษณะใกล้เคียงกันในเรื่อง เพศ อายุ รายได้ ระยะเวลาของการเจ็บป่วยด้วยโรคไตเรื้อรัง ระดับค่าอัตราการครองชีพ และระดับค่าความดันโลหิต ระยะเวลาดำเนินการ 8 สัปดาห์ ตั้งแต่เดือนตุลาคม - เดือนธันวาคม 2565

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยประกอบ

ด้วยโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยประยุกต์ตามแนวคิดการดูแลตนเองของโอเร็ม (Orem D. E., 2001) โดยเลือกระบบการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ ร่วมกับการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง คู่มือการดูแลตนเองด้านโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 แบบบันทึกการติดตามต่อเนื่องทางโทรศัพท์ และแบบบันทึกการบริโภคอาหาร

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

ส่วนที่1 แบบบันทึกข้อมูลส่วนบุคคล ลักษณะเป็นข้อคำถามแบบเลือกตอบและแบบเติมข้อความลงในช่องว่าง จำนวน 19 ข้อ

ส่วนที่2 แบบประเมินพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 ผู้วิจัยพัฒนาปรับปรุงจากแบบสอบถามพฤติกรรมการบริโภคอาหารของ ศิริลักษณ์ น้อยปาน (2556) ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 25 ข้อลักษณะเป็นปลายปิด ใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ การให้คะแนนรายข้อขึ้นอยู่กับระดับความถี่ในการปฏิบัติพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4

ส่วนที่ 3 เครื่องมือทางการแพทย์ที่ตรวจวัดผลลัพธ์ทางคลินิก

3.1 เครื่องตรวจและอ่านผลอัตราการกรองของไต ซึ่งวัดและอ่านผลด้วยวิธี enzymatic method ด้วยการนำเลือดของผู้ป่วยจำนวน 2 ซีซี มาปั่นแยกน้ำเหลืองและทำการตรวจวิเคราะห์โดยใช้ชุดน้ำยาสำเร็จรูปชุดมาตรฐานและสารควบคุมคุณภาพของบริษัท อี ฟอร์แอล เอ็ม จำกัด ทำการตรวจวิเคราะห์สารเคมีในเลือดด้วยเครื่องอัตโนมัติ รุ่น Siemem EXL 200 สอบเทียบคุณภาพปีละ 1 ครั้ง ผ่านการรับรองคุณภาพงานเทคนิคการแพทย์ (LA) จากสภาเทคนิคการแพทย์

3.2 เครื่องวัดระดับความดันโลหิตแบบปรอท (sphygmomanometer) ยี่ห้อ Riester รุ่น Nova จากประเทศเยอรมันนี ได้รับมาตรฐาน ISO และ CE สอบเทียบคุณภาพปีละ 1 ครั้งโดยกลุ่มมาตรฐานวิศวกรรม การแพทย์ ผ่านการรับรองคุณภาพตามมาตรฐานระบบบริการสุขภาพของกรมสนับสนุนบริการสุขภาพ

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

1. โปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ คู่มือการดูแลตนเองด้านโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 แบบบันทึกการติดตามต่อเนื่องทางโทรศัพท์ และแบบบันทึกการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 นำไปตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน3ท่านเพื่อพิจารณาความถูกต้อง ความเหมาะสมของภาษา และการจัดลำดับเนื้อหา ดำเนินการแก้ไขตามคำแนะนำ และนำผลการพิจารณามาคำนวณหาค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (CVI: Content Validity Index) ได้ค่าความตรงเชิงเนื้อหาเท่ากับ 0.86 จากนั้นนำไปทดลองใช้กับผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 ที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน ผลการทดลองใช้โปรแกรมดังกล่าว พบว่าผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรัง ให้ความสนใจร่วมมือในทุกกิจกรรม มีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเรื่องการเลือกรับประทานอาหารที่เหมาะสมเฉพาะโรค สามารถบันทึกพฤติกรรมการบริโภคอาหารตามแบบบันทึกการประเมินตนเองได้อย่างถูกต้อง และสามารถวางแผนการปฏิบัติตนเองเพื่อให้เกิดพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่ถูกต้องเหมาะสมในการชะลอภาวะไตเสื่อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. แบบประเมินพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านการดูแลผู้ป่วยโรคไต จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของเนื้อหา ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และพิจารณาสำนวนภาษา ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะ ปรับปรุงแก้ไขและนำผลการพิจารณามาคำนวณหาค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (CVI: Content Validity Index) ได้ค่าความตรงเชิงเนื้อหา เท่ากับ 0.80 ผู้วิจัยนำแบบสอบถามชุดนี้ไปทดลองใช้กับผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 ที่ลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่าง ที่มารับบริการที่คลินิกโรคไต โรงพยาบาลท่าตะโก จำนวน 30 ราย เพื่อทดสอบความเชื่อมั่น (Reliability) ด้วยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.82

3. เครื่องตรวจและอ่านผลอัตราการกรองของไต สอบเทียบคุณภาพตามมาตรฐานทุกวันๆ ละ 1 ครั้งโดยนักเทคนิคการแพทย์ของโรงพยาบาล มีการบันทึกวันที่รับการตรวจสอบเป็นลายลักษณ์อักษร ควบคุมมาตรฐานการตรวจตามคู่มือของบริษัทผู้ผลิต มีข้อมูลและคำแนะนำขั้นตอนการใช้เครื่องอย่างชัดเจน ได้รับการรับรองคุณภาพงานเทคนิคการแพทย์ (LA) จากสภาเทคนิคการแพทย์ การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ใช้เครื่องตรวจเครื่องเดียวกันและผู้ตรวจทางห้องปฏิบัติการคนเดียวกันตลอดโครงการวิจัย

4. เครื่องวัดความดันโลหิต ผ่านการตรวจสอบคุณภาพการใช้งานของเครื่องจากศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์นครสวรรค์ วัดความเที่ยงของเครื่องมือโดยใช้วิธีหาความเท่าเทียมกันของการวัด (interrater reliability) โดยผู้ช่วยวิจัยจะทำการวัดระดับความดันโลหิตเปรียบเทียบกับพยาบาลประจำคลินิกโรคไต จำนวน 3 ครั้งเพื่อดูความเที่ยงของการวัด โดยคำนวณจากจำนวนครั้งในการวัดถูกต้องหารด้วยจำนวนครั้งในการวัดที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง ค่าที่ได้ต้องมากกว่า 0.80 ขึ้นไป (Polit & Beck, 2012) หลังการหาความเท่าเทียม (interrater reliability) มีค่าเท่ากับ 0.83 และใช้เทคนิคการป้องกันอคติจากการวัดโดยวิธีปกปิด (blind technique) โดยผู้ตรวจวัดไม่ทราบว่าเป็นผู้ป่วยแต่ละรายอยู่ในกลุ่มควบคุมหรือกลุ่มทดลอง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองภายหลังผ่านการพิจารณาของคณะกรรมการจริยธรรมวิจัยในคน จังหวัดนครสวรรค์ และได้ทำการพิทักษ์สิทธิแก่กลุ่มตัวอย่าง แล้วจึงเริ่มดำเนินการทดลองตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ.2565 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2565 จำนวน 8 สัปดาห์ ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลองโดยใช้แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล และ แบบประเมินพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 ครั้งที่ พร้อมทั้งตรวจระดับค่าอัตราการกรองของไต (eGFR) และวัดระดับความดันโลหิตทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการกิจกรรมในผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่3-4 เป็นรายบุคคลและรายกลุ่มตามโปรแกรม ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน

1. การประเมินและเตรียมความพร้อมในการสนับสนุนและให้ความรู้ ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์การวิจัย รายละเอียด ระยะเวลา ขั้นตอนการดำเนินการตามโปรแกรม การตอบแบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล แบบประเมินพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหาร พร้อมทั้งเจาะเลือดวัดระดับค่าอัตราการกรองของไต (eGFR) และวัดระดับความดันโลหิต ในสัปดาห์ที่ 1 ผู้วิจัยวิเคราะห์พฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารจากแบบประเมิน และแบ่งผู้ป่วยเป็น 5 กลุ่ม พุดคุยแลกเปลี่ยนแบบแผนการดำเนินชีวิต ความเชื่อ ทักษะคิด ที่ส่งผลต่อปัญหาด้านการบริโภคอาหาร และนำมาวางแผนการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ในขั้นตอนต่อไป

2. การพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ ประกอบด้วยกิจกรรมการสอน การชี้แนะ การสนับสนุน และการสร้างสิ่งแวดล้อม เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยดำเนินการเป็นรายกลุ่มย่อย จำนวน 5 กลุ่ม โดยให้ความรู้เรื่องโรคไต วิธีการชะลอไตเสื่อม อาหารแลกเปลี่ยน สาธิตเรื่องสัดส่วนอาหารการตวงปริมาณอาหาร เครื่องปรุงรส โดยใช้แบบจำลองอาหารและคู่มือการดูแลตนเองด้านโภชนาการของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะ 3-4 สาธิตและฝึกการบันทึกพฤติกรรมกรรมการรับประทานอาหาร ดำเนินกิจกรรมชี้แนะเป็นรายบุคคลจากปัญหาการบริโภคอาหารที่วิเคราะห์ได้จากขั้นตอนที่ 1 วางแผนการพยาบาลร่วมกันเพื่อให้สามารถนำไปปฏิบัติได้จริงที่บ้านเป็นเวลา 5 สัปดาห์ จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการสนับสนุน โดยการพุดคุยให้กำลังใจ สนับสนุนให้เกิดการปฏิบัติพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารตามที่วางแผนไว้ร่วมกันอย่างต่อเนื่อง พร้อมทั้งมอบคู่มือและแบบบันทึกพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารให้กับผู้ป่วยทุกราย และกิจกรรมสร้างสิ่งแวดล้อม ผู้วิจัยสอนและเน้นย้ำผู้ป่วยถึงสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมการดูแลตนเองด้านการบริโภคอาหารที่เหมาะสม เน้นการปรุงอาหารด้วยตนเอง อุปกรณ์ในการชั่งตวงปริมาณอาหาร เครื่องปรุงรส พร้อมทั้งติดตามเยี่ยมผู้ป่วยที่บ้านให้ความรู้เพิ่มเติมกับครอบครัวเป็นการสร้างสิ่งแวดล้อมที่เอื้อให้ผู้ป่วยสามารถดูแลตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. การติดตามประเมินผลการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ ในขั้นตอนนี้ผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 จะนำความรู้และทักษะที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 ไปปฏิบัติพฤติกรรมกรรมการดูแลตนเองด้านการบริโภคอาหารอย่างต่อเนื่องที่บ้าน เพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารของตนเองให้ถูกต้องโดยบันทึกในแบบบันทึกพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหาร ผู้วิจัยจะติดตามประเมินผลการปฏิบัติพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 ทางโทรศัพท์ตามแบบบันทึกการดูแลต่อเนื่อง ในสัปดาห์ที่ 3, 5 และ 7 เป็นรายบุคคล ให้กำลังใจ และตอบข้อซักถามให้ความรู้เพิ่มเติมเพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน ใช้ระยะเวลาต่อครั้ง ประมาณ 10-15 นาที และในสัปดาห์ที่ 4 และ 6 ผู้วิจัยจะลงติดตามเยี่ยมบ้านใช้ระยะเวลาต่อครั้ง ประมาณ 45-60 นาทีเพื่อติดตามความก้าวหน้าในการปฏิบัติพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหาร ปัญหาอุปสรรคในการควบคุมอาหาร ให้การชี้แนะในการแก้ไขปัญหาอุปสรรค และสร้างสิ่งแวดล้อมที่บ้านโดยการสอน ชี้แนะครอบครัว/ผู้ดูแลที่ประกอบอาหารให้ผู้ป่วย

การจัดหาอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณอาหาร พร้อมทั้งให้กำลังใจ เสริมแรงให้ผู้ป่วยเกิดแรงจูงใจในการปฏิบัติพฤติกรรม การดูแลตนเอง และการควบคุมอาหารอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ

4. การประเมินผลการปฏิบัติพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านการบริโภคอาหารหลังสิ้นสุดโปรแกรม การพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ เป็นระยะติดตามและประเมินผลโดยผู้วิจัยพบผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะ ที่ 3-4 เป็นรายกลุ่มใหญ่ที่คลินิกโรคไต โรงพยาบาลท่าตะโก ใช้เวลา 60-90 นาทีเพื่อประเมินผลหลังสิ้นสุด โปรแกรม แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันแสดงความคิดเห็น ความพึงพอใจ และข้อเสนอแนะจากการเข้าร่วมโปรแกรม ผู้วิจัยสรุปภาพรวมของโปรแกรมและประโยชน์ที่ได้รับจากการเข้าร่วมโปรแกรมที่ส่งผลต่อการชะลอไตเสื่อม และ ให้ผู้ป่วยทำแบบประเมินพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารครั้งที่ 2 เจาะเลือดเพื่อวัดค่าอัตราการกรองของไต (eGFR) และวัดความดันโลหิต ครั้งที่ 2

กลุ่มควบคุม ได้รับการพยาบาลตามปกติจากพยาบาลประจำคลินิกโรคไต ในวันที่ผู้ป่วยมาพบแพทย์ตาม นัดเป็นรายบุคคล ซึ่งกิจกรรมประกอบด้วยการให้ความรู้ ให้คำปรึกษา และคำแนะนำในเรื่องโรค การปฏิบัติตัวใน การชะลอไตเสื่อม เช่นการบริโภคอาหาร การใช้ยา การดูแลตามอาการและอาการแสดงทางกายา และการมา ตรวจตามนัด การตอบแบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล แบบประเมินพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหาร พร้อมทั้งเจาะ เลือดวัดระดับค่าอัตราการกรองของไต (eGFR) และวัดระดับความดันโลหิต ในสัปดาห์ที่ 1 และ 8

การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ประกอบด้วย การแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ เปรียบเทียบพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหาร และค่าผลลัพธ์ทางคลินิก ด้วยการทดสอบค่าที (t-test) ด้วยสถิติ Paired t-test, Independent t-test

ผลการวิจัย

1. ลักษณะของกลุ่มตัวอย่างในกลุ่มทดลองมีอายุส่วนใหญ่ระหว่าง 70-79 ปี ร้อยละ 60 โดยอายุเฉลี่ย 71 ปี (S.D.=5.47) เป็นเพศหญิงร้อยละ66.7 อาชีพส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรร้อยละ 43.3 การศึกษาอยู่ในระดับ ประถมศึกษาร้อยละ83.3 สถานภาพสมรส ร้อยละ 63.3 รายได้ต่อเดือนน้อยกว่า 5,000 บาท ร้อยละ 56.7 คิดเป็น รายได้เฉลี่ยต่อเดือน 5,423.33 บาท (S.D.=3674.11) พบว่ารายได้ต่อเดือนไม่เพียงพอร้อยละ 50.00 สถานที่พักอาศัย ส่วนใหญ่ร้อยละ 83.3 เป็นบ้านของตนเอง อาศัยอยู่ร่วมกับภรรยา/สามี ร้อยละ 56.7 มีภรรยา/สามีเป็นผู้ดูแลหลัก ร้อยละ 50 กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ร้อยละ 43.3 เป็นผู้ประกอบอาหารเอง และร้อยละ 93.3 เคยได้รับข้อมูลความรู้เรื่อง การบริโภคอาหารสำหรับโรคไตเรื้อรัง และไม่มีประวัติการแพ้อาหารอื่นใดร้อยละ 93.3 ระหว่างการรักษาโรคไตเรื้อรัง

ไม่พบว่ามีมารับประทานยา อาหารเสริม หรือสมุนไพรอื่น ๆ นอกเหนือจากการรักษาของโรงพยาบาล ร้อยละ 86.7 และส่วนใหญ่เป็นผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3 ร้อยละ 70 ระยะเวลาการเจ็บป่วยมากกว่า 8 ปี ร้อยละ 40 โดยมีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาเจ็บป่วย 7.2 ปี (S.D.=2.97) มีโรคร่วมเบาหวานและความดันโลหิตสูง ร้อยละ 63.3 อัตราการกรองของไตอยู่ระยะ 3b (30-44) ร้อยละ 40 ค่าเฉลี่ยอัตราการกรองของไต 39.47 (S.D.=8.13) ระดับความดันโลหิตซิสโตลิก 140-159 ร้อยละ 66.7 ค่าเฉลี่ยระดับความดันโลหิตซิสโตลิก 142.33 (S.D.=4.27) และระดับความดันโลหิตไดแอสโตลิกน้อยกว่า 85 ร้อยละ 56.7 ค่าเฉลี่ยระดับความดันโลหิตไดแอสโตลิก 82.70 (S.D.=6.33)

ในกลุ่มควบคุมอายุส่วนใหญ่ระหว่าง 70-79 ปี ร้อยละ 60 โดยอายุเฉลี่ย 70.66 ปี (S.D.=5.46) เป็นเพศหญิงร้อยละ 66.7 อาชีพส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรร้อยละ 46.7 การศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษาร้อยละ 86.7 สถานภาพสมรส ร้อยละ 56.7 รายได้ต่อเดือนของอยู่ระหว่าง 5,000-10,000 บาท ร้อยละ 60 คิดเป็นรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 5,236.66 บาท (S.D.=3101.99) พบว่ารายได้ต่อเดือนเพียงพอแต่ไม่มีเก็บร้อยละ 63.3

สถานที่พักอาศัยส่วนใหญ่ร้อยละ 76.7 เป็นบ้านของตนเอง อาศัยอยู่ร่วมกับบุตร/หลาน ร้อยละ 43.3 มีบุตร/หลาน เป็นผู้ดูแลหลักร้อยละ 56.7 กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ร้อยละ 43.3 เป็นผู้ประกอบอาหารเอง และร้อยละ 90 เคยได้รับข้อมูลความรู้เรื่องการบริโภคอาหารสำหรับโรคไตเรื้อรัง และไม่มีประวัติการแพ้อาหารอื่นใดร้อยละ 96.7 ระหว่างการรักษาโรคไตเรื้อรังไม่พบว่ามีมารับประทานยา อาหารเสริม หรือสมุนไพรอื่น ๆ นอกเหนือจากการรักษาของโรงพยาบาล ร้อยละ 90 และส่วนใหญ่เป็นผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3 ร้อยละ 73.3 ระยะเวลาการเจ็บป่วยมากกว่า 8 ปี ร้อยละ 43.3 โดยมีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาเจ็บป่วย 7.7 ปี (S.D.=2.76) มีโรคร่วมเบาหวานและความดันโลหิตสูง ร้อยละ 56.7 อัตราการกรองของไตอยู่ระยะ 3b (30-44) ร้อยละ 40 โดยมีค่าเฉลี่ยอัตราการกรองของไต 39.73 (S.D.=8.45) ระดับความดันโลหิตซิสโตลิก 140-159 ร้อยละ 66.7 โดยมีค่าเฉลี่ยระดับความดันโลหิตซิสโตลิก 141.10 (S.D.=3.69) และระดับความดันโลหิตไดแอสโตลิกน้อยกว่า 85 ร้อยละ 66.7 โดยมีค่าเฉลี่ยระดับความดันโลหิตไดแอสโตลิก 80.83 (S.D.=7.68)

2. เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการบริโภคอาหาร อัตราการกรองของไต ระดับความดันโลหิต ของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 ก่อนและหลังการได้รับโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุน และให้ความรู้โดยใช้สถิติ paired t-test พบว่า ภายหลังการทดลองกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการบริโภคอาหาร สูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 ค่าอัตราการกรองของไตหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 และมีค่าเฉลี่ยระดับความดันโลหิตซิสโตลิก และค่าเฉลี่ยความดันโลหิตไดแอสโตลิก ต่ำกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 ตามลำดับ ส่วนกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการบริโภคอาหารในระยะก่อนและหลังการทดลองไม่แตกต่างกัน มีค่าอัตราการกรองไตใน ระยะก่อนและหลังการทดลองไม่แตกต่างกัน และมีค่าเฉลี่ยระดับความดันโลหิตซิสโตลิก และค่าเฉลี่ยความดันโลหิต ไดแอสโตลิกไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการบริโภคอาหาร อัตราการกรองของไต ระดับความดันโลหิต ของผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 ก่อนและหลังการได้รับโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ (N=30)

ตัวแปร	ก่อนทดลอง		หลังทดลอง		t	df	p-value
	$\bar{x}$	SD.	$\bar{x}$	SD.			
พฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหาร							
กลุ่มควบคุม (n=30)	70.93	3.58	69.17	3.97	1.771	29	0.87
กลุ่มทดลอง (n=30)	69.90	5.32	82.17	4.27	-13.338	29	0.000*
อัตราการกรองของไต							
กลุ่มควบคุม (n=30)	39.73	8.45	39.20	8.42	1.787	29	0.084
กลุ่มทดลอง (n=30)	39.47	8.14	42.83	8.43	-10.412	29	0.000*
ความดันโลหิตซิสโตลิก							
กลุ่มควบคุม (n=30)	141.10	3.69	139.06	7.31	1.274	29	0.213
กลุ่มทดลอง (n=30)	142.33	4.27	127.90	3.06	20.839	29	0.000*
ความดันโลหิตไดแอสโตลิก							
กลุ่มควบคุม (n=30)	80.83	7.68	107.97	166.00	-895	29	0.378
กลุ่มทดลอง (n=30)	82.70	6.33	73.70	7.17	6.36	29	0.000*

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

3. เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการบริโภคอาหาร อัตราการกรองของไต ระดับความดันโลหิต ภายหลังการทดลองระหว่างกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้กับกลุ่มที่ได้รับการพยาบาลตามปกติ โดยใช้ Independent t-test พบว่า ภายหลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการบริโภคอาหารสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 อัตราการกรองของไต ภายหลังการทดลอง พบว่ากลุ่มทดลอง มีแนวโน้มดีขึ้น ($\bar{X}$ =42.83, S.D=8.43) มากกว่ากลุ่มควบคุม ($\bar{X}$ =39.20, S.D=8.47) แต่เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 และกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยระดับความดันโลหิตซิสโตลิก และค่าเฉลี่ยความดันโลหิตไดแอสโตลิกต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการบริโภคอาหาร อัตราการกรงของไต ระดับความดันโลหิต ภายหลังการทดลองระหว่างกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้กับกลุ่มที่ได้รับการพยาบาลตามปกติ (N=30)

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (n=30)		กลุ่มทดลอง (n=30)		t	df	p-value
	$\bar{x}$	SD.	$\bar{x}$	SD.			
พฤติกรรมการบริโภคอาหาร	69.17	3.97	82.17	4.27	12.197	58	0.000*
อัตราการกรงของไต	39.20	8.42	42.83	8.43	1.670	58	0.100
ความดันโลหิตซิสโตลิก	139.07	7.31	127.90	3.05	-7.719	58	0.000*
ความดันโลหิตไดแอสโตลิก	77.97	7.59	73.70	7.17	-2.239	58	0.029*

*นัยสำคัญทางสถิติ.05

อภิปรายผล

1. เปรียบเทียบพฤติกรรมการบริโภคอาหาร

ภายหลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนพฤติกรรมการบริโภคอาหารสูงกว่าก่อนการทดลองและสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เป็นไปตามสมมติฐาน ทั้งนี้สามารถอธิบายได้ว่าเป็นผลจากโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ที่มืองค์ประกอบ 4 ขั้นตอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยใช้แนวคิดระบบการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ ตามทฤษฎีการพยาบาลของโอเร็ม (Orem D.E., 2001) ซึ่งตัวโปรแกรมมีลักษณะที่สำคัญคือมีการสนับสนุนความรู้หลายรูปแบบที่เอื้อต่อการเพิ่มศักยภาพในการดูแลตนเองด้านการบริโภคอาหาร ได้แก่ การสอน การชี้แนะ การสนับสนุน และการสร้างสิ่งแวดล้อมโดยผู้วิจัยใช้เทคนิคการสอนที่เน้นการพูดคุยข้อมูลความรู้ที่กลุ่มตัวอย่างมีความพร้อมในประเด็นนั้นๆ มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ผ่านกิจกรรมโดยใช้สื่อวีดิทัศน์ การใช้โมเดลอาหาร ซึ่งการมีปฏิสัมพันธ์ที่ตรงกับการสนับสนุนข้อมูลโดยการสอนทำให้เกิดการเพิ่มความสามารถในการดูแลตนเอง และจากการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ประสบการณ์ระหว่างกัน กลุ่มทดลองได้มีโอกาสทบทวนความรู้เรื่องโรคไตที่เคยได้รับมาก่อน มีโอกาสซักถามและได้รับความรู้เพิ่มเติมโดยเฉพาะในส่วนที่ยังมีความเข้าใจไม่ถูกต้อง ส่งผลให้กลุ่มทดลองมีการรับรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับโรคไตเรื้อรังเพิ่มมากขึ้น เกิดความตระหนักและเห็นถึงความสำคัญของการชะลอความเสื่อมของไต นอกจากนี้ตัวโปรแกรมยังมีกิจกรรมการชี้แนะซึ่งเป็นกระบวนการที่ให้ความรู้ที่เฉพาะเป็นรายบุคคล โดยผู้วิจัยใช้เทคนิคการให้คำปรึกษาร่วมกับการสาธิต ฝึกทักษะการปฏิบัติซึ่งในกระบวนการชี้แนะรายบุคคล กลุ่มทดลองสามารถซักถามข้อมูลและปัญหาในการปฏิบัติตัวด้านการบริโภคอาหารของตนเองได้ และผู้สอนได้มีโอกาสดูชี้แจง แนะนำแก้ปัญหาได้ดีกว่าวิธีอื่นๆ เนื่องจากได้มีโอกาสสร้างความคุ้นเคยและเป็นกันเองกับกลุ่มทดลอง ทั้งยังได้มองเห็นปฏิกิริยา ความรู้สึกของกลุ่มทดลอง สามารถกระตุ้นให้กลุ่มทดลองมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม กลุ่มทดลองมีความเข้าใจเนื้อหาสาระที่ได้จากการสอน จาก

การลงมือปฏิบัติจริง ทำให้มีทักษะเพิ่มขึ้นทั้งทางด้านการตวงปริมาณอาหาร การเลือกอาหารที่เหมาะสมกับโรคไตเรื้อรัง ภายใต้การช่วยเหลือ สนับสนุน ให้กำลังใจของผู้วิจัย ทำให้กลุ่มทดลองเกิดความมุ่งมั่นและมีความมั่นใจในการปฏิบัติมากขึ้น รวมทั้งการทบทวนความรู้จากคู่มือที่ได้รับ ทำให้กลุ่มทดลองเห็นรายละเอียดของเนื้อหาชัดเจนขึ้น เมื่อมีข้อสงสัยสามารถค้นคว้าหาคำตอบได้ และนำมาปรับใช้กับตนเองอย่างเหมาะสม ในโปรแกรมผู้วิจัยได้ใช้กิจกรรมการสนับสนุนร่วมกับการชี้แนะ โดยการติดตามทางโทรศัพท์ในสัปดาห์ที่ 3, 5, 7 และติดตามเยี่ยมบ้านร่วมด้วยใน สัปดาห์ที่ 4 และ 6 เพื่อช่วยเหลือ ให้คำแนะนำแก่กลุ่มทดลองในการแก้ไขปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้นในการปฏิบัติพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านการบริโภคอาหารที่บ้าน เพื่อเป็นการส่งเสริมความพยายามให้กลุ่มทดลองสามารถปฏิบัติกิจกรรมได้ต่อเนื่อง ป้องกันไม่ให้เกิดความล้มเหลว โดยเพิ่มเติมกิจกรรมการสร้างสิ่งแวดล้อมที่บ้าน โดยการสอน ชี้แนะครอบครัวหรือผู้ดูแลที่ประกอบอาหารให้กลุ่มทดลอง เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องร่วมกัน เช่นการจัดห้องครัวเพื่อลดเครื่องปรุงอาหารที่ไม่เหมาะสมกับโรค ภายใต้การให้กำลังใจ และเสริมแรงจากผู้วิจัย ส่งผลให้กลุ่มทดลองเกิดแรงจูงใจในการปฏิบัติพฤติกรรมการดูแลตนเองที่ถูกต้องอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ สามารถปรับพฤติกรรมการดูแลตนเองให้เหมาะสมมากขึ้น ประเมินผลหลังสิ้นสุดการเข้าร่วมโปรแกรมในสัปดาห์ที่ 8 พบว่าทำให้เกิดพฤติกรรมการดูแลตนเองที่ดีด้านการบริโภคอาหารเพิ่มสูงขึ้นกว่าก่อนการทดลองและมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการพยาบาลตามปกติตามแนวทางการพยาบาลในคลินิกโรคไตที่เน้นการให้ความรู้เพียงอย่างเดียว จึงไม่เพียงพอต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม สอดคล้องกับการศึกษาของกันตาทิร บุญวรรณ และคณะ (2561) ที่ศึกษาโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 : การพยาบาลด้วยการสอนสุขภาพ จากผลการทบทวนอย่างเป็นระบบ สามารถสรุปได้ว่า การชะลอไตเสื่อมเรื้อรังต้องเริ่มชะลอในระยะที่3และระยะที่4 โดยใช้บทบาทการสอนสุขภาพในลักษณะเสมือนจริง เช่นการตวงปริมาณน้ำ อาหารที่ต้องเทียบสัดส่วนถ้วยตวง ทัพพี ช้อนมาประกอบด้วยจึงจะทำให้ผู้ป่วยเกิดภาพนำไปปฏิบัติได้จริง และเพื่อให้เกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมตนเองให้รู้อยู่ร่วมกับโรคอย่างต่อเนื่อง จำเป็นต้องใช้ทักษะการเสริมแรง การติดตามความรู้ การติดตามพฤติกรรมและให้ข้อมูลสุขภาพผ่านการสอนการติดตามทางโทรศัพท์เป็นระยะๆ จะช่วยให้การดำเนินพฤติกรรมชะลอไตเสื่อมเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสุฤทัย ฉิมชาติ (2556) ที่พบว่ากระบวนการชี้แนะที่เป็นส่วนสำคัญในโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ ซึ่งเน้นการให้ความรู้ที่เฉพาะกับผู้ป่วยรายบุคคล ร่วมกับการฝึกทักษะการปฏิบัติ ทำให้ผู้ป่วยเข้าใจเนื้อหาสาระที่ได้จากการสอน การลงมือปฏิบัติจริง ส่งผลให้ผู้ป่วยมีทักษะเพิ่มขึ้นทั้งทางด้านการตวงปริมาณอาหาร การเลือกอาหารที่เหมาะสมกับโรคไต ส่งผลให้มีพฤติกรรมรับประทานอาหารสูงขึ้นกว่าก่อนการทดลอง และสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และสอดคล้องกับการศึกษาของเพ็ญพร ทวีบุตร และคณะ (2560) ที่ศึกษาผลของโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ในผู้ป่วยโรคเรื้อรังที่มีภาวะไตเรื้อรังระยะเริ่มต้น พบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมดูแลตนเองสูงขึ้นกว่าก่อนทดลองและสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบภายหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และ 10 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

2. เปรียบเทียบอัตราการกรองของไต

ภายหลังการทดลองแนวโน้มน้ำอัตราการกรองของไตในกลุ่มทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองและสูงกว่ากลุ่มควบคุม แต่เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.10$) ทั้งนี้สามารถอธิบายได้ว่า น่าจะเป็นผลมาจากกลุ่มทดลองได้รับโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ที่ประกอบไปด้วยการสอนที่หลากหลายรูปแบบที่ผสมผสานร่วมกัน ทั้งการชี้แนะ การสนับสนุนและการสร้างสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะรูปแบบของโปรแกรมที่ออกแบบตอบสนองการแก้ปัญหาความพร้อมด้านการบริโภคอาหารของกลุ่มทดลองเป็นรายบุคคล ร่วมกับการฝึกทักษะโดยใช้แบบจำลองอาหาร การให้แรงเสริมทางโทรศัพท์และการติดตามเยี่ยมบ้านซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองสามารถนำทักษะที่ได้รับไปปฏิบัติได้ด้วยตนเองซึ่งแสดงให้เห็นได้จากการบันทึกรายการอาหารประจำวัน พบว่ามีการบันทึกชนิด ปริมาณอาหารโปรตีนเป็นช้อนชา แท็บเล็ต ซึ่งจากการควบคุมอาหารโปรตีนอย่างต่อเนื่องเป็นผลให้ร่างกายได้รับของเสียจากอาหารโปรตีนลดลง ทำให้เกิดการขับถ่ายของเสียในรูปไนโตรเจน และครีเอตินินลดลง ทำให้อัตราการกรองของไตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการทดลองและมากกว่ากลุ่มควบคุม ถึงแม้ว่ากลุ่มทดลองจะมีพฤติกรรมรับประทานอาหารเช้าขึ้นแต่อัตราการกรองของไตหลังการทดลองเมื่อทดสอบทางสถิติเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อาจเนื่องจากการศึกษาครั้งนี้กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีโรคร่วมหลายโรค ทั้งโรคความดันโลหิตสูงโรคเบาหวาน สูงถึงร้อยละ 63.3 ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเสื่อมของไต โดยเฉพาะพยาธิสภาพของโรคความดันโลหิตสูงจะส่งผลให้หลอดเลือดที่ไตแข็งตัว ทำให้เลือดมาเลี้ยงไตลดลง (ประเสริฐ ธนกิจจารุ และคณะ, 2557) และนอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างยังเป็นผู้สูงอายุ ร้อยละ 60 จึงมีความเสื่อมของระบบต่างๆของร่างกาย รวมทั้งขนาดของไตและการทำงานของไต (ปวีณา สุสันธิตพงษ์, 2560) ซึ่งหน่วยไตที่สูญเสียหน้าที่จะไม่สามารถกลับมาทำงานได้ตามเดิม และการเสื่อมของไตจะยังคงเสื่อมลงอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังพบว่าระยะเวลาที่แพทย์วินิจฉัยว่าเป็นโรคไตเรื้อรังของกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาเจ็บป่วย 7.2 ปี ร้อยละ 40 การดำเนินของโรคจึงอยู่ในระดับที่ไม่ค่อยดี และการศึกษาครั้งนี้ยังพบว่ามีการจำกัดเรื่องระยะเวลาการศึกษาที่สั้นเพียง 8 สัปดาห์อาจจะไม่ทำให้การทำงานของไตเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ในทันที เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางผลเลือดจะเริ่มแสดงให้เห็นว่าไตเสื่อมช้าลงกว่าเดิมเร็วที่สุดคือระยะ 6 เดือน และเห็นชัดเจนภายใน 1 ปี (ประเสริฐ ธนกิจจารุ และคณะ, 2557) จึงต้องใช้ระยะเวลาประเมินที่ยาวนาน แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าการทดลองมีการเพิ่มของค่าเฉลี่ยอัตราการกรองของไตจาก 39.47 เป็น 42.83 แสดงให้เห็นว่าอัตราการกรองของไตมีการเสื่อมของไตช้าลง ถึงแม้ว่าจะไม่พบความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมก็ตาม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของจุฬาลักษณ์ ลิมลือชา (2563) ที่ศึกษาประสิทธิผลของโปรแกรมส่งเสริมพฤติกรรมบริโภคอาหาร ที่ประกอบด้วยการสอน การสาธิต ฝึกปฏิบัติ จัดกิจกรรมเป็นรายบุคคล 12 สัปดาห์ในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง โรงพยาบาลกลาง จังหวัดภูเก็ต จำนวน 30 คน หลังการทดลองพบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมบริโภคอาหารสูงกว่ากลุ่มควบคุม และพบว่าอัตราการกรองของไตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม เนื่องจากอายุกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้สูงอายุ และมีโรคเรื้อรังเบาหวานและความดันโลหิตสูง ระยะเวลาในการติดตามประเมินผลสั้น ทำให้ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงของการทำงานของไตอย่างชัดเจน

3. เปรียบเทียบระดับความดันโลหิต

ภายหลังการทดลองกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยระดับความดันโลหิตซิสโตลิก และค่าเฉลี่ยความดันโลหิตไดแอสโตลิกต่ำกว่าก่อนการทดลองและต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สามารถอธิบายได้ว่าเป็นผลมาจากการได้รับโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ ซึ่งในตัวโปรแกรมมีกิจกรรมการสอนการชี้แนะที่ตอบสนองความพร้อมในการดูแลตนเองด้านการบริโภคอาหาร โดยพบว่ากลุ่มทดลองรับทราบว่าอาหารรสเค็มมีผลต่อการทำงานของไต แต่ส่วนใหญ่รับประทานอาหารโดยอาศัยความเคยชิน อร่อยถูกปาก และส่วนใหญ่ร้อยละ 43.3 จะเป็นผู้ประกอบอาหารเอง ก็จะทำอาหารตามที่ตนเองชอบ ใช้เครื่องปรุงรสทุกครั้งเพื่อให้อาหารมีรสอร่อย ผู้วิจัยจึงใช้กระบวนการชี้แนะ สาธิต ฝึกปฏิบัติ วางแผนแก้ไขปัญหาร่วมกัน ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมบริโภคอาหาร จัดกิจกรรมเป็นรายบุคคล ติดตามการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมตามแผนที่วางไว้ ให้ข้อมูลย้อนกลับและให้คำแนะนำเพิ่มเติมในการติดตามทางโทรศัพท์และการติดตามเยี่ยมบ้าน ใช้กิจกรรมสนับสนุน ให้กำลังใจ ชมเชย สร้างแรงจูงใจ เพื่อให้กลุ่มทดลองมีความรู้และสามารถพัฒนาทักษะการปฏิบัติพฤติกรรมตามศักยภาพตนเอง ในสถานการณ์จริงได้ถูกต้อง ต่อเนื่อง จากการติดตามเยี่ยมบ้านผู้วิจัยใช้กิจกรรมการสร้างสิ่งแวดล้อมที่บ้าน เช่นการจำกัดเครื่องปรุงรสที่ห้องครัว การขออนุญาตผู้ป่วยดูอาหารที่ผู้ป่วยเตรียมในกระถางยังคงพบถ้วยน้ำปลา น้ำพริก ปลาร้า ปลาเกล็ดทอด ผู้วิจัยจึงใช้กระบวนการชี้แนะและการสร้างสิ่งแวดล้อมในประเด็นอาหารที่ผู้ป่วยรับประทานในวันนั้นจากสถานการณ์จริง ให้ผู้ป่วยได้เรียนรู้ เห็นความสำคัญ เพิ่มความตระหนักและกระตุ้นให้เกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม และพบว่า การติดตามเยี่ยมบ้านในสัปดาห์ถัดไปไม่พบว่าผู้ป่วยมีถ้วยน้ำปลา หรืออาหารที่มีรสเค็ม ประกอบกับการบันทึกพฤติกรรมบริโภคอาหารของผู้ป่วย เห็นได้ชัดเจนว่าผู้ป่วยมีการจำกัดเครื่องปรุงรส และรับประทานอาหารลดเค็มได้อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ระดับความดันโลหิตของกลุ่มทดลองลดลงอยู่ในระดับที่ควบคุมได้โดยความดันโลหิตซิสโตลิก เท่ากับ 12.90 และความดันโลหิตไดแอสโตลิก เท่ากับ 73.70 ส่งผลให้ช่วยชะลอความเสื่อมของไตได้มากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของมลิวัลย์ ชัยโคตร (2561) ที่ศึกษาผลของโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ต่อความรู้ในการดูแลตนเองพฤติกรรมดูแลตนเองและผลลัพธ์ทางคลินิกของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่เสี่ยงต่อภาวะแทรกซ้อนทางไต พบว่าหลังการทดลองกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยระดับความดันโลหิตทั้งซิสโตลิกและไดแอสโตลิก ต่ำกว่าก่อนการทดลองและต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Zarica Kauric-Klein (2012) ที่ศึกษาผลของโปรแกรมการให้พยาบาลระบบสนับสนุนและให้ความรู้ต่อการควบคุมความดันโลหิตในผู้ป่วยโรคไตวายระยะสุดท้ายโดยมีการให้ความรู้ตามแนวทางการรักษาผู้ป่วยโรคไตวายเรื้อรังที่มีภาวะความดันโลหิตสูงร่วมด้วย รวมทั้งการให้ความรู้ในการจำกัดโซเดียมและน้ำ บันทึกระดับความดันโลหิต 2 ครั้งต่อวัน ผลการศึกษาพบว่าสามารถลดความดันโลหิตในผู้ป่วยโรคไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

การศึกษาครั้งนี้ช่วยให้ผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 เกิดความเข้าใจและตระหนักถึงความสำคัญของโรคไตเรื้อรังและการชะลอความเสื่อมของไต โดยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคอาหาร ทั้งนี้หัวใจสำคัญของการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม คือการสอนสุขภาพให้กับผู้ป่วยและครอบครัวโดยเลือกใช้วิธีการสอน เลือกแนวคิดที่นำมาออกแบบการสอนที่มีความหลากหลาย ตอบสนองความพร้อมของศักยภาพในการดูแลตนเองของผู้ป่วย เพื่อให้ผู้ป่วยสามารถนำความรู้และทักษะที่ได้รับไปปรับเปลี่ยนพฤติกรรมตนเอง และเพื่อให้ผู้ป่วยเรียนรู้อยู่ร่วมกับโรคอย่างต่อเนื่อง จำเป็นต้องใช้ทักษะ การเสริมแรง การติดตามพฤติกรรมและให้ข้อมูลสุขภาพผ่านการสอนทางโทรศัพท์ การติดตามเยี่ยมบ้านเป็นระยะๆจะช่วยกระตุ้นการตระหนักรู้ในตนเองและดำเนินพฤติกรรมการชะลอไตเสื่อมโดยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคอาหารอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ที่ผู้วิจัยศึกษาในครั้งนี้ จึงถือว่าคุ้มค่าสำหรับการนำไปใช้ในการชะลอไตเสื่อมในผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 ในคลินิกโรคไตเรื้อรังต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. พยาบาลในคลินิกโรคไตเรื้อรังควรนำโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ไปใช้ในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคอาหาร เพื่อช่วยในการชะลอความเสื่อมของไตเพราะเป็นโปรแกรมที่ประยุกต์แนวคิดระบบการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ (Educative supportive nursing system) ตามทฤษฎีการพยาบาลของโอเร็ม ที่มุ่งเน้นตอบสนองความพร้อมของศักยภาพในการดูแลตนเอง โดยใช้วิธีการสอนสุขภาพที่มีความหลากหลายวิธี ทั้งการสอน การชี้แนะ การสนับสนุนและการสร้างสิ่งแวดล้อม การมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างพยาบาลและผู้ป่วยเป็นรายบุคคล ในการค้นหาและการแก้ไขปัญหา ร่วมกันในทุกกระบวนการทำให้สอดคล้องกับความต้องการและการดำเนินชีวิตของผู้ป่วย มีการติดตาม เสริมแรง ให้กำลังใจ ทำให้สามารถปฏิบัติพฤติกรรมการบริโภคอาหารได้ต่อเนื่อง ส่งผลให้ระดับความดันโลหิตต่ำกว่า 130/80 มิลลิเมตรปรอท และทำให้อัตราการกรองของไตเพิ่มขึ้นในระยะยาวได้

2. ควรนำโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนให้การพยาบาลผู้ป่วยโรคเรื้อรังที่มีความเสี่ยงในการเกิดภาวะแทรกซ้อนไตวายเรื้อรัง เพื่อป้องกันไม่ให้งานของไตลดลง

2. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1. สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาคุณภาพการพยาบาลผู้ป่วยโรคไตและเพิ่มประสิทธิภาพระบบจัดการด้านการพยาบาลในการบำบัดการชะลอไตเสื่อมในผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 เพื่อป้องกันการดำเนินโรคเข้าสู่ระยะที่ต้องทำบำบัดทดแทนไตโดยจัดให้มีการอบรม ให้ความรู้ และการประยุกต์ใช้โปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนให้ความรู้ให้แก่พยาบาลที่มีหน้าที่ดูแลผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง เพื่อนำความรู้ไปใช้ดูแลผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังต่อไป

2. ผู้บริหารสามารถใช้ผลการวิจัยเป็นข้อมูลในการพัฒนาคุณภาพการพยาบาลผู้ป่วยโรคไตโดยกำหนดเป็นนโยบายให้ใช้โปรแกรมการพยาบาลระบบสนับสนุนและให้ความรู้เพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรมอาหารของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังและปรับปรุงระบบบริการเพิ่มบริการเชิงรุกในการติดตามเยี่ยมบ้าน สนับสนุนการรวมกลุ่มและการสร้างเครือข่ายการเรียนรู้

3. ข้อเสนอแนะเชิงการส่งเสริมป้องกัน

ควรนำคู่มือการดูแลตนเองด้านโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังระยะ 3-4 ไปใช้ในคลินิกโรคเรื้อรังเบาหวาน ความดันโลหิตสูง ที่มีความเสี่ยงไตวายเรื้อรังเพื่อเป็นการให้ความรู้ในการเตรียมความพร้อมเพื่อป้องกันภาวะแทรกซ้อนจากไตวายเรื้อรังที่จะเกิดขึ้น

4. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาในระยะเวลาเพียง 8 สัปดาห์ ควรจะมีการศึกษาเพิ่มเติมเรื่องระยะเวลาในการติดตามเพื่อประเมินผลความยั่งยืนของพฤติกรรม ประสิทธิภาพและความคุ้มค่า ภายหลังผู้สูงอายุโรคไตเรื้อรังได้รับโปรแกรมการพยาบาลระบบสนับสนุนและให้ความรู้เพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรมอาหารในระยะยาวอย่างต่อเนื่อง โดยขยายระยะเวลาในการติดตาม 6 เดือน และ 1 ปี เพื่อประเมินผลลัพธ์ทางคลินิกในระยะยาวต่อไป

2. ใช้เป็นแนวทางในการศึกษาต่อยอดงานวิจัยต่อไปโดยเพิ่มตัวแปรในการติดตามผลลัพธ์ทางคลินิกเพื่อประเมินผลของการใช้โปรแกรมการพยาบาลระบบสนับสนุนและให้ความรู้เพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรมอาหาร เช่น ปริมาณโซเดียมในปัสสาวะ และปริมาณโปรตีนในปัสสาวะ 24 ชั่วโมงร่วมด้วย เป็นต้น

3. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องผลลัพธ์ของโปรแกรมการพยาบาลระบบสนับสนุนและให้ความรู้โดยศึกษาในกลุ่มตัวอย่างอื่นๆ ที่เป็นกลุ่มเสี่ยงโรคไต เช่นกลุ่มผู้ป่วยโรคเบาหวาน กลุ่มผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- กันตาทิร บุญวรรณ, ชัชวาล วงศ์สารี และกัลยภรณ์ เขยโพธิ์. (2561). โรคไตเสื่อมเรื้อรังระยะที่ 3-4 : การพยาบาลด้วยการสอนสุขภาพ. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 12(3), 48-61.
- จุฬาลักษณ์ ลิมลี้อา. (2563). การศึกษานำร่องประสิทธิผลของโปรแกรมส่งเสริมพฤติกรรมอาหารและน้ำของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังในคลินิกชะลอไตเสื่อม โรงพยาบาลกลาง จังหวัดภูเก็ต. วารสารพยาบาลสาธารณสุข. 34(1), 80-96.
- ประเสริฐ ธนกิจจารุ, สุกานต์ บุญนาค และวรางคณา พิชัยวงศ์. (2557). โรคไตเรื้อรัง. ในชุมชน มะกรสาร (บ.ก), การแพทย์ไทย 2554-2557. นนทบุรี : กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.
- ปวีณา สุสันฐิตพงษ์. (2560). การรักษาโรคไตเรื้อรังอย่างครบวงจร : Comprehensive treatment of chronic kidney disease. กรุงเทพฯ : เอไอ พรินติ้ง.

- ปาไลดา นราวุฒิพร. (2558). ผลลัพธ์ของระบบการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ในการป้องกันการติดเชื้อของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ล้างไตทางช่องท้อง ในโรงพยาบาลระดับตติยภูมิแห่งหนึ่งในจังหวัดนครปฐม. วิทยานิพนธ์ปริญญาพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการพยาบาลผู้ใหญ่ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยคริสเตียน.
- เพ็ญพร ทวีบุตร, พัชราพร เกิดมงคล และขวัญใจ อำนางสัตย์เชื้อ. (2560). ผลของโปรแกรมการพยาบาลระบบสนับสนุนและให้ความรู้ในผู้ป่วยโรคเรื้อรังที่มีภาวะไตเรื้อรังระยะเริ่มต้น. วารสารพยาบาลสาธารณสุข. 31(1), 129-144.
- มลิวลย์ ชัยโคตร (2561). ผลของโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ต่อความรู้ในการดูแลตนเองพฤติกรรมและการดูแลตนเองและผลลัพธ์ทางคลินิกของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่เสี่ยงต่อภาวะแทรกซ้อนทางไต. วิทยานิพนธ์ปริญญาพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการพยาบาลผู้ใหญ่ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- รัชดา เย็นสวัสดิ์. (2557). ผลของโปรแกรมการพยาบาลแบบสนับสนุนและให้ความรู้ต่อความรู้และพฤติกรรมในการดูแลตนเองในผู้ป่วยโรคกระเพาะอาหาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการพยาบาลผู้ใหญ่ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- โรงพยาบาลท่าตะโก. (2564). สถิติรายงานผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง ปี 2560-2564 [เอกสารอัดสำเนา]. นครสวรรค์: ผู้แต่ง.
- ศิริลักษณ์ น้อยปาน. (2556). ผลของโปรแกรมส่งเสริมการจัดการตนเองต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารในผู้สูงอายุที่รักษาด้วยการล้างไตทางช่องท้องแบบต่อเนื่อง. วิทยานิพนธ์พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการพยาบาลผู้ใหญ่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สมาคมโรคไตแห่งประเทศไทย. (2560). คู่มือการดูแลผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังแบบองค์รวมชนิดประคับประคอง. กรุงเทพฯ : เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด.
- สุขฤทัย ฉิมชาติ. (2556). ผลของโปรแกรมการชี้แนะเพื่อสุขภาพ ต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารและผลลัพธ์ทางคลินิกของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการพยาบาลผู้ใหญ่ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข. (2563). แผนยุทธศาสตร์กระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2560-2564. สืบค้นเมื่อ 5 พฤษภาคม 2565, จาก http://www.lpho.go.th/wpcontent/uploads/2020/12/20190329105418_1_.pdf
- Orem, D. E. (2001). **Nursing concept of practice**. (6th ed.). St. Louis: Mosby.
- Polit, D.F., & Beck, & Hungler, B.P. (2012). **Nursing research principles and methods**. (6th ed.). Philadelphia: J.B. Lippincott
- Zorica Kauric-Klein. (2012). Improving blood pressure control in end-stage renal disease through supportive educative nursing intervention. **Nephrology Nursing Journal**. 39(3), 217-228.

Received: 12 Oct 2022; Revised: 29 Oct 2022

Accepted: 12 Nov 2022

การผลิตถ่านกัมมันต์จากเศษไม้ลำไยโดยใช้ซิงค์คลอไรด์ (ZnCl_2) และน้ำส้มควันไม้เป็นตัวกระตุ้น

สังคม สัมโส¹, ยุทธนา ศรีอุดม², ชัยณรงค์ แสนเปา³, วิศิษฐ์ ชัดสาย⁴ และ กันตภณ เปรมประยูร⁵

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษากระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์จากเศษไม้ลำไยที่เหลือทิ้งจากการตัดแต่งกิ่งของเกษตรกรในประเทศไทยนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านกัมมันต์ด้วยใช้วิธีการกระตุ้นทางเคมีร่วมกับความร้อนซึ่งสารเคมีที่ใช้กระตุ้น คือ ซิงค์คลอไรด์ และน้ำส้มควันไม้ โดยกำหนดอัตราส่วนถ่านต่อสารกระตุ้นโดยมวล 1:1 และ 1:2 ใช้อุณหภูมิในการกระตุ้น 800 และ 900 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการกระตุ้น 120 และ 180 นาที จากการศึกษพบว่ามีการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ร่วมความร้อนที่สภาวะการกระตุ้น อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที ถ่านกัมมันต์ที่ได้มีค่าความหนาแน่นปรากฏเท่ากับ 0.27 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าการดูดซับไอโอดีน เท่ากับ 612 มิลลิกรัมต่อกรัม รองลงมาคือ การกระตุ้นด้วยน้ำส้มควันไม้ร่วมความร้อน ใช้สภาวะการกระตุ้นที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที ถ่านกัมมันต์ที่ได้มีค่าความหนาแน่นปรากฏเท่ากับ 0.28 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าการดูดซับไอโอดีน เท่ากับ 485 มิลลิกรัมต่อกรัมจากการศึกษาข้างต้นจะเห็นได้ว่า การกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ เป็นตัวกระตุ้นได้ดีกว่าน้ำส้มควันไม้ และเศษไม้ลำไยสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านกัมมันต์ได้ เพราะผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์ (มอก.900-2547) ค่าการดูดซับไอโอดีนไม่น้อยกว่า 600 มิลลิกรัมต่อกรัม และค่าความหนาแน่นปรากฏไม่น้อยกว่า 0.2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

คำสำคัญ : การผลิตถ่านกัมมันต์, การกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์, เศษไม้ลำไย

¹ อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาม Email: sangkom.s@gmail.com

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาม

³ อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

⁴ อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาม

⁵ อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

PRODUCTION OF ACTIVATED CARBON FROM LONGAN WOOD CHIPS USING ZINC CHLORIDE (ZnCl_2) AND WOOD VINEGAR ACTIVATORS

Sangkom Subphaso¹, Yuttana Sriudom², Chainarong Saenpao³, Wisit Khudsai⁴ and Kantapon Premprayoon⁵

ABSTRACT

This research studied the production process activated carbon from longan wood chips using method of chemical activation with heat. Using zinc chloride (ZnCl_2) and wood vinegar activators. The condition ratio of charcoal to activator by weight of 1:1 and 1:2 by using the activation temperature of 800 and 900°C. The time for stimulation was 120 and 180 min. The study revealed zinc chloride activator condition was 1:1 ratio of charcoal: ZnCl_2 800°C for 120 min. The bulk density of activated carbon was 0.27 g/cm³ and the iodine number adsorption 612 mg/g followed by the wood vinegar activator condition was 1:1 ratio of charcoal: wood vinegar 800°C for 120 min. The bulk density of activated carbon was 0.28 g/cm³ and the iodine number adsorption 485 mg/g. The study revealed that using ZnCl_2 as activating agent resulted in more Iodine number than using wood vinegar. Longan wood chips can be used as raw materials for the production of activated carbon because bulk density is higher than 0.2 g/cm³ and iodine number adsorption higher than 600 mg/g the level set by Thai Industrial Standards Institute, TISI.900-2004.

Keywords : Activated carbon, zinc chloride activation, Longan wood chips

¹ Lecturer, Faculty of Engineering, Technology Rajamangala University of Technology Lanna Tak Email: sangkom.s@gmail.com

² Assistant Professor, Faculty of Engineering, Technology Rajamangala University of Technology Lanna Tak

³ Lecturer, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan Khonkaen Campus

⁴ Lecturer, Faculty of Engineering, Technology Rajamangala University of Technology Lanna Tak

⁵ Lecturer, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan Khonkaen Campus

บทนำ

ในภาคเหนือของประเทศไทย เกษตรกรนิยมปลูกลำไยเป็นอย่างมากหลาย ในปี พ.ศ. 2563 มีพื้นที่เพาะปลูก 1,280,000 ไร่ และมีผลผลิต 800,000 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ในกระบวนการปลูกลำไยนั้นเกษตรกรจะทำการตัดแต่งลำต้น กิ่ง และใบ เพื่อให้ได้ผลผลิตของลำไยที่มากขึ้น โดยเศษวัสดุที่เหลือทั้งนั้นเกษตรกรจะทำการเผาทิ้งหรือนำมาแปรรูปเป็นถ่านไม้ลำไย แต่ยังมีส่วนน้อยที่จะนำมาแปรรูปเป็นถ่านกัมมันต์ ซึ่งถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) ผลิตจากวัตถุดิบที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก โดยมีวัสดุอยู่มากมายที่สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ได้ รวมทั้งวัสดุชีวมวลที่เป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้มีการทำวิจัยมาแล้ว เช่น เปลือกถั่วอัลมอนต์ (Marcilla et al, 2000) ช้างข้าวโพด (Bagheri and Abedi, 2009) ต้นไมยราบยักษ์ (ธีรวัช สิงหศิริ, 2557) และ เมล็ดลำไย (ณัฐวิภา จงรัก, 2554) เป็นต้น ซึ่งสมบัติพิเศษของถ่านกัมมันต์ คือ มีพื้นที่ผิวสูงและมีรูพรุนมากทำให้สามารถดูดซับสารต่าง ๆ ได้ในปริมาณมาก ถ่านกัมมันต์จึงถูกนำไปใช้งานอย่างแพร่หลายและหลากหลายในกระบวนการแยกสารประกอบและการทำให้สารบริสุทธิ์ จึงนิยมใช้ถ่านกัมมันต์เป็นตัวดูดซับสารทั้งที่เป็นของเหลวและก๊าซในอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร ใช้ฟอกสีและดูดกลิ่นในอุตสาหกรรมน้ำตาล การแยกสารประกอบ ไฮโดรคาร์บอน การทำน้ำให้บริสุทธิ์ การกำจัดกลิ่นใช้เป็นตัวกรองก๊าซพิษที่ออกมาจากการเผาไหม้ของยานยนต์ และใช้เป็นยาเพื่อดูดซับสารพิษที่เข้าสู่ร่างกายเป็นต้น ด้วยสมบัตินี้จึงนิยมนำไปใช้ในการดูดซับสารอินทรีย์ หรือ โลหะหนัก เช่น ตะกั่ว ปรอท ทองแดง และโครเมียมที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย เป็นต้น (ณัฐวิภา จงรัก, 2554)

ถ่านกัมมันต์ในปัจจุบันนี้มีกระบวนการทำ 2 วิธี วิธีที่ 1 การกระตุ้นทางเคมี (Chemical activation) เป็นการเปลี่ยนวัตถุดิบโดยใช้สารเคมีบางชนิด เช่น ซิงค์คลอไรด์ (Zinc chloride) กรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid) โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide) ร่วมกับการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 450-900°C ในภาคอุตสาหกรรมนิยมผลิตถ่านด้วยวิธีนี้มากกว่าวิธีกระตุ้นทางกายภาพเนื่องจากใช้ความร้อนและเวลาในการผลิตน้อยกว่าแต่บางครั้งถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการผลิตวิธีนี้ อาจมีปัญหาเรื่องสารตกค้างได้ เช่น การพบสังกะสีตกค้าง ในผลิตภัณฑ์สังกะสีเป็นโลหะหนักเมื่อเข้าสู่ร่างกาย เกิดการสะสมที่บริเวณตับและไตทำให้โครโมโซม ผิดปกติ เสี่ยงต่อการเป็นมะเร็ง ส่วนวิธีที่ 2 การกระตุ้นทางกายภาพ (Physical reactivation) เป็นการนำถ่านที่ผ่านการเผาไหม้ในสภาพอัดอากาศ หรือจำกัดอากาศทำให้มีออกซิเจนน้อย มากระตุ้นโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO) หรือไอน้ำที่มีอุณหภูมิกระตุ้น (Activation temperature) ประมาณ 600-950 องศาเซลเซียส ซึ่งจำเป็นต้องใช้พลังงานสูงมาก ทั้งยังไม่สามารถควบคุมสมบัติของถ่านกัมมันต์ให้คงที่ได้ รวมถึงพื้นที่ผิวและรูพรุนเกิดในปริมาณน้อย (ฉวีวรรณ เพ็งพิทักษ์, 2562) และในประเทศไทยนั้นมีการผลิตถ่านกัมมันต์แบบ

2 ขั้นตอน ด้วยการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ โดย ณัฐวิภา จงรัก (2554) ได้ทำการผลิตถ่านกัมมันต์จากเมล็ดลำไย โดยใช้อัตราส่วนโดยมวลของซิงค์คลอไรด์ต่อเมล็ดลำไย 2:1 และเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 180 นาที ได้ค่าการดูดซับไอโอดีน 826.95 มิลลิกรัม/กรัม สุภาพร รัตนพันธ์ (2557) ได้ทำการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ด้วยการใช้เทคนิคการร่อนโดยการไหลย้อนกลับ ในเปลือกมังคุด ได้ค่าการดูดซับไอโอดีน 820 มิลลิกรัม/กรัม และธีรวัช สิงหศิริ. (2557) ได้ผลิตถ่านกัมมันต์จากต้นไมยราบยักษ์กระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ ซึ่งใช้อัตราส่วนโดยมวลของซิงค์คลอไรด์ต่อต้นไมยราบยักษ์ 3.11:1 และเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ได้ค่าการดูดซับไอโอดีน 966.30 มิลลิกรัม/กรัม ในปี พ.ศ. 2563 ประเทศไทยมีการนำเข้าถ่านกัมมันต์คิดเป็นมูลค่า 545,946,033 บาท และในปี พ.ศ. 2564 มีการนำเข้าเพิ่มเป็น 706,992,120 บาท ซึ่งถือว่ามีความโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี (กรมศุลกากร, ม.ป.ป.)

เพื่อเป็นการลดการนำเข้าของถ่านกัมมันต์ในงานวิจัยนี้จึงเล็งเห็นว่าเศษไม้ลำไยที่เหลือทิ้งจากการตัดแต่งกิ่งของต้นลำไยนั้นสามารถมาทำเป็นมาเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตถ่านกัมมันต์ โดยการศึกษาวิธีการกระตุ้นทางเคมีโดยใช้ซิงค์คลอไรด์ และน้ำส้มควันไม้ มาศึกษาสภาวะต่าง ๆ ที่เป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตถ่านกัมมันต์ เช่น ปริมาณสารกระตุ้นต่อปริมาณวัตถุดิบ อุณหภูมิและเวลาในการเผา เพื่อเป็นแนวทางเป็นการแปรรูปวัสดุที่เหลือทิ้งให้เป็นวัสดุที่มีคุณภาพและมีคุณค่าสูงขึ้น แล้วยังเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ให้เป็นประโยชน์และเป็นทางเลือกในการผลิตถ่านกัมมันต์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการการผลิตถ่านกัมมันต์จากเศษไม้ลำไยที่เหลือทิ้งจากทางการเกษตร
2. เพื่อได้ถ่านกัมมันต์จากเศษไม้ลำไยที่เหลือทิ้งจากทางการเกษตร

ขอบเขตของการวิจัย

1. เศษกิ่งไม้ลำไย มาจากสวนลำไยในจังหวัดตาก และจังหวัดลำพูน
2. ซิงค์คลอไรด์ ($ZnCl_2$) Loba chemie Grade AR/ACS 98%
3. น้ำส้มควันไม้ (Wood vinegar) จากเกษตรกรผลิตถ่าน จังหวัดตาก
4. ตัวแปรที่ศึกษา อัตราส่วนของถ่านไม้ลำไยต่อสารกระตุ้น โดยมวล (1:1 และ 1:2) อุณหภูมิ (800 และ 900 องศาเซลเซียส) เวลา (120 และ 180 นาที)

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการทดลอง

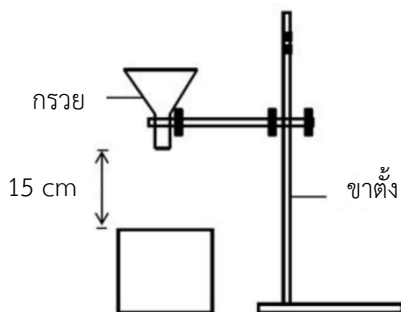
การผลิตถ่านกัมมันต์จากเศษกิ่งไม้ลำไย โดยนำเศษกิ่งไม้ลำไยมาเผาด้วยเตาเผา 200 ลิตร เพื่อให้เป็นถ่าน นำมาบดให้ละเอียด มาร้อนด้วยตะแกรงร่อน ได้ขนาดประมาณ 2 – 5 มิลลิเมตร นำมากระตุ้นด้วยการแช่ ซิงค์คลอไรด์ และน้ำส้มควันไม้ ในอัตราส่วนถ่านไม้ลำไยต่อสารกระตุ้น 1:1 และ 1:2 โดยการแช่ในหลอดทดลอง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ณัฐวิภา จงรัก, 2554) หลังจากนั้นนำไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 12 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็น แล้วนำไปเผาในเตาเผาความร้อนสูงที่อุณหภูมิ 800 และ 900 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 120 และ 180 นาที ตามลำดับ หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส หลาย ๆ ครั้ง จนได้ค่า pH ประมาณ 7 (สุภาพร รัตนพันธ์ และคณะ, 2557) นำไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 6 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็น แล้วนำไปศึกษาสมบัติของถ่านกัมมันต์

การวิเคราะห์สมบัติแบบประมาณของชีวมวล (Proximate analysis) ความชื้น (Moisture content) ASTM E871-82 สารระเหย (Volatile mater) ASTM E872-82 เถ้า (Ash) ASTM E1755-01) ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) ร้อยละปริมาณคาร์บอนคงตัว = $100 - \text{ร้อยละปริมาณความชื้น} - \text{ร้อยละปริมาณสารระเหย} - \text{ร้อยละปริมาณเถ้า}$

การวิเคราะห์สมบัติแบบประมาณของถ่าน (Proximate analysis) ความชื้น สารระเหย เถ้า ASTM D1762-84 ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) ร้อยละปริมาณคาร์บอนคงตัว = $100 - \text{ร้อยละปริมาณความชื้น} - \text{ร้อยละปริมาณสารระเหย} - \text{ร้อยละปริมาณเถ้า}$

การวิเคราะห์ค่าความร้อน ASTM D204

การวิเคราะห์ความหนาแน่นปรากฏ (Bulk density, ρ_b) นำภาชนะที่ทราบปริมาตร (ภาชนะที่ใช้จะขึ้นอยู่กับลักษณะของวัสดุ) ไปชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกค่า จากนั้นเตรียมอุปกรณ์ดังรูปที่ 1 โดยปรับตำแหน่งปลายกรวยให้สูงจากปากกระบอกตวงประมาณ 15 เซนติเมตร เทถ่านกัมมันต์ผ่านกรวยลงในภาชนะจนล้นจากนั้น ถ่านกัมมันต์ให้เสมอภาชนะ นำไปชั่งน้ำหนักแล้วลบน้ำหนักภาชนะออก จะได้มวลของถ่านกัมมันต์ (m) ส่วน (v) คือปริมาตรที่ขึ้นอยู่กับภาชนะที่ใช้ ทำการทดลอง 5 ซ้ำ จากนั้นคำนวณค่าความหนาแน่นรวมจากสมการ $\rho_b = m/v$ (ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร, 2555)



ภาพที่ 1 อุปกรณ์ในการหาความหนาแน่นปรากฏ (ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร, 2555)

การวิเคราะห์หาค่าการดูดซับไอโอดีน (Iodine Number) AWWA B604 ส่งตรวจ กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.)

ผลการทดลองและอภิปรายผล

การวิเคราะห์สมบัติเบื้องต้นของวัตถุดิบ

การวิเคราะห์สมบัติเบื้องต้นของเศษไม้ลำไย และถ่านไม้ลำไยที่ผลิตได้ก่อนนำไปทำเป็นถ่านกัมมันต์ มีผลการวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis) ดังตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าเศษไม้ลำไยนั้นหลังจากเผาแล้วเป็นถ่านไม้ลำไยมีค่าร้อยละปริมาณคาร์บอนคงตัว เท่ากับ 72.96 ซึ่งคิดเป็น 4.80 เท่า ที่ร้อยละปริมาณคาร์บอนคงตัวเพิ่มขึ้น ซึ่งเพียงพอที่สามารถนำไปกระตุ้นต่อเป็นถ่านกัมมันต์

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis) ของเศษไม้ลำไย และถ่านไม้ลำไย

Proximate analysis					ค่าความร้อน (MJ/KG)
ชนิดของวัสดุ	ร้อยละ ความชื้น	ร้อยละสาร ระเหย	ร้อยละเถ้า	ร้อยละปริมาณ คาร์บอนคงตัว	
เศษไม้ลำไย	7.57±0.45	77.75±0.74	2.13±0.19	12.55±0.99	18.05
ถ่านไม้ลำไย	2.37±0.13	18.33±1.56	6.34±0.30	72.96±1.51	28.99

การวิเคราะห์สมบัติของถ่านกัมมันต์

ความหนาแน่นปรากฏ

หลังจากนำเศษไม้ลำไยไปเผาแล้วได้เป็นถ่านไม้ลำไย ผู้จัดทำงานวิจัยนำไปกระตุ้นตามสภาวะดังตารางที่ 2 โดยหลังจากทำการกระตุ้นจะเห็นได้ว่าค่าความหนาแน่นปรากฏของถ่านกัมมันต์นั้นอยู่เกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์ (มอก.900-2547) ซึ่งไม่น้อยกว่า 0.2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เนื่องจากในการใช้อุณหภูมิสูงและเวลาที่ใช้การกระตุ้นมากขึ้น จะมีการปลดปล่อยสารระเหยออกมาจากโครงสร้างภายในมากขึ้น โดยโครงสร้างในส่วนนี้จะมีการพัฒนาไปเป็นโครงสร้างที่มีรูพรุนมากขึ้น จึงทำให้มีค่าความหนาแน่นปรากฏลดลง (ณัฐวิภา จงรัก, 2554)

ตารางที่ 2 ค่าความหนาแน่นปรากฏของถ่านกัมมันต์จากถ่านไม้ลำไย

สภาวะการกระตุ้น	อัตราส่วน สารกระตุ้น:ถ่าน (โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิในการเผา (องศาเซลเซียส)	เวลาในการเผา (นาท)	ความหนาแน่น ปรากฏ (กรัมต่อลูกบาศก์ เซนติเมตร)
ไม่ได้รับการกระตุ้น	-	-	-	0.42±0.007
ความร้อน	-	800	120	0.29±0.002
			180	0.28±0.001
		900	120	0.27±0.001
			180	0.27±0.002
น้ำส้มควันไม้ร่วม ความร้อน	1:1	800	120	0.28±0.001
			180	0.27±0.004
		900	120	0.26±0.001
			180	0.24±0.010
	2:1	800	120	0.28±0.005
			180	0.26±0.002
		900	120	0.25±0.002
			180	0.24±0.001

สภาวะการกระตุ้น	อัตราส่วน สารกระตุ้น:ถ่าน (โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิในการเผา (องศาเซลเซียส)	เวลาในการเผา (นาที)	ความหนาแน่น ปรากฏ (กรัมต่อลูกบาศก์ เซนติเมตร)
ZnCl ₂ รวมความ ร้อน	1:1	800	120	0.27±0.006
			180	0.28±0.003
		900	120	0.28±0.002
			180	0.25±0.003
	2:1	800	120	0.29±0.002
			180	0.26±0.001
		900	120	0.27±0.002
			180	0.25±0.001

ค่าการดูดซับไอโอดีน

จากตารางที่ 2 นั้น ทุกสภาวะในการต้มนั้นมีค่าความหนาแน่นปรากฏ อยู่ในเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์ (มอก.900-2547) ทางผู้ทำงานวิจัยจึงเลือกเอาอัตราส่วนถ่าน:สารกระตุ้น 1:1 เพราะจะได้มีสารเคมีตกค้างน้อย และเลือกการเผากระตุ้นที่ใช้พลังงานน้อย 800 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 120 นาที นำไปทดสอบค่าการดูดซับไอโอดีน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์จากถ่านไม้ลำไย

ค่าที่ทดสอบ	สภาวะการกระตุ้นของถ่านไม้ลำไย				มอก.900-2547
	ไม่ได้รับการ กระตุ้น	ความร้อน (800°C 120 min)	น้ำส้มควันไม้ รวมความร้อน (1:1) (800°C 120 min)	ZnCl ₂ รวมความร้อน (1:1) (800°C 120 min)	
ค่าการดูดซับ ไอโอดีน (mg/g)	211	426	485	612	ไม่น้อยกว่า 600 mg/g

จากตารางที่ 3 จะเห็นว่าการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ร่วมความร้อน เป็นเพียงสภาวะเดียวที่ ค่าการดูดซับไอโอดีนเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์ (มอก.900-2547) โดยการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ร่วมความร้อนทำให้ค่าการดูดซับไอโอดีนมีค่าเพิ่มขึ้นจากถ่านไม้ลำไยที่ไม่ได้รับการตุ้น ถ่านไม้ลำไยที่กระตุ้นด้วยความร้อนเพียงอย่างเดียว และถ่านไม้ลำไยที่กระตุ้นด้วยน้ำส้มคว้นไม้ร่วมความร้อน 401 186 และ 127 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ (คิดเป็นการเพิ่มร้อยละ 190.05 42.72 และ 26.19 ตามลำดับ) เนื่องจากการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์นั้นมีสมบัติในการดึงน้ำมันหัตถ์ และสารประกอบอื่น ๆ ที่อยู่ในโครงสร้างของถ่านไม้ลำไย ในขณะที่มีการเผากระตุ้นได้ดี (Lua and Yang, 2005) และการใช้ร่วมอุณหภูมิสูงร่วมด้วยนั้นก็ยิ่งทำให้เกิดรูพรุนหรือช่องว่างขนาดเล็กเกิดขึ้นการดูดซับไอโอดีนจึงเพิ่มขึ้น (ณัฐวิภา จงรัก, 2554)

สรุปผลการทดลอง

การกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ร่วมความร้อนนั้นสามารถทำให้ถ่านไม้ลำไยมีสมบัติเพียงพอที่จะผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ได้เนื่องจากมีค่าการดูดซับไอโอดีนมากกว่า 600 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์ (มอก.900-2547)

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรนำถ่านกัมมันต์จากไม้ลำไยที่ผ่านการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ร่วมความร้อน ที่อุณหภูมิที่ 900 องศาเซลเซียส เวลา 120 และ 180 นาที ไปทดลองค่าการดูดซับไอโอดีน เพื่อศึกษาดูว่าได้ค่าการดูดไอโอดีนเท่าไรและนำมาคำนวณว่าจะคุ้มค่ากับการเพิ่มพลังงานและเวลาหรือไม่

เอกสารอ้างอิง

- กรมศุลกากร. (ม.ป.ป.). การนำเข้าถ่านกัมมันต์ คำค้น HS-Code: 380210000. สืบค้นเมื่อ 5 เมษายน 2565, จาก https://www.customs.go.th/statistic_report.php
- ฉวีวรรณ เพ็งพิทักษ์. (2562). ถ่านกัมมันต์. กรุงเทพฯ: กองเคมีภัณฑ์และผลิตภัณฑ์อุปโภค กรมวิทยาศาสตร์บริการ.
- ณัฐวิภา จงรัก. (2554). การผลิตถ่านกัมมันต์จากเมล็ดลำไย โดยการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ธีรวัช สิงหศิริ. (2557). สภาวะที่เหมาะสมของการผลิตถ่านกัมมันต์จากต้นไมยราบยักษ์โดยการกระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์และซิงค์คลอไรด์. **วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยขอนแก่น**. 41(4), 527-535.
- ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร. (2555). **สมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบสมุนไพร**. สืบค้นเมื่อ 8 เมษายน 2565, จาก https://www.foodnetworksolution.com/news_and_articles/article/0233/สมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบสมุนไพร.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2564). **ลำไย : เนื้อที่ยืนต้น เนื้อที่ให้ผล ผลผลิต และผลผลิตต่อเนื้อที่ให้ผล รายภาคและรายจังหวัด ปี 2563**. สืบค้นเมื่อ 4 เมษายน 2565, จาก <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/longan%2063%20update.pdf>
- Bagheri, N. and Abedi, J. (2009). Preparation of high surface area activated carbon from corn by chemical activation using potassium hydroxide. **Chemical Engineering Research and Design**. 87(8), 1059-1064.
- Lua, A. C. and Yang, T. (2005). Characteristics of activated carbon prepared from pistachio-nut shell by zinc chloride activation under nitrogen and vacuum conditions. **Journal of colloid and interface science**. 290(2), 505–513.
- Marcilla, A., García-García, S., Asensio, M. and Conesa, J. A. (2000). Influence of thermal treatment regime on the density and reactivity of activated carbons from almond shells. **Carbon**. 38(3), 429–440.
- Srisatit, T and Singhasiri, T. (2006). Using activated carbon from eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) and acacia (*Acacia mangium* Willd.) for chromium and nickel removal from synthesis wastewater. **Thai Environmental Engineering Journal** 2006. 20(3), 25-37.

Received: 29 Oct 2022; Revised: 13 Nov 2022

Accepted: 18 Nov 2022

สภาพสุขภาพและคุณภาพน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ธิดาสุดา อุดมรัตน์ศิริชัย¹, สัจจิตรา เทียงสันเทียะ², วชิระ สิงห์คง³ และ บุญยกฤต รัตนพันธุ์⁴

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพสุขภาพและสิ่งแวดล้อมรอบที่ตั้งตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ และศึกษาคุณภาพของน้ำดื่มที่ผลิตจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร จำนวน 35 ตัวอย่าง พบว่า สภาพสุขภาพของสถานที่ตั้งตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติมีสภาพระดับดี และสภาพ ส่วนประกอบในตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติมีสภาพระดับดีเช่นกัน ผลการศึกษาคุณภาพของน้ำดื่มที่ผลิตจากตู้ หยอดเหรียญอัตโนมัติ เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค พบว่า น้ำดื่มจากตู้ หยอดเหรียญอัตโนมัติ จำนวน 35 ตัวอย่าง ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมดทุกตัวอย่างที่ทำการศึกษา โดยผลการ ตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วงระหว่าง 6.50-7.98 ตัวอย่างน้ำทุกตัวอย่างมีลักษณะใส ไม่มีกลิ่น และ ผลการตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ทั้งหมดที่มีในน้ำดื่มจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ ไม่พบเชื้อในทุกตัวอย่างที่ ทำการศึกษา และการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณอีโคไลและโคลิฟอร์มโดยชุดตรวจสอบไม่พบเชื้อในทุกตัวอย่างที่ ทำการศึกษา

คำสำคัญ : ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ, คุณภาพน้ำดื่ม, มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

¹ นักศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร E-mail: chomphu.titisuda@gmail.com

² นักวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร E-mail: sujitra5548@gmail.com

³ รองศาสตราจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร E-mail: champings@hotmail.com โทร. 0866489238

⁴ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร E-mail: boonyakrit.kpru@gmail.com โทร. 0864404514

Sanitary condition and quality of drinking water from automatic water vending machines in the area around Kamphaengphet Rajabhat University

Titisuda Udomrattanasirichai¹, Suchittra Thaingsunthiah², Wachira Singkong ³and Boonyakrit Rattanapun⁴

Abstract

The aim of this research were to study condition of sanitary and environment around automatic water vending machine and study quality of drinking water from automatic water vending machine in the area around Kamphaengphet Rajabhat University for 35 samples. The results found that, the located of sanitary and environment around automatic water vending machine was good condition. Also, automatic water vending machine component was good condition. The physical, chemical and microorganism quality of drinking water from automatic water vending machine when compared to the standard for drinking water industry product found that 35 samples of drinking water from automatic vending machine were passed the criteria which are examined. The quality result was a pH value acidity - alkaline in the range between 6.50 - 7.98. All samples were clear and odorless. The microorganism quality of drinking water from automatic water vending machine were not found microbe. The quantitative determination of E. coli and coliform by test kit were not found microbe.

Keyword : Automatic water vending machine, Water drinking quality, Kamphaengphet Rajabhat University.

¹ Lecturer, Faculty of Science and Technology, Kamphaeng Phet Rajabhat University E-mail: chomphu.titisuda@gmail.com

² Scientist, Faculty of Science and Technology, Kamphaeng Phet Rajabhat University E-mail: sujitra5548@gmail.com

³ Associate Professor, Faculty of Science and Technology, Kamphaeng Phet Rajabhat University
E-mail: champsing@hotmail.com Tel. 0866489238

⁴ Assistant Professor, Faculty of Science and Technology, Kamphaeng Phet Rajabhat University
E-mail: boonyakrit.kpru@gmail.com Tel. 0864404514

บทนำ

น้ำเป็นสิ่งจำเป็นในการดำรงชีวิต การได้น้ำที่สะอาดย่อมส่งผลให้มีสุขภาพร่างกายแข็งแรง ทุกวันนี้การใช้ชีวิตประจำวันที่เปลี่ยนแปลงไปวิถีชีวิตที่ทันสมัยขึ้นได้ปรับเปลี่ยนการบริโภคซึ่งแม้กระทั่งเรื่องของน้ำดื่ม จากเดิมที่คนไทยดื่มน้ำฝนก็พัฒนาขึ้นมาเรื่อย ๆ เป็นน้ำประปา และน้ำดื่มบรรจุขวด ซึ่งผลิตขึ้นมาเพื่อความสะอาด (ทิพวรรณ เมืองเสน, ม.ป.ป.) ซึ่งปัจจุบันน้ำดื่มที่ผลิตเพื่อจำหน่ายมีหลากหลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นน้ำดื่มในภาชนะปิดสนิทรูปแบบต่างๆ เช่น ขวดพลาสติกใส ขวดพลาสติกขาวขุ่น ถังพลาสติกขาวขุ่น เป็นต้น น้ำดื่มที่กล่าวมาข้างต้นเป็นน้ำดื่มที่มีกระบวนการผลิตจากโรงงานที่ได้เกณฑ์มาตรฐานการผลิตที่ดี (Good Manufacturing Practice) แต่ยังมีน้ำดื่มอีกรูปแบบหนึ่งที่กำลังเป็นที่นิยมคือ น้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ซึ่งได้กลายเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภค เนื่องจากตั้งอยู่ในแหล่งชุมชน เช่น หอพักนักศึกษา หมู่บ้านจัดสรร หรือตามแหล่งต่าง ๆ ที่บริษัทผู้ติดตั้งเห็นว่าน้ำดื่มบรรจุขวดจะเข้าไปไม่ถึง แม้ว่าผู้บริโภคจะต้องนำภาชนะมาบรรจุน้ำเอง แต่ก็ได้รับความนิยมเพราะมีราคาถูกลิตรละ 1-2 บาท เท่านั้น ซึ่งสะดวก ง่าย และประหยัดกว่าน้ำดื่มที่วางขายตามร้านค้า ระบบน้ำดื่มตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติส่วนใหญ่เป็น ระบบรีเวอร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis) สามารถกรองน้ำที่ให้คุณภาพน้ำที่ดีโดยระบบรีเวอร์สออสโมซิสสามารถกำจัดสารที่ละลายในน้ำและยังสามารถกำจัดพวก ไวรัส แบคทีเรีย ซึ่งระบบประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกการกรองตะกอนหยาบขั้นต้น เช่น ทรายละเอียด สนิมเหล็ก เศษผง เป็นการปรับสภาพน้ำระดับหนึ่ง ซึ่งเยื่อกรองจะเป็น Polypropylene filter ขั้นตอนที่สอง สารกรองจะเป็น ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) ซึ่งมีความสามารถในการปรับปรุง รส กลิ่น สี ของน้ำ ขั้นตอนที่สาม เป็นกระบวนการรีเวอร์สออสโมซิส ในขั้นตอนนี้ให้น้ำผ่านเยื่อกรองที่มีรูขนาด 0.0001 ไมครอน สามารถกำจัดสารเคมี โลหะหนัก และเชื้อโรคต่างๆ ได้มากถึงร้อยละ 95 และขั้นตอนสุดท้าย เป็นถ่านกัมมันต์ ทำหน้าที่ขจัดกลิ่น หรือ ก๊าซที่ยังคงหลงเหลือในน้ำ และปรับรสชาติของน้ำให้เป็นธรรมชาติ นอกจากนี้น้ำดื่มตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติยังมีการฆ่าเชื้อโรคด้วยโอโซน (O₃) หรือ การใช้แสงอัลตราไวโอเลต (UV) ที่ความยาวคลื่น 200-295 นาโนเมตร (นรา ระวาดชัย, 2555) เพื่อใช้ในการผลิตน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญที่มีคุณภาพ แต่จากข้อมูลการศึกษาวิจัยของ กัญญา กอแก้ว และคณะ (ม.ป.ป.) เรื่อง สำรวจการปนเปื้อนของจุลินทรีย์จากน้ำดื่มตู้หยอดเหรียญ ในเขตอำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ศึกษาจำนวน 30 ตัวอย่าง โดยศึกษาคุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด จำนวนโคลิฟอร์มรวม ตรวจเชื้อ Staphylococcus aureus, E.coli, Salmonella spp. และสาหร่าย จากการศึกษาพบว่า มีน้ำดื่มไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 22 (จาก 30 ตัวอย่าง) คิดเป็นร้อยละ 73.33 โดยมีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดมากกว่า 500 โคโลนีต่อมิลลิลิตร จำนวน 13 ตัวอย่าง (ร้อยละ 43.33) จำนวน โคลิฟอร์มรวมโดยวิธี MPN มากกว่า 2.2 จำนวน 7 ตัวอย่าง (ร้อยละ 23) ตรวจพบ S.aureus จำนวน 3 ตัวอย่าง (ร้อยละ 10) พบการปนเปื้อน

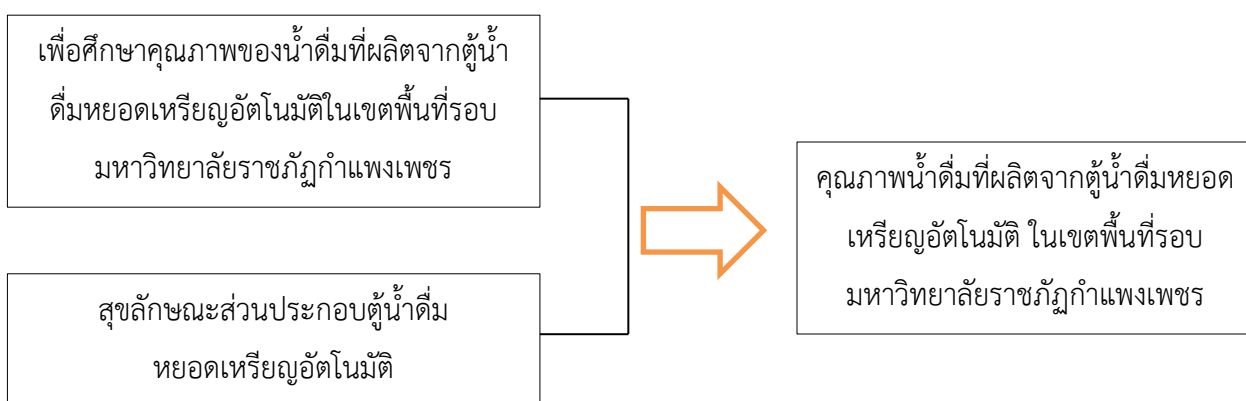
ของสาหร่ายจำนวน 5 ตัวอย่าง (ร้อยละ 16.67) และไม่พบการปนเปื้อนของ E.coli และ Salmonella spp. และจากข้อมูลการศึกษาวิจัยของ สีสาน สุขเทพารักษ์ (2556) เรื่อง การประเมินคุณภาพน้ำจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ โดยศึกษาเพื่อประเมินสถานการณ์ความปลอดภัยของน้ำที่ผลิตจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ โดยอาศัยความตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 362 พ.ศ. 2556 เรื่อง น้ำบริโภคจากตู้น้ำดื่มอัตโนมัติ โดยมีตรวจคุณภาพน้ำก่อนเข้าและน้ำที่ผ่านตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ สำนวณสภาพสุขาภิบาลและการดูแลรักษาตู้ ตัวอย่างตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ จำนวน 354 ตู้ ในพื้นที่เทศบาลนครเชียงราย เทศบาลนครระยอง เทศบาลอุบลราชธานี และเทศบาลนครหาดใหญ่ พบว่า แหล่งน้ำดิบทั้งหมดของการให้บริการตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญเป็นน้ำประปาคุณภาพน้ำดิบก่อนเข้าผ่านเกณฑ์มาตรฐานของน้ำบริโภคร้อยละ 80.51 ในขณะที่น้ำที่ผลิตจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญผ่านเกณฑ์มาตรฐานของน้ำบริโภคร้อยละ 94.35 พารามิเตอร์ที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทางเคมีคือค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าความกระด้าง (Hardness) และพารามิเตอร์ที่ไม่ผ่านมาตรฐานทางชีวภาพ คือ มีโคลิฟอร์มแบคทีเรีย มากกว่า 2.2 MPN/100 ml และพบ E.coli สภาพสุขาภิบาลของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอยู่ในระดับดีร้อยละ 53.95 และอยู่ในระดับปานกลางร้อยละ 25.99 สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติคือสภาพแวดล้อมสถานที่ตั้งไม่เหมาะสม ช่องจ่ายน้ำไม่มีประตูเปิด-ปิด หรือชำรุดหั่วจ่ายน้ำมีตะไคร่และการขาดการดูแลระบบกรองไม่เปลี่ยนไส้กรองตามรอบระยะเวลาที่มีผลต่อคุณภาพน้ำดื่มหยอดเหรียญไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำบริโภค

จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติบางแห่งมีคุณภาพไม่ปลอดภัยและไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน สภาพสุขาภิบาลและสภาพแวดล้อมรอบสถานที่ตั้งไม่เหมาะสม พบการปนเปื้อนของแบคทีเรียและจำนวนโคลิฟอร์ม และในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร มีการประกอบกิจการตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติเพิ่มจำนวนมากขึ้น กระจายอยู่ตามหอพักและชุมชนที่พักอาศัยเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเป็นแหล่งของสถานศึกษาและเขตชุมชน โดยมีนักศึกษาและประชาชนจำนวนมากใช้บริการตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงทำการตรวจสอบสภาพสุขาภิบาลและสิ่งแวดล้อมรอบที่ตั้งตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติและศึกษาคุณภาพของน้ำที่ผลิตจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติซึ่งจะทำให้ผู้บริโภคในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรได้รับข้อมูลของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติและเลือกใช้บริการตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติได้อย่างปลอดภัย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสำรวจสภาพสุขภาพิบาลและสิ่งแวดล้อมรอบที่ตั้งตุน้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
2. เพื่อศึกษาคุณภาพของน้ำดื่มที่ผลิตจากตุน้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

กรอบแนวคิดวิจัย



วิธีดำเนินการวิจัย

1. สำรวจสภาพสุขภาพิบาลและสิ่งแวดล้อมรอบที่ตั้งตุน้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร โดยใช้แบบสำรวจข้อมูลตุน้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชรในรัศมี 7 กิโลเมตร เพื่อให้ทราบถึงจำนวน สถานที่ตั้งและสภาพสุขภาพิบาลและสิ่งแวดล้อมรอบที่ตั้งของตุน้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ และสัญลักษณ์ส่วนประกอบตุน้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ
2. ศึกษาคุณภาพของน้ำดื่มที่ผลิตจากตุน้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

2.1 วิธีการเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างบริเวณหัวจ่ายน้ำของตุน้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติที่ติดตั้งในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร โดยมีวิธีการเก็บตัวอย่างดังนี้คือ

1. กัดน้ำใส่ขวดที่ผ่านการฆ่าเชื้อ สำหรับใส่ตัวอย่าง เนื่องจากสถานการณ์จริงผู้บริโภคบรรจุน้ำใส่ภาชนะทันทีโดยไม่กวดน้ำทิ้งเพื่อไล่น้ำค้างท่อ โดยทำการเขี่ยมือผู้เก็บตัวอย่างด้วยแอลกอฮอล์ร้อยละ 75 ปิดฝาขวดโดยไม่ให้มือสัมผัสบริเวณผิวด้านในของขวด แล้วนำไปรองน้ำจากหัวจ่ายน้ำ ปิดฝาขวดให้สนิท

2. ตัดฉลากรายละเอียดไว้ข้างขวดตัวอย่าง ได้แก่ รหัสตัวอย่างและสถานที่ที่เก็บตัวอย่าง

3. นำตัวอย่างไปตรวจวัดค่าคุณภาพต่างๆ ภายใน 24 ชั่วโมง

3.1 วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

3.2 วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

3.2.1 ตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ที่มีทั้งหมด (Total viable count) ใช้วิธี Standard plate count (Bacteriological Analytical Manual, 2001 อ้างโดย สุธีรา ศรีสุข และภารดี พลไชย, 2559)

1. ตัวอย่างน้ำที่ผ่านจากตู้หยอดเหรียญ ให้เป็นตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 101

2. เจือจางตัวอย่าง โดยเขย่าขวดเพื่อให้เชื้อกระจายทั่วขวด ปิเปตตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดที่มีสารละลาย Peptone Water (0.1% Peptone ที่มี NaCl ผสมอยู่ 0.85%) 90 มิลลิลิตร เขย่าให้ตัวอย่างเข้ากัน ซึ่งตัวอย่างจะถูกเจือจางลง 10 เท่า จะได้ตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 10-1

3. ทำการเจือจางตัวอย่างต่อโดย ปิเปตตัวอย่างสารละลายจากความเข้มข้น 10-1 มา 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลาย Peptone Water (0.1% Peptone ที่มี NaCl ผสมอยู่ 0.85%) 9 มิลลิลิตร เขย่าให้ตัวอย่างเข้ากัน จะได้ตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 10-2

4. นำตัวอย่างน้ำที่มีความเข้มข้น 101, 10-1 และ 10-2 ปิเปตตัวอย่างน้ำ 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว

5. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar จำนวน 15-20 มิลลิลิตรต่อหนึ่งจานเพาะเชื้อ (ทำ 3 ซ้ำ) หมุนจานเพาะเชื้อเพื่อให้ตัวอย่างผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อและกระจายเท่ากัน รอให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง

6. นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง จากนั้นจึงนับจำนวนโคโลนี และรายงานผลการวิเคราะห์

การนับจำนวนโคโลนี ใช้สูตร รายงานค่าในหน่วย CFU/ml เลือกกระดับการเจือจางติดกันเพียง 2 ระดับ ซึ่งมีโคโลนีบนเพลทอยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี

$$\text{สูตร APC} = \Sigma C / \{ [(1 \times n_1) + (0.1 \times n_2)] \times d \}$$

ΣC คือ ผลรวมจำนวนโคโลนีทั้งหมดจากทุกเพลทที่สามารถนับได้

n_1 คือ จำนวนเพลทที่สามารถนับโคโลนีได้เมื่อใช้สารละลายตัวอย่างที่มีการเจือจางน้อย

n_2 คือ จำนวนเพลทที่สามารถนับโคโลนีได้เมื่อใช้สารละลายตัวอย่างที่มีการเจือจางมากขึ้น

d คือ ความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง n_1

3.2.2 ตรวจวิเคราะห์อีโคไลและโคลิฟอร์ม โดยใช้ชุดตรวจ MC-Media E.coli & Coliform บริษัท Merck, Germany

1. เปิดถุงอูมิเนียมแล้วถอด MC-Media Pad ออก เขียนรหัสตัวอย่างลงบนแผ่นฟิล์ม
2. ยกแผ่นฟิล์มใส่ปิเปตตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 101 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงบนแผ่นทดสอบ (ให้ยกฝาครอบฟิล์มตามแนวทแยงมุมเพื่อให้่ายต่อการปิดผนึกใหม่และปลอดภัย)
3. ปิดแผ่นฟิล์ม และกดขอบของฟิล์มเพื่อปิดเบา ๆ
4. นำแผ่นทดสอบไปบ่ม ที่อุณหภูมิ 35 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ± 2 ชั่วโมง จากนั้นจึงนับจำนวนโคโลนี และรายงานผลการวิเคราะห์

การจํานวนนับโคโลนีทั้งหมด (สีฟ้า/สีเขียวอมฟ้า) ให้นับเป็นโคลิฟอร์มแบคทีเรีย สำหรับการนับอีโคไลควรนับเฉพาะสีม่วง หากมีโคโลนีขึ้นจํานวนมากจนไม่สามารถนับได้ ให้นับโคโลนีในหนึ่งตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสและคูณด้วย 20 ถ้ามีจุลินทรีย์มากกว่า 104 ตัวเจริญเติบโตขึ้นบนแผ่นทดสอบทั้งหมดจะปรากฏเป็นคราบ หากนับจํานวนโคโลนีไม่ได้นี้ให้เจือจางตัวอย่างเพิ่มเติมและทดสอบอีกครั้ง

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการสำรวจสภาพสุขภาพภิบาลและสิ่งแวดล้อมรอบที่ตั้งตําน้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร

1.1 สภาพสุขภาพภิบาลและสิ่งแวดล้อมรอบที่ตั้งตําน้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ

จากการสำรวจข้อมูลตําน้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร ในรัศมี 7 กิโลเมตร พบว่ามีจํานวนตําน้ำดื่มจํานวน 35 ตู้ ซึ่งส่วนใหญ่มีสภาพสุขภาพภิบาลและสิ่งแวดล้อมรอบที่ตั้งตําน้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ระดับดี ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สภาพสุขภาพิบาลสถานที่ตั้งตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ (N=35)

สภาพสุขภาพิบาล	ระดับความเหมาะสม		
	ดี	พอใช้	ปรับปรุง
1) บริเวณโดยรอบไม่มีสิ่งของที่ใช้แล้วสะสมอยู่	33(94.28)	1(2.86)	1(2.86)
2) ไม่มีสิ่งปฏิกูลหรือขยะอันอาจเป็นแหล่งเพาะพันธุ์สัตว์ แมลง และเชื้อโรคต่างๆ ได้	32(91.43)	0(0)	3(8.57)
3) ไม่มีน้ำขังและสิ่งสกปรกสะสมอยู่	29(82.86)	1(2.86)	5(14.28)
4) ไม่เป็นที่สะสมของวัสดุมีพิษหรือมีวัตถุมีพิษอยู่บริเวณตู้	35(100)	0(0)	0(0)
5) ไม่มีฝุ่น ควัน และกลิ่นที่ผิดปกติ	20(57.15)	10(28.57)	5(14.28)
6) มีท่อระบายน้ำ และการระบายน้ำที่เหมาะสม	35(100)	0(0)	0(0)
7) ความเหมาะสมของจุดที่ตั้งตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ	34(97.14)	1(2.86)	0(0)
8) ความสะอาดภายนอกของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ	26(74.28)	1(2.86)	8(22.86)
9) มาตรฐานของหัวจ่ายน้ำตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติจะต้องอยู่สูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 60 เซนติเมตร	35(100)	0(0)	0(0)

จากตารางที่ 1 พบว่าประเด็นด้านบริเวณโดยรอบตู้ไม่มีสิ่งของที่ใช้แล้วสะสมอยู่ มีตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ มีสภาพระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับดี 33 ตู้ ระดับพอใช้ 1 ตู้ และระดับที่ปรับปรุง 1 ตู้ ประเด็นไม่มีสิ่งปฏิกูลหรือขยะอันอาจเป็นแหล่งเพาะพันธุ์สัตว์ แมลง และเชื้อโรคต่างๆ ได้ มีสภาพระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับดี 32 ตู้ และระดับที่ปรับปรุง 3 ตู้ ประเด็นไม่มีน้ำขังและสิ่งสกปรกสะสมอยู่ มีสภาพระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับดี 29 ตู้ ระดับพอใช้ 1 ตู้ และระดับที่ปรับปรุง 5 ตู้ ประเด็น ไม่เป็นที่สะสมของวัสดุมีพิษหรือมีวัตถุมีพิษอยู่บริเวณตู้พบว่า ทุกตู้มีระดับความเหมาะสมในระดับดี ประเด็น ไม่มีฝุ่น ควัน และกลิ่นที่ผิดปกติ พบว่า มีตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ มีสภาพระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับดี 20 ตู้ ระดับพอใช้ 10 ตู้ และระดับที่ปรับปรุง 5 ตู้ ประเด็น มีท่อระบายน้ำ และการระบายน้ำที่เหมาะสม พบว่า ทุกตู้มีระดับความเหมาะสมในระดับดี ประเด็น ความเหมาะสมของจุดที่ตั้งตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ พบว่า มีตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ มีสภาพระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับดี 34 ตู้

ระดับพอใช้ 1 ตัว ประเด็น ความสะอาดภายนอกของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ พบว่า ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ มีสภาพระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับดี 26 ตัว ระดับพอใช้ 1 ตัว และระดับที่ปรับปรุง 8 ตัว และประเด็น มาตรฐานของหัวจ่ายน้ำตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติจะต้องอยู่สูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 60 เซนติเมตร พบว่า ทุกตัวมีระดับความเหมาะสมในระดับดี

1.2 สุขลักษณะส่วนประกอบในตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ จากการสำรวจสภาพส่วนประกอบในตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สุขลักษณะส่วนประกอบตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ (N=35)

สภาพสุขาภิบาล	ระดับความเหมาะสม		
	ดี	พอใช้	ปรับปรุง
1) หัวจ่ายน้ำ			
-ความสะอาดของหัวจ่ายน้ำไม่มีคราบสกปรกและตะไคร่น้ำ	34(97.14)	1(2.86)	0(0)
-อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตหัวจ่ายน้ำ	35(100)	0(0)	0(0)
-สภาพพร้อมใช้งานของหัวจ่ายน้ำ	35(100)	0(0)	0(0)
2) แท่นบรรจุ			
-ความสะอาดของแท่นบรรจุไม่มีคราบสกปรกและตะไคร่น้ำ	14(40.00)	3(8.57)	18(51.43)
-อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตแท่นบรรจุ	35(100)	0(0)	0(0)
-สภาพพร้อมใช้งานของแท่นบรรจุ	34(97.14)	0(0)	1(2.86)
-มีประตูปิดช่องจ่ายน้ำ	32(91.43)	0(0)	3(8.57)
-ความสะอาดประตูเปิด-ปิดช่องจ่ายน้ำ	32(91.43)	3(8.57)	0(0)
-สภาพพร้อมใช้งานประตูปิดช่องจ่ายน้ำ	31(88.57)	2(5.71)	2(5.71)
-ความสะอาดของท่อน้ำ	35(100)	0(0)	0(0)
-อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตท่อน้ำ	35(100)	0(0)	0(0)
-สภาพพร้อมใช้งานของท่อน้ำ	35(100)	0(0)	0(0)

จากตารางที่ 2 พบว่าสัญลักษณ์ส่วนประกอบตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ในภาพรวมมีสภาพอยู่ระดับดี เป็นส่วนใหญ่ โดยประเด็นที่หัวจ่ายน้ำจะมีความสะอาดของหัวจ่ายน้ำไม่มีคราบสกปรกและตะไคร่น้ำจำนวน 34 ตู้ อยู่ในระดับดี และมี 1 ตู้อยู่ในระดับพอใช้ ส่วนอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตหัวจ่ายน้ำและสภาพพร้อมใช้งานของหัวจ่ายน้ำ อยู่ในระดับดีทั้ง 35 ตู้ ในส่วนของแท่นบรรจุพบว่า ความสะอาดของแท่นบรรจุไม่มีคราบสกปรกและตะไคร่น้ำ ตู้ส่วนใหญ่ อยู่ในระดับที่ปรับปรุง มีทั้งหมด 18 ตู้ ซึ่งเกิดจากความขึ้นสะสมของน้ำที่ค้างจากหัวจ่ายน้ำ และผู้บริโภคน้ำดื่มที่ใช้บริการตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัตินำขวดหรือภาชนะที่มีก้นภาชนะไม่สะอาดมารองน้ำบนแท่นบรรจุ โดยไม่ทำความสะอาดหลังใช้ทำให้แท่นบรรจุเปื้อนและมีความขึ้นสะสมจนเกิดคราบสกปรกและตะไคร่น้ำ ส่วนอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตแท่นบรรจุทุกตู้อยู่ในระดับดี สภาพพร้อมใช้งานของแท่นบรรจุ สภาพระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับดี 34 ตู้ ระดับที่ปรับปรุง 1 ตู้ มีประตูปิดช่องจ่ายน้ำ สภาพระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับดี 32 ตู้ ระดับที่ปรับปรุง 3 ตู้ ความสะอาดประตูเปิด-ปิดช่องจ่ายน้ำ สภาพระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับดี 32 ตู้ ระดับที่พอใช้ 3 ตู้ สภาพพร้อมใช้งานประตูปิดช่องจ่ายน้ำ สภาพระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับดี 31 ตู้ ระดับที่พอใช้ 2 ตู้ และระดับที่ปรับปรุง 2 ตู้ ส่วนประเด็นเรื่องความสะอาดของท่อน้ำ อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตท่อน้ำ และสภาพพร้อมใช้งานของท่อน้ำ พบว่าทุกตู้มีสภาพเหมาะสมในระดับดี

2. ผลการศึกษาคุณภาพของน้ำดื่มที่ผลิตจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ ในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร

2.1 คุณภาพทั่วไป

ผลการตรวจสอบคุณภาพทั่วไปของตัวอย่างน้ำดื่มจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ จำนวน 35 ตัวอย่าง พบว่า ตัวอย่างน้ำทุกตัวอย่างมีลักษณะใส ไม่มีกลิ่น

2.2 คุณภาพทางเคมี วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

จากการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของตัวอย่างน้ำดื่มจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ จำนวน 35 ตัวอย่าง พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วงระหว่าง 6.50-7.98 คุณภาพน้ำเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมน้ำบริโภค (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549) ซึ่งกำหนดให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.5-8.5 โดยมีตัวอย่างน้ำจำนวน 35 ตัวอย่าง ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกตัวอย่าง ดังตารางที่ 3 เนื่องจากแหล่งน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ใช้น้ำประปาส่วนภูมิภาค ซึ่งมีมาตรฐานคุณภาพน้ำประปา ค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ที่ 6.5-8.5 และตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติใช้ระบบการกรองน้ำตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติที่เป็นระบบการกรองแบบรีเวอร์สออสโมซิส น้ำที่ได้จากการกรองมีคุณภาพที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด

2.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

จากการตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ของตัวอย่างน้ำดื่มจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ จำนวน 35 ตัวอย่าง พบว่า ไม่พบปริมาณจุลินทรีย์ที่มีทั้งหมด ในทุกตัวอย่างที่ทำการศึกษา และการตรวจวิเคราะห์หาโคลิฟอร์มและอีโคไล ในน้ำดื่มจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ ทั้ง 35 ตัวอย่าง โดยชุดทดสอบ Coliform & E.coli พบว่า ไม่พบเชื้อโคลิฟอร์มและอีโคไลในทุกตัวอย่างที่ทำการศึกษาเช่นกัน ดังตารางที่ 3 ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการผลิตน้ำดื่มจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติมีกระบวนการผลิตโดยใช้น้ำประปาเข้าไปในระบบการกรองแบบรีเวอร์สออสโมซิสโดยจะผ่านการกรองขั้นต้นด้วยไส้กรองคาร์บอนและไส้กรองใยสังเคราะห์

ตารางที่ 3 คุณภาพของน้ำดื่มที่ผลิตจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ

ตัวอย่างที่	ค่าความเป็นกรด- ด่าง (pH)	TVC (CFU/ml)	E.coli & Coliform (MPN/100ml)	ผลตาม มาตรฐาน
	(6.5-8.5)*	(ไม่เกิน 500)*	(ไม่พบ)*	
1	7.49	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
2	7.71	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
3	7.05	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
4	7.47	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
5	7.26	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
6	7.52	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
7	7.35	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
8	7.25	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
9	7.34	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
10	7.98	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
11	7.83	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
12	7.34	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
13	7.11	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์

ตัวอย่างที่	ค่าความเป็นกรด- ด่าง (pH)	TVC (CFU/ml)	E.coli & Coliform (MPN/100ml)	ผลตาม มาตรฐาน
	(6.5-8.5)*	(ไม่เกิน 500)*	(ไม่พบ)*	
14	7.69	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
15	7.52	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
16	7.50	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
17	7.59	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
18	7.54	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
19	7.52	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
20	7.55	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
21	7.47	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
22	7.94	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
23	7.75	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
24	7.70	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
25	6.88	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
26	6.65	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
27	7.27	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
28	6.98	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
29	6.50	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
30	6.75	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
31	6.68	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
32	6.68	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
33	6.60	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
34	6.62	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์
35	6.87	ไม่พบ	ไม่พบ	ผ่านเกณฑ์

หมายเหตุ: *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภคกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2549

สรุป

จากการสำรวจสภาพสุขาภิบาลและสิ่งแวดล้อมรอบที่ตั้งตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ และศึกษาคุณภาพน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร จำนวน 35 ตัวอย่าง สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ผลการสำรวจสภาพสุขาภิบาลและสิ่งแวดล้อมรอบที่ตั้งตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ สำรวจสภาพสุขาภิบาลและสิ่งแวดล้อมรอบที่ตั้งตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร พบว่า สภาพสุขลักษณะสถานที่ตั้งและส่วนประกอบต่างๆ ของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอยู่ในระดับดี แต่ยังมีบางส่วนที่มีสภาพไม่เหมาะสม เช่น มีการตั้งตู้น้ำดื่มบริเวณที่ใกล้กับถนน ไม่มีหลังคาป้องกันแสงแดด ตั้งอยู่ใต้อาคารบริเวณที่จอดรถจักรยานยนต์ อาจทำให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ระบบการผลิตน้ำได้โดยเฉพาะหัวจ่ายน้ำ ประตูเปิด-ปิดช่องจ่ายน้ำ ถังเก็บน้ำกรอง บางตู้ขาดการดูแลล้างทำความสะอาดทำให้เกิดตะไคร่น้ำเกาะที่หัวจ่ายหรือบางตู้ประตูชำรุดสกปรกอาจเสี่ยงต่อการปนเปื้อนเชื้อโรคสู่กระบวนการผลิตน้ำได้

2. ผลการศึกษาคุณภาพของน้ำดื่มที่ผลิตจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ ในเขตพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร เมื่อพิจารณาคุณภาพน้ำดื่มจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ พบว่า มีคุณภาพในค่า ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณโคลิฟอร์มและอีโคไล ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้ง 35 ตัวอย่าง

ข้อเสนอแนะ

1. ผู้ประกอบการควรดูแลความสะอาดอุปกรณ์และส่วนประกอบของตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติเป็นประจำ ตามระยะเวลาที่กำหนด
2. ผู้จำหน่ายตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ ควรเปลี่ยนไส้กรอง และการตรวจสอบคุณภาพน้ำตามระยะเวลาที่กำหนด

เอกสารอ้างอิง

- กัญญา กอแก้ว, วรรณดี แสงดี, ดารานัย รบเมือง และกานดาวดี โนชัย. (2558). **สำรวจการปนเปื้อนของจุลินทรีย์จากน้ำดื่มตู้หยอดเหรียญในเขตอำเภอพระนครศรีอยุธยา** (รายงานการวิจัย). พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.
- ทิพวรรณ เมืองเสน. (ม.ป.ป.). **“ตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติ” เป็นสินค้าที่ควบคุมฉลาก**. กรุงเทพฯ: กองเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค.
- นรา ระวาดชัย. (2555). **ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำดื่มจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาอนามัยสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ลีลานุช สุเทพารักษ์. (2556). **การประเมินคุณภาพน้ำจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ**. นนทบุรี: กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.
- สุธีรา ศรีสุข และภารดี พลไชย. (2559). **คุณภาพน้ำทางจุลินทรีย์ของน้ำบริโภค จากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญอัตโนมัติในเขตเทศบาลนครยะลา**. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. 8(2), 281-282.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2549). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค (มอก.257-2547)**. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

Received: 26 Oct 2022; Revised: 15 Nov 2022

Accepted: 22 Nov 2022

การศึกษาสารพฤกษเคมีเบื้องต้น ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และองค์ประกอบทางเคมี ของน้ำมันหอมระเหยจากหัวกระเทียมด้วยเทคนิค GC-MS

สุกิจ ทองแบน¹, วาสนา ประภาเลิศ², อัครสิทธิ์ บุญส่องแท้³, กัญญ์วรา หล่ายข้าม⁴ และ รุ่งทิพย์ กาวาริ⁵

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารพฤกษเคมีเบื้องต้น ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเบื้องต้นของน้ำมันหอมระเหยและการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากหัวกระเทียมด้วยเทคนิค GC-MS ผลจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของสารสกัดเอทานอลของหัวกระเทียมพบซาโปนิน แอลคาลอยด์ แอนทราควิโนน แทนนิน และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ น้ำมันหอมระเหยมีลักษณะใส ไม่มีสี และมีกลิ่นฉุนเฉพาะ คิดเป็นร้อยละ 0.13% w/w ซึ่งเมื่อนำน้ำมันหอมระเหยที่ได้มาทดสอบการต้านอนุมูลอิสระเบื้องต้นด้วยเทคนิค TLC Screening for DPPH Radical Scavenger พบว่ามีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค GC-MS ของน้ำมันหอมระเหย พบว่ามีองค์ประกอบทางเคมีมากกว่า 50 ชนิด ซึ่งมีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ 3 - Cyclohexen-1 - ol, Sabinene, Bicyclo[3 . 1 . 1] heptane, 2 ,6 ,1 0 - Cycloundecatrien-1 - one, 9- Octadecenamide, Oleic acid, Benzene and derivative, 1 , 8 -Cineole, alpha-Pinene และ alpha-Humulene

คำสำคัญ : ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ, กระเทียม, น้ำมันหอมระเหย

¹ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

² ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

³ โรงเรียนจิตรวิทย เชียงใหม่

⁴ สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ E-mail : sukij@g.cmru.ac.th

⁵ สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

Phytochemical Screening, Antioxidant Activity and Chemical Composition of Essential Oil Using Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS) from *Zingiber zerumbet* (L.) Smith

Sukit Thongbaen¹, Wasana Prapalert², Akharasit Bunsongthae³, Kunwara Laikham⁴ and Rungtip Kawaree⁵

ABSTRACT

The aim of this study is to screen the phytochemical content, antioxidant activity and chemical composition of essential oil from *Zingiber zerumbet* using GC-MS. It was found that, phytochemical screening of ethanol extract was found to contain saponins, alkaloids, anthraquinone, tannins and cardiac glycosides. The essential oil was clear, colorless with a distinctive odor. The percentage yield of essential oil was 0.13% w/w. TLC Screening for DPPH Radical Scavenger showed antioxidant activity. The study of chemical composition of essential oils by GC-MS technique was found that the essential oil contained more than 50 chemical components. The main components were 3-Cyclohexen-1-ol, Sabinene, Bicyclo[3.1.1]heptane, 2,6,10-Cycloundecatrien-1-one, 9-Octadecenamide, Oleic acid, Benzene and derivative, 1, 8-Cineole, alpha-Pinene and alpha-Humulene.

Keyword : *Zingiber zerumbet*, antioxidant, essential oil

¹ Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University

² Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University

³ Jittrawittaya Schools School, Chiangmai Province

⁴ Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University E-mail : sukij@g.cmru.ac.th

⁵ Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความอุดมสมบูรณ์ไปด้วยพืชสมุนไพรนานาชนิด ซึ่งสมุนไพรเหล่านี้มีความแตกต่างกันในแต่ละเขตพื้นที่ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะภูมิอากาศ ความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ และสิ่งที่น่าสนใจคือพืชสมุนไพรพื้นบ้านในแต่ละท้องถิ่นมีคุณสมบัติที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของตนเอง ถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการประกอบอาหาร และเป็นส่วนประกอบในยาสมุนไพรพื้นบ้าน (จันทร์เพ็ญ โคตรภูธร, 2559) กระเทียมเป็นพืชสมุนไพรที่อยู่ในวงศ์ขิง ข่า เป็นไม้ล้มลุก มีเหง้าใต้ดิน ใบเดี่ยวรูปรียาว ขอบใบเรียบ ก้านใบเป็นกาบ หุ้มลำต้น ดอกออกเป็นช่อกลมรูปทรงกระบอก มีใบประดับสีเขียวแกมแดงเรียงซ้อนกันเป็นระเบียบ ดอกสีเหลือง ผลเป็นผลแห้งแตกได้รูปทรงค่อนข้างกลมสีแดง เหง้าสดหรือหัวสดรสขมปร่า บำรุงน้ำนม รักษาอาการท้องอืดเพื่อแน่นจุกเสียด และปวดท้อง แก้ปวดมวนในท้อง แก้บิด ขับผายลม ขับปัสสาวะ ใช้เหง้าหั่นไฟผสมน้ำปูนใส แก้บิดปวดเบ่ง แก้เสมหะเป็นพิษ แก้แน่นหน้าอก ขับน้ำย่อย ตันรสขมขึ้น เจริญอาหาร ไบรสขมขึ้นเล็กน้อย ขับน้ำควาปลา ดอกรสขมขึ้น แก้ไข้เรื้อรัง ไข้จับสั่น ไข้ตัวเย็น (กรมการแพทย์แผนไทย และการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข, 2560) นำไปใช้ปรุงยาสมุนไพรโดยการนำเหง้าไปฝนทาแก้เคล็ดขัดยอก ฟกบวม แก้บิดสมานลำไส้และยังช่วยแก้อาการท้องอืดท้องเฟ้อ หรือทำเป็นยารักษาโรค และทำอาหารได้ เช่น นำยอดอ่อนมาใช้ในการประกอบอาหารจำพวกผัดเผ็ดต่าง ๆ ส่วนหน่ออ่อนใช้รับประทานสดหรือลวกจิ้มน้ำพริกหรือรับประทานเป็นผักคู่กับอาหาร ในปัจจุบันมีการนำไปใช้ทำเป็นน้ำมันหอมระเหย หรือเป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์บางชนิด (Keita et al., 2543)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นเพื่อสกัดน้ำมันหอมระเหยฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเบื้องต้นของน้ำมันหอมระเหยและศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยด้วยเทคนิค GC-MS เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นของแนวทางในการทำผลิตภัณฑ์จนนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ ต่อไปได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

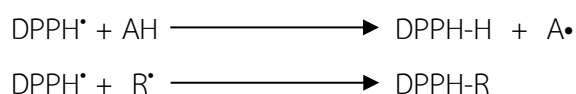
1. เพื่อสกัดสารสำคัญจากหัวกระเทียม
2. เพื่อศึกษาสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของหัวกระเทียม
3. เพื่อศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเบื้องต้นของน้ำมันหอมระเหยจากหัวกระเทียม
4. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากหัวกระเทียมด้วยเทคนิค Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)

เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

สารประกอบทางเคมีในพืชสมุนไพร สามารถแบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ 1) สารเมแทบอลิท์ปฐมภูมิ (Primary metabolite) เป็นสารที่ได้มาจากระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis) รวมทั้งสารอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการ นอกจากนี้ยังมีการหายใจ (Respiration) ที่มีสารประกอบต่าง ๆ เกิดขึ้นมากมาย และมีการสร้างพลังงานด้วย ได้แก่ สารพวก คาร์โบไฮเดรต ไขมัน กรดอะมิโน โปรตีน เพียวรีน และไพริมิดีน 2) สารเมแทบอลิท์ทุติยภูมิ (Secondary metabolite) เป็นสารที่ได้มาจากการนำสารเมแทบอลิท์ปฐมภูมิ มาเข้าสู่กระบวนการชีวสังเคราะห์ เพื่อสร้างสารชนิดต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิต ได้แก่ สารพวก อัลคาลอยด์ (Alkaloids) แอนทราควิโนน (Anthraquinone) ฟีนอลิก (Phenolics) แทนนิน (Tannin) น้ำมันหอมระเหย (Essential oil) เทอร์พีนอยด์ (Terpenoid) ไกลโคไซด์ (Glycosides) เป็นต้น ส่วนใหญ่สารพวกเมแทบอลิท์ทุติยภูมิจะมีสรรพคุณทางยา (รักบ้านเกิด, 2563)

การตรวจสอบสารสำคัญทางพฤกษเคมีเบื้องต้น (Phytochemical Screening) เป็นวิธีการตรวจสอบสารสกัดในพืชเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นว่ามีสารเคมีกลุ่มใดบ้างที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (Pharmacological action) เช่น กลุ่มแอลคาลอยด์ (Alkaloids) กลุ่มไกลโคไซด์ (Glycosides) เป็นต้น โดยมีการตรวจสอบด้วยปฏิกิริยาสีหรือการเกิดตะกอน ใช้ปฏิกิริยาทางเคมีง่าย ๆ ซึ่งจะให้ผลเป็นสีต่าง ๆ หรือเกิดการขุ่น หรือ เกิดตะกอน วิธีการตรวจสอบเบื้องต้น (Preliminary test) นี้เป็นวิธีที่ง่าย รวดเร็ว มีความไวสูง แต่ไม่จำเพาะเจาะจงกับกลุ่มสารเคมีที่ต้องการสารสำคัญแต่ละชนิดจะไวต่อน้ำยาตรวจสอบไม่เท่ากัน จึงต้องระมัดระวังเรื่องปริมาณน้ำยาตรวจสอบที่ใช้ (รัตนา อินทรานุปรณ์, 2547)

การทดสอบการต้านอนุมูลอิสระเบื้องต้นด้วยเทคนิค TLC Screening for DPPH Radical Scavenger เป็นการทดสอบสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยการพ่นสารละลาย DPPH ลงไปที่ แผ่น TLC ตำแหน่งของสารที่ทำปฏิกิริยากับ DPPH Radical จะทำให้สีม่วงของ DPPH หายไปจึงปรากฏการฟอกจางสีของสารบนพื้น Silica gel บนแผ่น TLC (อภิสร่า อินทะรังษี, 2555) ซึ่ง DPPH เป็นสารอนุมูลอิสระที่เสถียร (Stable Radical) ในตัวทำละลายเมทานอล สารละลายมีสีม่วง ดูดกลืนแสงที่ 515-517 nm โดย DPPH• จะเกิดปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant, AH) หรือกับอนุมูลอิสระ (Radical Species, R•)



เมื่อ DPPH• ทำปฏิกิริยากับสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สีของสารละลายสีม่วงจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง โดยเปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้เป็นมาตรฐาน ถ้าตัวอย่างมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันได้สูงความเข้มของสารละลายสีม่วงจะลดลง (พรรณี เด่นรุ่งเรือง, 2550)

น้ำมันหอมระเหย เป็นสารอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบซับซ้อนได้จากการที่พืชสมุนไพรสร้างขึ้น โดยเก็บไว้ในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น เมล็ด ดอก ใบ ผล เปลือก ลำต้น หรือที่ราก และเหง้า เป็นต้น มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสีหรือมีสีอ่อน ๆ มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว ระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิปกติ เมื่อได้รับความร้อนจะระเหยได้ดียิ่งขึ้น กลิ่นของน้ำมันหอมระเหยมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไปขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในพืชแต่ละชนิด เช่น น้ำมันตะไคร้หอม ประกอบด้วย Geraniol, Citronella และ Borneol ทำให้มีคุณสมบัติในการไล่แมลง หรือน้ำมันตะไคร้หอมประกอบด้วย Citral, Linalool และ Geraniol ซึ่งทำให้มีคุณสมบัติช่วยในการขับลม แก้อาเจียน (พัชรินทร์ อินทร์ทอง, 2555)

GC-MS เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ชนิดขององค์ประกอบที่มีอยู่ในสารได้อย่างค่อนข้างแม่นยำโดยอาศัยการเปรียบเทียบ Fingerprint ของเลขมวล (Mass number) ของสารตัวอย่างนั้น ๆ กับข้อมูลที่มีอยู่ นอกจากนี้เทคนิคนี้ยังมีความสามารถในการวิเคราะห์ได้ทั้งในเชิงปริมาณ (Quantitative analysis) และในเชิงคุณภาพ (Qualitative analysis) ได้อย่างถูกต้อง Mass Spectrometer เป็น Detector ที่ใช้ตรวจวัดองค์ประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง โดยอาศัยกลไกคือโมเลกุลขององค์ประกอบที่ถูกแยกออกมาจากสารตัวอย่างโดยเครื่อง GC นั้นจะถูกไอออไนซ์ในสถานะที่เป็นสุญญากาศแล้วตรวจวัดออกมาเป็นเลขมวล โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงและแปลผลออกมาเป็นชื่อขององค์ประกอบนั้น ๆ (ศูนย์เครื่องมือกลาง หน่วยปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี, 2558)

วิธีดำเนินการวิจัย (Research Methodology)

1. การเก็บตัวอย่างพืช

กระเทียม (Zingiber zerumbet (L.) Smith) เก็บตัวอย่างจากบ้านสวนตาใจ (นายวิชัย ดุมไม้) หมู่บ้านสะลง เลขที่ 202/59 หมู่ 3 ตำบลสะลง อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ ช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึง ธันวาคม ส่วนที่ใช้ในการทดลองคือ หัวหรือเหง้าสด

2. การเตรียมตัวอย่าง

นำหัวกระเทียม มาทำการแยกส่วนของลำต้น และใบออก คัดแยกส่วนหัวที่ดีไม่มีราสีงอกปรก ล้างทำความสะอาด สะเด็ดน้ำให้แห้ง

2.1 การเตรียมตัวอย่างพืชสดจากหัวกระเทียม

2.2 นำส่วนหัวกระเทียมมาหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำส่วนที่หั่นมาชั่งให้ทราบน้ำหนัก

2.3 ที่แน่นอนเพื่อนำไปสกัดน้ำมันหอมระเหย

การเตรียมตัวอย่างแบบแห้งจากหัวกระทือ

นำส่วนหัวกระทือมาหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปผึ่งลมทำให้แห้งด้วยอากาศ (Air Drying) ที่อากาศถ่ายเทสะดวก นาน 72 ชั่วโมงจนกระทั่งแห้ง นำไปบดให้เป็นผงละเอียดซึ่งน้ำหนักที่แน่นอนเพื่อนำไปเตรียมสารสกัดหยาบ

3. การเตรียมสารสกัดหยาบหัวกระทือ

นำหัวกระทือแบบแห้งมาสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล โดยวิธีการแช่หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน (2 รอบ) หลังจากนั้นทำการกรองสารละลายโดยใช้กระดาษกรอง นำสารละลายที่กรองได้ไประเหยด้วยเครื่องระเหยสารแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ ซึ่งน้ำหนักสารสกัดหยาบที่ได้ เก็บสารสกัดในภาชนะปิดที่บดแสงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปทดสอบสารพิษทุกเคมีเบื้องต้น

4. การตรวจสอบสารพิษทุกเคมีเบื้องต้น

โดยตรวจสอบสารพิษทุกเคมีของตัวอย่างพืชสด เป็นการทดสอบ ซาโปนิน แอลคาลอยด์ และแอนทราควิโนน ส่วนสารสกัดหยาบเป็นการทดสอบแทนนินและคาร์ดิแอกไกลโคไซด์แสดงดังนี้

4.1 การตรวจสอบสารซาโปนิน (ดัดแปลงจากวัชรภรณ์ ประภาสะโนบล, 2561) ชั่งตัวอย่างพืชสดมา 10 กรัม เติมน้ำ 40% เอทานอลลงไป 40 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 2-3 นาทีแล้วกรอง ได้สารสกัด เติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตรแล้วเขย่าจะทำให้เกิดฟองคงตัวประมาณ 30 นาที นำไปต้มให้เดือดแล้วกรอง นำของเหลวส่วนที่กรองมา เติมน้ำกลั่น 2-3 มิลลิลิตร เขย่าแรงๆ ถ้าปรากฏฟองถาวรเกิดขึ้นแสดงว่าพบซาโปนิน

4.2 การตรวจสอบหาสารแอลคาลอยด์ (ดัดแปลงจากรัตนา อินทรานุปกรณ์, 2547) ชั่งตัวอย่างพืชสดมา 10 กรัม เติมน้ำ 40% เอทานอลลงไป 40 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 2-3 นาที เติมน้ำกรดซัลฟิวริก (2% H_2SO_4) 15 มิลลิลิตร นำไปอุ่น 2-3 นาที กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำสารละลายที่ได้จากการกรอง เติมน้ำยาตราเจนดอร์ฟลงไป ถ้าปรากฏตะกอนสีส้มแดงเกิดขึ้นแสดงว่าพบแอลคาลอยด์

4.3 การตรวจสอบสารแอนทราควิโนน (ดัดแปลงจากวัชรภรณ์ ประภาสะโนบล, 2561) ชั่งตัวอย่างพืชสดมา 10 กรัม เติมน้ำ 40% เอทานอลลงไป 40 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 2-3 นาที เติมน้ำกรดไฮโดรคลอริก (10% HCl) 2 มิลลิลิตร นำไปต้ม 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้สารละลายเย็นที่อุณหภูมิห้อง กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำสารละลายที่ได้จากการกรองสกัดด้วยไดคลอโรมีเทน 5 มิลลิลิตรแล้วนำชั้นไดคลอโรมีเทนเติมสารละลายแอมโมเนีย (10% NH_3) 1 มิลลิลิตร ถ้าปรากฏสารละลายเป็นสีชมพูแดงเกิดขึ้นแสดงว่าพบแอนทราควิโนน

4.4 การตรวจสอบสารแทนนิน (ดัดแปลงจากจุฑารัตน์ ศรีประเสริฐ, 2559) ชั่งสารสกัดหยาบมา 0.2 กรัม เติมน้ำเอทานอล 4 มิลลิลิตร นำไปอุ่นบนเครื่องอังไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรองเติมสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ (1% $FeCl_3$) จำนวน 5 หยด โดยหยดสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ทีละหยดแล้วเขย่า สังเกตการเปลี่ยนแปลงจนครบ 5 หยด ถ้าปรากฏสารละลายเป็นสีเขียวดำหรือน้ำเงินดำแสดงว่าพบแทนนิน

4.5 การตรวจสอบสารคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ (ดัดแปลงจากวาทีนี เสงี่ยมภู, 2559) ซึ่งสารสกัดหยาบมา 0.2 กรัม เติมน้ำกลั่น 4 มิลลิลิตร กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรองเติมสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ (1% FeCl_3) จำนวน 5 หยดแล้วเขย่า หยดกรดแอสติกเข้มข้นจำนวน 5 หยดแล้วเขย่า และหยดกรดซัลฟิวริกเข้มข้นจำนวน 12 หยดแล้วเขย่า ถ้าปรากฏวงแหวนสีน้ำตาลตรงรอยต่อระหว่างชั้นของสารสกัดกับกรดซัลฟิวริกแสดงว่าพบคาร์ดิแอกไกลโคไซด์

5. การสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีการกลั่นด้วยน้ำแบบไอน้ำ ซึ่งตัวอย่างพืชสดมา 400 กรัม ใส่ลงในขวดก้นกลม เติมน้ำกลั่น 1,400 มิลลิลิตร แช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที ประกอบชุดกลั่นด้วยไอน้ำ แล้วทำการกลั่นน้ำมันหอมระเหยโดยค่อย ๆ ให้ความร้อนจนกลั่นเป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง จึงคูดน้ำมันหอมระเหยออก แยกเอาส่วนของน้ำมันหอมระเหยเก็บไว้ในขวดสีชาที่แห้งปิดฝาสนิทซึ่งน้ำหนักที่แน่นอนและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเพื่อนำไปทดสอบต่อไป

6. การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหย (ดัดแปลงจากหทัยชนก ชัยเมืองเขียว, 2556) จุดน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการสกัด ปริมาตร 1, 2 และ 3 μL ตามลำดับ ลงบนแผ่นโครมาโทกราฟีผิวบาง 3 จุด แล้วพ่นสารละลาย DPPH ลงไปวางทิ้งไว้ให้แห้งสังเกตที่ตำแหน่งของน้ำมันหอมระเหยถ้าปรากฏการฟอกจางสีบนพื้นสีม่วงแสดงว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

7. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีน้ำมันหอมระเหยจากหัวกระเทียมด้วยเทคนิค GC-MS ทำโดยใช้ตัวอย่าง 30 μL ละลายในไดคลอโรมีเทน 570 μL (นลิน วงศ์ขัตติยะ และคณะ, 2559) สภาพของเครื่อง GC (ยี่ห้อ Agilent Technology, รุ่น GC 6890 A, USA) ใช้ปริมาณตัวอย่าง 1 μL ในส่วนของคอลัมน์ที่ใช้คือ HP- 5MS 30 m x 0.25 mm ID x 0.25 mm Film Thickness (Agilent Technology, HP-5MS, USA) ตั้งอัตราการไหลของก๊าซฮีเลียมเข้าคอลัมน์เป็น 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที ส่วนอุณหภูมิคอลัมน์ตั้งโปรแกรมโดยใช้อุณหภูมิเริ่มต้น 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นเพิ่มอัตราเร็ว 3 องศาเซลเซียสต่อนาทีจนถึงอุณหภูมิ 188 องศาเซลเซียส และเพิ่มอัตราเร็ว 20 องศาเซลเซียสต่อนาทีจนถึงอุณหภูมิ 280 องศาเซลเซียสคงที่อีก 3 นาที เวลาในการวิเคราะห์นาน 52.91 นาที ส่วนของ MS (Agilent Technology, MSP 5975C, USA) เป็น MS Quadrupole ที่ต่อกับ GC โดยตรง ซึ่งผ่านส่วนเชื่อมต่อ (Transfer Line) ที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 150 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของ Ion Source เป็น 230 องศาเซลเซียส ในระบบ Electron Impact Ionization (EI) โดยให้ผลการแยกองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยเป็น Total Ion Chromatogram (TIC) ในระบบ Scan Mode ใช้ในช่วง Mas 30 ถึง 500 AMU (Atomic Mass Unit) และการพิสูจน์เอกลักษณ์ขององค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยใช้การเปรียบเทียบกับสเปกตรัมกับสเปกตรัมมาตรฐานของ Wiley Version 8 Nite Liber

ผลการวิจัย

1. การเตรียมสารสกัดหยาบหวักระทือ

ผลการสกัดหวักระทือโดยวิธีการแช่หมักด้วยเอทานอลพบว่า สารสกัดหยาบที่ได้มีลักษณะสีน้ำตาลเข้มหนืด คิดเป็นร้อยละผลผลิต (% Yield) เท่ากับ 9.96

2. การตรวจสอบสารพิษเคมีเบื้องต้น

ผลการตรวจสอบสารพิษเคมีเบื้องต้นของตัวอย่างพืชสดพบซาโปนิน แอลคาลอยด์ และแอนทราควิโนน ส่วนสารสกัดหยาบ พบแทนนิน และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ แสดงผลการทดลองดังตาราง 1

ตาราง 1 การตรวจสอบสารพิษเคมีเบื้องต้นของตัวอย่างพืชสด และสารสกัดหยาบจากหวักระทือ

สารองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น	ตัวอย่างพืชสด	สารสกัดหยาบ
ซาโปนิน	+	
แอลคาลอยด์	+	
แอนทราควิโนน	+	
แทนนิน		+
คาร์ดิแอกไกลโคไซด์		+
หมายเหตุ + หมายถึง ทดสอบพบสาร		

3. การสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีการกลั่นด้วยน้ำแบบไอน้ำ

ผลการสกัดน้ำมันหอมระเหยเป็นเวลานาน 2 ชั่วโมงพบว่าได้น้ำมันหอมระเหยมีลักษณะใส ไม่มีสี และมีกลิ่นเฉพาะตัว คิดเป็นร้อยละของผลิตภัณฑ์ของน้ำมันหอมระเหยเท่ากับ 0.13% w/w

4. การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหย

ผลการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยเทคนิค TLC Screening for DPPH Radical Scavenger พบว่าน้ำมันหอมระเหยมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเนื่องจากเกิดการพอกจางสีม่วงบนพื้นผิว Silica gel

5. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากหวักระทือด้วยเทคนิค GC-MS

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย พบว่า มีองค์ประกอบทางเคมีมากกว่า 50 ชนิด ซึ่งมีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ 3-Cyclohexen-1-ol, Sabinene, Bicyclo[3.1. 1]heptane, 2,6,10-Cycloundecatrien-1-one, 9-Octadecenamide, Oleic acid, Benzene and derivatives, 1, 8-Cineole, alpha-Pinene และ alpha-Humulene แสดงดังตาราง 2

ตาราง 2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากหัวกระเทียม

Peak	Components	Retention time	%
1	alpha-Thujene	4.87	0.55
2	alpha-Pinene	5.05	2.81
4	Sabinene	6.23	15.08
5	bicyclo [3.1.1] Heptane	6.30	8.38
6	beta-Myrcene	6.78	0.87
8	alpha-Terpinene	7.62	0.47
9	Benzene and derivatives	7.93	5.15
10	1,8-Cineole	8.16	3.57
18	p-Menth-2-en-1-ol	11.84	1.32
22	3-Cyclohexen-1-ol	14.32	25.99
35	alpha-Humulene	25.61	2.02
48	2,6,10-Cycloundecatrien-1-one	36.37	8.16
49	Oleic acid	47.93	5.30
51	Hexadecanamide	48.32	0.92
52	(Z)-2-(1-Hexanylsulfinyl) naphthalene	49.66	0.55
53	9-Octadecenamide	49.84	7.55
55	Phosphoric acid	50.43	0.49

การอภิปรายผล

จากการศึกษากระเทียมในตระกูลขิงข่า (Zingiberaceae) เป็นไม้ประดับสวยงาม มีกลิ่นหอม ที่มีสรรพคุณและการใช้ประโยชน์ หัวหรือเหง้ามีรสขม เผื่อน และเผ็ดเล็กน้อย ช่วยแก้อาการเบื่ออาหาร กระตุ้นการหลั่งน้ำย่อย บำรุงร่างกาย ช่วยแก้ร้อนใน แก้โรคบิด ช่วยในการขับลมกระตุ้นการไหลเวียน แก้อาการท้องอืดท้องเฟ้อ ช่วยขับปัสสาวะ บรรเทาอาการปวดท้อง ลดการอักเสบและต้านเชื้อแบคทีเรียในจุดต่าง ๆ สกัดน้ำมันหอมระเหยได้ (Keita และคณะ, 2543)

จากสารสกัดหยาบหัวกระเทียมที่มีลักษณะหนืด สีน้ำตาลเข้ม โดยการแช่หมักด้วยเอทานอลเวลา 3 วัน (2 รอบ) อาศัยหลักการ Like Dissolves Like ตัวถูกละลายที่มีขั้วละลายในตัวทำละลายที่มีขั้วเหมือนกัน ดังดูระหว่างโมเลกุลมีขั้วเป็นแรงไดโพล-ไดโพล (Dipole - Dipole) ดังนั้น ในการทดลองจะทราบว่าตัวถูกละลายคือ สารสกัดที่อยู่ในหัวกระเทียมที่มีคุณสมบัติเป็นสารมีขั้วจึงละลายในตัวทำละลายเอทานอลมีคุณสมบัติเป็นสารมีขั้วเหมือนกัน (รัตนา อินทรานุกุล, 2547) การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นโดยวิธีการทดสอบปฏิกิริยาการเกิดสี หรือการตกตะกอน พบซาโปนิน แอลคาลอยด์ แอนทราควิโนน แทนนิน และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ ซึ่งสารกลุ่มดังกล่าวได้มีรายงาน ว่า ซาโปนินเป็นสารประกอบประเภทไกลโคไซด์ที่มีส่วนอะไกลโคนเป็นสารสเตอรอยด์หรือไตรเทอร์พีนอยด์จับกับน้ำตาลหรืออนุพันธ์น้ำตาลที่ C3 เป็นสารลดแรงตึงผิวมีคุณสมบัติทำให้เกิดฟองเมื่อเขย่ากับน้ำ เป็นสารต้านจุลินทรีย์ สารต้านอนุมูลอิสระ และยับยั้งการดูดซึมคอเลสเตอรอลในลำไส้เล็กหรือช่วยการดูดซึมกรดน้ำดี แอลคาลอยด์เป็นสารที่เป็นต่าง มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ มีรสขม ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์เป็นสารที่พบมากในพืชสมุนไพร มีประโยชน์ในการรักษาโรคต่าง ๆ เช่น ใช้เป็นยาระงับปวด ยาชาเฉพาะที่ ยาแก้ไอ แก้หอบหืด ยารักษาแผลในกระเพาะและลำไส้ ยาลดความดัน ตลอดจนยาที่ควบคุมการเต้นของหัวใจ เป็นต้น (วาทีณี เสลราชู, 2559) แอนทราควิโนนนำมาใช้เป็นยาระบาย และยาถ่ายอย่างกว้างขวางโดยออกฤทธิ์เป็น Stimulant cathartics นอกจากนี้ยังใช้ประโยชน์เป็นสีย้อม ใช้เป็นยารักษาเชื้อราที่ผิวหนัง และมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อไวรัส Herpes simplex type 1 อีกด้วย (รัตนา อินทรานุกุล, 2547) แทนนินเป็นสารประกอบเชิงซ้อนพวกฟีนอลิก มีโมเลกุลใหญ่ และมีโครงสร้างซับซ้อน ทางเคมีพบว่าสามารถใช้เป็นยารักษาโรคท้องเสียได้ มีคุณลักษณะเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยต้านมะเร็ง ลดความดันโลหิต ลดไขมันในเลือด (ปาริชาติ พจนศิลป์, 2561) และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ เป็นสารออกฤทธิ์ที่กล้ามเนื้อหัวใจโดยไปเพิ่มแรงบีบตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ ใช้รักษาโรคหัวใจวาย และลดอาการบวมของน้ำลงได้ (จันทร์เพ็ญ โคตรภูธร, 2559)

จากการสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ได้มีลักษณะใส ไม่มีสี และมีกลิ่นเฉพาะตัว เพื่อทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยเทคนิค TLC Screening for DPPH Radical Scavenger พบว่าน้ำมันหอมระเหยมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยมีรายงานการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูล DPPH ซึ่งอนุมูล DPPH เป็นอนุมูลไนโตรเจนที่คงตัว สารต้านอนุมูลอิสระจะให้หรือรับอิเล็กตรอนแก่อนุมูล DPPH ทำให้ได้เป็นสาร diphenyl picrylhydrazyl (DPPH:H) ที่ไม่เป็นอนุมูลอีกต่อไป (ณพัฑฒธ บัวฉวน, 2562) สารสำคัญที่มีองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย คือ สารกลุ่มมอโนเทอร์พีน เช่น แอลฟา-ไพเนน แคมฟีน ลิโมนีน การบูร และสารกลุ่มไดเทอร์พีน เช่น ชูมูลิน และซีร์มโบน (กรมการแพทย์แผนไทย และการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข, ม.ป.ป) จากการนำน้ำมันหอมระเหยกระเทียมมาทำการทดลองด้วยเทคนิค GC-MS พบว่า มีองค์ประกอบทางเคมีมากกว่า 50 ชนิด ซึ่งมีสารกลุ่มเทอร์พีนเป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ ซาบินีน (Sabinene) ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และมีฤทธิ์ฆ่า

เชื้อราโรคพืชได้ดี (ทรรศนีย์ พัฒนเสรี, ม.ป.ป.) เทอร์พีนที่พบอีกชนิดหนึ่งคือ 1,8-ซินีเออล (1, 8-Cineole) ซึ่งมีรายงานการวิจัยฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยมหาหงส์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียสาเหตุของสิว มีฤทธิ์ในการต้านแบคทีเรีย ต้านเชื้อรา (นลิน วงศ์ขัตติยะ และคณะ, 2559) นอกจากนี้ยังพบแอลฟา-ไพเนน (alpha-Pinene) ซึ่งมีรายงานว่าพบในน้ำมันหอมระเหยจากผิวมะนาวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ยับยั้งเอนไซม์โคสทินเอสเตอเรส ฤทธิ์ยับยั้งมะเร็งลำไส้ใหญ่ มะเร็งตับอ่อน และมะเร็งเต้านม (ฐานข้อมูลเครื่องยาสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, ม.ป.ป.)

ข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษานี้ทำให้ทราบสรรพคุณเคมีเบื้องต้นที่เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และทราบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยมีองค์ประกอบที่มีสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อต่าง ๆ ผู้วิจัยจึงเห็นควรศึกษาหาปริมาณสารแต่ละองค์ประกอบ และหาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีต่าง ๆ ตลอดจนฤทธิ์การต้านจุลชีพเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐาน เพิ่มศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ และพืชสมุนไพรไทยให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมการแพทย์แผนไทย และการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข. (2560). **ประมวลสรรพคุณสมุนไพร เล่ม 2**. กรุงเทพฯ: แมกเนท สโตร์.
- กรมการแพทย์แผนไทย และการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข. (ม.ป.ป.). **กระทือ**. สืบค้นเมื่อ 2 เมษายน 2565, จาก <https://ittm.dtam.moph.go.th/images/knowledgea/3/5213-15.pdf>
- จันทร์เพ็ญ โคตรภูธร. (2559). **การสกัดสารพฤษเคมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดหยาดจากเพกา**. สืบค้นเมื่อ 6 มีนาคม 2565, จาก http://digital_collect.lib.buu.ac.th/dcms/files/57920925.pdf.
- จุฑารัตน์ ศรีประเสริฐ. (2559). **การทดสอบสารพฤษเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของแคนา**. สืบค้นเมื่อ 27 เมษายน 2565, จาก http://digital_collect.lib.buu.ac.th/dcms/files/56920125.pdf.
- ฐานข้อมูลเครื่องยาสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. (ม.ป.ป.). **มะนาว**. สืบค้นเมื่อ 2 เมษายน 2565, จาก <http://www.thaicrudedrug.com/main.php?action=viewpage&pid=105>.

- ณพัฐอร บัวฉุน. (2562). สารพฤษเคมีเบื้องต้น และฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระของสไลด์น้ำพืชมดและพืชแห้ง. สืบค้นเมื่อ 2 เมษายน 2565, จาก <file:///C:/Users/Acer/Downloads/twessapan>.
- ทรรศนีย์ พัฒนเสรี. (ม.ป.ป.). องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยไพลที่ปลูกแทรกในสวนป่า. สืบค้นเมื่อ 2 พฤษภาคม 2564, จาก <http://forprod.forest.go.th/forprod/PDF/>.
- นลิน วงศ์ขัตติยะ, ทวีพันธ์ หาญประเสริฐ, พันธุ์ชนะ สงวนเสริมศรี, รุ่งทิพย์ กาวารี, Ian H. Fraser และดลฤดี สงวนเสริมศรี. (2559). ฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยมหาหงส์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียสาเหตุของลิ่ว. สืบค้นเมื่อ 19 ธันวาคม 2564, จาก <https://e-manage.mju.ac.th/openFile.aspx?id=Mjl1NDUw>.
- ปาริชาติ พจนศิลป์. (2561). ศึกษาการสกัดสารแทนนินจากเปลือกมะพร้าวอ่อน. สืบค้นเมื่อ 6 มีนาคม 2565, จาก <https://www.doa.go.th/hc/chumphon/wp-content/uploads/2021/01/ศึกษาการสกัดสารแทนนินจากเปลือกมะพร้าวอ่อน.pdf>.
- พัชรินทร์ อินทร์ทอง. (2555). น้ำมันหอมระเหยสารสกัดจากพืชสมุนไพร. สืบค้นเมื่อ 2 เมษายน 2565, จาก <https://www.gotoknow.org/posts/478781>.
- พรรณี เค้นรุ่งเรือง. (2550). ฤทธิ์การด้านอนุมูลอิสระของเปลือกต้นวงศ์อบเชย. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้ และผลิตผลป่าไม้กรมป่าไม้.
- รักบ้านเกิด. (2563). สารประกอบทางเคมี และเภสัชวิทยาของพืชสมุนไพร. สืบค้นเมื่อ 2 เมษายน 2565, จาก <https://today.line.me/th/v2/article/xEwVP>.
- รัตนา อินทรานุกุล. (2547). การตรวจสอบ และการสกัดแยกสารสำคัญจากสมุนไพร. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วัชรภรณ์ ประภาสโนบล. (2561). ฤทธิ์ทางชีวภาพและการตรวจสอบสารพฤษเคมีเบื้องต้นของรากสับสองราศี. วารสารวิชาการ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. 10(11), 94.
- วาทีณี เสลราชภู. (2559). การสกัด การตรวจสอบสารพฤษเคมี ฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระ และต้านเชื้อแบคทีเรียของทุเรียนเทศ. สืบค้นเมื่อ 17 สิงหาคม 2564, จาก http://digital_collect.lib.buu.ac.th/dcms/files/57920933.pdf.
- ศูนย์เครื่องมือกลาง หน่วยปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี. (2558). GC-MS. สืบค้นเมื่อ 2 เมษายน 2565, จาก https://ka.mahidol.ac.th/division/research_academic_supports/MUKACIF/cen02.html.

- หทัยชนก ชัยเมืองเขียว. (2556). การศึกษาปริมาณสาร α -Pinene ที่มีสารละลายในน้ำมันหอมระเหยจากส่วนใบของว่านสาวหลงโดยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี (รายงานการวิจัย). เชียงใหม่: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.
- อภิสร อันทะรังสี. (2555). ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยจากว่านกระแจะจันทร์เพื่อนำมาทำเป็นโลชั่นทาผิว (รายงานการวิจัย). เชียงใหม่: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.
- Keita และ คณะ. (2543). สรรพคุณ และการใช้ประโยชน์. สืบค้นเมื่อ 31 ตุลาคม 2562, จาก <https://puechka.set.com/กระทือ/>.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องต้มเพื่อสุขภาพสมุนไพรผักเชียงดา

อำไพ สงวนแวว¹, ศุภชา นาทิทอง², นฤพร วนาบุปผา³ และ วันเพ็ญ ละออศรีโสภณ⁴

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอ เรื่องของการพัฒนาเครื่องต้มสมุนไพร ซึ่งในปัจจุบันเป็นเครื่องต้มที่มีความนิยมในการบริโภคอย่างกว้างขวาง โดยได้จากการนำสมุนไพรที่มีสรรพคุณที่ดีต่อสุขภาพมาผ่านกระบวนการแปรรูป แล้วบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่พร้อมใช้ซึ่งจากการศึกษาสรรพคุณในรักษาโรค และด้านรักษาสุขภาพของสมุนไพรผักเชียงดา พบว่ามีสรรพคุณในการรักษาโรคเบาหวาน ยับยั้งการ ดูดซึมน้ำตาลกลูโคสที่ลำไส้เล็ก รวมทั้งช่วยในการหลั่งของอินซูลิน ช่วยลดน้ำตาลในเลือด จึงมีประโยชน์ต่อผู้ป่วยโรคเบาหวาน สามารถรักษาโรครูมาตอยด์และโรคเก๊าท์ ซึ่งยังมีส่วนช่วยเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกาย สามารถลดความอ้วนและช่วยลดไขมันในเลือดสูง อีกทั้งยังช่วยลดความเครียดและรักษาอาการติดเชื้อในกระเพาะอาหารและลำไส้

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะการนำผักเชียงดา มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องต้มเพื่อสุขภาพสมุนไพรผักเชียงดา โดยมีวิธีการทดลองสูตร 3 อัตราส่วน และจากนั้นนำไปทดสอบชิมเพื่อทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสีกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale Test) และนำคะแนนที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งผลการทดสอบ พบว่า สูตรที่ 3 ได้รับคะแนนสูงที่สุด ซึ่งมีส่วนผสม ได้แก่ ผักเชียงดา แก่นฝาง หน้าหวาน อบเชย และ มะตูม ในอัตราส่วนร้อยละ 90, 6, 2, 1 และ 1 ตามลำดับ หลังจากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการคัดเลือก จากทั้ง 3 สูตร มาทดสอบกับผู้บริโภคโดยทำการทดสอบ Central Location Test (CLT) กับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 50 คน พบว่า ผู้บริโภคจะตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ หากมีผลิตภัณฑ์วางจำหน่าย คิดเป็นร้อยละ 98 และผู้บริโภคจะเลือกรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องต้มเพื่อสุขภาพสมุนไพรนี้คือ ถ้าบรรจุภัณฑ์แบบในกล่อง โอกาสเลือกคิดเป็นร้อยละ 90 โดยราคาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์เครื่องต้มสมุนไพรเพื่อสุขภาพผักเชียงดา ที่บรรจุของละ 2 กรัม และมีจำนวน 20 ซอง ต่อ 1 กล่อง ในราคา 250 บาท คิดเป็นร้อยละ 54

คำสำคัญ : พัฒนาผลิตภัณฑ์, เครื่องต้มสมุนไพรเพื่อสุขภาพ, ผักเชียงดา

¹ ผศ., อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

² คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

³ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

⁴ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

Product Development of Chiangda Herbal Drink for Health

Ampai Sanguanwaew¹, Suphacha Nathithong², Narupon Wanabuppha³ and Wanphen Laorsrisophon⁴

Abstract

This research presents on the development of herbal drinks, which is currently a drink that is widely consumed. The making process is using herbs that have good health properties enter the processing and then packed in ready-to-use packaging. Chiangda vegetables was founded that it has properties in the treatment of diabetes inhibits the absorption of glucose in the small intestine as well as help in the secretion of insulin help reduce blood sugar therefore beneficial for diabetic patients. It can reduce obesity and help reduce high blood fat, and also helps dissolve blood clots and treat stomach and intestinal infections.

The research team has an idea to bring Chiangda vegetables develop into the herbs drink product for health. They try to create the formula in 3 ratios and then to test it for the sensory quality in terms of color, smell, taste and overall preference. The assessment is made the scoring 9 points of liking (9-point hedonic scale test) and using the score obtained to find the mean. The test results showed the 3rd formula received the highest score. Which the 3rd formula contains ingredients such as Chiangda vegetables, Quince, Stevia, Cinnamon and Bael Fruit in the ratio of 90, 6, 2, 1 and 1, respectively. After that, the products that have been selected from all 3 formulas are tested by consumers with testing Central. Location Test (CLT) and 50 target consumers. The test results showed the consumers will decide to buy the product, If a product is available accounted for 98 percent. The consumers will choose a suitable packaging format for this herbal health drink product, that is the packaging is in a box, the opportunity to choose 90 percent. and the reasonable price of the Chiangda herbal drink which contains 2 grams per sachet, and contains 20 sachets per 1 box, at a price of 250 baht 54 for percent.

Keyword : Product development, Herbal drink for health, Chiangda herbal

¹ Assistant Professor, Faculty of Science and Agricultural Technology,
Technology Rajamangala University of Technology Lanna Tak

² Faculty of Science and Agricultural Technology, Technology Rajamangala University of Technology Lanna Tak

³ Faculty of Science and Agricultural Technology, Technology Rajamangala University of Technology Lanna Tak

⁴ Faculty of Science and Agricultural Technology, Technology Rajamangala University of Technology Lanna Tak

บทนำ

ในปัจจุบันเครื่องดื่มสมุนไพร (Herbal Drink) เป็นเครื่องดื่มที่มีความสำคัญและดื่มกันอย่างกว้างขวางทั่วโลก ได้จากการนำสมุนไพร (Herb) ที่มีสรรพคุณที่ดีต่อสุขภาพ มาผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยการทำแห้ง (Dehydration) แล้วบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่พร้อมใช้ ผู้บริโภคใช้ผลิตภัณฑ์ โดยการคั้นตัวสมุนไพรด้วยการแช่ในน้ำร้อนแล้วดื่มขณะร้อนหรือเย็น มีสรรพคุณทางยา เช่น ช่วยกระตุ้นระบบประสาท ระบบหมุนเวียนเลือด ต้านอนุมูลอิสระ ลดคอเลสเตอรอล และยังมีสรรพคุณรักษาโรค เช่น โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคกระเพาะ เป็นต้น เป็นแนวทางการแพทย์ทางเลือก ที่ไม่ต้องใช้สารเคมีในการบำบัด โดยประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการส่งออกสมุนไพรและสารสกัดจากสมุนไพร สูงถึงปีละ 1,000 ล้านบาท และจากข้อมูล Euromonitor-Herbal/Traditional Products in Thailand ระบุว่า ปี 2559 มูลค่าตลาดสมุนไพรในประเทศไทยทั้งเวชสำอาง อาหารเสริม เครื่องดื่มสมุนไพร สมุนไพรสด สมุนไพรแห้ง มีมูลค่า ประมาณ 3.92 หมื่นล้านบาท และคาดว่าจะมีการขยายตัวเป็น 5.69 หมื่นล้านบาท ในปี 2564 ซึ่งถือว่าการขยายตัวมีแนวโน้มที่ดีในเชิงเศรษฐกิจ (ศรัณย์ ชันติประเสริฐ และปณัฏพร เรืองเชิงชุม, 2562)

ผักเชียงดา (*Gymnema Inodorum* Lour) จัดเป็นอีกหนึ่งสมุนไพรเพื่อสุขภาพที่ได้รับความนิยมในการบริโภคมากขึ้น เนื่องจากมีสรรพคุณที่สามารถช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวาน รวมถึงควบคุมปริมาณไขมันในร่างกายให้สมดุล ตลอดจนการบรรเทาอาการภูมิแพ้ หืดหอบ ปวดข้อจากโรคเกาต์และสรรพคุณอื่นๆ (มูลนิธิโครงการหลวง, 2552)

จากแนวโน้มการบริโภคเครื่องดื่มสมุนไพรเพื่อสุขภาพที่สูงขึ้นในประเทศไทย ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดนำผักเชียงดามาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพสมุนไพรผักเชียงดา เพื่อเป็นการนำเอาวัตถุดิบท้องถิ่นในภาคเหนือของประเทศไทย มาพัฒนาให้เกิดประโยชน์ ตลอดจนเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร อีกทั้งเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของพืชสมุนไพร เพื่อตอบสนองผู้บริโภคที่สนใจผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ และเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผักเชียงดา

วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพสมุนไพรผักเชียงดา ให้เป็นที่นิยมรับของผู้บริโภคอย่างแพร่หลาย

ขอบเขตโครงการวิจัย

1.1 ส่วนประกอบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรเพื่อสุขภาพในงานวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยสมุนไพร 8 ชนิด ได้แก่ ผักเชียงดา, กระจ่างขาว, แก่นฝาง, เถาเอ็นอ่อน, ตานกุด, ใบเตยหอม อบเชย และหญ้าหวาน

1.2 ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Hedonic Scale (9 คะแนน) ให้อัตราความชอบเป็น 9 คะแนน โดยที่ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด 5 คือเฉย ๆ และ 9 คือชอบมากที่สุด ประเมินในด้านสี, กลิ่น, กลิ่นรสชาติ, และความชอบโดยรวม ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยแจกแบบสอบถามร่วมกับการทดสอบชิมผลิตภัณฑ์กับผู้ทดสอบในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก จำนวน 30 คน

1.3 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ในการเก็บข้อมูลในงานวิจัยนี้ มีกลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้บริโภคในอำเภอเมืองตาก จำนวน 50 คน โดยทำการทดสอบแบบ Central location (CLT) โดยนำผลิตภัณฑ์ให้ผู้ทดสอบชิมด้วยวิธีการทดสอบแบบให้คะแนนความชอบ 9 - Point Hedonic Scale ทดสอบปัจจัยคุณภาพด้วย สี, กลิ่น, รสชาติ การยอมรับโดยรวม ร่วมกับการเก็บข้อมูลทางประชากรศาสตร์ และข้อมูลการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค

องค์ความรู้และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมุนไพร ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525 หมายถึง พืชที่ใช้ทำเป็นเครื่องยา สมุนไพรกำเนิดมาจากธรรมชาติและมีความหมายต่อชีวิตมนุษย์โดยเฉพาะในทางสุขภาพ อันหมายถึงทั้งการส่งเสริมสุขภาพ และการรักษาโรค ความหมายของยาสมุนไพรในพระราชบัญญัติยา พ.ศ. 2510 ได้ระบุว่า ยาสมุนไพร หมายความว่า ยาที่ได้จากพฤกษชาติ สัตว์ หรือแร่ธาตุ ซึ่งมีได้ผสมปรุงหรือแปรสภาพ เช่น พืชก็ยังเป็นส่วนของราก ลำต้น ใบ ดอก ผล ฯลฯ ซึ่งมีได้ผ่านขั้นตอนการแปรรูปใด ๆ แต่ในทางการค้า สมุนไพรมักจะถูกดัดแปลงในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ถูกหั่นให้เป็นชิ้นเล็กกลบ บดเป็นผงละเอียด หรืออัดเป็นแท่ง (Wikipedia, 2017) ชาสมุนไพรเป็นเครื่องดื่มซึ่งมีรูปแบบและวิธีการบริโภคเช่นเดียวกับชา (Camellia Sinensis หรือ Tea Sinensis) แต่ชาสมุนไพรผลิตจากพืชสมุนไพรชนิดต่างๆ ที่มีกลิ่น รส ที่หอมละมุน ทำให้ได้สรรพคุณต่างๆ ของพืชสมุนไพรที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ซึ่งวิธีการบริโภคชาสมุนไพร คือ การใช้น้ำร้อน สกัดสารที่เป็นตัวยาสำคัญในช่วงเวลาสั้น ๆ เพื่อสกัดสารสำคัญ กลิ่น รส ที่ต้องการออกมาจากสมุนไพร และ กรรมวิธีการผลิตเครื่องดื่มสมุนไพรจะเริ่มจาก การทำแห้ง (Dehydration) หรือการดึงน้ำออก อาจเรียกว่า drying เป็นกระบวนการที่ความร้อนถูกถ่ายเทด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งไปยังวัสดุที่มีความชื้น เพื่อกำจัดความชื้นออกจากอาหารด้วยการระเหยน้ำ โดยอาศัยความร้อนแฝงของการระเหย การทำแห้งเป็นวิธีการถนอมอาหารที่สามารถเก็บอาหารไว้ได้นาน การทำแห้งเป็นการกระทำโดยการลดความชื้นของอาหารด้วยการระเหยน้ำออกจากผิวของอาหาร ปัจจุบันการทำแห้งถือเป็นกระบวนการผลิตที่สำคัญในระดับอุตสาหกรรม มีผลิตภัณฑ์จำนวนมากที่มาจาก การทำแห้งการอบแห้งด้วยลมร้อน ทำได้โดยการให้ลมร้อนที่ผ่านการให้ความร้อนจาก เครื่องทำความร้อนเป่าผ่านอาหาร ทำให้น้ำระเหยไปกับลมร้อนโดยทางช่องระบายลม โดยนิยมใช้อุณหภูมิอบแห้งประมาณ 45-65 องศาเซลเซียส ความชื้นของอากาศต้องมีค่าต่ำ เพื่อที่จะสามารถรับเอาไอน้ำที่ระเหยจากอาหารไปได้ปริมาณมาก และความเร็วลม โดยความเร็วลมที่เหมาะสมในการทำแห้งชาสมุนไพรมีค่าเท่ากับ 1.5 เมตรต่อวินาที (Akpınar, et.al., 2003)

ในส่วนของการเป็นมาตรฐานด้านการบริโภค ชาสมุนไพรได้รับการประกาศรายชื่อพืช หรือส่วนต่าง ๆ ของพืชที่อนุญาตเป็นชาสมุนไพรตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 280) พ.ศ.2547 มี 16 ชนิด ได้แก่ 1) ผลมะตูม 2) ดอกกระเจี๊ยบ (กลีบเลี้ยงและร็วประดับ) 3) เหง้าขิง 4) เหง้าข่า 5) เหง้าและต้นตะไคร้แกง 6) ใบหม่อน 7) ดอกคำฝอย 8) ใบบัวบก 9) ใบเตยหอม 10) ดอกเก็กฮวย 11) ผลหล่อฮั้งก้วย 12) เห็ดหลินจือ 13) ผลมะขามป้อม

14) ใบและต้นเลี้ยวภูทาลาน 15) เถาวัลย์เปรียง และ 16) ใบหญ้าหวานในส่วนของผักเชียงดานั้น เป็นพืชที่พบได้ในเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เช่น อินเดีย พม่า ศรีลังกา และทางภาคเหนือของไทย ซึ่งมีอยู่หลากหลายสายพันธุ์ แต่ที่พบมากก็คือ ผักเชียงดาในสายพันธุ์ *Gymnema Inodorum* ซึ่งในภาคเหนือนั้นผักเชียงดาเป็นผักพื้นบ้านที่ชาวเหนือในแถบจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง แพร่ น่าน และพะเยา นิยมปลูกไว้หน้าบ้านเพื่อนำยอดไปประกอบอาหาร ซึ่งสรรพคุณของผักเชียงดาจากผลงานวิจัยต่างๆ พอสรุปได้ดังนี้

1) แก้ไข้และอาการหวัด ในประเทศไทยมีการใช้ใบผักเชียงดาเป็นส่วนผสมในตำรายาแก้ไข้ในสมัยโบราณ โดยนำมาตำให้ละเอียด แล้วนำมาพอกกระหม่อม เพื่อรักษาไข้อาการหวัด

2) รักษาโรครูมาตอยด์และเก๊าท์จากรายงานของ Shimizu et al. (1997) พบว่า ในประเทศอินเดียมีการศึกษาถึงผลต่อสุขภาพของพืชสกุล (genus) เดียวกันกับผักเชียงดา แต่ต่างชนิดกัน (Species) คือ *Gymnema Sylvestre* พบว่า ช่วยรักษาโรครูมาตอยด์และโรคเก๊าท์ได้

3) รักษาโรคเบาหวาน มีผลการศึกษาและรายงานหลายชิ้นที่กล่าวถึงคุณสมบัติของผักเชียงดาและสารสกัดที่มีผลต่อการลดระดับน้ำตาลในเลือด เช่น Shanmugasundaram et al., (1981, 1983, 1990) รายงานว่า ใบผักเชียงดาและสารสกัดจากผักเชียงดา (*Gymnema Sylvestre*) มีสารที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ได้แก่ กรดจิมเนมิก (*Gymnemic Acid*) ช่วยลดระดับน้ำตาลในตับ ไต และเซลล์กล้ามเนื้อของสัตว์ที่เป็นโรคเบาหวานได้ Shimizu et al. (2001) รายงานว่าสาร Triterpenoid Saponin ในผักเชียงดามีฤทธิ์ยับยั้งการดูดซึม และลดระดับของน้ำตาลในลำไส้ (Isolated Intestinal Tract) และระงับการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลในเลือดหนู นักวิทยาศาสตร์จากประเทศญี่ปุ่นพบว่าผักเชียงดาที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการดูดซึมน้ำตาลในเลือด จึงให้ความสนใจผักเชียงดาของไทย และมีการนำเอาใบและยอดอ่อนของผักเชียงดาจากประเทศไทยไปผลิตเป็นชาสมุนไพร (Herbal Tea) เพื่อลดระดับน้ำตาลในเลือด (ประไพภัทร คลังทรัพย์ และคณะ, 2550) และขึ้นทะเบียนสิทธิบัตรในชื่อ *Gymnema Inodorum Roasted Tea and Method for Preparing the Same* (Atsuchi et al., 1998) นอกจากนี้ นักวิทยาศาสตร์ของประเทศญี่ปุ่นได้ตีพิมพ์ผลงานวิเคราะห์สารบริสุทธิ์ (Pure Compound) ที่เป็นตัวออกฤทธิ์ในการลดน้ำตาลจากใบของผักเชียงดา ผลการรับประทานต่อสุขภาพผักเชียงดา (ราชินีผักล้านนา) โดยใช้วิธีเทียบเคียงสูตรโครงสร้างของสารออกฤทธิ์ตามธรรมชาติด้วยเทคนิคที่เรียกว่า Structure-Activity Relationship (SAR)

4) ช่วยเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกาย จากการศึกษาของธีรวัลย์ ชาญฤทธิเสน และปัทมา ไทยอยู่ (2552) และ Thanyaluk, et al. (2005) พบว่าผักเชียงดามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และปฏิกิริยาการต้านอนุมูลอิสระสูง นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่พบว่า ผักเชียงดาประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic Compounds) คาโรทีนอยด์ (Carotenoids) คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) และวิตามินอี (Vitamin E) ที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant Activity) อยู่สูง (ธัญชนก เมืองมัน และคณะ, 2550) โดยมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระหรือค่า IC50 (ค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH สูงสุดได้ 50 %)

5) ลดความอ้วน Mahajan et al. (2011) ได้วิจารณ์ว่าสารสกัดจากใบ *Gymnema-Sylvestre* มีคุณสมบัติในการลดไขมันในร่างกายได้ดี ซึ่ง Preuss et al. (2004) ยังได้รายงานว่าการใช้สารสกัดผสมของ กรดไฮดรอกซีซิตริก (Hydroxycitric Acid) ร่วมกับไนอะซิน บาวนโครเมียม (Niacin-Boundchromium) และ สารสกัดจากใบ *Gymnema Sylvestre* สามารถทำหน้าที่เป็นสูตรยาลดน้ำหนักที่มีประสิทธิภาพ และมีความปลอดภัยที่สามารถทำให้เกิดการลดน้ำหนักส่วนเกินของร่างกาย และค่าดัชนีมวลกาย (Body Mass Index; BMI) ได้ง่ายขึ้น ซึ่งส่งเสริมให้ไขมันในเลือดอยู่ในระดับปกติ

6) ช่วยในการละลายลิ่มเลือด (Fibrinolytic Activity) Hong et al., (2004) รายงานว่า สารสกัดจากผักเชียงดา มีฤทธิ์ในการละลายโปรตีนที่ทำให้โลหิตแข็งตัว (Fibrin) ได้และสารนี้ถูกทำลายได้ด้วยความร้อนที่เกิน 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที

7) ยับยั้งการหืนของไขมัน การศึกษาของ Tangkanakul et al. (2005) พบว่าสารสกัดที่ได้จากผักเชียงดา จำนวน 0.4 กรัม ไม่ว่าจะสกัดด้วยน้ำหรือเอทานอล มีความสามารถในการยับยั้งการหืนของไขมันได้ดีกว่าการใช้สารกันหืนสังเคราะห์ชนิดบูทิลไฮดรอกซีอะนิโซล (Butylated Hydroxyanisole; BHA) ในปริมาณ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร

8) แสดงฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *Helicobacter Pylori* สูง ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดแกรมลบที่พบได้ในกระเพาะอาหารมนุษย์ เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคกระเพาะอาหาร อาหารย่อยผิดปกติ แผลในกระเพาะอาหารและมะเร็งกระเพาะอาหาร ซึ่งการกำจัดเชื้อแบคทีเรียชนิดนี้ทำได้ยาก และต้องใช้ยาปฏิชีวนะหลายชนิด โดยผักเชียงดาแสดงฤทธิ์ต้านเชื้อ *H. pylori* ด้วยค่า MIC เท่ากับ 2.5 g/ml เท่ากับ 7.81 µg/ml ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการใช้พืชที่ใช้เป็นอาหารในท้องถิ่นเพื่อป้องกันโรคแผลในกระเพาะอาหารจากการติดเชื้อ *H. pylori* และมะเร็งกระเพาะอาหาร (มูลนิธิโครงการหลวง, 2552)

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพสมุนไพรผักเชียงดา ซึ่งจะมีขั้นตอนในการดำเนินงานดังนี้

1. การทดลองสูตร โดยการนำกระชายขาวและใบเตย ปริมาณอย่างละ 10 กิโลกรัม ทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า และพักให้แห้ง ต่อมานำเถาเอ็นอ่อนสดปริมาณ 10 กิโลกรัม มาอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นลดระดับอุณหภูมิลงเหลือที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง จากนั้นอบกระชาย, ใบเตย, ตานกกด และแก่นฝาง ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และลดระดับอุณหภูมิลงเหลือ 50-60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ต่อมาทำการอบใบหญ้าหวานแห้งและผักเชียงดาแห้ง

ปริมาณอย่างละ 2 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จึงคว่ำมะตูมแห้ง ที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที เมื่ออบและคว่ำวัตถุดิบทั้งหมดแล้ว จึงนำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า ที่กรองผ่านตระแกรงเบอร์ 80 (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.177 มิลลิเมตร) เมื่อได้ตัวอย่างผลิตภัณฑ์บด จึงนำมาวัดค่าสีตัวอย่างผลิตภัณฑ์ พร้อมบันทึกผล พร้อมทั้งวัดความชื้น ในช่วงความชื้น 0-10% ด้วยเครื่องวัดความชื้น และทำการเก็บรักษาวัตถุดิบในถุงซิปล็อค สำหรับบรรจุต่อไป

2. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสม ซึ่งในการดำเนินการโดยนำวัตถุดิบที่เตรียมไว้มากำหนดสูตร แบ่งเป็น 3 อัตราส่วน ตามตารางที่ 1 ซึ่งแสดงค่าร้อยละของการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพสมุนไพรผักเชียงดา มี 3 สูตร

ตารางที่ 1 แสดงค่าร้อยละของการอัตราส่วนเครื่องดื่มสมุนไพรผักเชียงดา 3 สูตร

ส่วนผสม	อัตราส่วนเครื่องดื่มสมุนไพรผักเชียงดา					
	(สูตร 1)		(สูตร 2)		(สูตร 3)	
	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ
ผักเชียงดา	90	90	90	90	90	90
กระชายขาว	1	1	-	-	-	-
แก่นฝาง	2	2	6	6	6	6
เถาเอ็นอ่อน	1	1	-	-	-	-
หญ้าหวาน	2	2	2	2	2	2
แก่นฝาง	2	2	6	6	6	6
ใบเตยหอม	1	1	1	1	-	-
อบเชย	1	1	1	1	1	1
มะตูม	-	-	-	-	1	1

3. ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งในการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพสมุนไพรผักเชียงดา ทั้ง 3 สูตร โดยบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก จำนวน 30 คน เป็นผู้ทดสอบชิมโดยให้ผู้ทดสอบชิมทำการชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ในถ้วยพลาสติกสีขาว เสนอตัวอย่างทั้ง 3 สูตร แบบพร้อมกันหมด โดยกำหนดเลขรหัส 3 แบบสุ่มแทนตัวอย่างผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผู้ทดสอบลงคะแนนในแต่ละตัวอย่าง วัดคุณภาพทางประสาทสัมผัสในความชอบด้าน สี กลิ่น รสสัมผัสและความชอบโดยรวม โดยใช้แบบทดสอบรูปแบบการให้คะแนนความชอบ 9 - Point Hedonic Scale โดย (1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด) และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ โดยโปรแกรม Statistics Package for Social Sciences (spss)

4. ทำการวิเคราะห์ค่าสี สำหรับในการวัดค่าสีจะวิเคราะห์ค่าสีโดยนำเอาผลิตภัณฑ์สูตรที่ดีที่สุดในตัวข้อ 3.4 มาวัดหาค่าสี รวมถึงวัดดูดิบแต่ละชนิด โดยใช้เครื่องวัดสี Miniscan EZ โดยนำเครื่องวัดค่าสีมาแนบกับตัวอย่างและวัดค่าทั้งหมด 3 ค่า ค่าสีในค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) โดยค่า

(L^*) คือ ค่าความสว่าง มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100

(a^*) คือ ค่าสีแดงและสีเขียว เมื่อ a^+ มีค่าเป็นบวกเป็นสีแดง เมื่อ a^- มีค่าเป็นลบเป็นสีเขียว

(b^*) คือ ค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน เมื่อ b^+ มีค่าเป็นบวกเป็นสีเหลือง เมื่อ b^- มีค่าเป็นลบเป็นสีน้ำเงิน ก่อนการวัดค่าสีทุกครั้งต้องปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) โดยใช้แผ่นสีขาวมาตรฐาน (White Blank (L^*) = 97, (a^*) = -0.18, (b^*) = 1.84) แล้วจึงวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์ และทำการบันทึกผลแต่ละสูตร จากนั้นรวบรวมข้อมูล และคำนวณหาค่าเฉลี่ยด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

5. ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค นำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพสมุนไพรผักเชียงดาที่ได้รับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสมากที่สุด มาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยทำการทดสอบแบบ Central location (CLT) กับผู้บริโภคบริเวณอำเภอเมืองตาก จำนวน 50 คน โดยนำผลิตภัณฑ์ให้ผู้ทดสอบชิม ด้วยวิธีการทดสอบแบบให้คะแนนความชอบ 9 - Point Hedonic Scale ทดสอบปัจจัยคุณภาพด้วย สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะ และการยอมรับโดยรวม ร่วมกับการเก็บข้อมูลทางประชากรศาสตร์ และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ โดยโปรแกรม Statistics Package for Social Sciences (spss)

ผลการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพสมุนไพรผักเชียงดา ได้ผลในการทดสอบตามขั้นตอนในการวิจัย ดังนี้

1. ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิต ซึ่งในการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพสมุนไพรผักเชียงดา ได้ดำเนินการ โดยวิธีการปรับอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์ 3 อัตราส่วน คือ ร้อยละของผักเชียงดาต่อสมุนไพรอื่นๆ (กระชายขาว, แก่นฝาง, เถาเอ็นอ่อน, หล้าหวาน, ตานกกด, ใบเตยหอม, อบเชย) และปรากฏของสูตรผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพสมุนไพรผักเชียงดา ทั้ง 3 สูตร ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพสมุนไพรผักเชียงดา ทั้ง 3 สูตร

สูตร	ลักษณะที่ได้	ภาพประกอบ
สูตรที่ 1 ประกอบด้วย 8 ชนิด ผักเชียงดา ร้อยละ 90, กระชากขาว ร้อยละ 1, แก่นฝาง ร้อยละ 2, เถาเอ็นอ่อน ร้อยละ 1, กล้วยหวาน ร้อยละ 2, ตานกกด ร้อยละ 1, ใบเตย ร้อยละ 2 และอบเชย ร้อยละ 1	- ลักษณะปรากฏเมื่อมองด้วยตาเปล่า คือ มีสีส้มอ่อน กว่าสูตร 1 และ สูตร 2 - ด้านกลิ่น มีกลิ่นของผักเชียงดาที่ชัดเจน - ด้านรสชาติ จืดและมีความขมมากกว่าสูตรอื่น	
สูตรที่ 2 ประกอบด้วย 5 ชนิด ผักเชียงดา ร้อยละ 90, แก่นฝาง ร้อยละ 6, กล้วยหวาน ร้อยละ 2, ใบเตย ร้อยละ 1 และ อบเชย ร้อยละ 1	- ลักษณะปรากฏเมื่อมองด้วยตาเปล่า คือ มีสีส้มเข้ม เนื่องจากสีของแก่นฝาง - ด้านกลิ่น มีกลิ่นของใบเตยเล็กน้อย - ด้านรสชาติ มีความหวานและขมเล็กน้อย	
สูตรที่ 3 ประกอบด้วย ผักเชียงดา ร้อยละ 90, แก่นฝาง ร้อยละ 6, กล้วยหวาน ร้อยละ 2, มะตูม ร้อยละ 1 และ อบเชย ร้อยละ 1	- ลักษณะปรากฏ คือ มีสีส้มเข้มกว่าสูตร 2 เนื่องจากได้สีจากแก่นฝางและมะตูม - ด้านกลิ่น มีกลิ่นหอมของมะตูมเล็กน้อย - ด้านรสชาติ มีความหวาน และกลมกล่อมที่สุด	

2. ผลการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ซึ่งจากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพสมุนไพรผักเชียงดา ทั้ง 3 สูตร โดยนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ซึ่งทดสอบโดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน เป็นบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก จำนวน 30 คน ($n=30$) ด้วยวิธี 9 - Point Hedonic Scale โดยการให้คะแนนความชอบ 1-9 (1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด) และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าโดยโปรแกรม Statistics Package for Social Sciences (spss) ของทั้ง 3 สูตร พบว่า สูตรที่ 1 มีคะแนนทางประสาทสัมผัสทางด้านสีอยู่ในช่วงชอบมาก ในขณะที่กลิ่น, รสชาติและความชอบโดยรวม อยู่ในช่วงชอบปานกลาง ขณะที่ สูตร 2 มีคะแนนทางประสาทสัมผัสทางด้านสีในช่วงชอบมาก ในขณะที่กลิ่น, รสชาติและความชอบโดยรวมอยู่ในช่วงชอบปานกลาง และสูตร 3 มีคะแนนทางประสาทสัมผัสทางด้านสี, กลิ่น, รสชาติและความชอบโดยรวมอยู่ในช่วงชอบมาก โดยสามารถอธิบายได้ว่าความชอบด้านสี รสชาติและความชอบโดยรวมของทั้ง 3 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ในขณะที่ความชอบด้านกลิ่น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9 - Point Hedonic Scale ของ ผลิตภัณฑ์ เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

สูตร	ลักษณะที่ปรากฏ			
	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
1	7.60 ^{ns} ±1.33	7.13 ^{ns} ±1.57	7.03 ^{ns} ±1.65	7.37 ^{ns} ±1.47
2	7.70 ^{ns} ±1.06	7.20 ^{ns} ±1.56	7.00 ^{ns} ±2.15	7.23 ^{ns} ±1.50
3	8.17 ^{ns} ±0.75	8.13 ^a ±1.01	7.97 ^{ns} ±1.13	8.07 ^{ns} ±0.98

หมายเหตุ : สัญลักษณ์ ^{ns} ไม่มีความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ < 0.05

สัญลักษณ์ ^{abc} มีความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ < 0.05

3. ผลการวิเคราะห์การวัดค่าสี ผลการวิเคราะห์ค่าสีของตัวอย่างผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพสมุนไพรผักเชียงดาสูตรที่ 3 ซึ่งได้รับคะแนนสูงสุด ในหัวข้อที่ 4.2 รวมทั้งวัตถุดิบในสูตร ทั้ง 5 ชนิด (ผักเชียงดา, แก่นฝาง, หญ้าหวาน, อบเชยและมะตูม) ใช้เครื่องวัดค่าสี Miniscan EZ โดยนำเครื่องวัดค่าสีมาแนบกับตัวอย่าง และวัดค่าทั้งหมด 3 ค่า วัดสีในค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) ค่าสีเหลือง (b) จากนั้นบันทึกผลและคำนวณหา ค่าเฉลี่ยด้วยโปรแกรม Microsoft Excel พบว่า ค่าสีของผักเชียงดา มีความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) อยู่ในช่วง 32.74, 3.88 และ 18.61 ในขณะที่ค่าสีของแก่นฝาง มีค่าสีอยู่ในช่วง 58.17, 9.79 และ 22.39 โดยค่าสีของหญ้าหวาน อยู่ในช่วง 38.01, -0.59 และ 18.93 ในขณะที่ค่าสีของมะตูมอยู่ในช่วง 53.33, 8.46 และ 25.36 โดยค่าสีของอบเชย 41.77, 13.4 และ 27.5 โดยค่าสีสูตรที่ 3 พบว่า อยู่ในช่วง 35.87, 0.52 และ 19.56 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพสมุนไพรผักเชียงดา

สมุนไพรแต่ละชนิด	ค่าสี		
	L*	A*	B*
เชียงดา	32.74±1.36	3.88±0.35	18.61±0.07
แก่นฝาง	58.17±0.81	9.79±0.78	22.39±0.26
หญ้าหวาน	38.01±2.54	-0.59±0.06	18.93±0.53
มะตูม	53.33±0.96	8.46±0.33	25.36±0.37
อบเชย	41.77±2.21	13.4±0.98	27.53±3.50
สูตร 3	35.87±1.18	0.52±0.13	19.56±0.27

4. ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ เมื่อนำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่พัฒนาขึ้น และได้รับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสมากที่สุด ซึ่งได้แก่สูตรที่ 3 มาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยการทดสอบแบบ Central location test (CLT) กับผู้บริโภคบริเวณอำเภอเมืองตาก จำนวน 50 คน โดยรายละเอียดแบบสอบถามประกอบด้วย การทดสอบปัจจัยคุณภาพด้านสี, กลิ่น, รสชาติและความชอบโดยรวม และข้อมูลการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค โดยนำข้อมูลที่ได้นำวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Statistics Package for Social Sciences (spss) พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านสีและกลิ่นของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับชอบปานกลาง ในขณะที่ให้คะแนนความชอบด้านรสชาติและความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับชอบมาก ดังแสดงในตารางที่ 5 ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่ตัดสินใจที่จะซื้อหากมีการวางจำหน่ายคิดเป็นร้อยละ 98 โดย (ให้คะแนน) เลือกรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมคือ บรรจุภัณฑ์แบบในกล่องคิดเป็นร้อยละ 90 และราคาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุซองละ 2 กรัม จำนวน 20 ซอง ต่อ 1 กล่อง ในราคา 250 บาท คิดเป็นร้อยละ 54 ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 5 แสดงผลคะแนนด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพสมุนไพรผักเชียงดา โดยผู้บริโภค 50 คน

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนนเฉลี่ยความชอบ
สี	$7.12 \pm 1.22 \approx 7$
กลิ่น	$7.26 \pm 1.04 \approx 7$
รสชาติ	$7.76 \pm 0.82 \approx 8$
ความชอบโดยรวม	$8.1 \pm 1.24 \approx 8$

ตารางที่ 6 แสดงข้อมูลการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค

ข้อมูลการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค		ร้อยละ
การวางจำหน่าย	ซื้อ	98
	ไม่ซื้อ	2
ผลิตภัณฑ์	บรรจุในกล่อง	90
	บรรจุในถุงซิปล็อค	10
ราคา	200 บาท	12
	250 บาท	54
	300 บาท	22
	350 บาท	12

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องต้มเพื่อสุขภาพสมุนไพรผักเชียงดา ได้ผ่านกระบวนการต่าง ๆ ในการวิจัย อาทิเช่น 1) การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตรวมทั้งการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส 2) การวิเคราะห์การวัดค่าสี และ 3) การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า

1. ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องต้มเพื่อสุขภาพสมุนไพรผักเชียงดา ซึ่งในการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องต้มเพื่อสุขภาพสมุนไพรผักเชียงดา จากผลการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสพบว่าสูตรที่ 3 ซึ่งในการผลิตมีอัตราส่วนของวัตถุดิบดังนี้ ผักเชียงดา ร้อยละ 90, แก่นฝาง ร้อยละ 6, หย้าหวาน ร้อยละ 2, มะตูม ร้อยละ 1 และอบเชย ร้อยละ 1 ได้รับคะแนนทางประสาทสัมผัสสูงสุดโดยอยู่ที่ช่วงระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก

2. ผลการวิเคราะห์ค่าสีจากการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์เครื่องต้มเพื่อสุขภาพสมุนไพรผักเชียงดา สูตรที่ 3 โดยเป็นสูตรที่ได้รับคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสสูงสุด พบว่า สูตรที่ 3 มีความสว่าง (L^*) อยู่ในช่วง 35.87 ค่าสีแดง (a^*) อยู่ในช่วง 0.52 และค่าสีเหลือง (b^*) 19.56 ซึ่งเป็นช่วงค่าสีที่เหมาะสมที่สุดในการผลิต

3. ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เครื่องต้มเพื่อสุขภาพสมุนไพรผักเชียงดา ที่ผ่านการคัดเลือกพบว่า สี, กลิ่น, รสชาติและความชอบโดยรวม อยู่ในช่วงปานกลางถึงชอบมาก และจากการสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการซื้อของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องต้มเพื่อสุขภาพสมุนไพรผักเชียงดาที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว พบว่าผู้บริโภคจะตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์หากมีการวางจำหน่าย คิดเป็นร้อยละ 98 และ (ให้คะแนน) เลือกรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องต้มเพื่อสุขภาพสมุนไพรผักเชียงดา คือ บรรจุภัณฑ์แบบในกล่องคิดเป็นร้อยละ 90 โดยราคาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์เครื่องต้มเพื่อสุขภาพสมุนไพรผักเชียงดาที่บรรจุซองละ 2 กรัม จำนวน 20 ซอง ต่อ 1 กล่อง ในราคา 250 บาท คิดเป็นร้อยละ 54

ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ และศึกษารูปทรงของชนิดบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์เครื่องต้มเพื่อสุขภาพสมุนไพรผักเชียงดา จากชนิดบรรจุภัณฑ์หลายๆ รูปแบบ

กิตติกรรมประกาศ

การทำการวิจัยในเรื่องของ การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพสมุนไพรผักเชียงดาในครั้งนี้จนส่งผลให้เกิดสำเร็จไปได้ด้วยดีตามวัตถุประสงค์นั้น ส่วนหนึ่งได้รับคำปรึกษาจาก ภ.ท.บุญชิต ภูหวัง เกษตรกรแผนไทย คณะกรรมการเครือข่ายภูมิปัญญาไทยแห่งประเทศไทย สภาวัฒนธรรม และ ภ.ท.มะยม มานันท์ ผู้อำนวยการชมรมแพทย์แผนไทยหมอพื้นบ้านจังหวัดกำแพงเพชร รวมทั้งขอขอบพระคุณ ดร.มานิตา ดุมกลาง และอาจารย์จักรพันธ์ วงศ์ฤกษ์ดี ที่ได้เป็นผู้ให้คำแนะนำมาโดยตลอด และยังได้ให้คำปรึกษาการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นของกระบวนการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข. (2549). **แนวทางการพิจารณาอาหารประเภท ชาสมุนไพร** (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาได้ออกประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 28). นนทบุรี: สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา.
- คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. (ม.ป.ป). **ตานกกด**. สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2563, จาก <https://apps.phar.ubu.ac.th/phargarden/main.php?action=viewpage&pid=169>
- ดวงเพ็ญ ปัทมดิลก และคณะ. (2558). การหาปริมาณ Imperatorin ในผลมะตูมด้วยวิธี Ultra Performace Liquid Chromatography (UPLC). วารสารกรมวิทยาศาสตร์ทางการแพทย์. 57(4), 327-340.
- เต็ม สมิตินันท์. (2544). **ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย**. กรุงเทพฯ: สำนักงานหอพรรณไทย สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช.
- ธัญชนก เมืองมัน และคณะ (2550). การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักเชียงดา (*Gymnema inodorum* Dence). วารสารโภชนาการ. 42(3), 19-25.
- ธีรวัลย์ ชาญฤทธิเสน และปัทมา ไทยอู่. (2552). ผลของชนิดผักเชียงดา (*Gymnema inodorum* Decne.) และอุณหภูมิการอบแห้งต่อคุณภาพและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ. ใน การประชุมวิชาการประจำปี อุทยานวิทยาศาสตร์ภาคเหนือครั้งที่ 1 (น. 138). เชียงใหม่: อุทยานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นุชา สายพุฒิกสิกร. (2553). การสกัดประกอบที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพจากอบเชยเทศโดยใช้น้ำกึ่งวิกฤต. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ประไพภัทร คลังทรัพย์ และคณะ. (2550). การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากผักเชียงดา. วารสารโภชนาการ. 42(3), 19-25.

- ปริญญาวดี ศรีตันทิพย์ และคณะ. (2552). การเขตกรรมผักเชียงดาเพื่อการผลิตในระดับอุตสาหกรรม. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2554). Herbal tea/ชาสมุนไพร. สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2563, จาก <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word>
- เพ็ญภา ทรัพย์เจริญ และคณะ. (2548). เครื่องปรุงในอาหารไทย. นนทบุรี: ศูนย์พัฒนาตำราการแพทย์แผนโบราณ.
- ภาวิณี อารีศรีสม และคณะ. (2559). ผลของความเข้มข้นต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ และสาร 2-Acetyl-1-pyrroline ของใบเตย. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- มุกิตา สุวรรณคำขาว. (2556). วิสาหกิจชุมชนกลุ่มสัมมนาพนมสมุนไพรอินทรีย์ กลุ่มผู้ปลูกและแปรรูปผักเชียงดาอแกนีสต. เชียงใหม่: กลุ่มน้ำแม่แตงเชียงใหม่
- ยลดา ศรีเศรษฐ์ และคณะ. (2560). ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของเถาเอ็นอ่อน. วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน. 13(1), 1-10.
- รุ่งรัตน์ เอียดแก้ว, วุฒิพล หัวเมืองแก้ว และอภิชาติ ภัทรธรรม. (2555). การใช้ประโยชน์จากของป่าของราษฎรตำบลท่าเสา อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 40(3), 992-1001.
- ศรัณย์ ชันติประเสริฐ และปณัฏพร เรืองเชิงชุม. (2562). การนำระบบการวางแผนความต้องการวัสดุประยุกต์ใช้ในการผลิตชาผักเชียงดา กรณีศึกษา ศูนย์อนุรักษ์พันธุ์กรรมพืช อพ.สธ.คลองไผ่จังหวัดนครราชสีมา. วารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. 9(3), 54-64.
- ศูนย์วนวัฒนวิจัยภาคเหนือ. (2555). พรรณไม้ในกระถางศูนย์วนวัฒนวิจัยภาคเหนือ. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้.
- สุธรรม อารีกุล. (2552). องค์ความรู้เรื่องพืชป่าที่ใช้ประโยชน์ทางภาคเหนือของประเทศไทย เล่ม 2. เชียงใหม่: มูลนิธิโครงการหลวง.
- สุธาทิพ รักพืช และคณะ. (2550). สร้างเสริมสุขภาพและป้องกันโรคอาหาร. สืบค้นเมื่อ 19 พฤษภาคม 2560, จาก <http://hkm.hrdi.or.th/knowledge/detail/69>
- สุภาภรณ์ สาชาติ และคณะ. (2558). วิจัยและพัฒนาพืชสมุนไพรและเครื่องเทศที่มีศักยภาพ. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.

- อัจฉรา นิยมเดชา และมงคล คงเสน. (2556). ผลของการเสริมใบเตยหอม (*Pandanus amarylifolius* Roxb) ในอาหารนกกระทาญี่ปุ่นและคุณภาพไข่. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ เครือข่ายมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ครั้งที่ 2 “รวมพลังสร้างสรรค์ผลงานวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่นและประเทศไทย” 19 สิงหาคม 2556 (น. 2-10). นราธิวาส: มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์.
- Hong, H.J., B. Manochai, G. Trakoontivakorn and V.Na Thalang. (2004). Fibrinolytic activity of Thai indigenous vegetables. **Kasetsart Journal**. 38, 241 - 246.
- N.M. Isal, et al. (2012). In vitro anti-inflammatory, cytotoxic and antioxidant activities of boesenbergin A, a chalcone isolated from *Boesenbergia rotunda* (L.) (fingerroot). **Braz J Med Biol Res**. 2012. 45(6), 524-530.
- Shimizu, K., M. Ozeki, K. Tanaka, K. Iton, S. Nakajyo, N. Urakawa, and M. Atsuchi. (1997). Suppression of glucose absorption by extracts from the leaves of *Gymnema inodorum*. **Journal of Veterinary Medical Science**. 59(9), 753 - 757.
- Shimizu, K., M. Ozeki, A. Iino, S. Nakajyo, N. Urakawa and M. Atsuchi. (2001). Structure-activity relationships of triterpenoid derivatives extracted from *Gymnema indorum* leaves on glucose absorption. **Japan Journal of Pharmacol**. 86, 223 - 229.
- Tangkanakul, P., G. Trakoontivakorn and C. Jariyavattanavijit. (2005). Extracts of Thai indigeneous vegetable as rancid inhibitor in a model system. **Kasetsart Journal**. 39, 274-283.
- USDA Agricultural Research Service (2017). **National Plant Germplasm System**. USDA Agricultural Research Service. Retrieved March, 16, 2018, from <https://data.nal.usda.gov/dataset/national-plant-germplasm-system>.

Received: 19 Oct 2022; Revised: 4 Nov 2022

Accepted: 12 Nov 2022

การตรวจสอบการปลอมปนของน้ำในน้ำกะทิด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

รวิภัทร ลาภเจริญสุข¹, ธยานนท์ ลั่นวงษา², พันฉาย สันติสกุลวงศ์³ และ วุฒิพงษ์ บุตรนนท์⁴

บทคัดย่อ

กะทิเป็นส่วนประกอบในการทำอาหารไทยที่สำคัญหลากหลายชนิด ปัญหาที่เกิดขึ้นกับผู้บริโภคทั้งภายในและภายนอกประเทศคือการปลอมปนของกะทิโดยวัสดุที่มีราคาถูกและมีลักษณะทางกายภาพที่คล้ายกับกะทิ น้ำมักถูกนำมาใช้ปลอมปนในกะทิซึ่งทำให้ยากต่อการแยกได้ด้วยตาเปล่า งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตรวจสอบการปลอมปนของน้ำในน้ำกะทิสดด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี ตัวอย่างของน้ำกะทิสดได้มาจากการคั้นกะทิจากมะพร้าวซึ่งซื้อมาจากตลาด น้ำกะทิถูกนำมาผสมด้วยน้ำกลั่นที่ระดับการผสมตั้งแต่ 10-90 %w/w เนียร์อินฟราเรดสเปกตรัมถูกบันทึกในช่วงเลขคลื่น 12500 ถึง 4000 cm^{-1} สเปกตรัมเนียร์อินฟราเรดเริ่มต้นถูกใช้ในการสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิค partial least squares regression (PLSR) แบบจำลองแสดงถึงสมรรถนะในการตรวจสอบกะทิปลอมปนในกลุ่มข้อมูลสร้างแบบจำลองและทดสอบแบบจำลองด้วยค่า $R^2_{\text{training}} = 0.96$ และ $R^2_{\text{testing}} = 0.85$ ตามลำดับ ผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นถึงแนวทางในการประยุกต์ใช้เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีในการตรวจสอบการปลอมปนของน้ำในกะทิได้

คำสำคัญ : กะทิ, การปลอมปน, เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

E-mail: ravipat.la@kmitl.ac.th

² นักศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

³ นักศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

⁴ นักศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

Determination of water adulterated in coconut milk by using near infrared spectroscopy

Agustami Sitorus¹, Thayanont Lunvongsat², Phanchay Suntisakoonwong³ and Wutthiphong Boodnon⁴

Abstract

Coconut milk is important ingredient for cooking many Thai food. An issue for domestic and international customers is adulterated coconut milk with cheap and analogous materials. Water has been often used to adulterate in coconut milk which is difficult for detecting with visualization. This research aims to study on determination of adulteration of water in coconut milk by using near infrared spectroscopy. The fresh coconut milk sample was obtained from crushing of coconut which was bought from market. Coconut milk was mixed with distilled water at level of 10-90 %w/w. Near infrared spectra were recorded in range of 12500 – 4000 cm^{-1} . The raw spectra were used to establish the model with partial least squares regression (PLSR) technique. The model showed performance of determination of adulterated coconut milk on training and testing set with $R^2_{\text{training}} = 0.96$ และ $R^2_{\text{testing}} = 0.85$ respectively. This result presented the guideline for application of near infrared spectroscopy to detect adulteration of water in coconut milk.

Keyword : Coconut milk, Adulteration, Near infrared spectroscopy

¹ Assistant Professor, Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang E-mail: ravipat.la@kmitl.ac.th

² Student, Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

³ Student, Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

⁴ Student, Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

บทนำ

กะทิเป็นส่วนประกอบในการทำอาหารไทยที่สำคัญหลากหลายชนิดจึงทำให้กะทิมีความต้องการจากท้องตลาดสูง อุตสาหกรรมกะทิจึงมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยตั้งแต่ต้นน้ำ (ผู้เพาะปลูก) ไปจนถึงผู้ประกอบการแปรรูปขนาดใหญ่ที่มีตลาดทั้งในประเทศและส่งออกองค์ประกอบทางเคมีของกะทิประกอบด้วยไขมัน (15.44 – 38.0%) โปรตีน (2.06 – 3.50%) ความชื้น (52.0 – 74.6%) เถ้า (0.64 – 0.90%) คาร์โบไฮเดรต (2.7 – 6.88%) (Alyaqoubi et al., 2015). ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกพริกไทยที่สำคัญในลำดับต้นๆ ของโลก ปัจจุบันประเทศไทยมีการส่งออกกะทิในปี 2560 - 2564 ในปริมาณประมาณ 250,000 ตันต่อปีคิดเป็นมูลค่าการส่งออกถึงประมาณ 15,000 ล้านบาท (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2565) ปัญหาหนึ่งที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมกะทิทั้งการบริโภคในและนอกประเทศที่สำคัญคือการปลอมปนของวัสดุวัตถุอื่นที่มีราคาถูกและมีลักษณะทางกายภาพที่คล้ายลงในกะทิ วัสดุที่มีราคาถูก หาได้ง่ายในชีวิตประจำวันและมักถูกนำมาปลอมปนในกะทิคือน้ำ ซึ่งทำให้เมื่อนำน้ำมาผสมในกะทิแล้วทำให้แยกได้ด้วยตาเปล่าได้ยากมาก การปลอมปนของน้ำในกะทิทำให้ปริมาณของน้ำกะทิที่ถูกจำหน่ายมากขึ้นแต่คุณภาพย่ำแย่ด้อยลงกะทิปลอมปนนี้ย่อมเป็นการลดความน่าเชื่อถือต่อผู้บริโภคที่ต้องการบริโภคสินค้าที่มีคุณภาพแน่นอนว่าย่อมส่งผลกระทบไปถึงประเทศคู่ค้าที่สำคัญของไทย ได้แก่ สหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร ออสเตรเลีย แคนาดา และเยอรมัน ปัญหาการปลอมปนนี้อาจทำให้ประเทศคู่ค้าที่สำคัญเหล่านั้นมองหาแหล่งจำหน่ายแหล่งใหม่ผลกระทบที่เกิดขึ้นย่อมส่งผลกระทบต่อภาคเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ ดังนั้นหากมีวิธีการในการตรวจสอบการปลอมปนที่สามารถตรวจสอบได้อย่างรวดเร็วและสามารถคัดแยกกะทิบริสุทธิ์จากกะทิปลอมปนย่อมเป็นการยืนยันคุณภาพของกะทิต่อผู้บริโภคและประเทศคู่ค้าสำคัญเหล่านี้ได้ในการตรวจสอบการปลอมปนของน้ำในกะทิที่ไม่สามารถทำได้ด้วยตาเปล่าจำเป็นต้องใช้วิธีวิเคราะห์ทางเคมีที่มีขั้นตอนยุ่งยากและใช้เวลานานการนำเทคโนโลยีในการตรวจสอบคุณภาพทางวิธีวิเคราะห์ทางเคมีที่สามารถตรวจสอบได้อย่างรวดเร็วมีต้นทุนต่ำไม่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการวิเคราะห์เข้ามาช่วยแก้ปัญหาการปลอมปนของน้ำในกะทิจะเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ได้

เทคโนโลยีในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจคือเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีวิธีการนี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ ในระดับอุตสาหกรรม เช่น อาหาร ยา ผลผลิตทางการเกษตร จากงานวิจัยที่ผ่านมาเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีถูกนำมาประยุกต์ใช้ตรวจสอบการปลอมปนของสิ่งอื่นในผลิตภัณฑ์ เช่น น้ำผึ้ง (Guelpa et al., 2017; Li et al., 2017; Bazar et al., 2016), แป้ง kudzu (Xu et al., 2015), ซอสถั่วเหลือง (Thitibunjan and Sirisomboon, 2014), แป้งรากบัวจีน (Xu et al., 2013) และ แป้ง shanyao (Ma et al., 2017) งานวิจัยข้างต้นแสดงผลการ

ทดลองไปในแนวทางเดียวกันคือเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีมีสมรรถนะในการตรวจสอบการปลอมของวัสดุต่างๆ ในผลิตภัณฑ์ จากข้อมูลนี้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ที่สูงในการใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีในการตรวจสอบการปลอมปนของน้ำในกะทิ ข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นเห็นถึงความน่าสนใจและความเป็นไปได้สูงในยุคที่ใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีในการตรวจสอบการปลอมปนของแป้งจากปลายข้าว และลูกเดือยในพริกไทยปน

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาการตรวจสอบการปลอมปนของน้ำในน้ำกะทิด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้หากเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีมีความสามารถในการตรวจสอบการปลอมปนได้ย่อมช่วยเรื่องของการรับรองความบริสุทธิ์และคุณภาพของกะทิซึ่งส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของผู้ค้ากะทิของประเทศไทยและผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศได้

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการตรวจสอบการปลอมปนของน้ำในกะทิด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

กรอบแนวคิดในการวิจัย

คลื่นแสงเนียร์อินฟราเรดมีความยาวคลื่นตั้งแต่ 800-2500 nm สามารถแบ่งช่วงความยาวคลื่นออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงคลื่นสั้นที่มีความยาวคลื่น 800-1100 nm และช่วงคลื่นยาวที่มีความยาวคลื่น 1100-2500 nm (Osborne et al., 1993) พลังงานของคลื่นแสงเนียร์อินฟราเรดจะอยู่ในช่วงที่สอดคล้องกับการสั่น (vibration) แบบโอเวอร์โทน (Overtone) และคอมบิเนชัน (Combination) ของพันธะภายในโมเลกุลของสาร โดยเฉพาะพันธะไฮโดรเจน (เช่น O-H, C-H, N-H) หากการสั่นของพันธะใดเกิดที่ความถี่ที่ตรงกับค่าของความถี่ของคลื่นแสงเนียร์อินฟราเรดก็จะเกิดการดูดกลืนพลังงานขึ้น (วิชัย รุ่งตระกูล และคณะ, 2527) ซึ่งการดูดกลืนแสงเนียร์อินฟราเรดใช้มากในการวิเคราะห์เชิงปริมาณของสารประกอบอินทรีย์ในผลผลิตต่างๆ น้ำมีพันธะโมเลกุลเป็นพันธะไฮโดรเจนดังนั้นเมื่อมีผสมน้ำลงในกะทิจึงมีความเป็นไปได้ที่เนียร์อินฟราเรดจะตรวจวัดการปลอมปนของน้ำในกะทิได้ อย่างไรก็ตามข้อมูลการดูดกลืนแสงอินฟราเรดที่ความยาวคลื่นต่างๆ หรือเรียกว่าสเปกตรัมจะยังไม่สามารถใช้ในการตรวจสอบกะทิปลอมปนได้จำเป็นต้องใช้เทคนิคเคโมเมตริกส์ (Chemometric) เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองในการทำนายระดับการปลอมปนของน้ำในกะทิต่อไป เช่น การสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิค partial Least Squares Regression (PLSR)

วิธีการดำเนินการ

ตัวอย่างมะพร้าวกะทิถูกซื้อมาจากท้องตลาดนำมาชูดและคั้นน้ำกะทิ หลังจากนั้นตัวอย่างของกะทิถูกนำมาผสมด้วยน้ำกลั่น โดยผสมน้ำลงในกะทิด้วยสัดส่วนต่างๆ ทั้งสิ้น 9 ระดับ 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 และ 90% w/w ในการผสมแต่ละครั้งตัวอย่างกะทิปลอมปนถูกเขย่าให้เข้ากันและบรรจุลงในขวดสีชา ก่อนการวัดสเปกตรัมตัวอย่างถูกตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที

สเปกตรัมเนียร์อินฟราเรดถูกบันทึกบนตัวอย่างกะทิบริสุทธิ์และกะทิปลอมปน แต่ละตัวอย่างจะถูกแบ่งออกเป็น 10 ส่วนเท่าๆ กัน ตัวอย่างถูกเทลงในหลอดแก้วทรงกระบอกและกดทับด้วยแท่นอลูมิเนียมเพื่อวัดสเปกตรัม สเปกตรัมของตัวอย่างจะถูกบันทึกด้วยเครื่อง FT-NIR spectrometer (MPA, Bruker, Germany) ที่ความยาวคลื่น $12,500\text{--}4,000\text{ cm}^{-1}$ ($800\text{--}2,500\text{ nm}$) ในโหมด reflectance ด้วยความละเอียดในการวัด 8 cm^{-1} ภาพที่ 1 แสดงการเก็บข้อมูลเนียร์อินฟราเรดด้วยเครื่อง FT-NIR spectrometer (MPA, Bruker, Germany)



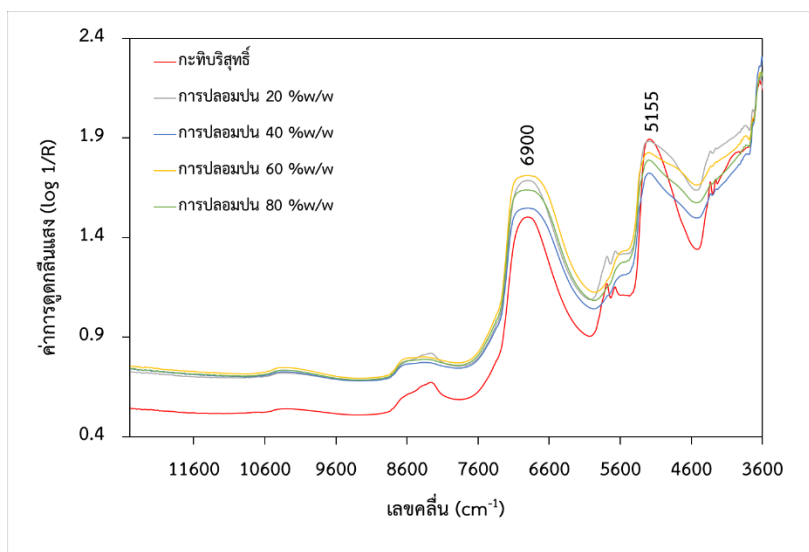
ภาพที่ 1 การเก็บข้อมูลเนียร์อินฟราเรดด้วยเครื่อง FT-NIR spectrometer (MPA, Bruker, Germany)

ข้อมูลสเปกตรัมจำนวน 100 ตัวอย่าง (สเปกตรัมของกะทิบริสุทธิ์ 10 ตัวอย่างและสเปกตรัมของกะทิปลอมปนที่ 9 ระดับการปลอมปนจำนวน 90 ตัวอย่าง) ถูกแบ่งออกเป็นชุดสร้างแบบจำลอง (training set) และชุดทดสอบแบบจำลอง (testing set) ด้วยอัตราส่วน 80:20 ตามลำดับ ข้อมูลชุดสร้างแบบจำลองถูกใช้สร้างแบบจำลองในการตรวจสอบการปลอมปนด้วยน้ำในกะทิถูกสร้างโดยเทคนิค partial least square regression (PLSR) การทดสอบแบบจำลองชุดสร้างแบบจำลองดำเนินการด้วยวิธีการ leave-one-out cross validation จากนั้นแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นถูกนำมาทดสอบสมรรถนะกับชุดทดสอบแบบจำลองและรายงานผลสมรรถนะด้วย

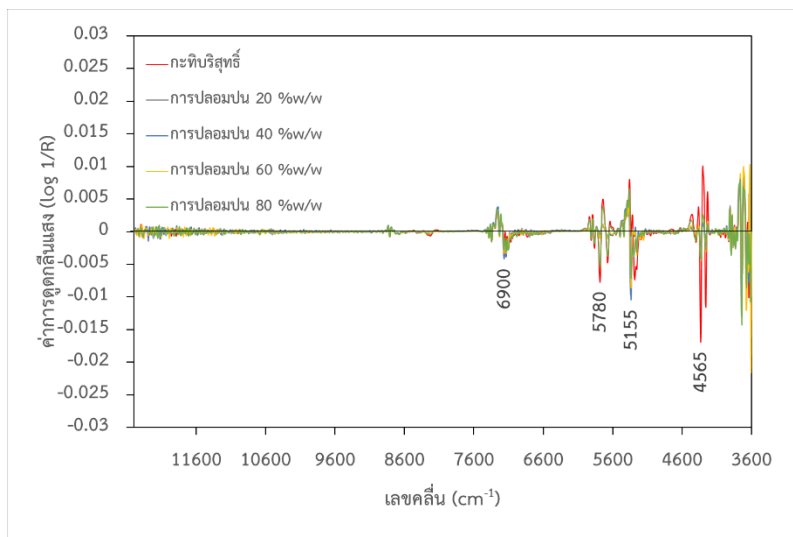
ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (coefficient of determination) ของชุดสร้างแบบจำลองและชุดทดสอบแบบจำลอง (R^2_{training} และ R^2_{testing}) ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (root mean square error) ของชุดสร้างแบบจำลองและชุดทดสอบแบบจำลอง ($RMSE_{\text{training}}$ และ $RMSE_{\text{testing}}$)

ผลการวิจัย

ภาพที่ 2 แสดงสเปกตรัมเนียร์อินฟราเรดของกะทิและกะทิปลอมปนด้วยน้ำที่ระดับต่างๆ พิกของการดูดกลืนพลังงานของคลื่นเนียร์อินฟราเรดเกิดขึ้นชัดเจนที่เลขคลื่นเท่ากับ 6900 และ 5155 cm^{-1} (ซึ่งเท่ากับความยาวคลื่นเท่ากับ 1450 และ 1940 nm ตามลำดับ) พิกทั้งสองนี้สอดคล้องกับการสั่นสะเทือนของน้ำแบบโอเวอร์โทนอันดับที่ 1 และคอมบินั่นของพันธะ O-H (Osborne and Fearn, 1986) สเปกตรัมแสงเนียร์อินฟราเรดของกะทิที่ปลอมปนด้วยน้ำมีแนวโน้มแตกต่างจากกะทิบริสุทธิ์ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีในการตรวจสอบระดับการปลอมปนของน้ำในกะทิ อย่างไรก็ตามสเปกตรัมเริ่มต้นอาจจะได้รับผลกระทบต่างๆ ในระหว่างการตรวจวัด เช่น สัญญาณรบกวน ผลของอุณหภูมิ ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างต่อผลการดูดกลืนแสง ดังนั้นสเปกตรัมเริ่มต้นควรได้รับการดำเนินการปรับปรุงเพื่อให้เห็นพฤติกรรมของสเปกตรัมได้ชัดเจนขึ้น เช่น การปรับปรุงสเปกตรัมด้วยวิธีอนุพันธ์อันดับที่ 2 ดังแสดงในภาพที่ 3 จากรูปพีคการดูดกลืนแสงเนียร์อินฟราเรดจะกลับหัวเนื่องจากการปรับปรุงด้วยวิธีอนุพันธ์อันดับที่ 2 ส่งผลให้เกิดพิกที่เด่นชัดขึ้นมา ได้แก่ 6900, 5780, 5155 และ 4565 cm^{-1} (1450, 1725, 1940, 2190 nm ตามลำดับ) โดยพิกที่เลขคลื่น 5900 cm^{-1} เป็นพีคการสั่นสะเทือนแบบโอเวอร์โทนอันดับที่ 1 ของพันธะ CH_3 สำหรับพิกที่เลขคลื่น 4565 cm^{-1} เป็นการสั่นสะเทือนของพันธะ $\text{HC}=\text{CH}$ แบบคอมบินั่น โดยทั้งสองพันธะนี้เป็นพันธะโครงสร้างของไขมัน (Osborne and Fearn, 1986)



ภาพที่ 2 สเปกตรัมเนียร์อินฟราเรดของกะทิและกะทิปลอมปนด้วยน้ำที่ระดับต่างๆ

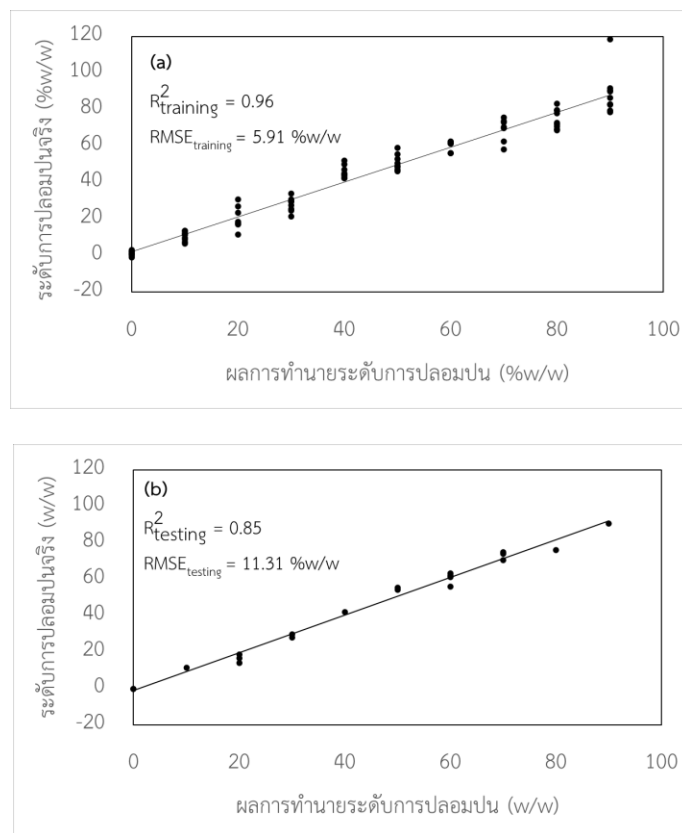


ภาพที่ 3 สเปกตรัมเนียร์อินฟราเรดที่ถูกดำเนินการปรับปรุงด้วยวิธีอนุพันธ์อันดับที่ 2 ของกะทิและกะทิปลอมปนด้วยน้ำที่ระดับต่างๆ

ตารางที่ 1 แสดงผลการทำนายระดับการปลอมปนของน้ำในกะทิด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีแบบจำลองเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีที่สร้างจากเทคนิค PLSR พัฒนาขึ้นด้วยค่า principal component (PC) เท่ากับ 11 จากผลการทำนายแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีสมรรถนะในการตรวจสอบระดับการปลอมปนของน้ำในกะทิ โดยผลการทำนายข้อมูลในชุดสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิค PLSR แสดงค่า $R^2_{\text{training}} = 0.96$ และค่า $RMSE_{\text{training}} = 5.91$ %w/w และการทำนายข้อมูลในชุดทดสอบแบบจำลองแสดงค่า $R^2_{\text{testing}} = 0.85$ และค่า $RMSE_{\text{testing}} = 11.13$ %w/w ผลการทำนายนี้แสดงให้เห็นว่าเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีมีความสามารถในการตรวจสอบระดับการปลอมปนของน้ำในกะทิ ภาพที่ 4 แสดงแผนภาพการกระจายตัวของผลการทำนายของชุดสร้างแบบจำลองและชุดทดลองแบบจำลอง

ตารางที่ 1 ผลการทำนายระดับการปลอมปนของน้ำในกะทิด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

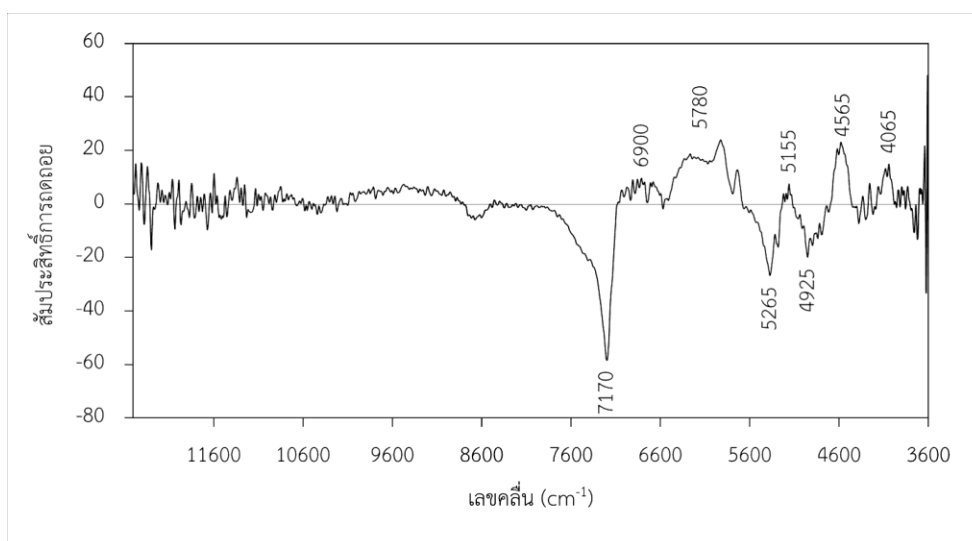
แบบจำลอง	PC	การทำนายชุดสร้างแบบจำลอง		การทำนายชุดทดสอบแบบจำลอง	
		R^2_{training}	$RMSE_{\text{training}}$ (%w/w)	R^2_{testing}	$RMSE_{\text{testing}}$ (%w/w)
PLSR	11	0.96	5.91	0.85	11.13



ภาพที่ 4 แผนภาพการกระจายตัวของผลการทำนายของชุดสร้างแบบจำลอง (a) และชุดทดลองแบบจำลอง (b)

ภาพที่ 5 แสดงสัมประสิทธิ์การถดถอยจากแบบจำลองที่สร้างด้วยวิธี PLSR ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเป็นค่าที่แสดงถึงระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรต้น (ค่าการดูดกลืนแสงเนียร์อินฟราเรดที่ความยาวคลื่นต่างๆ) กับตัวแปรตาม (ค่าระดับการปลอมปน) จากแบบจำลองที่สร้างจากเทคนิค PLSR โดยหาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่าสูงที่ตำแหน่งความยาวคลื่นใดแสดงว่าความยาวคลื่นนั้นมีอิทธิพลต่อแบบจำลองการทำนายระดับการปลอมปนของน้ำในกะทิ จากรูปค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมีค่าสูงที่เลขคลื่น 7170, 6900, 5780, 5265, 5155, 4925, 4565 และ 4065 cm^{-1} (1395, 1450, 1725, 1900, 1940, 2030, 2190 และ 2460 nm) โดยพีคเหล่านี้สัมพันธ์กับการสั่นสะเทือนของพันธะทางเคมีของน้ำ ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน โดยที่เลขคลื่น 6900 และ 5155 cm^{-1} สอดคล้องกับการสั่นสะเทือนของน้ำแบบโอเวอร์โทนอันดับที่ 1 และคอมบิเนชันของพันธะ O-H การสั่นสะเทือนของพันธะทางเคมี CH_2 ของไขมันแบบคอมบิเนชันและแบบโอเวอร์โทนอันดับที่ 1 ที่เลขคลื่น 7170 และ 5780 cm^{-1} นอกจากนั้นมีการสั่นสะเทือนของพันธะทางเคมี HC=CH ของไขมันแบบคอมบิเนชัน 4565 cm^{-1} พันธะทางเคมีของคาร์โบไฮเดรตแสดงขึ้นที่เลขคลื่น 5265 และ 4065 cm^{-1} โดยสัมพันธ์กับการสั่นสะเทือนแบบคอมบิเนชัน

ของ starch พิกของโปรตีนแสดงให้เห็นที่เลขคลื่น 4925 cm^{-1} ซึ่งสอดคล้องกับการสั่นสะเทือนของพันธะ CONH_2 แบบโอเวอร์โทนอันดับที่ 2 จากที่กล่าวมานี้แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีที่สร้างจากเทคนิค PLSR ที่ใช้ในการตรวจสอบการปลอมปนของน้ำในกะทิเกิดขึ้นจากความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีในกะทิจากการปลอมปนของน้ำ



ภาพที่ 9 สัมประสิทธิ์การถดถอยจากแบบจำลองที่สร้างด้วยวิธี PLSR

อภิปรายผล

จากการศึกษาครั้งนี้ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการตรวจสอบการปลอมปนของน้ำในกะทิด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีมีความสามารถในการตรวจสอบระดับการปลอมปนของน้ำในกะทิโดยแบบจำลองที่สร้างด้วยเทคนิค PLSR จากสเปกตรัมเริ่มต้นแสดงค่า $R^2_{\text{training}} = 0.96$ และ $R^2_{\text{testing}} = 0.85$ ผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นถึงแนวทางในการประยุกต์ใช้เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีในการตรวจสอบการปลอมปนของน้ำในกะทิในระดับอุตสาหกรรมได้

ข้อเสนอแนะ

แบบจำลองที่ได้จากการศึกษารั้วนี้เกิดขึ้นจากตัวอย่างกะทิจากมะพร้าวจากแหล่งที่มาเดียวซึ่งหากต้องการให้แบบจำลองที่ใช้ในตรวจสอบการปลอมปนของน้ำในกะทิครอบคลุมมะพร้าวมากขึ้นควรใช้ตัวอย่างจากหลายแหล่งที่มาในจังหวัดหรือประเทศต่างๆเนื่องจากมะพร้าวที่เพาะปลูกในแต่ละแหล่งเพาะปลูกจะมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน ดังนั้นหลากหลายแบบจำลองเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีถูกสร้างจากตัวอย่างมะพร้าวหลากหลายแหล่งที่มาที่ย่อมมีความสามารถในการตรวจสอบได้ครอบคลุมตัวอย่างจากแหล่งที่มาเหล่านั้น

เอกสารอ้างอิง

กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. (2565). **สินค้ามะพร้าวและกะทิ**. สืบค้นเมื่อ 7 พฤษภาคม 2565, จาก <https://api.dtn.go.th/files/v3/60f7d503ef41404c21342ef0/download>

วิชัย ร้วตระกูล และคณะ. (2527). **การประยุกต์สเปกโตรสโกปีในเคมีอินทรีย์**. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: นำอักษรการพิมพ์.

Alyaqoubi, S., Abdullah, A., Samudi, M., Abdullah, N., Addai, Z. R., & Musa, K. H. (2015). Study of antioxidant activity and physicochemical properties of coconut milk (Pati santan) in Malaysia. **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research**. 7(4), 967-973.

Bazar, G., Romvari, R., Szabo, A., Somogyi, T., Eles, V., & Tsenkova, R. (2016). NIR detection of honey adulteration reveals differences in water spectral pattern. **Food Chemistry**. 194, 873-880.

Guelpa, A., Marini, F., Plessis, A. D., Slabbert, R., & Manley, M. (2017). Verification of authenticity and fraud detection in South African honey using NIR spectroscopy. **Food Control**. 73, 1388-1396.

Li S., Zhang, X., Shan, Y., Donglin, S., Ma, Q., Wen, R., & Li J. (2017). Qualitative and quantitative detection of honey adulterated with high-fructose corn syrup and maltose syrup by using near-infrared spectroscopy. **Journal of Sensor Letters**. 218, 231-236.

Ma, H. L., Wang, J. W., Chen, Y. J., Cheng, J. L., & Lai, Z. T. (2017). Rapid authentication of starch adulterations in ultrafine granular powder of Shanyao by near-infrared spectroscopy coupled with chemometric methods. **Food Chemistry**. 215, 108-115.

- Osborne, B. G., & Fearn, T. 1986. **Near infrared spectroscopy in food analysis** (1st published, pp. 117). United Kingdom: Longman Science & Technical.
- Thitibunjan, N., & Sirisomboon, P. (2014). Detection of Adulteration of Soy Sauce by Brine Using Near Infrared Spectroscopy. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**. 2, 212-217.
- Xu, L., Shi, P. T., Ye, Z. H., Yan, S. M., & Yu, X. P. (2013). Rapid analysis of adulterations in Chinese lotus root powder (LRP) by near-infrared (NIR) spectroscopy coupled with chemometric class modeling techniques. **Food Chemistry**. 141(3), 2434-2439.
- Xu, L., Shi, W., Cai, C. B., Zhong, W., & Tu, K. (2015). Rapid and nondestructive detection of multiple adulterants in kudzu starch by near infrared (NIR) spectroscopy and chemometrics. **LWT - Food Science and Technology**. 61, 590-595.

แบบจำลองสำหรับประมาณค่าปริมาณเมฆจากค่ารังสีอาทิตย์รวมในจังหวัดภูเก็ต

สุวิทย์ เพชรห้วยลึก¹

บทคัดย่อ

ในการวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาแบบจำลองการประมาณค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนจากข้อมูลรังสีอาทิตย์รวมรายวันเฉลี่ยรายเดือนในจังหวัดภูเก็ตระหว่างปี พ.ศ. 2548 – 2560 และทดสอบแบบจำลองด้วยข้อมูลของปี พ.ศ. 2561 – 2563 โดยใช้แบบจำลองในรูปของสมการเอมพิริคัล 9 รูปแบบ ที่พัฒนามาจากสมการถดถอยเชิงเส้นของ Angström-Prescott และรูปแบบสมการอื่นๆ ได้แก่ สมการกำลังสอง สมการกำลังสาม ลอการิทึม เอ็กโพเนนเชียล และยกกำลัง เป็นต้น ผลการการศึกษา พบว่า แบบจำลองที่ให้ผลทดสอบสมรรถนะดีที่สุดอยู่ในรูปความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนต่อค่าปริมาณเมฆสูงสุดของการวัด (C/C_0) และ ค่ารังสีอาทิตย์ รวมต่อรังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวันเฉลี่ยรายเดือน (H/H_0) เป็น $C = C_0[0.9525 \exp(1 - H/H_0) - 0.9193]$ ที่ให้ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ค่าสัมประสิทธิ์ Nash-Sutcliffe (NS) ความคลาดเคลื่อนยกกำลังสองเฉลี่ยรากที่สอง (RMSE) ความคลาดเคลื่อนในรูปความเอนเอียงเฉลี่ย (MBE) ความคลาดเคลื่อนในรูปความเอนเอียงสมบูรณ์เฉลี่ย (MABE) ร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (MPE) ร้อยละความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และค่าสถิติแบบที (t-stat) เท่ากับ 0.884 0.781 0.468 0.310 0.340 5.086 % 5.561 % และ 2.929 ตามลำดับ โดยได้ค่าประเมินตัวบ่งชี้สมรรถนะทั้งหมด (GPI) เท่ากับ 0.619 แสดงว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองแบบเอ็กโพเนนเชียลและจากการวัดมีความสอดคล้องกัน และสามารถนำไปใช้กับพื้นที่อื่นๆ ที่มีสภาพภูมิอากาศใกล้เคียงกันได้

คำสำคัญ : ปริมาณเมฆ, ค่ารังสีอาทิตย์รวม, สมการเอมพิริคัล, จังหวัดภูเก็ต

¹ ผศ., สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง

Model for Estimating the Cloud Cover from Global Solar Radiation in Puket Province, Thailand

Suwit Phethuayluk¹

Abstract

In this research, the monthly average daily cloud amount estimation model is developed from the monthly average daily global solar radiation data in Puket province between 2006 - 2016, and test the model with data from 2017-2019. In this study, nine empirical models were derived from the Angström-Prescott linear regression model and its derivatives such as quadratic, cubic, logarithmic, exponential and power. The result found that the best performance model was correlated between the ratio of monthly average daily cloud amount to maximum cloud volume of measurement (C/C_0), and the monthly average daily global solar radiation per daily extraterrestrial radiation (H/H_0) as $C = C_0[0.9525\exp(1 - H/H_0) - 0.9193]$. That provides statistical analysis results are the correlation coefficient (R), the Nash-Sutcliffe coefficient (NS), root mean square error (RMSE), mean bias error (MBE), mean absolute bias error (MABE), mean percentage error (MPE), mean absolute percentage error (MAPE) and t-statistic (t-stat) equal to .884 0.781 0.468 0.310 0.340 5.086 % 5.561 % and 2.929, respectively. This received a global performance indicator (GPI) assignment of 0.619. According to the results, the exponential model predicted and the measurements are consistent and can be applied to other a similar climate area.

Keywords : cloud amount, global solar radiation, empirical equation, Puket province

¹ Assistant Professor, Program in Physics, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung Province

บทนำ

ดวงอาทิตย์ถือเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตบนโลกของเราพลังงานที่แผ่ออกมาจากดวงอาทิตย์จะอยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความยาวคลื่นต่างๆ ตั้งแต่รังสีแกมมาไปจนถึงคลื่นวิทยุ ซึ่งเรียกกันโดยทั่วไปว่า รังสีอาทิตย์ (solar radiation) รังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกเป็นปริมาณที่เราสามารถหาได้อย่างแม่นยำโดยอาศัยการตรวจวัดด้วยดาวเทียม หรือคำนวณทางทฤษฎี ทั้งนี้ปริมาณของรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบน ตำแหน่งใดๆ ที่ส่วนบนของชั้นบรรยากาศ (top of atmosphere, TOA) จะมีค่ามากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ และมุมตกกระทบ ซึ่งเราสามารถคำนวณตัวแปรต่างๆ ดังกล่าวนี้อย่างแม่นยำโดยอาศัยทฤษฎีฟิสิกส์ดาราศาสตร์ ข้อมูลรังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกมีความสำคัญต่อการออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้งานในอวกาศต่างๆ อาทิเช่น เซลล์สุริยะของดาวเทียมหรือยานอวกาศต่างๆ ในอดีตที่ผ่านมา นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการวัดและศึกษาความเข้มรังสีดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกกันมาอย่างต่อเนื่องหากพิจารณาพลังงานแสงอาทิตย์รวมทุกความยาวคลื่นที่เดินทางจากดวงอาทิตย์มาตกกระทบบนพื้นผิวที่ 1 ตารางเมตร จากระยะทางเฉลี่ย 1 AU จะมีความเข้มของรังสีประมาณ $1,367 \text{ W/m}^2$ เรียกว่า ค่าคงที่สุริยะ (solar constant)

รังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก เมื่อเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศลงมายังพื้นโลกของเรา จะถูกลดทอนความเข้ม ในรูปของการกระเจิงและดูดกลืนโดยเมฆและองค์ประกอบต่างๆ ในบรรยากาศ เช่น ฝุ่นละออง โอโซน ไอน้ำ และโมเลกุลก๊าซต่างๆ ของอากาศ ทั้งนี้เราสามารถจำแนกส่วนของรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นโลกได้เป็น 2 ส่วน คือ รังสีตรง (direct radiation) และรังสีกระจาย (diffuse radiation) ซึ่งผลรวมของรังสีทั้ง 2 ส่วนนี้เรียกว่า รังสีรวม (global radiation) ดังนั้นการวัดรังสีอาทิตย์บนพื้นโลกสามารถกระทำได้หลากหลายวิธีการด้วยกัน ดังนั้นเมื่อวัดรังสีอาทิตย์ที่ถูกลดทอนและผ่านลงมาถึงพื้นผิวโลกก็จะสามารถหาปริมาณเมฆที่ครอบคลุมในพื้นที่นั้นๆ ได้

วัตถุประสงค์

เพื่อต้องการสร้างสมการถดถอยแบบเอ็มพีริคัลสำหรับการทำนายปริมาณเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้าจากรังสีอาทิตย์รวมเหนือจังหวัดภูเก็ต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ทำการคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูลค่ารังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวัน (H_0) แล้วนำมาเฉลี่ยรายเดือนใน MJ/m²-day ของสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดภูเก็ตโดยใช้สมการความสัมพันธ์ (Girma Dejene Nage, 2018)

$$H_0 = \frac{24 \times 3,600 I_{sc}}{\pi} \left(1 + 0.033 \cos \left[\frac{360d}{365} \right] \right) \left(\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + \frac{\pi \omega_s}{180} \sin \phi \sin \delta \right) \quad (1)$$

เมื่อ H_0 คือ ค่ารังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกรายวันเฉลี่ยรายเดือน (MJm⁻²day⁻¹)

I_{sc} คือ ค่าคงที่รังสีอาทิตย์ (1,367Wm⁻²)

ϕ คือ มุมละติจูดของสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดภูเก็ต

δ คือ ค่ามุม declination ของดวงอาทิตย์

$$\delta = 23.45 \sin \left(\frac{360}{365} [284 + d] \right) \quad (2)$$

เมื่อ d คือ ลำดับที่ของวันในรอบปี และ ω_s คือ ค่ามุมชั่วโมงดวงอาทิตย์ ซึ่งหาได้จาก

$$\omega_s = \cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta) \quad (3)$$

2. รวบรวมข้อมูลพื้นฐานของปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนและค่ารังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยรายเดือนในพื้นที่จังหวัดภูเก็ตที่ทำการวัดโดยสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดภูเก็ตในช่วงปี พ.ศ. 2548-2563 โดยที่ค่าปริมาณเมฆสูงสุดของการวัด เท่ากับ 10

3. แยกข้อมูลออกเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่ง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 -2560 รวมเวลาเป็น 11 ปี แล้วนำมาเฉลี่ยเป็นข้อมูลสำหรับสร้างสมการเอมพิริคัล ส่วนข้อมูลส่วนที่ 2 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561 -2563 นำมาเฉลี่ยเป็นข้อมูลทดสอบสมการเอมพิริคัล ดังตารางที่ 3

4. สร้างสมการเอมพิริคัลของความสัมพันธ์ระหว่างความยาวนานแสงแดดและปริมาณเมฆ ด้วยสมการ 9 รูปแบบ ที่ปรับปรุงมาจากรูปแบบสมการต่างๆ ได้แก่ สมการถดถอยเชิงเส้น สมการกำลังสอง สมการกำลังสาม ลอการิทึม เอ็กโพเนนเชียล และยกกำลัง เป็นต้น

5. ทดสอบแบบจำลองสมการที่ได้ในข้อ 4 และวิเคราะห์ผลการทดสอบด้วยค่าทางสถิติ ประกอบด้วย ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, R) (Slavica Brkić and Blanka Tuka, 2018) ค่าสัมประสิทธิ์ Nash-Sutcliffe (Nash-Sutcliffe coefficient, NS) (Qingwen Zhang, et al., 2018) ความคลาดเคลื่อนในรูปความเอนเอียงเฉลี่ย (mean bias error, MBE) ความคลาดเคลื่อนในรูปความเอนเอียงสมบูรณ์เฉลี่ย (mean absolute bias error, MABE)

ตารางที่ 1 ค่ารังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก และค่ารังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดภูเก็ตที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

Year	Monthly Mean Daily of Extraterrestrial / Global Solar Radiation (MJ/m ² -day)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
H _o	32.62	34.83	36.80	37.32	36.61	35.94	36.15	36.83	36.71	35.12	32.93	31.79
2005	20.94	23.62	24.01	23.56	17.85	16.64	17.48	19.04	17.51	14.76	15.83	14.30
2006	19.56	22.25	22.24	20.98	17.68	16.49	15.95	16.87	19.39	18.34	20.48	19.03
2007	19.08	23.72	23.06	21.14	16.82	17.73	16.49			14.09	17.77	18.44
2008	20.43	21.13	22.63	21.27	17.74	18.07	19.50	16.77	17.88	18.46		
2009	20.81	22.13	20.94	21.31	17.02	19.65	17.05	18.03	16.27	17.84	18.29	19.59
2010	20.28	23.25	23.62	22.96	19.16	16.33	16.43	16.62	17.74	14.49	14.95	14.10
2011	18.12	22.22	16.91	22.83	20.24		16.67	17.49	17.25	17.55	19.48	17.53
2012	18.04	22.42	22.43	19.98	16.60	17.95	18.05	19.05	15.95	20.17	18.15	
2013	19.75	19.23	24.11	18.53	17.66	16.43	15.36	17.90	17.14	16.96	16.68	18.30
2014	21.13	23.97	24.24	20.51	19.10	16.24	17.54	17.88	17.90	16.17	17.81	16.40
2015	20.83	22.89	24.13	22.31	21.20	16.30	16.76	15.38	16.54	18.43	17.50	20.16
2016	21.13	23.97	24.24	20.51	19.10	16.24	17.54	17.88	17.90	16.17	17.81	16.40
2017	16.91	22.45	22.92	19.99	15.15	18.37	18.60	17.73	16.30	19.55	16.21	17.72
2018	18.08	23.54	23.98	21.48	19.15	15.90	17.45	18.31	18.32	18.16	18.42	18.00
2019	19.87	24.06	23.86	21.52	18.95	17.79	18.72	17.21	19.05	19.81	19.23	20.42
2020	21.46	22.68	24.61	23.98	17.42	15.99	16.84	18.95	15.43	14.38	18.16	17.14

ตารางที่ 2 ค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดภูเก็ตที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

Year	Monthly Average Daily of Cloud Amount (deca)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2005	3	2	3	4	6	6	6	7	7	8	7	7
2006	5	4	5	5	6	7	7	6	7	6	5	5
2007	5	3	5	6	6	6	7	7	7	7	6	5
2008	5	5	5	6	6	7	6	6	7	6	6	5
2009	4	4	6	6	7	6	7	7	7	6	5	5
2010	5	3	5	6	6	7	7	7	7	7	7	7
2011	6	4	6	6	6	7	7	7	7	7	6	6
2012	6	5	6	6	7	6	7	6	7	6	6	6
2013	5	5	4	6	7	7	7	6	7	7	6	5
2014	5	3	3	6	6	7	7	7	7	7	6	6
2015	5	4	5	6	6	7	7	7	8	7	6	5
2016	4	5	5	5	7	7	7	8	8	8	6	7
2017	7	5	5	7	7	7	7	7	7	6	7	6
2018	6	4	5	6	7	7	7	7	7	7	7	6
2019	6	4	5	6	7	7	6	7	7	7	6	4
2020	4	4	4	5	7	7	7	6	7	7	7	6

ความคลาดเคลื่อนยกกำลังสองเฉลี่ยรากที่สอง (root mean square error, RMSE) ร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (mean percentage error, MPE) ร้อยละความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (mean absolute percentage error, MAPE) และ ค่าสถิติแบบที (t-statistic, t-stat) (Can Ekici, 2019) ด้วยสมการ

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n [(C_{i,c} - \bar{C}_c)(C_{i,m} - \bar{C}_m)]}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n (C_{i,m} - \bar{C}_m)^2 \sum_{i=1}^n (C_{i,c} - \bar{C}_c)^2]}} \quad (4)$$

ตารางที่ 3 ค่ารังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก ค่ารังสีอาทิตย์รวมสำหรับสร้างสมการและทดสอบสมการ และค่าปริมาณเมฆสำหรับสร้างสมการและทดสอบสมการของข้อมูลรายวันเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดภูเก็ต

Month	H_o (MJm ⁻² day ⁻¹)	H (MJm ⁻² day ⁻¹)	H_m (MJm ⁻² day ⁻¹)	C (deca)	C_m (deca)
January	32.62	19.77	19.80	5.03	5.33
February	34.83	22.56	23.43	4.03	4.00
March	36.80	22.73	24.15	4.85	4.67
April	37.32	21.22	22.33	5.78	5.67
May	36.61	18.10	18.51	6.38	7.00
June	35.94	17.20	16.56	6.69	7.00
July	36.15	17.19	17.67	6.88	6.67
August	36.83	17.55	18.16	6.76	6.67
September	36.71	17.31	17.60	7.15	7.00
October	35.12	17.15	17.45	6.76	7.00
November	32.93	17.58	18.60	6.08	6.67
December	31.79	17.45	18.52	5.77	5.33

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (C_{i,m} - \overline{C_{i,c}})^2}{\sum_{i=1}^n (C_{i,m} - \overline{C_m})^2} \quad (5)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (C_{i,m} - C_{i,c})^2} \quad (6)$$

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (C_{i,m} - C_{i,c}) \quad (7)$$

$$MABE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |(C_{i,m} - C_{i,c})| \quad (8)$$

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_{i,m} - C_{i,c}}{C_{i,m}} \right) \times 100 \quad (9)$$

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \left(\frac{C_{i,m} - C_{i,c}}{C_{i,m}} \right) \right| \times 100 \quad (10)$$

$$t-stat = \sqrt{\frac{(n-1)MBE^2}{RMSE^2 - MBE^2}} \quad (11)$$

เมื่อ $C_{i,c}$ คือ ค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการเอ็มพริคัล

$\overline{C_c}$ คือ ค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายปีที่ได้จากการคำนวณเอ็มพริคัล

$C_{i,m}$ คือ ค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนที่ได้จากการวัด

$\overline{C_m}$ คือ ค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายปีที่ได้จากการวัด

และ n คือ ลำดับที่ของเดือนในรอบปี

โดยที่ค่า MBE และ RMSE มีหน่วยเป็น deca

6. ทำการวิเคราะห์หาสมการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดภูเก็ต จากค่าทางสถิติในข้อที่ 5 ด้วยค่าประเมินตัวบ่งชี้สมรรถนะทั้งหมด (global performance indicator, GPI) ซึ่งค่า GPI ที่มีค่ามากที่สุดจะเป็นแบบจำลองที่มีสมรรถนะดีที่สุด ด้วยสมการ (Qingwen Zhang, et al., 2018)

$$GPI = \sum_{j=1}^7 [\alpha_j (y_j - y_{ij})] \quad (12)$$

เมื่อ α_j มีค่าเท่ากับ -1 สำหรับค่าทางสถิติ R และ NS ส่วนค่าทางสถิติตัวอื่นๆ ที่เหลือ α_j มีค่าเท่ากับ +1

ส่วนค่า y_j เป็นค่ามัธยฐานของค่าทางสถิติแต่ละตัวของแบบจำลองทั้งหมด และค่า y_{ij} เป็นค่าทางสถิติของแต่ละตัวแบบจำลอง

ผลการวิจัย

ได้การสร้างสมการเอ็มพริคัลทั้ง 9 รูปแบบ (ดังตารางที่ 4) ที่เป็นสมการพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วย สมการถดถอยเชิงเส้น สมการกำลังสอง สมการกำลังสาม ลอการิทึม เอ็กโพเนนเชียล (2 สมการ) ยกกำลัง สมการผสม ถดถอยเชิงเส้นและลอการิทึม และสมการผสมถดถอยเชิงเส้นและเอ็กโพเนนเชียล ได้ค่าสัมประสิทธิ์เอ็มพริคัลดังใน ตารางที่ 5

ตารางที่ 4 รูปแบบสมการเอ็มพีริคัลทั้ง 9 สมการ ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

Model No.	Model type	Regression equation modified	Source
1	Linear	$C = C_0[a + b(1 - H/H_0)]$	Md. Nazmul
2	Quadratic	$C = C_0[a + b(1 - H/H_0) + c(1 - H/H_0)^2]$	Islam Sarkar
3	Cubic	$C = C_0[a + b(1 - H/H_0) + c(1 - H/H_0)^2 + d(1 - H/H_0)^3]$	and
4	Logarithmic	$C = C_0[a + b \ln(1 - H/H_0)]$	Anwarul Islam
5	Exponential	$C = C_0(a \exp[b(1 - H/H_0)])$	Sifat (2016)
6	Power	$C = C_0[a(1 - H/H_0)^b]$	
7	Exponential	$C = C_0[a + b \exp(1 - H/H_0)]$	A.M. Muzathik,
8	Linear logarithmic	$C = C_0[a + b(1 - H/H_0) + c \ln(1 - H/H_0)]$	et al. (2011)
9	Linear exponential	$C = C_0[a + b(1 - H/H_0) + c \exp(1 - H/H_0)]$	

เมื่อทดสอบสมการที่ได้ พบว่า ค่าปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดภูเก็ตไม่ได้แตกต่างกัน โดยแต่ละสมการให้ค่าทางสถิติที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) มีค่าอยู่ในช่วง 0.864 – 0.924 ค่า NS มีค่าอยู่ในช่วง 0.659 – 0.788 ค่า RMSE มีค่าอยู่ในช่วง 0.460 – 0.585 โดยที่ค่า MBE มีค่าอยู่ในช่วง 0.307 – 0.396 ค่า MABE มีค่าอยู่ในช่วง 0.339 – 0.467 สำหรับค่า MPE มีค่าอยู่ระหว่าง 4.996 – 7.411 % ส่วน MAPE มีค่าอยู่ระหว่าง 5.561 – 8.535 % และค่า t-stat มีค่าอยู่ระหว่าง 2.660 – 3.685 ตามลำดับ ดังตารางที่ 5 โดยที่ค่า R และค่า NS ให้ค่าดีที่สุดเมื่อมีค่าเท่ากับ 1 ส่วนค่า RMSE MBE MPE MAPE และ t-stat จะให้ค่าดีที่สุดเมื่อเข้าใกล้ศูนย์

ตารางที่ 5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยและค่าทางสถิติที่ใช้ทดสอบสมการทั้ง 9 รูปแบบ

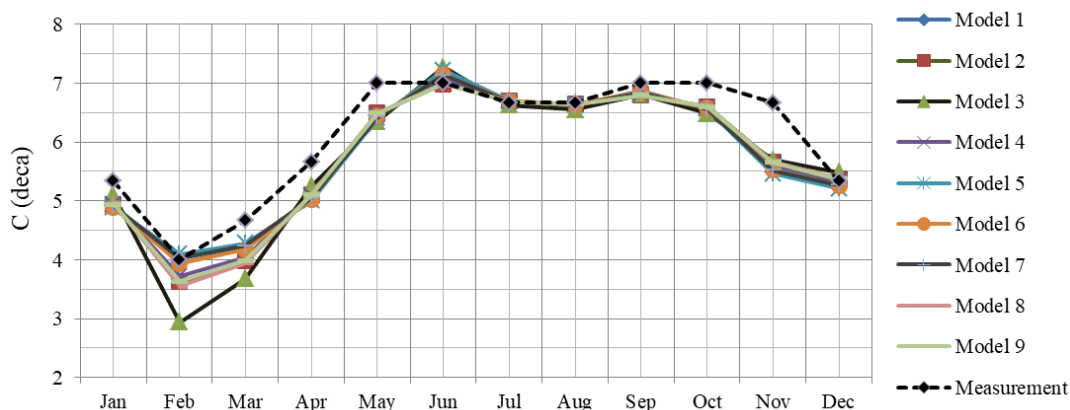
Model No.	Regression Coefficient				R	NS	RMSE (deca)	MBE (deca)	MABE (deca)	MPE (%)	MAPE (%)	t-state	GPI	Rank
	a	b	c	d										
1	-0.096	1.497			0.895	0.786	0.463	0.316	0.339	5.270	5.593	3.104	0.435	2
2	-0.675	4.128	-2.932		0.923	0.787	0.462	0.342	0.353	5.981	6.169	3.660	-0.681	7
3	-7.73	53.02	-114.69	84.28	0.903	0.659	0.585	0.396	0.467	7.411	8.535	3.056	-2.829	9
4	1.116	0.666			0.914	0.788	0.461	0.334	0.347	5.753	5.949	3.485	-0.286	5
5	0.171	2.677			0.864	0.760	0.490	0.307	0.365	4.996	6.013	2.660	0.348	3
6	1.496	1.197			0.890	0.776	0.474	0.320	0.350	5.364	5.803	3.030	0.260	4
7	-0.919	0.953			0.884	0.781	0.468	0.310	0.340	5.086	5.561	2.929	0.619	1
8	2.098	-1.215	1.205		0.924	0.781	0.468	0.348	0.360	6.138	6.356	3.685	-0.913	8
9	3.107	7.30	-3.70		0.922	0.788	0.460	0.341	0.351	5.949	6.132	3.651	-0.632	6
Median					0.903	0.781	0.468	0.334	0.351	5.753	6.013	3.104		

อภิปรายผลการวิจัย

สำหรับผลการวิเคราะห์หาแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากภาพที่ 1 พบว่า ทุกแบบจำลองให้ผลที่ใกล้เคียงกันมาก โดยแบบจำลองที่ 7 แบบเอ็กโพเนนเชียล ให้ค่า GPI สูงสุดเท่ากับ 0.619 จึงมีความเหมาะสมที่สุด ด้วยสมการความสัมพันธ์

$$C = C_0(0.9525\exp(1 - H/H_0) - 0.9193) \quad (13)$$

โดยให้ค่า R NS RMSE MBE MABE MPE MAPE และ t-stat เป็น 0.884 0.781 0.468 0.310 0.340 5.086 % 5.561 % และ 2.929 ตามลำดับ



ภาพที่ 1 แสดงผลการทดสอบแบบจำลองทั้ง 9 รูปแบบ เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการวัด

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้ได้สร้างแบบจำลองสมการเอมพิริคัลของความสัมพันธ์ที่ได้จากปริมาณเมฆรายวันเฉลี่ยรายเดือนและค่ารังสีอาทิตย์รวมรายวันเฉลี่ยรายเดือนซึ่งสมการเอ็กโพเนนเชียลมีความเหมาะสมที่สุดของจังหวัดภูเก็ตเป็น

$$C = C_0(0.9525\exp(1 - H/H_0) - 0.9193)$$

โดยให้ค่า R NS RMSE MBE MABE MPE MAPE และ t-stat เป็น 0.884 0.781 0.468 0.310 0.340 5.086 % 5.561 % และ 2.929 ตามลำดับ โดยได้ค่าประเมินตัวบ่งชี้สมรรถนะทั้งหมด (GPI) เท่ากับ 0.619 นั้น แสดงว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองแบบเอ็กโพเนนเชียลและการวัดมีความสอดคล้องกัน และสามารถนำไปใช้กับพื้นที่อื่นๆ ที่มีสภาพภูมิอากาศใกล้เคียงกันได้

เอกสารอ้างอิง

- A.M. Muzathik, W.B.W. Nik, M.Z. Ibrahim, K.B. Samo1, K. Sopian and M.A. Alghoul. (2011). Daily Global Solar Radiation Estimate Based on Sunshine Hour. **International Journal of Mechanical and Materials Engineering (IJMME)**. 6(1), 75-80.
- Can Ekici. (2019). Total Global Solar Radiation Estimation Models and Applications: A review. **International Journal of Innovative Technology and Interdisciplinary Sciences**. 2(3), 236-252.
- Girma Dejene Nage. (2018). Estimation of Monthly Average Daily Solar Radiation from Meteorological Parameters: Sunshine Hours and Measured Temperature in Tepi, Ethiopia. **International Journal of Energy and Environmental Science**. 3(1), 19-26.
- Md. Nazmul Islam Sarkar and Anwarul Islam Sifat. (2016). Global Solar Radiation Estimation from Commonly Available Meteorological Data for Bangladesh. **Renewables**. 3(6), 1-14.
- Qingwen Zhang, Ningbo Cui, Yu Feng, Yue Jia, Zhuo Li and Daozhi Gong. (2018). Comparative Analysis of Global Solar Radiation Models in Different Regions of China. **Advances in Meteorology Journal**. 2018, 1-21.
- Slavica Brkić and Blanka Tuka. (2018). Estimation of Global Solar Radiation from Sunshine Duration for Mostar, Bosnia and Herzegovina. **Journal of Scientific and Engineering Research**. 5(11), 265-273.

Received: 9 Aug 2022; Revised: 23 Aug 2022

Accepted: 30 Aug 2022

การผลิตและสมบัติของข้าวเกรียบปลาจากปลาเล็กปลาน้อย

อรรณญา อำไพจิตร¹ และ พรหมภัสสร พรทวีโชคโคติ²

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประโยชน์จากปลาเล็กปลาน้อยในการผลิตข้าวเกรียบปลา โดย 1) ศึกษาชนิดของปลาเล็กปลาน้อยที่มีขายในท้องตลาดโดยทั่วไป ได้แก่ ปลากระดัก ปลาข้าวสาร และปลาสาหร่าย 2) ศึกษาปริมาณปลาเล็กปลาน้อยโดยแปรผันปริมาณปลาเป็นร้อยละ 50, 100 และ 150 โดยน้ำหนัก 3) วิเคราะห์คุณภาพกายภาพ ได้แก่ ค่า Hardness , aw, L*, a*, b* และ 4) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า ชนิดและปริมาณของปลาเล็กปลาน้อยที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเกรียบปลาจากปลาเล็กปลาน้อย คือ ปลากระดักที่มีปริมาณร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก จะให้ลักษณะและคุณภาพของข้าวเกรียบดีที่สุดโดยมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นปลา รสชาติ ความกรอบและความชอบโดยรวมเท่ากับ 4.12, 3.91, 4.14, 4.31 และ 4.27 ตามลำดับและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อทดสอบคุณภาพทางกายภาพของข้าวเกรียบปลากระดัก ร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก เทียบกับข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุม ที่ผ่านการทอดแล้ว พบว่า ข้าวเกรียบปลาจากปลากระดัก มีค่าน้ำอิสระ (aw) ต่ำกว่าสูตรควบคุม เท่ากับ 0.23, 0.26 ตามลำดับ มีค่าความสว่าง (L*) มากกว่า ค่าความเป็นสีแดง (a*) น้อยกว่า และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) มากกว่า สูตรควบคุม และมีค่าความแข็งเท่ากับ 840.95 กรัม การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่าข้าวเกรียบปลากระดัก มีปริมาณความชื้น, โปรตีน, ไขมัน, คาร์โบไฮเดรต, และเถ้าร้อยละ 2.85, 5.23, 29.59, 59.71 และ 2.62 ตามลำดับ ข้าวเกรียบปลากระดักพร้อมบริโภคปริมาณ 100 กรัม มีปริมาณแคลเซียมมากกว่าสูตรควบคุมและมีปริมาณพลังงานทั้งหมดน้อยกว่าสูตรควบคุมซึ่งมีค่าเท่ากับ 227.78 มิลลิกรัม และ 526.07 กิโลแคลอรี ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าปลากระดักสามารถนำมาใช้ในการผลิตข้าวเกรียบปลาโดยมีปริมาณแคลเซียมที่เพิ่มขึ้นทำให้คุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบมีเพิ่มมากขึ้นด้วย อีกทั้งยังเหมาะสำหรับผู้ที่มีอาการแพ้นมแต่ต้องการแคลเซียมสามารถรับประทานได้

คำสำคัญ : ข้าวเกรียบปลา, ปลาเล็กปลาน้อย, ปลากระดัก, แคลเซียม

¹ อาจารย์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ Email : aranya.a@mail.rmutk.ac.th

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ Email : nawaporn.t@mail.rmutk.ac.th

Production and properties of fish crispy from small fish

Aranya Ampaichit¹ and Phrompatsorn Phontaweechokpokin²

Abstract

The objectives of this study for the production of fish crispy made from small fishes were 1) to study the types of small fishes commonly sold in the local markets selected from anchovy, rice fish, and cotton candy fish; 2) to study the quantity used of small fishes varied from 50, 100, 150% by weight; 3) to evaluate the physical qualities of fish crispy (hardness, aw, L*, a*, b*) when the type and quantity of small fishes were varied; and finally 4) to analyze the chemical compositions of the obtained fish crispy. The results found that the type and quantity of small fish appropriated for the production of fish crispy was anchovies with the content used of 100% by weight. It gave the best characteristics and quality of the crispy with the highest sensory acceptance scores in terms of color, fish smell, taste, crispness and liking, as 4.12, 3.91, 4.14, 4.31 and 4.27, respectively and it showed significantly difference to other groups ($p \leq 0.05$). Compared to the fried fish crispy (control formula), it was found that fish crispy made from 100% anchovies had the physical values of water activity (aw) and redness (a*) less than control formula (0.23, 0.26 and 1.11, 1.49, respectively) while the brightness (L*) and yellow (b*) was greater than the control formula (31.26, 27.01 and 11.46, 9.82, respectively). It had the hardness of 840.95 g. Chemical composition analysis showed that fish crispy (100% anchovies) contained moisture 2.85%, protein 5.23%, fat 29.59%, carbohydrate 59.71%, ash 2.62%, calcium 227.78 milligrams which higher than control formula but it had fat 29.59 % and total energy of 526.07 kilocalories lower than control formula. In this study, it can show that small fishes can be used to produce fish crispy with improving nutrition value better than the normal fried fish crispy. In addition, it also contained high calcium content which can be used as a source of calcium for people with cow's milk intolerance or who need calcium supplements.

Keywords : fish crispy, small fishes, anchovies, calcium

¹ Lecturer, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Krungthep

Email : aranya.a@mail.rmutk.ac.th

² Assistant Professor, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Krungthep

Email : nawaporn.t@mail.rmutk.ac.th

บทนำ

ปลากะตัก (Anchovy) เป็นปลาผิวน้ำขนาดเล็กที่พบแพร่กระจายทั่วไปตามชายฝั่ง ทะเลถึงระดับน้ำลึก 70 เมตร ทั้งทางฝั่งอ่าวไทยและทะเลอันดามันมีชื่อท้องถิ่นเรียกกันหลายชื่อได้แก่ ปลาไส้ตัน ปลาหัวอ่อน ปลาจิ้งจั้ง ปลามะลิ ปลาข้าวสาร ปลายั่วเกียะ เป็นต้น ปลากะตัก เป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทย เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยมีการนำปลากลุ่มนี้มาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น บริโภคสด ตากแห้ง แปรรูปทำน้ำปลา น้ำบูดู เป็นต้น จากสถิติการส่งออกของกรมประมง พบว่า ในปี 2557 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์ปลากะตักเท่ากับ 633.6 ตัน และ 23.49 ล้านบาท ตามลำดับตลาดยุโรปเป็นตลาดหนึ่งที่ไทยส่งผลิตภัณฑ์ปลากะตักไปจำหน่าย โดยที่ไทยจะต้องควบคุมคุณภาพสินค้าให้สอดคล้องตามกฎระเบียบของสหภาพยุโรป ซึ่งในปี 2557 คณะกรรมาธิการยุโรปได้กำหนดปริมาณแคดเมียมในปลากะตักกลุ่ม Anchovy (*Engraulis species*) ไม่เกิน 0.25 mg/kg ในขณะที่ปลากะตักชนิดอื่น ๆ ที่ไม่ได้อยู่ในสกุล *Engraulis* กำหนดปริมาณแคดเมียมไม่เกิน 0.05 mg/kg ซึ่งส่งผลกระทบต่อ การส่งออกสินค้าปลากะตักของประเทศไทยไปสหภาพยุโรป เนื่องจากปลากะตักของประเทศไทยไม่ได้อยู่ในสกุล *Engraulis* และส่วนใหญ่มีปริมาณแคดเมียมสูงกว่า 0.05 mg/kg (นิศานาถ ตันตัยย์, ม.ป.ป., 1)

ข้าวเกรียบจัดเป็นอาหารขบเคี้ยวที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมทั้งประเทศไทย มีชื่อเรียกแตกต่างกันไป เช่น ในประเทศมาเลเซียว่า Keropok ประเทศอินโดนีเซีย เรียกว่า Krapuk (วิภาดา มุรินทร์นพมาศ และภารดี พลไชย, 2554, 1) แบ่งเป็นหนึ่งในส่วนผสมที่สำคัญสำหรับทำข้าวเกรียบปลา ได้แก่ แป้งที่ได้จากมันสำปะหลัง, ข้าวสาลี, ข้าวโพด, สาหร่าย, ข้าวและแม้กระทั่งถั่วเขียวสามารถใช้ได้สำหรับการทำข้าวเกรียบปลา (Mohamed et al., 1988) และส่วนผสมอื่น ๆ ได้แก่ กุ้ง ปลา กระเทียม พริกไทย น้ำตาล และ เกลือ ข้าวเกรียบผลิตจากแป้งเป็นส่วนประกอบหลักซึ่งในด้านคุณค่าทางโภชนาการของข้าวเกรียบยังขาดสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายบางชนิด มีสารอาหารน้อยมากเป็นเพียงแหล่งพลังงานเท่านั้น อย่างไรก็ตามแป้งก็ยังมีส่วนต่อการพองตัวและการขยายตัวของข้าวเกรียบ โดยทั่วไปแล้วปลาทะเลมักนำใช้ทำข้าวเกรียบปลามีรายงานว่ามีการใช้ปลาทะเลบางชนิดสำหรับสูตรข้าวเกรียบปลาชาร์ดิน (*Clupea leiogaster*), ปลาจวดเทา (*Johnius soldado*), ปลาตาโต (*Brachydeuterus auritus*), ปลากะพง (*Lutjanus spp*), ปลาชะโด (*Ophiocephalus micropeltis*) และปลาแพเตอร์แบค (*Natopterus chilata*) (วิภาดา มุรินทร์นพมาศ และภารดี พลไชย, 2554, 16) ในเชิงพาณิชย์พบว่าข้าวเกรียบปลาในประเทศมาเลเซียได้มีการใช้ปลาข้างเหลือง

(*Selaroides leptoleptis*) ปลาตาบลาวยาว (*Chirocentrus dorab*) (Nurul, Boni & Noryaty, 2009, p.159) และ ปลาออกแรกล้วย (*Dussumieria hasselti*) (วิทย์ ชารชลาณกิจ, 2522, 3) เป็นแหล่งของปลา ส่วนใน อินโดนีเซียจะใช้ปลาอินทรียั้ง (*Scomberomerus commersoni*) เป็นแหล่งของปลา นอกจากการใช้เนื้อปลา สดแล้ว ผงปลาก็เช่นกันที่ถูกนำมาใช้สำหรับทำข้าวเกรียบปลา โดยใช้เป็นผงโปรตีนปลาไฮโดรไลเสต ผงซูริมิ การใช้แบบผงปลา มีประโยชน์มากมายในอาหารเชิงพาณิชย์ สะดวกต่อการผลิตและการจัดการด้วยต้นทุนที่ต่ำกว่า จัดเก็บง่าย และมีประโยชน์ในขั้นตอนการผสม รวมทั้งโปรตีนจากน้ำล้างการผลิตลูกชิ้นปลา ก็สามารถนำมาใช้ใน สูตรข้าวเกรียบปลาได้ (Nurul et al., 2009, p.160)

แคลเซียมเป็นสารอาหารสำคัญที่ร่างกายไม่สามารถสร้างแคลเซียมขึ้นเองได้ แคลเซียมเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกระดูกและฟันถึงร้อยละ 99 ที่เหลือจะช่วยการทำงานของหัวใจและกล้ามเนื้อ การแข็งตัวของเกล็ด เลือด การทำงานของเซลล์ประสาทและสมอง โดยทั่วไปเด็ก 3-10 ขวบควรได้รับแคลเซียมประมาณ 800 มิลลิกรัมต่อวัน วัยรุ่นและผู้ใหญ่ 800-1,000 มิลลิกรัมต่อวัน สตรีมีครรภ์และคุณแม่ที่ให้นมบุตรควร ได้รับแคลเซียมเพิ่มขึ้นคือ 1,200 มิลลิกรัมต่อวัน ฉะนั้นหากได้รับแคลเซียมไม่เพียงพอจะทำให้เนื้อกระดูกบางลง กระดูกพรุนและกระดูกแตกหักได้ง่าย อาหารที่มีแคลเซียมเพียงพอจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับกระดูก (กองบรรณาธิการ HD, 2561) ซึ่งนม ผลิตภัณฑ์จากนม รวมถึงปลาที่สามารถเคี้ยวได้ทั้งกระดูกจึงเป็นแหล่งของ แคลเซียมที่ดี เช่น ปลากระดัก สำหรับผู้ที่มีอาการแพ้นมวัว แหล่งแคลเซียมที่ได้จากนมและผลิตภัณฑ์จึงไม่เหมาะที่จะ นำมารับประทาน เพราะอาจก่อให้เกิดอาการแพ้ถึงขั้นอันตรายต่อชีวิตได้ รองจากถั่วลิสงและถั่วเปลือกแข็งชนิด ต่าง ๆ ดังนั้นเพื่อให้ข้าวเกรียบปลา มีสารอาหารและมีคุณค่าทางโภชนาการที่มีประโยชน์มากขึ้นจึงได้นำปลาเล็ก ปลาน้อยที่มีขายในท้องตลาดทั่วไป ซึ่งจัดว่าเป็นปลาที่สามารถรับประทานได้ทั้งตัว มีปริมาณแคลเซียมสูง มาผสม ให้เป็นแหล่งของเนื้อปลา และเพื่อเป็นการนำปลากระดักมาใช้ในรูปแบบที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการลดปัญหาการส่งออกสินค้าปลากระดักของประเทศไทยไปสหภาพยุโรป เนื่องจากมีปริมาณแคลเซียมสูงกว่าค่าที่ กำหนดไว้ ให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาที่ทุกเพศทุกวัยสามารถรับประทานได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการใช้ปลาเล็กปลาน้อยในการผลิตข้าวเกรียบปลา

สมมติฐาน

ชนิดและปริมาณของปลาเล็กปลาน้อยมีผลต่อคุณภาพและการยอมรับของข้าวเกรียบปลา

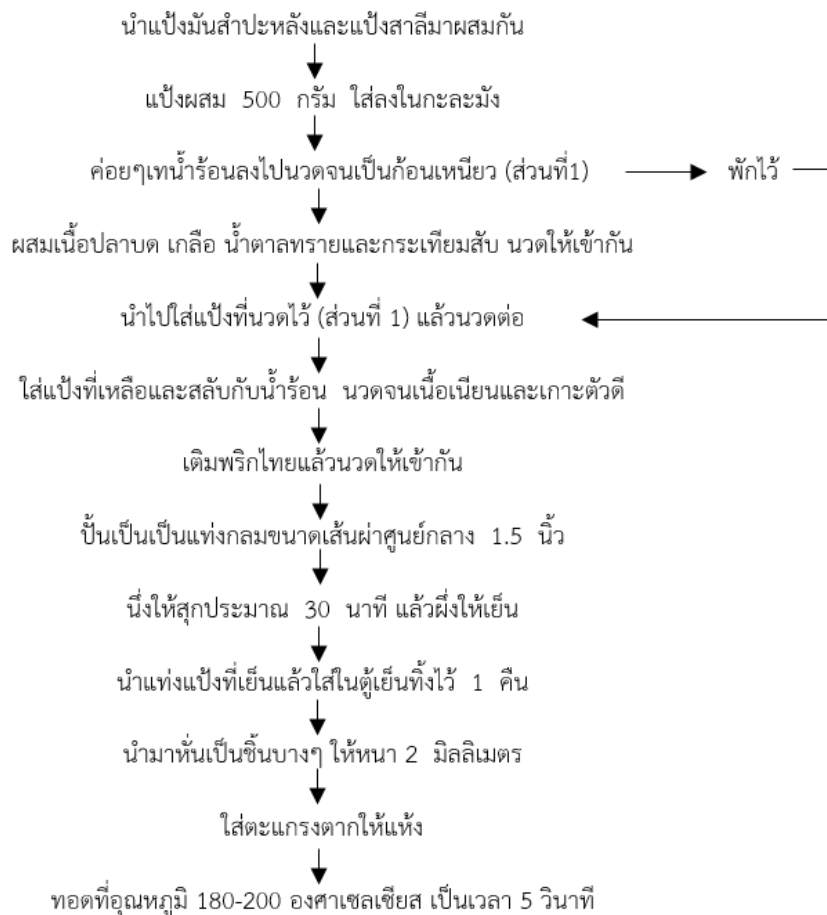
วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาได้เริ่มจากการศึกษากรรมวิธีการผลิตข้าวเกรียบปลาที่มีการเผยแพร่โดยทั่วไปเพื่อคัดเลือกมาใช้ในการผลิตข้าวเกรียบปลาจากปลาเล็กปลาน้อยแล้วนำมาศึกษา

1. ศึกษาชนิดของปลาเล็กปลาน้อยที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเกรียบปลาปลากระดูก โดยคัดเลือกปลาเล็กปลาน้อยที่มีขายในท้องตลาดได้แก่ ปลาข้าวสาร ปลาสาหร่าย และ ปลากระดูก มาทดแทนเนื้อปลาที่มีอยู่ในส่วนผสมดังแสดงในตารางที่ 1 และมีวิธีการผลิตดังแสดงในภาพที่ 1 โดยปลาเล็กปลาน้อยสามารถได้โดยการนำมาล้างทำความสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ และนำมาปั่นให้ละเอียด เตรียมไว้เพื่อใช้ผสมในข้าวเกรียบปลา แล้วทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 5 - Point Hedonic Scale จากผู้ทดสอบชิม จำนวน 90 คน

ตารางที่ 1 ปริมาณส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตข้าวเกรียบปลา

ส่วนผสม (ร้อยละ)	ปลาโอ (Control)	ปลาเล็กปลาน้อย (ร้อยละ)		
		50	100	150
แป้งมันสำปะหลัง	47.40	47.40	47.40	47.40
แป้งสาลี	6.17	6.17	6.17	6.17
กระเทียมสับ	3.56	3.56	3.56	3.56
พริกไทย	1.19	1.19	1.19	1.19
น้ำตาล	2.61	2.61	2.61	2.61
เกลือ	1.19	1.19	1.19	1.19
น้ำร้อน	23.70	23.70	23.70	23.70
เนื้อปลา	14.22	7.11	14.22	21.33



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการผลิตข้าวเกรียบปลา

2. ศึกษาปริมาณปลาเล็กปลาน้อยที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเกรียบปลาปลากะตัก โดยแปรผันปริมาณปลาเป็น ร้อยละ 50,100 และ 150 ของน้ำหนักปลาทั้งหมด และทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ 5 - Point Hedonic Scale จากผู้ทดสอบชิมจำนวน 90 คน มีขั้นตอนและวิธีการผลิต

3. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

3.1 ปริมาณน้ำอิสระ

3.2 ค่าสี $L^* a^* b^*$

4. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

4.1 ปริมาณความชื้น (AOAC. 2016)

4.2 ปริมาณเถ้า (AOAC. 2016)

4.3 ปริมาณไขมัน (AOAC. 2016)

4.4 ปริมาณโปรตีน (AOAC. 2016)

4.5 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีการ Methods of Analysis for Nutrition Labeling (1993)

4.6 ปริมาณแคลเซียม (AOAC. 2016)

5. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้การทดสอบแบบ 5 - Point Hedonic Scale จากผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 90 คน

6. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

6.1 การทดสอบเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง (Texture analyzer) ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) วัดค่าสี ($L^* a^* b^*$) และการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ใช้การวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Random Design) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

6.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสใช้การวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. ศึกษาชนิดและปริมาณของปลาเล็กปลาน้อยในการผลิตข้าวเกรียบปลา

1.1 การศึกษาชนิดของปลาเล็กปลาน้อยที่ใช้ได้แก่ ปลาเกะตัก ปลาข้าวสาร และปลาสาหร่าย ในการผลิตข้าวเกรียบปลาปลาเกะตัก โดยทดแทนปริมาณเนื้อปลาทั้งหมดในส่วนผสมของข้าวเกรียบปลาด้วยปลาเล็กปลาน้อยที่มีขายในท้องตลาดทั่วไป และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลากระตัก, ปลาข้าวสาร และ ปลาสาหร่าย

ปลาเล็ก ปลาน้อย	คุณภาพทางประสาทสัมผัส					ความชอบ โดยรวม
	ร้อยละ	สี	กลิ่นปลา ^{ns}	รสชาติ	ความกรอบ	
กะตัก	50	3.41±1.13 ^{bc}	3.40±0.86	3.46±1.08 ^{bc}	3.63±1.26 ^{bc}	3.79±1.01 ^b
	100	3.93±0.90 ^a	3.57±1.14	3.82±0.96 ^a	4.03±0.91 ^a	4.17±0.75 ^a
ข้าวสาร	50	3.31±1.13 ^{bc}	3.41±1.06	3.21±1.18 ^{cd}	3.32±1.16 ^c	3.44±1.13 ^c
	100	3.18±1.02 ^c	3.61±0.92	3.28±0.97 ^{cd}	2.80d±1.08 ^d	3.33±0.91 ^{cd}
สาหร่าย	50	3.60±1.10 ^b	3.51±1.01	3.70±1.17 ^a	3.71±1.20 ^b	3.94±1.11 ^{ab}
	100	2.90±1.00 ^d	3.62±1.08	3.08±1.09 ^d	2.61d±1.25 ^d	3.07±1.11 ^d

หมายเหตุ : ตัวอักษร ^{a,b,c} ที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 2 พบว่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลาจากปลากระตัก, ปลาข้าวสาร และ ปลาสาหร่าย ในปริมาณร้อยละ 50 และ 100 โดยน้ำหนัก มีคะแนนการยอมรับแตกต่างกัน โดยข้าวเกรียบปลาจากปลาเล็กปลาน้อยได้แก่ปลาข้าวสารและปลาสาหร่าย ในปริมาณร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก จะมีคะแนนการยอมรับมากกว่าในปริมาณร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนข้าวเกรียบปลาจากปลากระตักในปริมาณร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก จะมีคะแนนการยอมรับมากกว่าในปริมาณร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก และมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากกว่าข้าวเกรียบปลาจากปลาข้าวสารและปลาสาหร่ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในทุก ๆ ด้าน ยกเว้นกลิ่นปลาที่ข้าวเกรียบปลาจากปลาทั้งสามชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ข้าวเกรียบปลาจากปลากระตักในปริมาณร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก เป็นข้าวเกรียบที่มีคุณลักษณะที่มีการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด มีสีเหลืองเข้มขึ้น พอง และ กรอบ จึงได้คัดเลือกปลากระตักไปศึกษาปริมาณที่เหมาะสมเพื่อใช้ผลิตข้าวเกรียบปลาในขั้นตอนต่อไป

1.2 ศึกษาปริมาณปลาเล็กปลาน้อยที่ใช้ในการผลิตข้าวเกรียบปลา ที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 1.1 ปริมาณปลาเล็กปลาน้อยที่ใช้ในการผลิตข้าวเกรียบปลา แปรผันปริมาณปลาเป็น ร้อยละ 50, 100 และ 150 โดยน้ำหนัก และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลากะตัก ในปริมาณร้อยละ 50, 100 และ 150 โดยน้ำหนัก

ปลากะตัก (ร้อยละ)	คุณภาพทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่นปลา ^{ns}	รสชาติ	ความกรอบ	ความชอบโดยรวม
50	3.92±0.80 ^a	3.42±1.06 ^b	3.58±0.87 ^b	3.69±0.94 ^b	3.74±0.87 ^b
100	4.12±0.92 ^a	3.91±0.96 ^a	4.14±0.77 ^a	4.31±0.76 ^a	4.27±0.79 ^a
150	3.18±1.14 ^b	2.99±0.86 ^c	2.91±0.88 ^c	2.98±1.08 ^c	2.86±0.84 ^c

หมายเหตุ : ตัวอักษร ^{a,b,c} ที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 3 พบว่า คุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบปลากะตัก โดยแปรผันปริมาณปลากะตักเป็นร้อยละ 50, 100 และ 150 โดยน้ำหนัก โดยข้าวเกรียบปลาจากปลากะตักที่ร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก มีคะแนนการยอมรับมากที่สุดในด้าน สี กลิ่น(ปลา) รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ข้าวเกรียบปลาจากปลากะตักที่ผ่านการทอดแล้วจะมีสีเหลืองอ่อน พองและ กรอบ มีกลิ่นปลา และมีรสชาติเค็มเล็กน้อย เนื่องจากปลากะตักใช้เป็นวัตถุดิบหลักมีสีน้ำตาลอ่อนและมีกลิ่นเฉพาะตัวเมื่อใส่ในปริมาณต่างๆ ทำให้มีกลิ่นเฉพาะตัวของปลากะตักชัดเจนขึ้นอีกทั้งปลากะตักมีรสเค็ม จึงส่งผลต่อข้าวเกรียบปลาปลากะตักให้มีรสเค็มเล็กน้อยอีกทั้งเนื้อสัมผัสที่พองและกรอบ

2. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

2.1 ปริมาณน้ำอิสระ (aw)

ตารางที่ 4 ค่า Water Activity ของข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุมและข้าวเกรียบปลากะตัก

ข้าวเกรียบปลา	Water Activity (aw)	
	ข้าวเกรียบปลาดิบ	ข้าวเกรียบปลาพร้อมบริโภค
ควบคุม	0.39±0.000	0.26±0.000
ปลากะตัก	0.58±0.001	0.23±0.005

จากตารางที่ 4 พบว่าปริมาณน้ำอิสระ(a_w)ของ ข้าวเกรียบปลาดิบของสูตรควบคุมและจากปลา
กะตัก มีค่า a_w เท่ากับ 0.39 และ 0.58 ส่วนข้าวเกรียบปลาพร้อมบริโภคของสูตรควบคุมและจากปลา
กะตัก มีค่า a_w เท่ากับ 0.26 และ 0.23 ตามลำดับ

2.2 ค่า L^* , a^* , b^* และค่า Hardness

ตารางที่ 5 ค่า L^* , a^* , b^* และค่า Hardness ของข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุมและข้าวเกรียบปลา
กะตัก

ข้าวเกรียบปลา	คุณลักษณะทางกายภาพ			
	L^*	a^*	b^*	ค่า Hardness (กรัม)
สูตรควบคุม	27.01±4.93	1.49±0.15	9.82±0.90	562.35±21.12
ปลากระตัก	31.26±0.43	1.11±0.16	11.46±0.65	840.95±95.56

จากตารางที่ 5 พบว่า ข้าวเกรียบปลาจากปลากระตักมีค่าความสว่าง L^* เท่ากับ 31.26 และค่า b^*
ความเป็นสีเหลืองเท่ากับ 11.46 มากกว่าข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุม ส่วนค่า a^* ความเป็นสีแดงมีค่าเท่ากับ 1.11
ซึ่งมีค่าน้อยกว่าข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) เนื่องจากข้าวเกรียบปลาสูตร
มาตรฐานมีเนื้อปลาโอเป็นส่วนประกอบ ในเนื้อปลาโอมีโปรตีนตามธรรมชาติคือไมโอโกลบิน(Myoglobin) ซึ่งเป็น
รงควัตถุสีแดง ในเนื้อปลาดิบจึงมีสีแดงเข้ม เมื่อนำมาทำข้าวเกรียบ จึงทำให้ข้าวเกรียบปลานั้นมีค่าความเป็นสีแดง
 a^* มากขึ้น ส่วนข้าวเกรียบปลากระตักมีเนื้อปลากระตักแห้งเป็นส่วนประกอบ จึงทำให้ข้าวเกรียบปลากระตักมีสี
เหลืองอ่อน

ส่วนค่าความแข็ง (Hardness) ของข้าวเกรียบปลาสูตรมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 562.35 กรัม ซึ่งน้อย
กว่าข้าวเกรียบปลากระตัก ที่มีค่าเท่ากับ 840.95 กรัม ค่าความแข็ง (Hardness) คือค่าที่แสดงถึงความกรอบของ
ข้าวเกรียบถ้าค่า Hardness มากแสดงว่าข้าวเกรียบจะมีเนื้อสัมผัสที่แข็งแต่ถ้าข้าวเกรียบมีค่า Hardness น้อย
แสดงว่าข้าวเกรียบจะมีความกรอบ ดังนั้นข้าวเกรียบปลากระตักมีค่าค่าความแข็ง (Hardness) มากกว่าข้าวเกรียบ
ปลาสูตรมาตรฐาน จึงทำให้ข้าวเกรียบปลากระตักมีลักษณะแข็งมากกว่าสูตรควบคุม

3. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเกรียบปลาพร้อมบริโภคนึ่งสุรควบคุมและข้าวเกรียบปลาแกะต้กในปริมาณ 100 กรัม

องค์ประกอบทางเคมี	ข้าวเกรียบปลาพร้อมบริโภค	
	ควบคุม	ปลากะตัก
ความชื้น (ร้อยละ)	2.74	2.85
เถ้า (ร้อยละ)	1.84	2.62
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	59.39	59.71
โปรตีน (ร้อยละ)	5.06	5.23
ไขมัน (ร้อยละ)	30.97	29.59
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	45.12	227.78
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	536.53	526.07

จากตารางที่ 6 พบว่า ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเกรียบปลาสุรควบคุมและข้าวเกรียบปลาจากปลากะตักในปริมาณ 100 กรัม มีปริมาณ ความชื้นร้อยละ 2.74, 2.85 เถ้าร้อยละ 1.84, 2.62 โปรตีนร้อยละ 5.06, 5.23 ไขมันร้อยละ 30.97, 29.59 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 59.39, 59.71 ตามลำดับ นอกจากนี้มีปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 45.12, 227.78 มิลลิกรัม มีปริมาณแคลเซียมที่เพิ่มขึ้นจากข้าวเกรียบปลาสุรควบคุมเนื่องจากปลากะตักมีปริมาณแคลเซียมที่มากกว่าปลาโอ และมีพลังงาน เท่ากับ 536.53, 526.02 กิโลแคลอรี ซึ่งพลังงานทั้งหมดของข้าวเกรียบปลาจากปลากะตักมีค่าต่ำกว่าข้าวเกรียบปลาสุรควบคุม เนื่องจากเนื้อปลาโอให้พลังงานสูงกว่าปลากะตักมีส่วนประกอบของโปรตีนและไขมันสูงกว่าปลากะตัก

ข้าวเกรียบปลาจากปลากะตัก มีคุณลักษณะของข้าวเกรียบ พอง กรอบ มีกลิ่นและรสชาติเฉพาะของปลา และมีคุณค่าโภชนาการในปริมาณ 100 กรัม คือมีปริมาณ โปรตีน 5.23 กรัม, ไขมัน 29.59 กรัม, คาร์โบไฮเดรต 59.71 กรัม, แคลเซียม 227.78 กรัม และ พลังงานเท่ากับ 526.02 กิโลแคลอรี

อภิปรายผล

จากผลการทดลองการผลิตข้าวเกรียบปลาจากปลากระตัก ในปริมาณร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก พบว่าข้าวเกรียบปลาที่ได้จะคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่มีการยอมรับมากที่สุด ข้าวเกรียบปลาจากปลากระตักที่ผ่านการทอดแล้วจะมีสีเหลืองอ่อน กรอบ พู มีกลิ่นปลา และมีรสชาติเค็มเล็กน้อย เนื่องจากปลากระตักที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักมีสีน้ำตาลอ่อน และยังมีส่วนประกอบอื่น ๆ ของข้าวเกรียบปลาได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง, เนื้อปลากระตัก และน้ำตาล ที่สามารถเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเมื่อได้รับความร้อนจากการทอดและการออกซิเดชันของไขมัน ทำให้น้ำมันมีสีคล้ำลง เมื่อข้าวเกรียบดูดซับน้ำมันเข้าไปจะทำให้สีของข้าวเกรียบมีสีเหลืองเข้มมากยิ่งขึ้น และมีกลิ่นเฉพาะตัวเมื่อใส่ในปริมาณต่างๆ ทำให้มีกลิ่นเฉพาะตัวของปลากระตักชัดเจนขึ้น อีกทั้งตัวปลากระตักเองก็มีรสเค็มเพราะเป็นปลาที่ผ่านกระบวนการต้มด้วยน้ำเกลือแล้วทำให้แห้ง เมื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตข้าวเกรียบปลาจึงส่งผลให้ข้าวเกรียบปลาจากปลากระตักมีรสเค็มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย อีกทั้งเนื้อสัมผัสที่พอง กรอบ เมื่อนำมาเทียบกับข้าวเกรียบปลาจากปลาข้าวสารและปลาสาหร่ายไหม จะพบว่าข้าวเกรียบจากปลากระตักจะมีความพองและกรอบมากกว่าปลาข้าวสารและปลาสาหร่ายไหมเนื่องจากปลาข้าวสาร และ ปลาสาหร่ายไหม (Tiny Anchovy) เป็นลูกปลากระตักที่ชาวประมงนิยมจับสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ปลา โดยเฉพาะปลาข้าวสารอบกรอบ ปลาข้าวสารทอด เพราะปลาข้าวสารมีขนาดเล็ก ไม่มีก้างหรือกระดูกแข็ง ทำให้รับประทานได้ทั้งตัว ใช้ปรุงอาหาร อาทิ ยำปลาข้าวสาร หรือ ใส่ส้มตำ เป็นต้น ปลาข้าวสารถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำคัญสำหรับทำน้ำปลา น้ำบูดู และปลาป่นสำหรับอาหารสัตว์ ปลาข้าวสาร เป็นปลาทะเลขนาดเล็กที่นิยมบริโภคทั้งในประเทศ และต่างประเทศ เนื่องจากปลาข้าวสารสามารถทานได้ทั้งตัว มีกระดูกอ่อน และมีโปรตีนสูง (ปศุสัตว์.com., ม.ป.ป.) จากการศึกษาของ นัจญ์มีย๊ะ สะอะ, รอมลี เจะดอเลาะ และอักษมาน อาแด (2558) รายงานว่า โปรตีนเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อคะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

จากการศึกษาปริมาณโปรตีนและเส้นใยในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกากถั่วเหลืองทดแทนเนื้อปลาพบว่า ปริมาณโปรตีนและปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นตามอัตราการทดแทนกากถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นทำให้โปรตีนจับตัวกับโมเลกุลของแป้ง ส่งผลต่อโครงสร้างของแป้งในข้าวเกรียบไม่สามารถขยายตัวได้และมีอัตราการพองตัวลดลง (Siaw et al., 1985) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของปราณีศา เชื้อโพธิ์หัก และคณะ (2541) ที่รายงานว่า การใช้แป้งข้าวสาลีในปริมาณเพิ่มขึ้นมีผลให้อัตราการพองตัวของข้าวเกรียบลดลง เนื่องจากแป้งข้าวสาลีมีปริมาณของโปรตีนเป็นองค์ประกอบเพิ่มสูงขึ้นทำให้โปรตีนจับกับโมเลกุลของแป้งทำให้แป้งไม่สามารถขยายตัวได้ เมื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตข้าวเกรียบปลาจึงให้ลักษณะเนื้อแน่น แข็ง กว่าปลากระตัก จึงทำให้ข้าวเกรียบปลาจากปลากระตักในปริมาณร้อยละ 100 มีคะแนนด้านสี, กลิ่น, รสชาติ, ความกรอบ และความชอบโดยรวมมากที่สุดเหมาะแก่การนำไปผลิตข้าวเกรียบปลาปลากระตัก

ปริมาณน้ำอิสระที่มีอยู่ในข้าวเกรียบปลากะตักมีผลต่อการฟองตัวของข้าวเกรียบปลากะตักในการผลิตข้าวเกรียบจึงจำเป็นต้องควบคุมความชื้นของข้าวเกรียบให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมและสม่ำเสมอ การฟองตัวของข้าวเกรียบปลากะตักมีสาเหตุจากการใช้แป้งมันสำปะหลัง ซึ่งนิยมใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตข้าวเกรียบเพราะมีอะไมโลสประมาณ 17% เม็ดแป้งสามารถดูดน้ำได้อย่างรวดเร็วและแตกตัวได้ง่าย ทำให้แป้งเปียกใสและหนืด เมื่อแป้งเย็นตัวลงจะเกิดเจลเล็กน้อย เมื่อนำไปทอดจึงทำให้ข้าวเกรียบปลากะตักในปริมาณร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก มีลักษณะของข้าวเกรียบที่พองและกรอบ ซึ่งสอดคล้องกับการใช้แป้งมันสำปะหลังปริมาณมากในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบมีการฟองตัวที่มีและส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์กรอบและเปราะง่าย

ความชื้นของข้าวเกรียบต้องอยู่ในปริมาณที่เหมาะสมและกระจายตัวสม่ำเสมอ ทำให้ไม่มีฟองอากาศที่จะทำให้เกิดการร่อนน้ำมันซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของโมฮัมเหม็ด (Mohamed et al., 1988) ที่รายงานว่า การดูดซับน้ำมันของข้าวเกรียบปลาทอดจะสูงขึ้นในตัวอย่างที่มีการขยายตัวเชิงเส้นที่สูงขึ้นในตัวอย่างที่มีการขยายตัวเชิงเส้น และนั่นเป็นเพราะมีน้ำมันติดอยู่ที่ซบผิวของเซลล์อากาศที่ใหญ่กว่าเมื่อการขยายตัวเพิ่มขึ้นแนวโน้มที่คล้ายกัน

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (aw) ของข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุมและข้าวเกรียบปลาจากปลากะตักแบบดิบที่ไม่ผ่านการทอดจะมี aw เท่ากับ 0.39 และ 0.58 ส่วนข้าวเกรียบปลาพร้อมบริโภค มีค่า aw เท่ากับ 0.26 และ 0.23 ตามลำดับ ซึ่งค่า aw นี้อยู่ในช่วงที่เชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ โดยจุลินทรีย์ในอาหารส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตที่ aw สูงกว่า 0.7 แต่แบคทีเรียที่ทนความเข้มข้นของเกลือสูง (Halophilic bacteria) และแบคทีเรียบางชนิดยังคงเจริญเติบโตได้จนถึง aw 0.97 ยีสต์ส่วนใหญ่จะไม่เจริญเติบโตที่ aw ต่ำกว่า 0.87 แต่ยีสต์ที่ทนความเข้มข้นของน้ำตาลสูง (Osmophilic yeast) ยังคงอยู่ได้จนถึง aw 0.6 อย่างไรก็ตาม ยีสต์เหล่านี้ไม่ใช่สาเหตุสำคัญทำให้อาหารเสีย เราส่วนใหญ่ซึ่งทนความแห้งแล้งได้ดีกว่าแบคทีเรียและยีสต์จะเจริญเติบโตได้ดีที่ aw ประมาณ 0.87-0.80 และยังเจริญเติบโตได้อย่างช้าๆ เป็นเวลาหลายเดือนที่อุณหภูมิห้อง ในอาหารที่มี aw ต่ำถึง 0.70 ส่วนราที่ทนความแห้งสูง (Xerophilic molds) เจริญเติบโตได้ดีในช่วง aw 0.70-0.75 และยังคงอยู่ได้จนถึง aw 0.65 ที่ aw ต่ำกว่า 0.65 ราจะหยุดเจริญเติบโตโดยสิ้นเชิง โดยปลากะตักแห้งที่ใช้เป็นวัตถุดิบ (*Stolepholus* spp.) มีปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระอยู่ในช่วง 2.78-5.36% และ 0.244-0.494 โดยน้ำอิสระในอาหารนี้มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและการเก็บรักษาอาหารอย่างมากเนื่องจากน้ำเป็นตัวการสำคัญในการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวเคมีของอาหารรวมทั้งความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ซึ่งก่อให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร ในอาหารที่มีค่าปริมาณน้ำอิสระต่างกันจุลินทรีย์จะเจริญได้ต่างกัน โดยแบคทีเรียเจริญได้ดีในอาหารที่มีค่าปริมาณน้ำอิสระสูง ส่วนยีสต์และราทนต่อสภาพที่ค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำได้ดีกว่า (ศิริเนตร ขุนทอง และ อรรพรรณ หลายประดิษฐ์, 2560) ส่วนปฏิกิริยาไลโปออกซิเดชันในอาหารจะเกิดได้ดี เนื่องจากความเข้มข้นของลิปิดเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำถูกกำจัดออก การเติมน้ำจะช่วยป้องกันปฏิกิริยาดังกล่าวได้พอควร ที่ความชื้นสูงหรือที่ aw สูงขึ้น

(aw = 0.55-0.85) อัตราการเกิดออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้น เหตุผลเนื่องจากการแพร่ของโลหะที่ยังฤทธิ์ในการเร่งปฏิกิริยาอยู่ อีกทั้งมีการบวมของเนื้อเยื่อส่วนที่พรุนของอาหารแห้ง ทำให้เกิดการดูดซับออกซิเจนอย่างรวดเร็ว (รัชนิ ตัณฑะพานิชกุล, 2537, 62)

ดังนั้นข้าวเกรียบปลาสุกควบคุมและข้าวเกรียบปลาตากแห้งทั้งแบบดิบและแบบพร้อมบริโภคมีค่า aw ต่ำกว่าช่วงที่จุลินทรีย์ทั้งหมดจะเจริญได้และการเกิดปฏิกิริยาไลโปออกซิเดชัน โดยข้าวเกรียบปลาตากแห้งแบบดิบยังสามารถเกิดปฏิกิริยาไลโปออกซิเดชันได้เนื่องจากมีค่า aw เท่ากับ 0.58

ข้าวเกรียบปลาจากปลากะตักมี L* ค่าความสว่าง เท่ากับ 31.26 และ b* ค่าความเป็นสีเหลืองเท่ากับ 11.46 ซึ่งมากกว่าข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุม ส่วน a* ค่าความเป็นสีแดงมีค่าเท่ากับ 1.11 มีค่าน้อยกว่าข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เนื่องจากข้าวเกรียบปลาสูตรมาตรฐานได้ใช้เนื้อปลาโอหรือปลาทูนนั้นเป็นปลาที่ว่ายน้ำเก่งมาก เร็วและอึด ทำให้มันต้องใช้ออกซิเจนสูงมากให้กับกล้ามเนื้อ มันจึงมีไมโอโกลบินสะสมในกล้ามเนื้ออยู่เป็นปริมาณมาก และมีสารโปรตีนตามธรรมชาติคือ Myoglobin สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อมาก นอกจากนี้ยังมี Heme ซึ่งเป็นสารที่จับกับออกซิเจนและเป็นรงควัตถุที่มีสีแดง จึงทำให้กล้ามเนื้อของสัตว์บกหลายชนิดที่ต้องเดินและวิ่งมาๆ ดังเช่นพวกเนื้อวัว เนื้อหมู รวมถึงปลาทะเลเล็ก อย่างปลาทูน ปลาตาบ ปลาฉลาม ที่ต้องว่ายน้ำมาๆ มีกล้ามเนื้อที่ค่อนข้างแข็งและเป็นสีแดงไปด้วย (เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์, 2559) ซึ่งสอดคล้องกับ นิธิยา รัตนพานนท์ และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2010) ไมโอโกลบิน (myoglobin) เป็นโปรตีน ที่มีโครงสร้างของโปรตีนเป็นแบบทรงกลม (globular protein) ไมโอโกลบิน พบในธรรมชาติ เป็นรงควัตถุ (pigment) ในกล้ามเนื้อสัตว์ ที่ทำให้เนื้อสัตว์มีสีแดง หรือสีชมพู ปริมาณเม็ดสีจะขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ เช่น เนื้อหมูมีปริมาณไมโอโกลบิน น้อยกว่าเนื้อวัว และอายุของสัตว์ โดยที่สัตว์ที่มีอายุมากจะมีไมโอโกลบินมากกว่าสัตว์ที่มีอายุน้อยกระบวนการทอดด้วยอุณหภูมิสูงมีส่วนช่วยทำให้เสียสภาพและออกซิเดชันของโปรตีนจากปลาซึ่งทำให้สีน้ำตาลเข้มขึ้น การก่อตัวของสารประกอบสีที่เกี่ยวข้องกับ

การมีส่วนร่วมของ H_2O ที่ปล่อยออกมาจากกรดอะมิโนและในปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) (Sikorski and Pan, 1994) งาติ และคณะ (2007) ระบุการลดลงของ L*ค่าในตัวอย่างอาหารทอดอาจมาจากการเกิดสีน้ำตาลโดยปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) และคาราเมล (Caramelization) จากการทอดที่อุณหภูมิสูง อัตราการเกิดปฏิกิริยา Maillard ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางสารเคมีของอาหาร ค่า aw ค่า pH และอุณหภูมิของการเกิดปฏิกิริยา เนื่องจากความแตกต่างระหว่างตัวอย่างที่มีปริมาณโปรตีนเท่ากันที่แตกต่างกัน ปริมาณโปรตีนเป็นตัวกำหนดระดับของการสูญเสีย ของค่า L* การสูญเสียค่า L* จะสูงกว่าในตัวอย่างที่มีสัดส่วนปลาเพิ่มขึ้น (11.6% ที่อัตราส่วนแป้งปลา 2.5:1 เทียบกับ 6.8% ที่อัตราส่วนแป้งปลา 1:1). อย่างไรก็ตาม มีการสูญเสีย L* บ้าง คุณค่าระหว่างกระบวนการทอด ค่า L* ของผลผลิตจากการศึกษาครั้งนี้มีการเปรียบเทียบสูงกว่าสูตรค่า L*

ของแครกเกอร์ปลาเชิงพาณิชย์ Huda et al. (2007) กำหนดลักษณะสีของแครกเกอร์ปลาเชิงพาณิชย์และพบช่วงของ L^* , ค่า a^* และ b^* คือ 18.69 – 47.99, 1.03 – 5.89 และ 7.77 – 20.62 ตามลำดับ ผลผลิตที่ไฟแช็กซึ่งส่งผลให้การศึกษาครั้งนี้อาจเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์กับคุณภาพ ปลาแปรรูปต่างๆ การแช่แข็ง การรักษา จึงทำให้ข้าวเกรียบปลานั้นมี a^* ค่าความเป็นสีแดง มากขึ้น ส่วนข้าวเกรียบปลาจากปลากระดุกที่ใช้เป็นปลากระดุกแห้งนั้นมีความชื้นน้อย (Dry food) แต่ก็สามารถเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่เอนไซม์ (Nonenzymatic browning) ได้ เนื่องจาก aw ของข้าวเกรียบปลาจากปลากระดุกแบบดิบมีค่าเท่ากับ 0.58 ซึ่งปฏิกิริยาจะเกิดได้สูงสุดในช่วง aw ประมาณ 0.6-0.8 โดยความชื้นหรือปริมาณน้ำที่เพิ่มมากขึ้นทำให้เอนไซม์และสับสเตรตเคลื่อนย้ายได้ง่าย (นิธิยา รัตนพานนท์, 2551, 23) จึงทำให้ข้าวเกรียบปลาจากปลากระดุกมีสีเหลืองอ่อน

ส่วนค่าความแข็ง (Hardness) ของข้าวเกรียบสูตรควบคุม มีค่าเท่ากับ 562.35 กรัม ซึ่งน้อยกว่าข้าวเกรียบปลาจากปลากระดุก ที่มีค่าเท่ากับ 840.95 กรัม ค่าความแข็ง (Hardness) คือค่าที่แสดงถึงความกรอบของข้าวเกรียบถ้าค่า Hardness มากแสดงว่าข้าวเกรียบจะมีเนื้อสัมผัสที่แข็งแต่ถ้าข้าวเกรียบมีค่า Hardness น้อยแสดงว่าข้าวเกรียบจะมีความกรอบ ข้าวเกรียบปลาจากปลากระดุกนั้นมีส่วนผสมเป็นแป้งมันสำปะหลังที่เป็นองค์ประกอบหลักทำให้ได้ลักษณะของข้าวเกรียบปลาที่พอง และกรอบ แป้งมันสำปะหลังที่สำคัญที่มีผลต่อการพองตัวของข้าวเกรียบ คือ อะไมโลสและอะไมโลเพคติน การพองตัวของผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับสัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในเม็ดแป้งหากมีปริมาณอะไมโลเพคตินสูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีการพองตัวดี แป้งที่มีอะไมโลสสูงการเกิดเจลมีความหนืดมากส่งผลให้การพองตัวของข้าวเกรียบไม่ดีและจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสแข็งและมีข้อจำกัดในการพองตัว ส่วนแป้งที่มีอะไมโลเพคตินสูงเม็ดแป้งแตกตัวได้ง่ายเมื่อทำข้าวเกรียบจะพองตัวได้มากและยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์พองตัวมีลักษณะโปร่งเบา รวมทั้งปริมาณน้ำที่อยู่ในข้าวเกรียบปลาจะมีปริมาณน้ำมากเกินไปจะทำให้ข้าวเกรียบมีลักษณะเหนียวด้าน ไม่พองและไม่กรอบ ดังนั้นส่วนประกอบที่อยู่ในข้าวเกรียบจึงมีความสำคัญต่อคุณภาพของข้าวเกรียบปลา

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุมและข้าวเกรียบปลาจากปลากระดุกในปริมาณ 100 กรัม มีปริมาณความชื้นร้อยละ 2.74, 2.85 เถ้าร้อยละ 1.84, 2.62 โปรตีนร้อยละ 5.06, 5.23 ไขมันร้อยละ 30.97, 29.59 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 59.39, 59.71 ตามลำดับ ความชื้นของข้าวเกรียบปลาพร้อมบริโภคอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของข้าวเกรียบคือต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2550) ทำให้ข้าวเกรียบสามารถเก็บรักษาได้นานขึ้นและยังคงลักษณะของข้าวเกรียบได้ ข้าวเกรียบปลาจากปลากระดุกมีปริมาณโปรตีนมากกว่า และมีปริมาณไขมันน้อยกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากสูตรควบคุมใช้เนื้อปลาโอสดมีสีแดงเข้ม ส่วนปลากระดุกเป็นปลาที่มีเนื้อเป็นสีขาวและผ่านการอบแห้งมาแล้วเมื่อนำมาชั่งน้ำหนักเท่ากันจึงทำให้ปลากระดุกแห้งมีปริมาณที่มากกว่า จึงทำให้ข้าวเกรียบปลามีปริมาณ

โปรตีนเพิ่มขึ้น จากการเติมเข้าไปในส่วนผสม ซึ่งสอดคล้องกับ Nurul et al. (2009) รายงานว่า การเพิ่มสัดส่วนของปลาไม่เพียงเพิ่มปริมาณโปรตีน แต่ยังเพิ่มปริมาณไขมันแต่มีระดับการเพิ่มขึ้นต่างกัน และแบ่งไม่ได้เป็นแหล่งของไขมัน ปริมาณไขมันของแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคุมีเพียง 0.1% อย่างไรก็ตามระดับปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้นนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของปลา ปลาที่มีไขมันสูง (มีไขมัน >8% และปลาไม่ติดมันน้อยกว่า (มีไขมัน <4%) เมื่อปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น ปริมาณคาร์โบไฮเดรตจะลดลงโดยการเพิ่มสัดส่วนของปลา อย่างไรก็ตามปริมาณคาร์โบไฮเดรตยังคงตำแหน่งเป็นส่วนประกอบหลักของข้าวเกรียบปลา Huda et al. (2007) รายงานว่าข้าวเกรียบปลาในทางการค้ามีคาร์โบไฮเดรตอยู่ในช่วง 65-80% ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่สูงและต่ำเป็นสาเหตุหนึ่งในการทดแทนแป้งมันสำปะหลังที่สำคัญกับปลาเพื่อให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น ซึ่งจากการศึกษาของ นัจญ์มีย สะอะ, รอมลี เจดอเลาะ และอิชมาน อาแด (2558) ได้รายงานว่าการโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของกากถั่วเหลืองมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่คือสามารถดูดซับน้ำมัน และเส้นใยที่อยู่ในกากถั่วเหลืองช่วยในการดักจับไขมันในอาหารจึงทำให้ปริมาณไขมันลดลงเมื่อมีการทดแทนด้วยกากถั่วเหลืองในปริมาณที่สูงขึ้น ส่วนปริมาณไขมันในข้าวเกรียบปลาจากปลากะตักที่พบนั้นมีส่วนประกอบมาจากตัวปลาที่เป็นวัตถุดิบ ซึ่งสอดคล้องกับ Nurul ได้รายงานว่าอย่างไรก็ตามระดับปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้นนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของปลา ปลาที่มีไขมันสูง (มีไขมัน >8% และปลาไม่ติดมันน้อยกว่า (มีไขมัน <4%) ซึ่งปลากะตักจัดเป็นปลาขนาดเล็กที่มีปริมาณไขมันต่ำ และน้ำมันสำหรับทอด โดยส่วนใหญ่ปริมาณไขมันจะมาจากน้ำมันที่ใช้ทอดข้าวเกรียบ ในระหว่างที่ทอดข้าวเกรียบนั้น ข้าวเกรียบขยายตัวขึ้น เกิดรูพรุนและทำให้น้ำมันเข้าไปแทนที่ในช่องว่างและรูพรุนที่เกิดขึ้น (Guillaumin, R., 1988) จึงทำให้ข้าวเกรียบปลาจากปลากะตักมีความพอง กรอบ รับประทานได้ง่าย

นอกจากนี้ข้าวเกรียบปลาจากปลากะตักในปริมาณ 100 กรัม มีปริมาณแคลเซียม เท่ากับ 227.78 มิลลิกรัม ซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุม คือ 45.12 มิลลิกรัม เนื่องจากปลากะตักเป็นปลาเล็ก ปลาน้อยที่สามารถรับประทานได้ทั้งตัวมีส่วนของกระดูกและก้างปลาผสมอยู่ด้วยเมื่อนำมาใช้เป็นส่วนผสมแทนปลาโอในการผลิตข้าวเกรียบปลาจึงทำให้ข้าวเกรียบปลาที่ได้มีปริมาณแคลเซียมที่มากกว่าการใช้เนื้อปลาโอเป็นส่วนผสม และข้าวเกรียบปลาจากปลากะตักมีค่าพลังงานต่ำกว่าข้าวเกรียบปลาสูตรควบคุม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 526.02 และ 536.53 กิโลแคลอรี ตามลำดับ

ข้าวเกรียบปลาจากปลากะตัก ในปริมาณร้อยละ 100 โดยน้ำหนักสามารถนำมาแทนเนื้อปลาสดในการผลิตข้าวเกรียบปลา ให้ลักษณะของข้าวเกรียบที่ดีมีการพอง พู กรอบ มีกลิ่นและรสชาติเฉพาะของปลาไม่ควรมีคุณค่าทางโภชนาการที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณแคลเซียม และยังให้พลังงานที่ต่ำกว่าข้าวเกรียบปลาโดยทั่วไป และยังสามารถเพิ่มความหลากหลายในการบริโภคปลาเล็กปลาน้อย ให้เป็นทางเลือกสำหรับผู้ที่มีความต้องการแคลเซียมหรือผู้ที่แพ้อาหารได้ รวมทั้งยังเป็นการส่งเสริมให้เกิดผลิตภัณฑ์จากปลากะตักลดปัญหาการส่งออกปลากะตักไปในต่างประเทศได้

ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของข้าวเกรียบปลากระดัก
2. ศึกษาวิธีการลดพลังงานของข้าวเกรียบ

เอกสารอ้างอิง

- เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์. (ม.ป.ป). "ทูน่าปลอม" เนื้อแดงฉ่ำ หลังแชร์ว่อนเน็ต. สืบค้นเมื่อ 21 ตุลาคม 2559, จาก <https://www.sanook.com/news/2001139/>
- นัจญ์มีย์ สะอะ, รอมลี เจดอเลาะ และอัสมาน อาแด. (2558). การผลิตและสมบัติของข้าวเกรียบปลาเสริมกากถั่วเหลือง. วารสารการพัฒนารวมชนและคุณภาพชีวิต. 3(3), 351-359.
- นิธิยา รัตนพานนท์. (2545). เคมีอาหาร. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- นิธิยา รัตนพานนท์ และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2010). Myoglobin/ไมโอโกลบิน. สืบค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2559, จาก <https://www.foodnetworksolution.com>
- นิตานาถ ตันตัยย์. (ม.ป.ป). การจำแนกปลากระดูกสกุล Encrasicholina และ Stolephorus. สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2559, จาก <https://www.fisheries.go.th/quality/pdf>.
- ปศุสัตว์. (ม.ป.ป). ปลาข้าวสาร/ปลาสาหร่าย และประโยชน์จากปลาข้าวสาร. สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2559, จาก <https://pasusat.com/ปลาข้าวสาร/>
- ปราณิดา เชื้อโพธิ์หัก, นงนุช รักสกุลไทย และดวงเดือน กุลวิสัย. (2541). การพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้ง. วารสารอาหาร. 28(2), 125-132.
- รัชนี ตันตะพานิชกุล. (2537). เคมีอาหาร. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- วิภาดา มุรินทร์พมาศ และภารดี พลไชย. (2554). การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารพื้นบ้านชายแดนใต้ : หัวข้าวเกรียบ (ปาลอ-กรือเป๊ะ) (รายงานการวิจัย). ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- วิทย์ ธารชลาณุกิจ. (2522). ปลาแปด-แปรรูปอาหารโปรตีนสำหรับปลาตก. วารสารเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 24(1), 1-31.
- ศิริเนตร ขุนทอง และอรรณพ หลายประดิษฐ์. (ม.ป.ป). ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำอิสระกับความชื้นในผลิตภัณฑ์ปลาแห้ง. สืบค้นเมื่อ 6 ธันวาคม 2561, จาก <https://www.honestdocs.co/condition-osteoporosis/eat-prevent>



- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2554). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนข้าวเกรียบ**. สืบค้นเมื่อ 26 ธันวาคม 2561, จาก https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps107_54.pdf
- George W. Latimer, Jr. (2016). **Official Methods of Analysis of AOAC International**. (20th ed). United States of America: The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland.
- Guillaumin, R. (1988). **Frying of food: principles, changes, new approaches**. In Varela, G. Bender, A.E. and Morton, I.D., (Eds.), Kinetics of fat penetration in food (p. 28-112). England: VCH-Ellis.
- Huda, N., Ismail, N., Leng, A. L. and Yee, C. X. (2007). Chemical composition, colour and linear expansion properties of commercial fish cracker. In **The 12th Asian Chemical Congress, Kuala Lumpur 23-25 August 2007**. Iran: Department of Chemistry, Isfahan University of Technology.
- Mohamed, S., Abdullah, N. & Muthu, M.K. (1988). Physical properties of keropok (fried crisps) in relation to the amylopectin content of starch flour. **Journal for Agriculture and Food Chemistry**. 49(3), 369 - 377.
- Nurul, H., Boni, I. and Noryati, I. (2009). The effect of different ratios of Dory fish to tapioca flour on the linear expansion, oil absorption, colour and hardness of fish crackers. **International Food Research Journal**. 16, 159-165.
- Siaw, M.F. M. Shahabuddin, S. Ballard, J.G. Shaw and R.E. Rhoads. (1985). Identification of a protein covalently linked to the 5' terminus of tobacco vein mottling virus RNA. **Virology**. 142(1), 134-43.

Received: 24 Nov 2022; Revised: 9 Dec 2022

Accepted: 16 Dec 2022

การใช้เครื่องมือ FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) ในการจัดการความเสี่ยงของระบบยาแผนกผู้ป่วยใน โรงพยาบาลสนม จังหวัดสุรินทร์

พรรณวิภา ลาภจิตร¹

บทคัดย่อ

ระบบยามีความเกี่ยวข้องกับหลายวิชาชีพ เช่น แพทย์ เภสัชกร พยาบาล และวิชาชีพอื่นในโรงพยาบาล ในการทำงานต่าง ๆ จำเป็นต้องมีความเชื่อมโยงและต้องเป็นระบบที่มีความปลอดภัยสูงเพราะหากเกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นที่กระบวนการใด ๆ ก็อาจก่อให้เกิดอันตรายอย่างร้ายแรงต่อผู้ป่วยหรือผู้ปฏิบัติงานได้ ดังนั้นการทบทวนระบบงานและวิเคราะห์ความเสี่ยงเชิงรุกในระบบงานโดยทีมสหสาขาวิชาชีพจึงเป็นสิ่งที่ควรดำเนินการอยู่เสมอ

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action research) โดยทีมสหสาขาวิชาชีพ รวม 10 คน ที่ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับระบบยาผู้ป่วยในของโรงพยาบาลสนม ใช้การจัดการความเสี่ยงเชิงรุกตามขั้นตอนของ FMEA ได้แก่ 1) เขียนผังกระบวนการทำงาน 2) ระบุข้อบกพร่อง ความเสี่ยง และผลที่เกิดจากข้อบกพร่องในแต่ละขั้นตอน 3) ระบุค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดข้อบกพร่อง (occurrence), ค่าความรุนแรง (severity) และค่าความสามารถในการค้นพบข้อบกพร่อง/ความเสี่ยง (detection) 4) คำนวณค่า RPN (Risk Priority Number) 5) วางมาตรการป้องกัน/ลด ความเสี่ยง

ผลการศึกษาพบว่ากระบวนการทำงานระบบยาผู้ป่วยในมีทั้งสิ้น 7 กระบวนการหลัก พบความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้ 54 รายการ โดยพบมากที่สุดขั้นตอนการบริหารยาจากคำสั่งเพิ่มการใช้ยานอกช่วงเวลาที่ยังยาเปิดบริการ พบ 14 รายการ (ร้อยละ 25.93) รองลงมาคือขั้นตอนการบริหารยาจากคำสั่งเพิ่มการใช้ยาในช่วงเวลาที่ห้องยาเปิดบริการ (8.00-20.00น.) พบ 11 รายการ (ร้อยละ 20.37) ซึ่งทั้งสองขั้นตอนนี้มีระดับความรุนแรงจากผลกระทบของความเสี่ยงที่ระดับสูง เนื่องจากเป็นขั้นตอนในการบริหารยาให้ผู้ป่วยโดยตรง ผลกระทบจึงถึงตัวผู้ป่วย และยังเป็นการใช้ยาที่สำรองที่ห่อผู้ป่วยโดยมิได้ผ่านการตรวจสอบจากเภสัชกร ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์นี้ทำให้ผู้ปฏิบัติงานเห็นภาพความรุนแรงของผลกระทบที่ชัดเจนมากขึ้น เกิดความตระหนักเรื่องความปลอดภัยและพัฒนามาตรการเพื่อป้องกัน/ลด/กำจัดความเสี่ยงเหล่านั้น ค่าดัชนีความเสี่ยงของระบบยาผู้ป่วยในจึงลดลงเมื่อมีการดำเนินการตามขั้นตอนจัดการความเสี่ยงด้วยเครื่องมือ FMEA

คำสำคัญ : การจัดการความเสี่ยง, ระบบยา, FMEA

¹ เภสัชกรชำนาญการ กลุ่มงานเภสัชกรรมและคุ้มครองผู้บริโภค โรงพยาบาลสนม จังหวัดสุรินทร์ E.mail: bufen_ae@hotmail.com



USE OF FMEA (FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS) TO MANAGE THE RISKS OF MEDICATION SYSTEM IN THE INPATIENT DEPARTMENT OF SANOM HOSPITAL, SURIN PROVINCE

Panvipa Lapjitra ¹

Abstract

Introduction: Good medication system are important for the safety of patients and workers in hospital.

Objective: To apply the FMEA in risk management of medication system in the inpatient department of Sanom hospital, Surin province.

Method: Action research was done by 10 health professionals. The FMEA was applied to reduce risk within medication system in the inpatient department. The 5 steps of FMEA were 1) List the steps in the process of vaccine cold chain, 2) List the potential failure modes, risk, consequences of each failure on the process, 3) Identify probability of occurrence, severity of consequence and probability of detecting the failure, 4) Calculate a RPN (Risk Priority Number) for each failure mode, 5) propose actions to prevent or reduce the risks.

Results: There were 54 potential risks within 7 main processes of medication system in the inpatient department. The majority risks, 25.93%, were found in the medication administration process when doctor ordering the additional drug during pharmacy department out of service. We found that the cause was due to the storage of drugs at the ward and not independent double checking before administering medicine to patients.

Conclusion: The use of the FMEA in risk management of medication system is the proactive tool to prevent or mitigate potential risks in the work processes.

Keywords : risk management, medication system, FMEA

¹ Pharmacist, Professional Level, Pharmaceutical and Consumer Protection Division, Sanom hospital, Surin province
E-mail: bufen_ae@hotmail.com

บทนำ

ระบบการจัดการด้านยา เป็นระบบหนึ่งที่มีความสำคัญมากในการให้บริการของโรงพยาบาลเพื่อให้ผู้ป่วยเกิดความปลอดภัยจากการใช้ยา ซึ่งในระบบยาจะมีความเกี่ยวข้องกับวิชาชีพที่หลากหลาย เช่น แพทย์ พยาบาล เภสัชกร และวิชาชีพอื่นในโรงพยาบาล ในการดำเนินงานต่างๆจึงจำเป็นต้องมีความเชื่อมโยงเพราะหากเกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นที่กระบวนการใดๆก็อาจส่งผลถึงผู้ป่วยได้

แม้ว่าในปัจจุบันแต่ละโรงพยาบาลจะมีระบบการรายงานเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ด้านยา และการจัดการความเสี่ยงและความคลาดเคลื่อนทางยาอยู่แล้ว แต่ความคลาดเคลื่อนต่างๆก็ยังสามารถเกิดขึ้นได้เสมอๆ ในทุกๆกระบวนการทำงาน การจัดการความเสี่ยงเป็นกระบวนการที่ต้องทำทั้งระบบครอบคลุมกิจกรรมทุกอย่างไม่ว่าจะเป็นขั้นตอนวิจัยและพัฒนา การหาแหล่งวัตถุดิบ การผลิต การบรรจุ การทดสอบ การเก็บรักษา และการกระจายสินค้าเพื่อให้ผลผลิตมีคุณภาพ (WHO, 2013) โดยกระบวนการจัดการความเสี่ยงจะมีหลักการพื้นฐานคือการประเมินค่าความเสี่ยง (Risk assessment), การควบคุมความเสี่ยง (Risk control), การสื่อสารความเสี่ยง (Risk communication), การตรวจสอบความเสี่ยง (Risk review) โดยใช้เครื่องมือในการบริหารจัดการความเสี่ยง (Risk management tools) ซึ่งรายละเอียดจะแตกต่างกันไปในแต่ละความเสี่ยงแต่ละหน่วยงาน (ICH.Q9, 2005) WHO guidelines on quality risk management ในปี 2013 ได้ยกตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ทั่วไปในการจัดการความเสี่ยงไว้หลายชิ้น เช่น การวิเคราะห์แผนภาพ ผังกระบวนการ ผังแสดงเหตุและผล การวิเคราะห์ต้นไม้แห่งความผิดพลาด การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา ซึ่งเป็นการจัดการในเชิงรับคือการดำเนินการเมื่อเกิดอุบัติการณ์ขึ้นแล้ว นอกจากนี้ยังมีเครื่องมือที่ใช้ในเชิงป้องกัน เช่น การวิเคราะห์กระบวนการที่จะเบี่ยงเบนไปจากระบบที่กำหนดไว้แล้ว (HAZOP=Hazard operability analysis) การวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (HACCP=Hazard analysis and critical control point) และหนึ่งในนั้นคือ FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) หรือการวิเคราะห์คุณลักษณะของข้อบกพร่องและผลกระทบที่ตามมา ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ขั้นตอนการผลิตเพื่อระบุขั้นตอนที่มีความเสี่ยง หรือตัวแปรที่มีความเสี่ยง และชี้ให้เห็นถึงคุณลักษณะของความเสียหายหรือสาเหตุที่จะนำไปสู่ความเสียหาย จากนั้นก็วิเคราะห์ความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นและหาทางป้องกันก่อนที่จะเกิดความเสียหายนั้น ซึ่ง FMEA เป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพมากในการวัดระดับความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์และกระบวนการทำงาน (Rakesh. R. et al., 2013) และยังเป็นการดำเนินการในเชิงรุกที่มุ่งเน้นกระบวนการทั้งระบบ (Nagamine & Williams, 2005) ในทางการแพทย์การดำเนินการให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ป่วยเป็นเรื่องที่สำคัญ

การพัฒนาปรับปรุงระบบ วางแผนป้องกันก่อนที่จะเกิดข้อผิดพลาด/ความเสี่ยงขึ้นจริงจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น (Magnezi, Hemi A., & Hemi R., 2016) ดังนั้นการนำ FMEA มาใช้ในการทำงานที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพจึงเป็นสิ่งที่เหมาะสม

โรงพยาบาลสนมเป็นโรงพยาบาลชุมชนขนาด 30 เตียง กลุ่มงานเภสัชกรรมและคุ้มครองผู้บริโภคไม่ได้แยกการให้บริการเป็นผู้ป่วยในหรือผู้ป่วยนอกแบบแยกส่วนกัน และห้องจ่ายยาไม่ได้เปิดตลอด 24 ชั่วโมง จึงมีความจำเป็นต้องมียาบางรายการสำรองไว้ที่หอผู้ป่วย และเนื่องจากไม่ได้มีเภสัชกรขึ้นปฏิบัติงานตลอดเวลาทำการ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการวางระบบยาให้รัดกุมและมีการทวนสอบระบบอยู่เสมอ จากข้อมูลการปฏิบัติงานที่ผ่านมาพบว่ายังพบเหตุการณ์ความคลาดเคลื่อนทางยาในระบบยาผู้ป่วยในอยู่ทั้งในส่วนของการ Prescribing error, Pre-dispensing error, Dispensing error, Administration error และ Transcribing error โดยมีอุบัติการณ์ 24.049, 20.177, 14.162, 12.371 และ 7.334 ต่อหนึ่งพันวันนอนในปี พ.ศ.2560 ถึง พ.ศ.2564 ตามลำดับ ส่วนใหญ่เป็นความเสี่ยงในระดับ B 88.42% (มี error แต่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ป่วย เพราะ error ไปไม่ถึงตัวผู้ป่วย) รองลงมาคือระดับ D 9.68% (มี error แต่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ป่วย แต่จำเป็นต้องติดตามผู้ป่วยเพิ่มเติม) จากการจัดลำดับความเสี่ยง 9 ระดับ A-I ทั้งนี้ในช่วงปีดังกล่าวไม่พบความเสี่ยงระดับ F-I เลย (ระดับ F=มี error และเป็นอันตรายต่อผู้ป่วยเพียงชั่วคราว รวมถึงจำเป็นต้องได้รับการรักษาหรือแก้ไขเพิ่มเติม, ระดับ I=มี error และเป็นอันตรายต่อผู้ป่วยจนถึงแก่ชีวิต) ซึ่งความคลาดเคลื่อนทางยา หรือความเสี่ยงต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระบบยาแผนกผู้ป่วยใน เป็นสิ่งที่อาจก่อให้เกิดอันตรายอย่างร้ายแรงต่อผู้ป่วยหรือแม้แต่ผู้ปฏิบัติงานได้ การทบทวนระบบงานและการวิเคราะห์ความเสี่ยงเชิงรุกในระบบงานโดยทีมสหสาขาวิชาชีพจึงเป็นสิ่งที่ควรดำเนินการอยู่เสมอ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์ทั่วไป

เพื่อจัดการความเสี่ยงของระบบยาแผนกผู้ป่วยใน ของโรงพยาบาลสนม อำเภอสนม จังหวัดสุรินทร์ โดยใช้เครื่องมือ FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)

วัตถุประสงค์เฉพาะ

- เพื่อวิเคราะห์ระบบยาผู้ป่วยในโรงพยาบาลสนมเพื่อค้นหาความเสี่ยงและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น
- เพื่อพัฒนาระบบการจัดการความเสี่ยงของระบบยาผู้ป่วยใน

กรอบแนวคิดการวิจัย

การศึกษานี้ ผู้วิจัยได้นำหลักการของการวิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหายและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) มาใช้ เพื่อค้นหาความเสี่ยงและจัดการความเสี่ยงในระบบยาผู้ป่วยใน ก่อนที่ความเสี่ยงนั้นจะเกิดขึ้นหรือก่อให้เกิดผลกระทบขึ้นจริง ซึ่งเมื่อสิ้นสุดกระบวนการ 6 ขั้นตอนของเทคนิค FMEA แล้วนั้นผลที่ได้จะไม่ใช่ว่าเพียงค่าดัชนีความเสี่ยง (RPN) ลดลง แต่หากมีการนำมาตรการในการป้องกัน/ลด/กำจัด ความเสี่ยงไปดำเนินการจริง ข้อบกพร่องหรือความเสี่ยงในกระบวนการก็จะลดลง และนำไปสู่รูปแบบการปฏิบัติงานของระบบยาผู้ป่วยในมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตด้านเนื้อหา: งานวิจัยชิ้นนี้ทำการศึกษากระบวนการทำงานของระบบยาของแผนกผู้ป่วยในของโรงพยาบาลสม ซึ่งหน่วยงานหลักที่เกี่ยวข้องคือ กลุ่มงานเภสัชกรรมและคุ้มครองผู้บริโภค งานผู้ป่วยใน และ องค์กรแพทย์

ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง: ประชากรคือเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบด้านบริหารจัดการระบบยาของแผนกผู้ป่วยในจำนวนทั้งสิ้น 10 คน ซึ่งมี 3 หน่วยงานหลักที่เกี่ยวข้องคือ กลุ่มงานเภสัชกรรมและคุ้มครองผู้บริโภค 3 คน งานผู้ป่วยใน 3 คน องค์กรแพทย์ 2 คน นอกจากนี้ยังมีเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องจากหน่วยงานอื่นเพิ่มเติมคืองานผู้ป่วยนอก 1 คน และห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน 1 คน ตามกระบวนการทำงานที่เกี่ยวข้องเนื่องกันจากการเขียนผังกระบวนการทำงานทั้งระบบ

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษากระบวนการทำงานระบบยาผู้ป่วยในของอำเภอสนมที่มีการดำเนินงานอยู่ในปัจจุบัน และเขียนแผนผังกระบวนการทำงาน (process mapping)

2. จัดตั้งทีมงานและอบรมทบทวน/เพิ่มพูนความรู้และทักษะให้แก่ผู้ร่วมการวิจัย

- ระบบยาเพื่อความปลอดภัย
- ความเสี่ยงและการจัดการความเสี่ยง
- การใช้เครื่องมือ FMEA

3. รวบรวมข้อมูลที่มีประโยชน์ในการระบุข้อกำหนด/ความเสี่ยงของแต่ละขั้นตอนการทำงาน โดยการทบทวนวรรณกรรมอย่างรวดเร็ว (rapid review)

4. วิเคราะห์กระบวนการและลักษณะ ความเสี่ยง ระบุความเสี่ยงและผลกระทบที่เกิดจากความเสี่ยงในแต่ละขั้นตอน ระบุค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเสี่ยง (O=occurrence), ค่าความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดจากความเสี่ยง (S=severity) และค่าความสามารถในการค้นพบความเสี่ยง (D=detection) โดยการใช้กิจกรรมกลุ่ม (Team meeting)

5. การคำนวณค่า RPN (Risk Priority Number) และจัดลำดับ

6. การวางมาตรการเพื่อป้องกัน/ลด/กำจัดความเสี่ยง และคำนวณค่า RPN ซ้ำ

ในขั้นตอนที่ 4-6 เป็นการทำกิจกรรมกลุ่ม 3 ครั้ง มีรายละเอียดแต่ละครั้งดังนี้

กิจกรรมกลุ่มครั้งที่ 1 ใช้เวลาประมาณ 180 นาที ช่วงเวลา 13.00 – 16.00 น. เป็นการระดมสมองใน 2 หัวข้อคือ

- การวิเคราะห์ผังกระบวนการทำงาน (process mapping) ในระบบยาแผนกผู้ป่วยใน และระบุข้อบกพร่องหรือความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้ในแต่ละขั้นตอน

- การระบุค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดข้อบกพร่องนั้น (O=occurrence), ค่าความรุนแรง (S=severity) และค่าความสามารถในการค้นพบข้อบกพร่อง/ความเสี่ยง (D=detection) คำนวณค่า RPN (Risk Priority Number)

กิจกรรมกลุ่มครั้งที่ 2 ใช้เวลาประมาณ 120 นาที ช่วงเวลา 13.00 – 15.00 น.

ระดมสมองวิเคราะห์หาสาเหตุของข้อบกพร่องและวิธีการในการป้องกัน/ปรับปรุง/แก้ไข

กิจกรรมกลุ่มครั้งที่ 3 ใช้เวลาประมาณ 90 นาที ช่วงเวลา 13.00 – 14.30 น.

ระดมสมองในหัวข้อการวิเคราะห์กระบวนการทำงานของระบบลูกโซ่ความเย็นวัคซีน ระบุค่า O, S, D ของแต่ละข้อบกพร่อง และคำนวณค่า RPN ซ้ำอีกครั้งหลังจากที่มีการวางกระบวนการป้องกัน/พัฒนาระบบงาน

สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

การเขียนผังกระบวนการทำงาน (process mapping) เนื่องจากห้องจ่ายยาของโรงพยาบาลสนมไม่ได้เปิดให้บริการตลอด 24 ชั่วโมง ระบบยาผู้ป่วยในของโรงพยาบาลสนมจึงจะมีรูปแบบการทำงานแยกกันเป็น 2 รูปแบบคือ ในช่วงเวลาที่ห้องยาเปิดให้บริการ (8.00-20.00) และนอกเวลาที่ห้องยาเปิด ดังนั้นกระบวนการหลักของระบบยาผู้ป่วยในโรงพยาบาลสนมจึงมีทั้งสิ้น 7 กระบวนการหลัก คือ การรับผู้ป่วยเข้าใหม่ (admit) ในช่วงเวลาห้องยาเปิด, การรับผู้ป่วยเข้าใหม่นอกช่วงเวลา, การมีคำสั่งการใช้ยาเพิ่มเติมในช่วงเวลาห้องยาเปิด, การมีคำสั่งการใช้ยาเพิ่มเติมนอกช่วงเวลา, การบริหารยาฉุกเฉิน/ยาช่วยชีวิต, การจำหน่ายหรือส่งต่อผู้ป่วยในช่วงเวลาห้องยาเปิด และการจำหน่ายหรือส่งต่อผู้ป่วยนอกช่วงเวลา ซึ่งในแต่ละกระบวนการหลักจะมีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานที่แตกต่างกัน

จากกระบวนการทำงานหลักทั้ง 7 ขั้นตอน พบว่ามีหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง 3 หน่วยงานหลัก คือ กลุ่มงานเภสัชกรรมและคุ้มครองผู้บริโภค งานผู้ป่วยใน องค์กรแพทย์ และมีอีก 2 หน่วยงานที่มีความเกี่ยวข้องบางขั้นตอน คืองานผู้ป่วยนอก และงานอุบัติเหตุฉุกเฉิน จึงเป็นที่มาของกลุ่มประชากรในการศึกษา

การระบุข้อบกพร่อง/ความเสี่ยงและผลที่เกิดจากข้อบกพร่อง การศึกษาในขั้นการระบุข้อบกพร่อง/ความเสี่ยง จะใช้เป็นการทำกิจกรรมกลุ่ม โดยผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้ดำเนินการสนทนา (Moderator) โดยพากลุ่มผู้ร่วมวิจัยวิเคราะห์ไล่เรียงไปตามแต่ละขั้นตอนของการปฏิบัติงาน และให้ผู้ร่วมวิจัยแต่ละคนกรอกลงในแบบเก็บข้อมูลการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้วยเครื่องมือ FMEA ทั้งนี้เพื่อลดการวิเคราะห์ที่อาจไม่ครอบคลุมทุกกระบวนการ หากให้ผู้ร่วมวิจัยดำเนินการด้วยตนเอง แต่ผู้ร่วมวิจัยแต่ละคนยังได้แสดงความคิดเห็นตามมุมมองของตนเองทั้งการเสนอข้อคิดเห็นเพื่ออภิปรายร่วมกันและการเขียนข้อคิดเห็นลงในแบบบันทึก

จากการดำเนินกิจกรรมกลุ่มในการวิเคราะห์ข้อบกพร่อง/ความเสี่ยงที่อาจพบได้ใน 7 ขั้นตอนหลักของระบบยาผู้ป่วยในโรงพยาบาลสนม ผลวิเคราะห์พบความเสี่ยงทั้งหมด 54 รายการ โดยขั้นตอนที่อาจพบความเสี่ยงได้มากที่สุดคือขั้นตอนการบริหารยาจากคำสั่งเพิ่มการใช้ยานอกช่วงเวลาในห้องยาเปิดบริการ พบ 14 รายการ (ร้อยละ 25.93) รองลงมาคือขั้นตอนการบริหารยาจากคำสั่งเพิ่มการใช้ยาในช่วงเวลาที่ห้องยาเปิดบริการ (8.00-20.00 น.) พบ 11 รายการ (ร้อยละ 20.37) จะเห็นได้ว่าทั้งสองขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการทำงานในขั้นตอนการบริหารให้กับผู้ป่วยโดยตรง ซึ่งจะมีรายละเอียดความเสี่ยงที่อาจพบได้ในขั้นตอนของการหยิบใช้ยาที่มีสำรองไว้ที่หอผู้ป่วยโดยไม่ผ่านการตรวจสอบโดยเภสัชกร

ตารางที่ 1 กระบวนการหลักของระบบยาผู้ป่วยในโรงพยาบาลสนม และจำนวนความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้

กระบวนการหลัก	จำนวนความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น
การรับผู้ป่วยเข้าใหม่ (admit) ในช่วงเวลาห้องยาเปิด	5 (9.26)
การรับผู้ป่วยเข้าใหม่นอกช่วงเวลา	8 (14.81)
การมีคำสั่งการใช้ยาเพิ่มเติมในช่วงเวลาห้องยาเปิด	11 (20.37)
การมีคำสั่งการใช้ยาเพิ่มเติมนอกช่วงเวลา	14 (25.93)
การบริหารยาฉุกเฉิน/ยาช่วยชีวิต	5 (9.26)
การจำหน่ายหรือส่งต่อผู้ป่วยในช่วงเวลาห้องยาเปิด	4 (7.41)
การจำหน่ายหรือส่งต่อผู้ป่วยนอกช่วงเวลา	7 (12.96)

การระบุค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดข้อบกพร่องนั้น (O=occurrence), ค่าความรุนแรง (S=severity) และค่าความสามารถในการค้นพบข้อบกพร่อง/ความเสี่ยง (D=detection) นิยามของแต่ละระดับคะแนนพัฒนามาจากระดับคะแนนของการศึกษาเรื่อง Application of FMEA in a clinical chemistry laboratory ของ Jiang และคณะ ในปี 2015 และการศึกษาเรื่อง Identification of priorities for medication safety in the neonatal intensive care unit via FMEA ของ Najjar และคณะในปี 2016 โดยได้ผ่านการอภิปรายร่วมกัน และทำความเข้าใจให้ตรงกันในทีมผู้ร่วมวิจัยแล้ว

ตารางที่ 2 ช่วงคะแนนค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดข้อบกพร่องนั้น (O=occurrence)

ระดับคะแนน	คำอธิบาย
1	แทบจะไม่มีโอกาสเกิดขึ้นเลยใน 1 ปี
2	มีโอกาสดังกล่าวได้เล็กน้อย (เดือนละครั้ง)
3	มีโอกาสดังกล่าวได้บางครั้ง (สัปดาห์ละครั้ง)
4	มีโอกาสดังกล่าวค่อนข้างบ่อย (วันละครั้ง)
5	มีโอกาสดังกล่าวบ่อยมาก (วันละหลายครั้ง)

ตารางที่ 3 ช่วงคะแนนค่าความรุนแรง (S=severity)

ระดับคะแนน	คำอธิบาย
1	ไม่เกิดอันตรายใดๆต่อผู้รับบริการ
2	เกิดผล/ความยุ่งยากในการทำงาน แต่ไม่เกิดผลต่อผู้รับบริการ
3	เกิดผล/ความยุ่งยากในการทำงานปานกลาง ไม่เกิดอันตรายโดยตรงต่อผู้รับบริการแต่จำเป็นต้องติดตามอาการเพิ่มเติม
4	เกิดอันตรายต่อผู้รับบริการ ทำให้รับการรักษาหรือแก้ไขสถานะเพิ่มเติม
5	เกิดอันตรายร้ายแรงต่อผู้รับบริการ

ตารางที่ 4 ช่วงคะแนนค่าความสามารถในการค้นพบข้อบกพร่อง/ความเสี่ยง (D=detection)

ระดับคะแนน	คำอธิบาย
1	ค้นพบได้ง่ายมาก 9 ใน 10 ครั้ง
2	ค้นพบได้ค่อนข้างง่าย 7 ใน 10 ครั้ง
3	ค้นพบได้ง่ายปานกลาง 5 ใน 10 ครั้ง
4	ค้นพบได้ค่อนข้างยาก 2 ใน 10 ครั้ง
5	ค้นพบได้ยากมาก 0 ใน 10 ครั้ง

การคำนวณค่า RPN (Risk Priority Number) และเรียงลำดับ ทำโดยการนำค่าคะแนนทั้ง 3 ตัวมาคูณกัน เพื่อนำมาใช้ในการจัดลำดับความสำคัญก่อน-หลังในการดำเนินการแก้ไข/ป้องกันความเสี่ยง โดย $RPN = O * S * D$

การวางมาตรการป้องกัน/ลด/กำจัดความเสี่ยง และคำนวณค่า RPN ขึ้น เมื่อผู้ร่วมวิจัยได้พิจารณาเลือกความเสี่ยงตามเกณฑ์แล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกันทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของความเสี่ยง (Root cause) ด้วยเทคนิคการถามทำไม 5 ครั้ง (5 Why Analysis) เพื่อค้นหาว่าทำไมจึงเกิดเหตุการณ์เช่นนี้ สาเหตุเกิดจากอะไร มีความเกี่ยวข้องกับอะไร ซึ่งคำตอบที่ได้จะทำให้เข้าใจสาเหตุของปัญหาได้ชัดเจน เพื่อให้ทีมสามารถกำหนดแนวทางในการป้องกัน/ลด หรือกำจัดความเสี่ยงหรือข้อบกพร่องนั้นได้อย่างถูกต้องตรงประเด็น ซึ่ง

ในการจะเลือกวิธีการมาป้องกันหรือแก้ไขนั้นจะอ้างอิง เทียบเคียง หรือประยุกต์มาจากการศึกษาก่อนหน้านี้ที่มีการทบทวนวรรณกรรมไว้ก่อนแล้ว จากกระบวนการหลักทั้งหมด 7 กระบวนการ มี 2 กระบวนการที่มีค่าความรุนแรงของผลกระทบ (severity) ในระดับสูง คือขั้นตอนของการบริหารยาจากการมีคำสั่งการใช้ยาเพิ่มเติมทั้งในช่วงเวลาที่ห้องยาเปิดบริการคือเวลา 8.00-20.00 น. และหลังเวลาดังกล่าว โดยเฉพาะในรายการยาที่มีสำรองที่หอผู้ป่วย ซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์ด้วย 5 Why Analysis ในทั้งสองกระบวนการแล้วพบว่าสาเหตุเกิดจากการภาระงานของพยาบาลในหอผู้ป่วยที่ทำให้การ double check โดยพยาบาลคนละครึ่งระหว่างคนเตรียมยากับคนบริหารยาทำได้ไม่สมบูรณ์ และการไม่มี Independent double check จากเภสัชกรก่อนการบริหารยาให้ผู้ป่วยเพราะห้องยาไม่เปิดตลอด 24 ชั่วโมง ในการวางมาตรการแก้ไขปัญหานั้นสามารถทำได้หลายแนวทางแต่หากเป็นด้านการเปิดบริการ 24 ชั่วโมงของห้องยาจะเป็นแนวทางที่เป็นไปได้ยากในระยะเวลาอันสั้นจากปัญหาด้านอัตรากำลังแนวทางที่เป็นไปได้ชัดเจนและสามารถปฏิบัติได้ทันทีคือการยกเลิกการสำรองยาที่หอผู้ป่วยและเพิ่มระบบการ Independent double check ที่ชัดเจนและปฏิบัติได้จริง ซึ่งเมื่อดำเนินการตามมาตรการดังกล่าวจะพบว่าความถี่นี้ความเสี่ยงลดลงจากการเพิ่มขั้นตอนดักจับความเสี่ยง (ลดค่า D)

ข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาสามารถนำไปพัฒนาระบบงานบริการผู้ป่วยแผนกผู้ป่วยในของโรงพยาบาลสนม ให้เป็นระบบงานที่มีความปลอดภัยทั้งต่อผู้ป่วยและเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน ตลอดจนสามารถเรียนรู้กระบวนการทำวิจัยไปใช้ในการวิเคราะห์ระบบงานอื่นๆให้เป็นระบบงานที่ปลอดภัยได้ต่อไป แต่เนื่องจากข้อจำกัดของการศึกษานี้คือการศึกษาระบบงานเฉพาะของหน่วยงานเพียงแห่งเดียว การจะนำผลการศึกษาไปใช้โดยตรงในหน่วยงานที่บริบทต่างกันจึงอาจยังเป็นข้อจำกัด

ข้อเสนอแนะเพื่อลดอคติประเภท Observe effect ในขั้นตอนการเก็บข้อมูลความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในแต่ละขั้นตอนการทำงาน ซึ่งเป็นการทำกิจกรรมกลุ่มของทีมสหสาขาวิชาชีพ ในส่วนนี้สามารถป้องกันหรือลดอคติได้ด้วยการเพิ่มข้อมูลอ้างอิงให้มากขึ้น เช่น ข้อมูลความเสี่ยง 5 ปีย้อนหลังของพื้นที่ที่ทำการศึกษาและพื้นที่อื่นที่มีบริบทใกล้เคียงกัน

เอกสารอ้างอิง

- จันทร์จารึก รัตนเดชสกุล และภาสกร รัตนเดชสกุล. (2560). **ความคลาดเคลื่อนทางยา (Medication error) กับ การใช้ประโยชน์ในระบบจัดการด้านยา**. นนทบุรี: ศูนย์การศึกษาต่อเนื่องทางเภสัชศาสตร์ สภาเภสัชกรรม.
- ฉัตรารณณ์ ชุ่มจิต และเยาวลักษณ์ อ่ำรำไพ. (2019). การจัดการระบบยาเพื่อความปลอดภัยด้านยาในโรงพยาบาล: บทวิเคราะห์ปัญหาและโอกาสในการพัฒนา. **Thai Pharmaceutical and Health Science Journal**. 4(1), 127-135.
- มนตรี บุญมาก, พงศกร เอมจั่น และณชา แยมยงค์. (2560). **การวิเคราะห์หาแนวทางแก้ไขที่ ปัญหาใน กระบวนการฉีดหลอดพลาสติกโดยใช้ทฤษฎีการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและ ผลกระทบด้าน คุณภาพ FMEA**. ปริญญานิพนธ์อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี.
- อภิฤดี เหมะจุทา. (2560). **ความปลอดภัยในการใช้ยาที่มีความเสี่ยงสูง**. นนทบุรี: ศูนย์การศึกษาต่อเนื่องทาง เภสัชศาสตร์ สภาเภสัชกรรม.
- ICH Harmonised Tripartite Guideline. (2005). Quality risk management Q9. In **International conference on harmonization of technical requirements for registration of pharmaceuticals for human, 9 November 2005** (p. 1-19). United States of America: ICH Harmonised Tripartite Guideline.
- Jiang, Y., Jiang, H., Ding, S. & Liu, Q. (2015). Application of failure mode and effect analysis in a clinical chemistry laboratory. **Clinica Chimica Acta**. 448, 80-85.
- Jordan S, Tunnicliffe C, Sykes A. (2002). Minimizing side-effects: the clinical impact of nurse-administered ‘side-effect’ checklists. **Journal of Advanced Nursing**. 37(2), 155-65.
- Kapadia N, Raval S, Gadhav P. (2017). Medication Errors Related to High Alert Medication. **Journal of Nursing and Health Studies**. 2(3), 15.
- Magnezi, R., Hemi, A., & Hemi R. (2016). Using the failure mode and effects analysis model to improve parathyroid hormone and adrenocorticotrophic hormone testing. **Risk Management and Healthcare Policy**. 9, 271-274.



- Nagamine, J., & Williams, M. (2005). Quality Tools: Root Cause Analysis (RCA) and Failure Modes and Effects Analysis (FMEA). **The Hospitalist**. 9, 19-22.
- Najar, A.V., Ghane, H., Ebrahimipour, H., Nouri, G.A. & Dadpour. (2016). Identification of priorities for medication safety in the neonatal intensive care unit via failure mode and effect analysis. **Iranian Journal of Neonatology**. 7(2), 28-34.
- Rakesh R, Joe BC, & Mathew G. (2013). FMEA Analysis for Reducing Breakdowns of a Sub System in the Life Care Product Manufacturing Industry. **International Journal of Engineering Science and Innovative Technology**. 2(2), 218-225.
- World Health Organization. (2013). WHO guidelines on quality risk management. In **WHO Expert Committee on specifications for pharmaceutical preparation** (p. 61-92). Geneva: World Health Organization.

แนวทางการเตรียมต้นฉบับบทความวิจัย/บทความวิชาการ วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในนอร์ทเทิร์น อินดิรับบทความวิจัยและบทความวิชาการทางด้านสังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ วิทยาศาสตร์สุขภาพ และวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยบทความที่ส่งมาเพื่อพิจารณาตีพิมพ์จะต้องไม่เป็นผลงานวิจัย/วิชาการที่เคยได้รับการเผยแพร่ในวารสารใดมาก่อน หรือไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณาตีพิมพ์ของวารสารอื่น บทความทุกบทความที่ตีพิมพ์ลงในวารสารฉบับนี้จะต้องผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการแก้ไขต้นฉบับและการพิจารณาตีพิมพ์ตามลำดับก่อนหลัง โดยมีข้อเสนอแนะดังนี้

ประเภทของบทความ

1. บทความวิจัย หมายถึง การนำเสนอผลงานวิจัยอย่างเป็นระบบ กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์การวิจัย วิธีดำเนินการวิจัย และผลการวิจัย
2. บทความวิชาการ หมายถึง งานเขียนซึ่งเป็นเรื่องที่น่าสนใจ เป็นความรู้ใหม่ กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ แนวทางการแก้ไขปัญหา มีการใช้แนวคิดทฤษฎี ผลงานวิจัยจากแหล่งข้อมูล เช่น หนังสือ วารสาร อินเทอร์เน็ต ประกอบการวิเคราะห์วิจารณ์ เสนอแนวทางแก้ไข
3. บทวิจารณ์หนังสือ หมายถึง บทความที่วิพากษ์วิจารณ์ เนื้อหาสาระ คุณค่า และคุณภาพของหนังสือ บทความ หรือผลงานศิลปะ อาทิ นิทรรศการ ทัศนศิลป์ และการแสดงละครหรือดนตรี โดยใช้หลักวิชาและดุลยพินิจอันเหมาะสม
4. บทความปริทัศน์ หมายถึง งานวิชาการที่ประเมินสถานะล่าสุดทางวิชาการ (State of the Art) เฉพาะทางที่มีการศึกษาค้นคว้า มีการวิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ความรู้ทั้งทางกว้าง และทางลึกอย่างทันสมัย โดยให้ข้อพิพาทที่ชี้ให้เห็นแนวโน้มที่ควรศึกษาและพัฒนาต่อไป

การเตรียมต้นฉบับ

- | | |
|--------------|--|
| ชื่อเรื่อง | ควรสั้นกะทัดรัดได้ใจความ ครอบคลุม ตรงกับวัตถุประสงค์และเนื้อหา |
| ชื่อผู้เขียน | พิมพ์ชื่อโดยไม่ใช้คำย่อ มีสถานที่ทำงาน หน่วยงานที่สังกัด อีเมล หมายเลขโทรศัพท์ โดยอ้างอิงเชิงบรรณานุกรมหน้าแรก |

บทคัดย่อ	เป็นร้อยแก้ว เขียนเฉพาะเนื้อหาที่สำคัญ ให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์ วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย (อย่างย่อ) และต้องมีทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ
คำสำคัญ	ควรเลือกคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับบทความ ประมาณ 3-5 คำ ใช้ตัวอักษร ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ บทความที่เป็นภาษาอังกฤษมีเฉพาะคำสำคัญ ภาษาอังกฤษ
บทนำ	อธิบายถึงความเป็นมาและความสำคัญที่ทำการศึกษา วิจัย ค้นคว้า ของผู้อื่นที่เกี่ยวข้อง วัตถุประสงค์ สมมติฐานและขอบเขตของการวิจัย
เนื้อเรื่อง	กรณีบทความที่เป็นภาษาไทยควรใช้ภาษาไทยให้มากที่สุด ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย กะทัดรัดและชัดเจน การใช้คำย่อต้องมีคำสมบูรณ์ไว้ในครั้งแรกก่อน
วิธีดำเนินการวิจัย	อธิบายขั้นตอนการวิจัย โดยกล่าวถึงแหล่งข้อมูล วิธีการรวบรวมข้อมูล วิธีการใช้เครื่องมือในการศึกษาหรือการวิจัย และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย
สรุปผลการวิจัย	อธิบายสิ่งที่ได้จากการศึกษา ไม่ควรซ้ำกับการแสดงผล แต่เป็นการสรุป ประเด็น และสาระสำคัญของการวิจัยให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
อภิปรายผล	อธิบายถึงผลที่ได้รับจากการศึกษาหรือการวิจัย ว่าเป็นไปตามสมมติฐานหรือไม่ ควรอ้างถึงทฤษฎี หรือผลการศึกษาของผู้อื่นที่เกี่ยวข้องประกอบการอธิบาย
ข้อเสนอแนะ	อธิบายถึงการนำผลที่ได้จากการศึกษาไปใช้ประโยชน์ หรือข้อเสนอแนะ ปัญหาที่พบในการศึกษา เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาครั้งต่อไป
เอกสารอ้างอิง	ให้เขียนเอกสารอ้างอิง ใช้ระบบนาม-ปี และหน้า (APA Style) ตามรูปแบบ ที่กำหนด

การเขียนเอกสารอ้างอิง

การอ้างอิงใช้รูปแบบของ American Psychological Association (APA)

การอ้างอิงในบทความ กรณีที่ผู้เขียนต้องการการระบุแหล่งที่มาของข้อมูลในเนื้อเรื่องให้ใช้วิธีการอ้างอิง
ในส่วนเนื้อเรื่องแบบนาม-ปี (author-date in-text citation)

การอ้างอิงท้ายบทความ เป็นการรวบรวมรายการเอกสารทั้งหมดที่ผู้เขียนบทความได้ใช้อ้างอิงในการเขียนบทความ และจัดเรียงรายการตามลำดับตัวอักษรชื่อผู้แต่ง ตัวอย่างเช่น

ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). **ชื่อหนังสือ**. (พิมพ์ครั้งที่). เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์หรือโรงพิมพ์.

ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อบทความ. ใน ชื่อบรรณาธิการ, **ชื่อหนังสือ**. (เลขหน้าบทความ).

เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์หรือโรงพิมพ์.

ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อบทความ. **ชื่อวารสาร**. ปีที่พิมพ์ (ฉบับที่), เลขหน้าบทความ.

ชื่อผู้เขียนวิทยานิพนธ์. (ปีที่วิจัยสำเร็จ). **ชื่อวิทยานิพนธ์**. วิทยานิพนธ์ปริญญา(ระดับ), ชื่อสาขาวิชา

สังกัดของสาขาวิชา ชื่อมหาวิทยาลัย.

ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่เผยแพร่). **ชื่อเรื่อง**. สืบค้นเมื่อ [วัน เดือน ปี], จาก แหล่งสารสนเทศ. [หรือ URL]

การอ้างอิงในเนื้อหา

รูปแบบการอ้างอิงแบบแทรกในเนื้อหา มี 3 รูปแบบ ดังนี้

1. (ผู้แต่ง, ปีที่พิมพ์, เลขหน้า) ใช้ท้ายข้อความที่อ้างอิง เช่น (ชนะดา วีระพันธ์, 2555, 55-56)

(Peter & Waterman, 1982, pp. 498-499) (Michalska J., 2008, p. 85)

กรณีที่ไม่มีปรากฏเลขหน้าให้ลงแค่ชื่อผู้แต่งกับปีที่พิมพ์ไว้ในวงเล็บเดียวกัน เช่น

(ศิริโรจน์ วงศ์กระจ่าง, 2554)

2. ผู้แต่ง (ปีที่พิมพ์, เลขหน้า) กรณีมีการระบุชื่อผู้แต่งในเนื้อหาแล้ว ไม่ต้องระบุไว้ในวงเล็บท้ายข้อความที่อ้างอิงอีก เช่น ธนกฤต วันดีเมธ (2554, น.90) ได้ศึกษาถึง.....

Robert E. Hegel (1997, p.14) studied.....

กรณีที่ไม่มีปรากฏเลขหน้าให้ลงแค่ชื่อผู้แต่งกับปีที่พิมพ์ไว้ในวงเล็บ เช่น

(ศิริโรจน์ วงศ์กระจ่าง, 2554)

3. ปีที่พิมพ์ ผู้แต่ง (เลขหน้า) กรณีมีการระบุปีที่พิมพ์และผู้แต่งในเนื้อหาแล้ว (ปีที่พิมพ์และผู้แต่งสามารถสลับที่กันได้) ให้ระบุเฉพาะเลขหน้าที่อ้างอิงในวงเล็บเท่านั้นเช่น ในปี 2557 ศุภชัย ยาวะประภาส ได้กล่าวว่า สมรรถนะ หมายถึง ความรู้ ความสามารถที่แสดงออกถึงพฤติกรรมการบริหารงานบุคคลของผู้บริหารสถานศึกษา จนทำให้การปฏิบัติงานบริหารงานบุคคลบรรลุผลเหนือกว่าระดับปกติ (น.9)

การส่งต้นฉบับ

1. บทความมีความยาวไม่เกิน 15 หน้า กระดาษขนาด A4 ทั้งนี้รวมรูปภาพ ตาราง และเอกสารอ้างอิง
2. การตั้งค่าน้ำกระดาษ ให้กำหนดขอบบน 1.5 นิ้ว ขอบล่าง 1 นิ้ว ขอบซ้าย 1 นิ้ว และขอบขวา 1 นิ้ว

3. แบบตัวอักษรใช้ TH SarabunPSK โดยกำหนดขนาด ดังนี้

- 3.1 ชื่อบทความภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาด 18 point ตัวหนา กึ่งกลางหน้ากระดาษ
 - 3.2 ชื่อ-สกุลผู้เขียน ทุกท่านภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาด 12 point ตัวหนา ชิดซ้าย
 - 3.3 สถานที่ทำงาน หน่วยงานที่สังกัด อีเมล หมายเลขโทรศัพท์ ขนาด 12 point อ้างอิงเชิงบรรณ
 - 3.4 บทคัดย่อ ภาษาไทย และภาษาอังกฤษ ควรสั้นตรงประเด็น และเป็นการสรุปผลงานอย่างรัดกุม ครอบคลุมสาระสำคัญของการวิจัย ความยาวไม่เกิน 400 ตัวอักษร
 - 3.5 คำสำคัญ ภาษาไทย และภาษาอังกฤษ เป็นการกำหนดสาระสำคัญที่สามารถนำไปใช้เป็นคำสืบค้นในระบบฐานข้อมูล ไม่ควรยาวมากเกินไป และไม่ควรมากเกิน 3-5 คำ
 - 3.6 บทนำ (ความเป็นมา ความสำคัญ และมูลเหตุที่นำไปสู่การวิจัย)
 - 3.7 วัตถุประสงค์ (มูลเหตุของการศึกษาวิจัย ซึ่งสอดคล้องกับชื่อเรื่องที่ศึกษาวิจัย)
 - 3.8 เนื้อหาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี) เป็นการอ้างอิงแนวคิด ทฤษฎี หรือบทความที่เกี่ยวข้อง หากเป็นงานวิจัยเฉพาะทางควรมีส่วนนี้ เพื่ออธิบายข้อมูลพื้นฐานให้คนทั่วไปสามารถเข้าใจได้
 - 3.9 วิธีดำเนินการวิจัย เป็นการอธิบายวิธีการดำเนินการวิจัย ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือ วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล ควรเสนอรูปแบบและแสดงขั้นตอนอย่างกระชับและชัดเจน
 - 3.10 สรุปผลการวิจัย ควรนำเสนอผลอย่างชัดเจน น่าสนใจ ตรงประเด็น เป็นผลที่ค้นพบ โดยลำดับตามหัวข้อที่ศึกษา
 - 3.11 อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ อภิปรายสิ่งที่ได้จากการวิจัย การนำไปใช้ประโยชน์และข้อเสนอแนะต่างๆ
 - 3.12 เอกสารอ้างอิง ใช้ระบบนาม-ปี และหน้า (APA Style) ระบุแหล่งอ้างอิงเท่าที่ปรากฏในบทความ
- ผู้นำเสนอผลงานสามารถดูรายละเอียดรูปแบบการจัดทำบทความฉบับเต็ม (Full Paper) ได้ที่ www.northern.ac.th
- หากต้องการรายละเอียดเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ ฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น เลขที่ 888 หมู่ที่ 2 ตำบลหนองบัวใต้ อำเภอมือง จังหวัดตาก 63000
- โทรศัพท์ 0 5551 7488 ต่อ 808 โทรสาร 0 5551 7481 email : Journalsci@northern.ac.th

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นอร์ทเทิร์น

Journal of Science and Technology Northern

ปีที่ 3 ฉบับที่ 3 ประจำเดือน กรกฎาคม - กันยายน 2565

วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น

ฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น

888 หมู่ที่ 2 ตำบลหนองบัวไต้ อำเภอเมือง จังหวัดตาก 63000

โทร.055-517488 ต่อ 808 www.northern.co.th