



ปีที่ 34 ฉบับที่ 2 มีนาคม - เมษายน 2558

ISSN : 1686-9664

วารสาร

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

www.journal.msu.ac.th



บทบรรณาธิการ

ปัจจุบันนี้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ก้าวไกลไปอย่างรวดเร็วทั้งในระดับประเทศและระดับสากล นักวิจัยและนักวิชาการจำเป็นต้องพัฒนาองค์ความรู้ที่ใหม่และทันสมัยอยู่เสมอ ด้วยพันธกิจของเราในการเป็นสื่อกลางเผยแพร่องค์ความรู้ใหม่ๆ ที่เกิดจากผลงานวิจัยของนักวิจัยและนักวิชาการทั่วประเทศ วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ฉบับนี้ได้จัดพิมพ์บทความวิชาการและบทความความวิจัยที่มีเนื้อหาสาระที่น่าสนใจในหลากหลายสาขาวิชา อาทิ ด้านชีววิทยา เทคโนโลยีการเกษตร เทคโนโลยีพลังงาน วิทยาศาสตร์สุขภาพ และการพัฒนาระบบฐานข้อมูลเพื่อการท่องเที่ยว เป็นต้น ซึ่งบทความวิจัยเหล่านี้ได้ผ่านกระบวนการกลั่นกรองทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิในแต่ละสาขาวิชาอย่างเข้มข้น เพื่อให้ได้คุณภาพและความถูกต้องทางวิชาการ ท้ายนี้ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาให้ความข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์เพื่อควบคุมคุณภาพบทความวิจัยและวารสารให้ได้มาตรฐานในระดับสูง เราหวังเป็นอย่างยิ่งว่าสิ่งที่เรานำมาเผยแพร่จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านทุกท่าน ทั้งนักวิจัย นักวิชาการ นิสิตนักศึกษาและบุคคลทั่วไปที่ใฝ่หาความรู้ใหม่ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริธร ศิริอมรพรรณ
กองบรรณาธิการ

คำอธิบายภาพปก : ภาพประกอบบทความวิจัยเรื่อง Soil series map and soil sample plots study in the cultivated areas with *Oryza sativa* L., *Aquilaria crassna* and *Hevea brasiliensis*

ภาพปก : วรากร สุจริต. 2558, 161-170

สารบัญ

นิพนธ์ต้นฉบับ

- การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งยานพาหนะ
ด้วยวิธีค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ กรณีศึกษา ร้านโต้งน้ำแข็ง จังหวัดอุบลราชธานี 112
Solving Vehicle Routing Problem by using Iterated Local Search Optimization
Case Study: Tongnamkeang Shop, Ubon Ratchathani Province
กฤต จันทரசมัย, สมบัติ สินธุเชาวน์
Krit Chantarasmai, Sombat Sindhuchao
- การหาโค้งควบคุมที่เหมาะสมด้วยเทคนิคนกคูเวอ กรณีศึกษาอ่างเก็บน้ำลำปาว 118
Search Optimal Rule Curve using Cuckoo Search Algorithms Case Study Lampao Reservoir
วิทวัส พาโคกทอม, อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง, รัตนา หอมวิเชียร
Wittawat Pakoktom, Anongrit Kangrang, Rattana Homwichian
- การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนอิเล็กทรอนิกส์เพื่อรองรับกรอบการประกันคุณภาพการศึกษาไทย 125
E-Learning Development for Supporting a Thai Qualifications Framework for Higher Education
อนิรุทธ์ โชติถนอม
Anirut Chottanom
- การจัดกลุ่มทางเศรษฐกิจและสังคมของประชากรในจังหวัดมหาสารคาม 135
The Clustering of Socio-Economic in Mahasarakham Province
ยุภาพร มุลอัฐ, นิภาพร ชุติมันต์, บังอร กุมพล
Yupapron Moonut, Nipaporn Chutiman, Bungon Kumphon
- ผลของอีควอลต่อการเจริญเติบโตของอวัยวะสืบพันธุ์และอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับ
ระบบสืบพันธุ์และเมแทบอลิซึมของไขมันในตับในหนูแรทตัวเต็มวัยเพศผู้ 140
**Effect of Equol on Growth of Reproductive and Accessory Reproductive Organs
and Hepatic Lipid Metabolism in Adult Male Rats**
มัลลิกา สระศรี, ประยูกต์ ศรีวิไล, พนิดา เล้าชาญวูฒิ
Mallika Srasri, Prayook Srivilai, Panida Loutchanwoot
- ความสัมพันธ์ของการใช้ปัจจัยการผลิตข้าวเหนียวพันธุ์ กข6
ในระบบการเพาะปลูกที่แตกต่างกันของจังหวัดร้อยเอ็ด 156
**Correlation of Input Factors for RD6 Glutinous Rice Production
in Multiple Cropping Systems of Growers in Roi-Et Province.**
สอ้าน บุญจอง, อรวรรณ ศรีโสมพันธ์, พีระยศ แข็งขัน, สุรศักดิ์ บุญแต่ง
Saarn Boonjong, Orawan Srisompun, Perayos KangKhun, Surasak Boontang

สารบัญ

- การประเมินการเก็บกักคาร์บอนในดิน บริเวณสวนป่าฤษณา สวนยางพาราและนาข้าว 161
Estimation of Soil Carbon Flux in Cultivated Areas with Aquilaria crassna, Hevea brasiliensis, and Oryza sativa L.
วรากร สุจริต
Warakorn Sudjarit
- พฤติกรรมเสี่ยงทางเพศที่เกิดจากการบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ในกลุ่มวัยรุ่นหญิง: การศึกษาแบบภาคตัดขวาง ภาคกลาง ประเทศไทย 171
Alcohol use and Sexual-risk Behaviors Among Female Youths: a Cross-sectional Survey in Central Thailand
ณัฐจาพร พิชัยณรงค์, วิศิษฐ์ ฉวีพจน์กำจร
Natchaporn Pichainarong, Wisit Chaveepojnkamjorn
- ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการใช้ถุงยางอนามัยในกลุ่มนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เคยมีเพศสัมพันธ์ จังหวัดมหาสารคาม ปี 2555 180
Factor Associated with using Condom of Having Sex Student of Mathayomsuksa Five at Mahasarakham Province in 2013
พรสิทธิ์ ทวยนันท์, จารูวรรณ วิโรจน์, วรเชษฐ์ ชื่นนฤภัย
Pornsit Thuainan, Jaruwan Viroj, Worachead Chewnarupai
- การพัฒนาการบริการทางเภสัชกรรมแก่ผู้ป่วยจิตเภท โรงพยาบาล ๕๐ พรรษา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี 187
The Development of Pharmaceutical Service for Schizophrenia Patients at 50 Pansa Mahavajiralongkorn Hospital in Mueang District Ubon Ratchatani Province
พิมพ์วิวัฒน์ เพชรวงศ์, บั๊วรุณ ศรีชัยกุล, กฤษณา วุฒิสินธ์
Pimpawee Phetwong, Buavaroon Srichaikul, Kridsana Wuttisin
- บทความวิชาการ
ประโยชน์ของจุลินทรีย์โพรไบโอติกต่อสุขภาพ 196
Health Benefits of Probiotic Microorganisms
วิรัชณี แก่นแสนดี, สมพร มุลมั่งมี, อรุณรัศมี แสงศิลา,
ปรียาภรณ์ อิศรานูวัฒน์
Wiratchanee Kansandee, Somporn Moonmangmee, Arunrussamee Sangsila,
Pariyaporn Itsaranuwat

กวางเครือขาว : ราชินีแห่งสมุนไพรไทย

202

Pueraria mirifica : Queen of Thai Herb

อัญชลี ชุ่มบัวทอง

Anchalee Choombuathong

การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งยานพาหนะด้วยวิธีค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ กรณีศึกษา ร้านโต้งน้ำแข็ง จังหวัดอุบลราชธานี

Solving Vehicle Routing Problems by using Iterated Local Search Optimization Case Study: Tongnamkeang Shop, Ubon Ratchathani Province

กฤต จันทரசมัย^{1*}, สมบัติ สินธุเชาวน์²

Krit Chantarasamai^{1*}, Sombat Sindhuchao²

Received: 9 June 2014; Accepted: 14 October 2014

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีฮิวริสติกที่ใช้แก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่ง ด้วยการประยุกต์ใช้วิธีค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ เพื่อหาระยะทางรวมที่ต่ำที่สุด ภายใต้เงื่อนไขความต้องการของลูกค้าแต่ละรายไม่แน่นอน และระยะทางไป-กลับไม่เท่ากันในบางจุด กระบวนการทำงานของวิธีค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรก เป็นการสร้างคำตอบเริ่มต้นที่ไม่ขัดแย้งกับเงื่อนไขด้วยวิธี Clark and Wright Saving ขั้นตอนที่สองเป็นการปรับปรุงคำตอบสามวิธีกล่าวคือ วิธีการแลกเปลี่ยนลูกค้าระหว่างเส้นทาง วิธีการย้ายลำดับลูกค้าหนึ่งรายระหว่างเส้นทาง และวิธี 2-opt และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการรบกวนคำตอบตามเปอร์เซ็นต์ของจำนวนลูกค้าทั้งหมด ผลการทดสอบโดยเปรียบเทียบกับการจัดเส้นทางของกรณีศึกษาพบว่า วิธีการทดสอบที่นำเสนอให้ผลลัพธ์อยู่ในระดับที่ดี โดยสามารถลดระยะทางจากเดิม 95.53 กิโลเมตร เหลือ 69.18 กิโลเมตร หรือระยะทางลดลงคิดเป็น 27.58%

คำสำคัญ: ฮิวริสติก ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ วิธีการค้นหาคำตอบ

Abstract

This paper presents a heuristic for solving vehicle routing problems. The Iterated Local Search (ILS) is applied to solve for solutions with the objective of minimizing total distances. The demand from each customer is uncertain and distance between some pairs of customers is asymmetric. ILS consists of three phases. The first phase is to construct an initial feasible solution with the Clark and Wright Saving method. The second phase is to improve the solution obtained from the first phase by using three cooperative methods: Customer Exchange method, One Move Operator method and 2-OPT method. The final phase is to perturb the percentage of total customers for the solution. The experimental results compared to the current vehicle routes show that the proposed heuristic provides good solutions. The total distance can be reduced from 95.53 kilometers to 69.18 kilometers or decreased by 27.58%.

Keywords: heuristic, vehicle routing problem, local search methods

¹ อาจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190

¹ Lecturer, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantarawichai, Mahasarakham, 44150

² Asst.Prof., Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, 34190

* Corresponding author: Krit Chantarasamai, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantarawichai, Mahasarakham, 44150, krit@msu.ac.th

บทนำ

ในปัจจุบัน ธุรกิจต่างๆให้ความสำคัญต่อการบริการลูกค้ามากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในด้านการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการขยายตัวของเครือข่ายด้านการขนส่ง แต่ละบริษัทต่างต้องการเป็นผู้ที่ตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าให้ได้มากที่สุดและตรงเวลามากที่สุด ดังนั้นบริษัทจะต้องมีกลยุทธ์ในการแข่งขันที่เหมาะสม ไม่ว่าจะเป็นการจัดการด้านการขนส่ง ซึ่งเป็นกลยุทธ์ที่มีความสำคัญถ้าบริษัทไม่มีการจัดการด้านการขนส่งที่ดีพออาจทำให้เส้นทางขนส่งสินค้ามีระยะทางไกลหรือใช้จำนวนเที่ยวรถขนส่งสินค้ามากเกินไปกว่าที่ควรจะเป็น ทำให้ต้นทุนการขนส่งมากตามไปด้วย แต่หากบริษัทมีแบบแผนการจัดการเส้นทางขนส่งที่ดีและมีประสิทธิภาพ จะทำให้สามารถลดระยะทางในการขนส่งและลดจำนวนรอบในการวิ่งส่งสินค้าได้ ซึ่งมีผลทำให้ต้นทุนในการขนส่งสินค้าลดลงและส่งผลให้บริษัทเพิ่มความสามารถในการแข่งขันได้มากขึ้น ฌกร อินทร์พยุ่ง¹ ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem :VRP) เป็นปัญหาที่สำคัญในการจัดการด้านโลจิสติกส์

อย่างหนึ่งที่มีมุ่งเน้นการจัดการเส้นทางเคลื่อนย้ายสินค้าไปยังลูกค้าหรือผู้บริโภคให้มีประสิทธิภาพสูงสุดภายใต้เงื่อนไขความจุของยานพาหนะที่จำกัด ระยะเวลาที่จำกัดหรือมีเงื่อนไขอื่นๆ เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการต่ำที่สุด งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการจัดการเส้นทางขนส่งน้ำแข็งของยานพาหนะ ร้านโด่งน้ำแข็ง จังหวัดอุบลราชธานี โดยการประยุกต์ใช้วิธีค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ (Iterated Local Search:ILS) เพื่อจัดเส้นทางขนส่งน้ำแข็งให้มีประสิทธิภาพ เพื่อเป็นการช่วยลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงและยังช่วยลดต้นทุนให้กับกรณีศึกษา

การจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะด้วยวิธีค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ (Iterated Local Search:ILS) ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันมีนักวิจัยได้ทำการศึกษาหลายท่าน เช่น ในงานวิจัยของ Thomas Stutzle² ที่ได้วิเคราะห์และเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบในปัญหาของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem: TSP) โดยใช้วิธี Iterated Local Search (ILS) ในการหาคำตอบ พบว่า เวลาที่ใช้ในการหาคำตอบจากฮิวริสติกค่อนข้างได้ผลที่น่าประทับใจ Toshihide Ibaraki³ ประยุกต์ใช้ ILS หาคำตอบการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem) ภายใต้เงื่อนไขของเวลาที่มีการกำหนดค่าโทษในกรณีที่ส่งสินค้าไม่ทันเวลาที่กำหนด โดยการใช้ไดนามิกโปรแกรมมิ่ง (Dynamic Programming) ในการประมวลผล พบว่า วิธี ILS สามารถประมวลผลคำตอบและเวลาที่ใช้อยู่ในระดับที่น่าพอใจ โดยเฉพาะปัญหาขนาดใหญ่ ในปีเดียวกัน

Hideki Hashimoto⁴ ได้หาคำตอบการจัดเส้นทางยานพาหนะภายใต้เงื่อนไขของเวลาโดยใช้วิธี ILS พบว่า วิธี ILS สามารถหาคำตอบและเวลาที่ใช้ในการประมวลผลอยู่ในระดับที่น่าพอใจ ต่อมา Houda Derbel⁵ เสนอวิธี ILS ในการแก้ปัญหา Location-Routing ที่มีศูนย์กระจายสินค้าหลายแห่งเพื่อเปรียบเทียบผลกับวิธี Tabu search โดยทำการหาพื้นที่ทำเลที่ตั้งและจัดเส้นทางยานพาหนะไปพร้อมกันพบว่า คำตอบที่ได้เป็นที่น่าสนใจและได้เสนอแนะการใช้วิธี ILS ให้มีประสิทธิภาพนั้นจะต้องมีการทำ Local search ที่ดีด้วย Khaoula Hamdi⁶ ประยุกต์ใช้ ILS หาคำตอบของปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีเงื่อนไขของการขัดแย้งกันของวัสดุอันตราย (Vehicle Routing Problem with Conflicts) โดยทำการหาคำตอบเริ่มต้นด้วยวิธี Saving และทำการปรับปรุงคำตอบด้วยวิธี Local search ประกอบไปด้วยวิธี Customer Relocation, Route Exchange และ 2-OPT ก่อนที่จะเข้าการรวมคำตอบซึ่งผลออกมาสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ 6.25% Daniel Palhazi Cuervo⁷ เสนอการจัดเส้นทางยานพาหนะด้วยวิธี ILS เพื่อจัดเส้นทางขนส่งของรถบรรทุกเที่ยวเปล่าและเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่งสินค้า ผลการทดสอบอัลกอริทึม พบว่าคำตอบที่ได้อยู่ในระดับที่น่าพอใจ และในปีเดียวกัน Pieter Vansteenwegen⁸ จัดเส้นทางขนส่งของยานพาหนะแบบ Single-Vehicle Cyclic Inventory Routing Problem (SV-CIRP) ด้วยการประยุกต์ใช้ ILS เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการจำหน่ายสินค้าและค่าใช้จ่ายในคลังสินค้า จากผลการทดสอบ 50 กลุ่มตัวอย่าง สามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้เฉลี่ยที่ 16.02%

วิธีการดำเนินการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลจะเริ่มจากศึกษารูปแบบการขนส่งน้ำแข็งของกรณีศึกษา จากการเก็บข้อมูลพบว่า มีลูกค้าทั้งหมด 85 ราย มีผลิตภัณฑ์ที่ทำการขนส่งอยู่สองชนิด คือน้ำแข็งหลอดและน้ำแข็งบด ซึ่งบรรจุในกระสอบที่มีขนาดเท่ากัน มีถกระบะที่ใช้ในการขนส่งสามคัน โดยแต่ละคันมีความจุสูงสุดที่ 150 กระสอบ/คัน ความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละรายไม่แน่นอน (Stochastic) และถนนที่ใช้ในการขนส่งแบ่งเป็นสองช่องทางจราจร ดังนั้นระยะทางไป-กลับจะไม่เท่ากัน (Asymmetric) เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณผู้วิจัยหาค่าความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละรายจากหลักทางสถิติคือ การหาค่าเฉลี่ย (Mean) เนื่องจากลูกค้าแต่ละรายนั้นมีความต้องการสินค้าที่ไม่แน่นอนในแต่ละวัน ในการหาค่าเฉลี่ยของความ ต้องการ สินค้าของลูกค้าแต่ละรายนั้น ผู้วิจัยได้กำหนดการปิด

จุดทศนิยมที่ได้จากค่าเฉลี่ย คือ ถ้าจุดทศนิยมน้อยกว่า 0.5 จะปัดลงและถ้าจุดทศนิยมมากกว่า 0.5 จะปัดขึ้น ดังแสดง Table 1 การหาระยะทางของลูกค้าแต่ละรายผู้วิจัยกำหนดการหาจุดขนส่งสินค้าด้วยเครื่อง GPS Gramin Gpsmap 60Cx และคำนวณหาระยะทางระหว่างลูกค้าแต่ละราย โดยใช้วิธีวัดระยะทางจากโปรแกรม MapSource V.10 แล้วทำการบันทึกระยะทางลงในตารางเมตริกยะทางด้วย Microsoft Excel ดังแสดงใน Table 2

Table 1 Example of determine the needs of each customer

Customer	Demand per day					The average quantity
	1	2	3	4	5	
1	2	5	4	5	6	4.4 ~ 4.0
2	1	2	4	2	3	2.4 ~ 2.0

Table 2 Example of distance matrix

	0	1	2	3	4	...	85
0	0.00	0.39	0.82	2.02	3.03	...	6.42
1	0.39	0.00	0.48	1.54	1.79	...	7.82
2	0.70	0.28	0.00	0.83	1.15	...	8.53
3	2.02	1.54	0.83	0.00	0.69	...	8.11
4	3.00	1.09	1.10	0.69	0.00	...	8.01
:	:	:	:	:	:	0.00	:
85	1.06	1.56	1.11	1.40	0.45	...	0.00

การประยุกต์ใช้วิธีการค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ สำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง โดยทั่วไปแล้ว หลังจากสร้างเส้นทางเริ่มต้น มักจะมีการค้นหาคำตอบหรือปรับปรุงคำตอบให้ดีขึ้นด้วยหลากหลายวิธี เช่น การสลับลูกค้าระหว่างสองเส้นทาง เป็นต้น คำตอบที่ได้จากวิธีการค้นหาคำตอบส่วนใหญ่ จะไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดหรือใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุดเนื่องจากจะเป็นการค้นหาคำตอบในขอบเขตพื้นที่ของคำตอบที่ไม่กว้างพอ งานวิจัยนี้จึงประยุกต์ใช้การค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ(Iterated Local Search: ILS) ที่สามารถค้นหาคำตอบได้เป็นวงกว้างมากขึ้นจึงสามารถแก้ไขข้อด้อยดังกล่าวได้ ระบุพันธ์ ปีตาคะโส กล่าวว่าการค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ เป็นเมตาฮิวริสติกที่พัฒนามาจากวิธี

ค้นหาคำตอบแบบพื้นฐาน (Basic Local Search: BLS) โดยที่แนวคิดของ BLS คือค้นหาจุดที่ดีที่สุดในพื้นที่หนึ่งที่จำกัด ในพื้นที่ที่เป็นไปได้ ILS นำเอาข้อดีของ BLS มาใช้คือหาคำตอบที่ดีที่สุดในแต่ละพื้นที่ หลังจากนั้นทำการรบกวนคำตอบ (Perturbation) เพื่อให้ออกจากพื้นที่เดิมแล้วทำการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดในพื้นที่ใหม่ คุณภาพของ เมตาฮิวริสติกที่ได้จากการประยุกต์ใช้ ILS จะขึ้นอยู่กับสองประการหลัก คือ คุณภาพของ การปรับปรุงคำตอบเฉพาะพื้นที่ (Local Search :LS) และวิธีการในการรบกวน (Perturbation techniques)

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบขั้นตอนต่างๆ ของ อัลกอริทึมในการค้นหาคำตอบดังนี้

ขั้นตอนที่ 1

การสร้างคำตอบเริ่มต้น (Initial Solution) ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติก Clark and Wright Saving¹⁰ ในการสร้างเส้นทางเริ่มต้น เนื่องจากคำตอบเริ่มต้นมีส่วนที่สำคัญมากในการวิจัย การที่ได้คำตอบเริ่มต้นที่ดีจะทำให้การปรับปรุงขั้นตอนต่อไปมีประสิทธิภาพมากขึ้น คือเมื่อนำคำตอบเริ่มต้นไปปรับปรุงคำตอบ ย่อมจะทำให้เรามีโอกาสพบคำตอบที่ดีกว่าเดิม หรือใช้เวลาในการปรับปรุงคำตอบน้อยกว่าวิธี Saving เป็นวิธีฮิวริสติก

ชนิดหนึ่งที่ถูกเสนอโดย Clark and Wright Saving¹⁰ ซึ่งมีวิธีการหาคำตอบดังนี้

1. คำนวณหาค่าความประหยัด (Saving) ของจุดส่งสินค้าแต่ละคู่ จากการรวมจุดส่งสินค้าต่างๆ เข้าไว้ในเส้นทางหลัก ดังรูปที่ 2 แทนการจัดส่งสินค้าจากคลังสินค้า (Depot) ไป-กลับยังทุกๆ จุดส่งสินค้า ดังรูปที่ 1 ทำให้เกิดความประหยัดในการเดินทาง จะได้ค่าความประหยัด = $(D_{0i} + D_{i0} + D_{0j} + D_{j0}) - (D_{0i} + D_{j0} + D_{ij}) = D_{i0} + D_{0j} - D_{ij}$

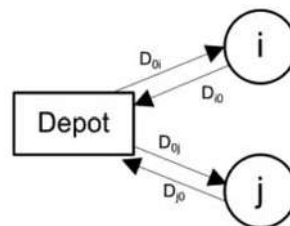


Figure 1 Delivery to-to every point of delivery

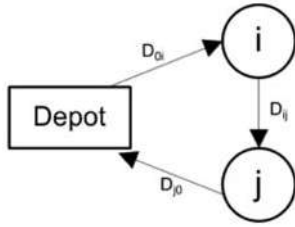


Figure 2 Combining the customer together

จะได้สมการในการคำนวณหาค่าความประหยัดดังนี้

$$S_{ij} = D_{i0} + D_{0j} - D_{ij} \quad (1)$$

เมื่อ

- S_{ij} = ค่าความประหยัดระหว่างคู่จุดส่งสินค้า i และ j
- D_{i0} = ระยะทางจากจุดส่งสินค้า i ไปยังคลังสินค้า
- D_{0j} = ระยะทางจากคลังสินค้าไปยังจุดส่งสินค้า j
- D_{ij} = ระยะทางจากจุดส่งสินค้า i ไปจุดส่งสินค้า j

2. ทำการเลือกคู่ที่เชื่อมต่อกันของลูกค้าที่มีค่า Saving สูงสุดและยังไม่ถูกจัดเข้าไปอยู่ในเส้นทาง

3. เพิ่มลูกค้าลงในเส้นทางโดยตรวจสอบเงื่อนไขของปัญหาว่า การรวมลูกค้าเข้าด้วยกันแล้ว จะทำให้เกิดความสามารถของยานพาหนะที่บรรทุกหรือไม่ หากพบว่าจำนวนสินค้าที่จุดใดๆ บนเส้นทาง มีค่าเกินกว่าที่กำหนดไว้ให้ทำการตัดลูกค้ารายล่าสุดออกจากเส้นทางและเชื่อมเส้นทางกลับไปยังคลังสินค้า และกลับไปทำขั้นตอนก่อนหน้านี้จนกระทั่งลูกค้าทุกรายถูกจัดให้อยู่ในเส้นทางการขนส่ง

ขั้นตอนที่ 2

หลังจากได้เส้นทางเริ่มต้นด้วยวิธี Clark and Wright Saving ในขั้นตอนที่ 2 ผู้วิจัยจะทำการปรับปรุงคำตอบโดยใช้เทคนิคฮิวริสติกการค้นหา (Search algorithm) ในรูปแบบต่างๆ คือ วิธีการแลกเปลี่ยนลูกค้าระหว่างเส้นทาง (Customer Exchange) วิธีการย้ายลำดับลูกค้าหนึ่งรายระหว่างเส้นทาง (One Move Operator) ที่ปรับปรุงคำตอบระหว่างเส้นทางสองเส้นทาง และวิธี 2-OPT ที่ทำการสลับเปลี่ยนลูกค้าภายในเส้นทางเดียวกันโดยมีรายละเอียดดังนี้

วิธีการแลกเปลี่ยนลูกค้าระหว่างเส้นทาง (Customer Exchange) เป็นการย้ายลูกค้าหลายรายระหว่างสองเส้นทาง แล้วทำการสลับลูกค้าทั้งหมดที่อยู่ถัดจากลูกค้ารายที่เลือก จากเส้นทางหนึ่งไปยังอีกเส้นทางหนึ่งการย้ายจะย้ายทุกๆ ตำแหน่งที่เป็นไปได้แสดง Figure 3

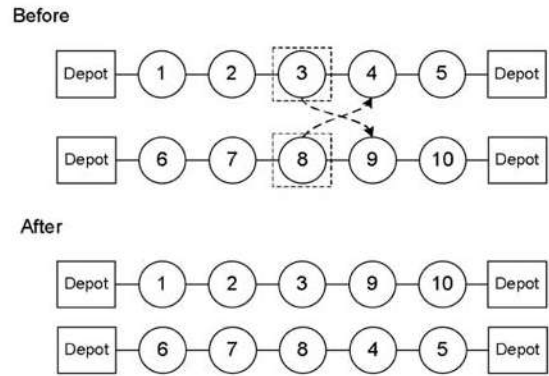


Figure 3 Example of Customer Exchanges

วิธีการย้ายลูกค้าหนึ่งรายระหว่างเส้นทาง (One Move Operator) เป็นการย้ายลูกค้าหนึ่งรายที่อยู่ในเส้นทางขนส่งจากเส้นทางหนึ่งไปยังอีกเส้นทางหนึ่งด้วยวิธีการแทรก โดยที่ไม่มีการย้ายลูกค้าสลับกลับมาเส้นทางเดิม Figure 4 และการย้ายจะต้องไม่ขัดแย้งกับเงื่อนไข ซึ่งในงานวิจัยนี้ลูกค้าจะถูกเลือกและย้ายไปแทรกในเส้นทางอื่นที่ไม่ใช่เส้นทางเดิมที่ลูกค้ารายนั้น ในทุกๆ ตำแหน่งที่เป็นไปได้

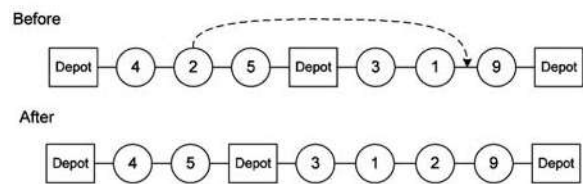


Figure 4 Example of One Move Operator

วิธี 2-OPT เป็นการย้ายลำดับของลูกค้าเฉพาะในเส้นทางขนส่งที่พิจารณาเท่านั้น โดยเริ่มจากการเลือกเส้นทางเชื่อมระหว่างลูกค้า (Arc) สองเส้นทางที่ไม่อยู่ติดกันแล้วสลับเส้นทางเชื่อมทั้งสองเส้นทางนั้น ซึ่งจะทำให้ลำดับของลูกค้าระหว่างสองจุดที่ถูกเลือกเปลี่ยนแปลงไปการย้ายจะย้ายทุกๆ ตำแหน่งที่เป็นไปได้แสดง Figure 5

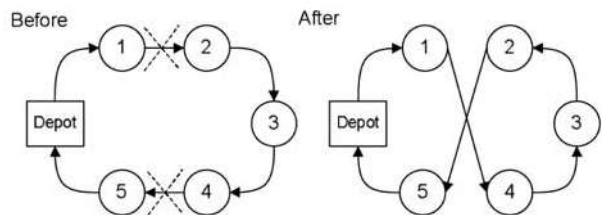


Figure 5 Example of 2-OPT

ขั้นตอนที่ 3

หลังจากที่ได้ทำการปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการแลกเปลี่ยนลูกค้าระหว่างเส้นทาง (Customer Exchange) วิธีการย้ายลูกค้าหนึ่งรายระหว่างเส้นทาง (One Move Operator) และวิธี 2-OPT ในทุกชุดคำตอบที่เป็นไปได้ในระยะ 2 แล้ว จากนั้นเส้นทางที่ได้จากการปรับปรุงคำตอบก็จะถูกรบกวน (Perturbation) ตามเปอร์เซ็นต์ของจำนวนลูกค้าทั้งหมด เพื่อให้ออกจากพื้นที่ของคำตอบเดิมแล้วทำการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดในพื้นที่ของคำตอบใหม่ ซึ่งขั้นตอนการรบกวนคำตอบสามารถอธิบายได้ตามขั้นตอนดังนี้

1. ทำการสุ่มเลือกจำนวนคู่ของลูกค้าที่จะสลับที่อยู่คนละเส้นทางตามเปอร์เซ็นต์การรบกวนคำตอบ คือ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 และ 10 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนลูกค้าทั้งหมด ที่ทำการขนส่งโดยผู้วิจัยกำหนดการปิดจุดทศนิยมที่ได้จากการรบกวนคำตอบ คือ ถ้าจุดทศนิยมน้อยกว่า 0.5 จะปิดลง และถ้าจุดทศนิยมมากกว่า 0.5 จะปัดขึ้น
2. เมื่อได้จำนวนคู่ของลูกค้าแล้ว ทำการสุ่มหาตำแหน่งของลูกค้าที่จะสลับในแต่ละคู่ มาทำการสลับลูกค้าโดย

ไม่พิจารณาข้อกำหนดด้านระยะทาง และความจุของยานพาหนะ

3. นำคำตอบที่ได้จากการรบกวนไปทำการปรับปรุงคำตอบ โดยใช้วิธีที่อธิบายไว้ที่ขั้นตอนที่ 2 ก่อนหน้านี้

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพของวิธีค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ (Iterated Local Search: ILS) ที่พัฒนาขึ้นโดยนำมาแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะของกรณีศึกษาและทำการเปรียบเทียบระยะทางการเดินทางขนส่งที่ได้จากวิธี ILS กับระยะทางการเดินทางขนส่งของกรณีศึกษา ผู้วิจัยได้กำหนดจำนวนรอบการคำนวณออกเป็นสามระดับ คือ 1,000, 3,000 และ 5,000 รอบ และการทดสอบแต่ละรอบได้แบ่งระดับการรบกวนคำตอบออกเป็น 10 ระดับ คือ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 และ 10 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนลูกค้าทั้งหมด โดยในแต่ละรอบการทดสอบของแต่ละระดับ ได้กำหนดจำนวนครั้งของการทดสอบระดับละ 5 ครั้ง เพื่อหาค่าระยะทางรวมต่ำที่สุดซึ่งผลการจัดเส้นทางที่ได้คำตอบที่ดีที่สุดสามารถแสดงได้ Table 3

Table 3 Performance test results of the Iterated Local Search (Kilometer)

Routing	Customer	Routing of Present	Saving	ILS_1	ILS_2	ILS_3	ILS_4	ILS_5	ILS_6
1	46	33.32	40.99	38.57	38.54	38.78	38.78	38.75	38.78
2	36	25.09	32.39	29.31	29.16	30.17	29.16	30.40	30.35
3	3	37.12	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48
Total Distance (Km.)		95.53	74.86	69.36	69.18	70.43	70.97	70.63	70.61
Distance down the same route (%)			21.64	27.39	27.58	26.27	25.71	26.06	26.08
Percent of Perturbation				2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00

Saving คือ วิธี Clark and Wright saving

- ILS_1 คือ ILS > Customer exchange > One move operator > 2-opt
- ILS_2 คือ ILS > Customer exchange > 2-opt > One move operator
- ILS_3 คือ ILS > One move operator > Customer exchange > 2-opt
- ILS_4 คือ ILS > One move operator > 2-opt > Customer exchange
- ILS_5 คือ ILS > 2-opt > Customer exchange > One move operator
- ILS_6 คือ ILS > 2-opt > One move operator > Customer exchange

จากผลการทดสอบอัลกอริทึมพบว่า วิธีค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำด้วยวิธีการ Customer Exchange, 2-OPT แล้ว One Move Operator ที่เปอร์เซ็นต์การรบกวนคำตอบ 2 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนลูกค้าทั้งหมด จะให้คำตอบที่มีระยะทาง

รวมสั้นที่สุด โดยเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นทางเดิมของกรณีศึกษาแล้วสามารถลดระยะทางจากเดิม 95.53 กิโลเมตร เหลือเพียง 69.18 กิโลเมตร หรือระยะทางลดลงคิดเป็น 27.58%

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยนำเสนอวิธีค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งน้ำแข็งของกรณีศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีระยะทางรวมในการขนส่งน้ำแข็งต่ำที่สุด ผลการทดสอบพบว่าทุกอัลกอริทึมที่ออกแบบให้ผลเฉลยคำตอบของระยะทางรวมต่ำกว่าเส้นทางปัจจุบันที่เจ้าของกิจการดำเนินการเอง ซึ่งวิธีค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำด้วยวิธีการ Customer Exchange, 2-OPT แล้ว One Move Operator ที่เปอร์เซ็นต์การรับกวนคำตอบสอง เปอร์เซนต์ของจำนวนลูกค้าทั้งหมด ให้ผลเฉลยของระยะทางรวมที่ต่ำที่สุด โดยสามารถลดระยะทางจากเดิม 95.53 กิโลเมตร เหลือเพียง 69.18 กิโลเมตร หรือระยะทางลดลงคิดเป็น 27.58%

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณรายได้ปีงบประมาณ 2557 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สมบัติ สินธุเชาวน์ เป็นอย่างสูง ที่ได้สละเวลาสำหรับคำปรึกษา คำแนะนำ และรวมถึงการเสนอแนะแนวทาง แนวคิด วิธีการแก้ไขปัญหา ในการทำงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ ห้องปฏิบัติการวิจัยการผลิตและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ได้ให้ความร่วมมือและช่วยเหลืออุปกรณ์ ในการทำงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

1. ณกร อินทร์พยุง. การแก้ปัญหาการตัดสินใจในอุตสาหกรรมขนส่งและลอจิสติกส์. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน); 2548.
2. Thomas Stutzle. Analyzing the Run-time Behaviour of Iterated Local Search for the TSP. Metaheuristics International Conference; 1999 July 19-22; Angra dos Reis, Brazil 1999. p.19-22.
3. Toshihide Ibaraki. An iterated local search algorithm for the vehicle routing problem with convex time penalty functions. Discrete Applied Mathematics 2008;156:2050-2069.
4. Hideki Hashimoto. An iterated local search algorithm for the time-dependent vehicle routing problem with time windows. Discrete Optimization 2008;5:434-456.

5. Houda Derbel. An Iterated Local Search for Solving A Location-Routing Problem. Electronic Notes in Discrete Mathematics 2010;36:875-882.
6. Khaoula Hamdi. AN ITERATED LOCAL SEARCH FOR THE VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH CONFLICTS. Proceedings of 8th International Conference of Modeling and Simulation; May 10-12; Hammamet, Tunisia; 2010. p.125-135.
7. Daniel Palhazi Cuervo. An iterated local search algorithm for the vehicle routing problem with Backhauls. European Journal of Operational Research 2014;237:454-464.
8. Pieter Vansteenwegen. An iterated local search algorithm for the single-routing cyclic inventory routing problem. European Journal of Operational Research 2014;237:802-813.
9. ระพีพันธ์ ปิตาคะโส. วิธีการเมตาฮิวริสติกเพื่อแก้ไขปัญหาการวางแผนการผลิตและการจัดการโลจิสติกส์. กรุงเทพมหานคร: ส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2554.
10. Clark, G. and Wright, J.W. Scheduling of vehicle from the central depot to a number of delivery Points. Operations Research 1967;12:568-581.

การหาโค้งควบคุมที่เหมาะสมด้วยเทคนิคนกคู้เหว่า กรณีศึกษาอ่างเก็บน้ำลำปาว

Search Optimal Rule Curve using Cuckoo Search Algorithms Case Study Lampao Reservoir

วิทวัส พาโคกทอม¹, อนงกริทธิ์ แข็งแรง², รัตนา หอมวิเชียร³

Wittawat Pakoktom¹, Anongrit Kangrang², Rattana Homwichian³

Received: 11 May 2014; Accepted: 20 August 2014

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อประยุกต์ใช้วิธีหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิคนกคู้เหว่าร่วมกับแบบจำลองการเลียนแบบเพื่อหาค่าโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำ โดยใช้ปริมาณการขาดแคลนน้ำน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในกระบวนการค้นหาคำตอบ การศึกษาที่พิจารณาข้อมูลโค้งควบคุมรายเดือนของอ่างเก็บน้ำลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำตั้งแต่ปี พ.ศ. 2511 - พ.ศ. 2554 ข้อมูลความต้องการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลอุทกวิทยา และข้อมูลทางกายภาพของอ่างเก็บน้ำลำปาว นอกจากนี้ยังได้สังเคราะห์ข้อมูลน้ำท่ารายเดือนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำจำนวน 100 ชุด เพื่อใช้ประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุม ซึ่งจะแสดงผลเป็นสถานการณ์น้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้น ในรูปแบบความถี่และช่วงเวลาของเหตุการณ์ ปริมาณน้ำเฉลี่ย และปริมาณน้ำสูงสุด ผลการศึกษาพบว่าโค้งควบคุมที่ได้จากวิธีหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิคนกคู้เหว่าร่วมกับแบบจำลองการเลียนแบบ มีรูปร่างคล้ายคลึงกับโค้งควบคุมเดิม โดยโค้งควบคุมใหม่เส้นล่างจะสูงกว่าโค้งควบคุมเดิมในช่วงฤดูแล้งคือตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม ทำให้สามารถรองรับน้ำได้เพิ่มขึ้นเพื่อเก็บกักน้ำไว้ตอบสนองความต้องการใช้น้ำ ส่วนโค้งควบคุมใหม่เส้นบนนั้นต่ำกว่าโค้งควบคุมเดิมในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม เพื่อลดความเสี่ยงโอกาสที่จะเกิดปัญหาน้ำท่วมในฤดูฝน สำหรับผลการประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุมใหม่ที่ได้พบว่าสถานการณ์น้ำขาดแคลนและน้ำไหลล้นมีค่าลดลงเล็กน้อย เมื่อทดสอบเพิ่มพื้นที่ชลประทานอีก 50,000 ไร่ พบว่าโค้งควบคุมใหม่ยังสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำได้ และค่าขาดแคลนน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 144 ล้านลูกบาศก์เมตรในรอบ 44 ปี

คำสำคัญ: โค้งกฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ เทคนิคนกคู้เหว่า การจัดการอ่างเก็บน้ำ การจำลองปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ

Abstract

This research aims to apply the cuckoo search algorithms connected with a simulation model in order to improve the rule curve of a reservoir. A minimum average water shortage was used to be the objective function for searching procedure. Monthly rule curves of the Lampao reservoir located in Kalasin province were considered in this study, which consists of average monthly inflows into the reservoir from year 1968 - 2011, net demand from the reservoir, hydrologic data and physical data of the Lampao reservoir. In addition, 100 samples of generated inflow data were used to evaluate the performance of newly obtained rule curves. These results present the situation of water shortage and overflow in terms of frequency and duration, amount of average and maximum water. The results found that the pattern of the obtained rule curves from the cuckoo search algorithms connected with a simulation model is similar to the existing rule curves. The new lower rule curve is higher than the existing rule curve during the dry season from January to May. Hence, it can increase storage water to meet the water demand. The new upper rule curve is lower

¹ นิสิตปริญญาโท, ²รองศาสตราจารย์, ³อาจารย์, สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

¹ Master student, ²Associate professor, ³Lecturer, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham, Thailand 44150, E-mail : anongrit.k@msu.ac.th

than the existing rule curves during June to August. For this reason, it also can reduce flood risk during rainy season. The results of the evaluation performance of the newly obtained rule curve found that water shortage and overflow decreased slightly. In the case of increasing the irrigation area of 8,000 hectares, the new rule curve can also be used as a basis for releasing water from the reservoir.

Keywords: reservoir rule curves, cuckoo search algorithms, reservoir management, reservoir operation simulation.

บทนำ

ในสภาวะการณ์ปัจจุบัน ทรัพยากรน้ำเป็นปัญหาที่มีความสำคัญอย่างยิ่งของประเทศ ปัญหาการขาดแคลนน้ำนั้นนับวันจะทวีความรุนแรง ซึ่งมีผลมาจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร การขยายตัวของชุมชนเมืองตามความเจริญเติบโตของประเทศ ตลอดจนการผันแปรของสภาพภูมิอากาศ การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำจึงต้องมีการจัดการให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด คือ การจัดการน้ำต้นทุน หรือเรียกว่าการจัดการด้านอุปทาน (Supply Management) และการจัดการด้านความต้องการสำหรับกิจกรรมการใช้น้ำ หรือที่เรียกว่าการจัดการด้านอุปสงค์ (Demand Management)[1]และปัจจุบันได้มีการศึกษาและวิจัยวิธีการจัดการอ่างเก็บน้ำอย่างต่อเนื่องอาจเป็นเพราะมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศและยังมีการเปลี่ยนแปลงอย่างอื่นอีกจากธรรมชาติและมนุษย์โดยพิจารณาจากความถี่และขนาดของการเกิดน้ำท่วมและการขาดน้ำในแต่ละปี

กฎการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operating Rules) ปัญหาของการจัดการอ่างเก็บน้ำ มีการเปลี่ยนแปลงและผันแปรของข้อมูลที่ใช้ในการจัดการอยู่ตลอดเวลาไม่แน่นอนอนตายตัว ซึ่งจะเป็นปัญหาแบบพลวัตและจะต้องจัดการอ่างเก็บน้ำแบบบูรณาการ

แนวทางหนึ่งสำหรับการจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ง่ายและมีประสิทธิภาพ คือการใช้โค้งกฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ (Rule Curve)[2][3]โดยทั่วไปแล้วจะเน้นความสะดวกและการใช้งานโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำจะประกอบด้วยเส้นกราฟสองเส้นคือ เส้นบน (Upper Rule Curve) และเส้นล่าง (Lower Rule Curve) โค้งทั้งสองเส้นนั้นเป็นเพียงขอบเขตบนและล่างของช่วงการควบคุมระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำเท่านั้น โดยจะพยายามควบคุมระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำให้ใกล้เคียงขอบเขตบนและล่างมากที่สุดในทุกฤดูฝนและฤดูแล้ง

การศึกษาก่อนหน้านี้มีการใช้เทคนิคเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm, GA)[4][5] วิธีดิฟเฟอเรนเชียลเอฟโวลูชัน (Differential Evolution Algorithm, DE)[6] และกระบวนการอาณานิคมมด (Ant Colony Optimization, ACO)[7] เพื่อค้นหา

โค้งควบคุมที่เหมาะสม อย่างไรก็ตามยังมีเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเทคนิคอื่นที่น่าสนใจอีกคือ เทคนิคนกคูดูเหว่า (Cuckoo Search Algorithms, CS)[8][9] ซึ่งเป็นเทคนิคทางเลือกอีกเทคนิคหนึ่ง สำหรับการค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุด หลักการของนกคูดูเหว่ามีจุดเด่นในด้านการค้นหาค่าตอบที่รวดเร็ว จึงนิยมนำมาใช้แก้ปัญหา Optimization เพื่อหา Global Optimum ที่ให้ค่าผลลัพธ์ของค่าตอบที่ดีที่สุด

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอเทคนิคนกคูดูเหว่าสำหรับประยุกต์ใช้เพื่อหาโค้งควบคุมที่เหมาะสมสำหรับการจัดการอ่างเก็บน้ำลำปาว อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์วัตถุประสงค์ของการวิจัย สร้างแบบจำลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสมสำหรับค้นหาโค้งควบคุมโดยใช้เทคนิคนกคูดูเหว่า และประเมินประสิทธิภาพของโค้งควบคุมที่ได้จากแบบจำลองของอ่างเก็บน้ำที่สร้างขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

แบบจำลองการเลียนแบบสภาพสมดุลงน้ำ

ในการศึกษาสภาพสมดุลงน้ำของลุ่มน้ำต่าง ๆ นั้น แบบจำลองที่นิยมใช้กันมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันคือ HEC-3, HEC-5[9] และ HEC-RAS[10]โดยใช้หลักการสมดุลงน้ำ ในการศึกษาครั้งนี้ได้สร้างแบบจำลองสภาพสมดุลงน้ำขึ้นเองภายใต้หลักการเดียวกันกับแบบจำลองข้างต้น (MATLAB) เพื่อให้สะดวกต่อการเชื่อมต่อกับเทคนิคนกคูดูเหว่า และการพัฒนาในอนาคต ซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นนี้สามารถใช้หาได้ทั้งสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ และสถานการณ์ที่เกิดน้ำไหลล้นได้ (ความถี่ ขนาด ช่วงเวลา) โดยทั่วไปการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำอเนกประสงค์ในระยะยาวจะใช้โค้งควบคุมและหลักการสมดุลงน้ำของอ่างเก็บน้ำ

ในการเริ่มต้นคำนวณสภาพสมดุลงน้ำของแต่ละอ่างจากโค้งควบคุม จะกำหนดให้ปริมาตรเก็บกักเริ่มต้นของอ่างที่ระดับเต็มอ่างหรือปริมาตรเก็บกักสูงสุด (full capacity) ส่วนปริมาณน้ำระบาย จะหาได้ตามเกณฑ์การปล่อยน้ำมาตรฐาน (Standard Operating Rule) ดังแสดงใน Figure 1 และสมการที่ 1

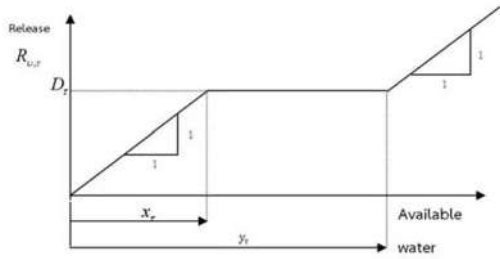


Figure 1 Standard Operating Rule

$$R_{v,\tau} = \begin{cases} D_r + W_{v,\tau} - y_r, & \text{for } W_{v,\tau} \geq y_r + D_r \\ D_r, & \text{for } x_r \leq W_{v,\tau} < y_r + D_r \\ D_r + W_{v,\tau} - x_r, & \text{for } x_r - D_r \leq W_{v,\tau} < x_r \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (1)$$

เมื่อ $R_{v,\tau}$ คือปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำ (หน่วย ล้าน ลบ.ม.) ในช่วงปี v ของเดือน τ ($\tau = 1$ ถึง 12 แทนเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม) D_r เป็นความต้องการใช้น้ำทำอ่างของเดือน τ (หน่วย ล้าน ลบ.ม.), x_r เป็นขอบเขตล่างของโค้งควบคุมของเดือน τ , y_r เป็นขอบเขตบนของโค้งควบคุมของเดือน τ และ $W_{v,\tau}$ เป็นปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ของอ่างในเดือน τ (หน่วย ล้าน ลบ.ม.) จากนั้นคำนวณหาต้นทุนที่มีอยู่ของอ่างเก็บน้ำในเดือนถัดไป โดยใช้หลักสมการสมดุลน้ำต่อไปนี้

$$W_{v,\tau+1} = S_{v,\tau} + Q_{v,\tau} - R_{v,\tau} - E_r - DS \quad (2)$$

เมื่อ $S_{v,\tau}$ เป็นปริมาณน้ำเก็บกักของอ่างเมื่อสิ้นสุดเดือน τ (หน่วย ล้าน ลบ.ม.), $Q_{v,\tau}$ เป็นปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ไหลเข้าอ่างในเดือน τ ปี v (หน่วย ล้าน ลบ.ม.), E_r เป็นค่าการระเหยรายเดือนเฉลี่ยเดือน τ (หน่วย ล้าน ลบ.ม.) และ DS (dead storage) เป็นปริมาตรเก็บกักที่ไม่ได้ใช้การ (หน่วย ล้าน ลบ.ม.) เมื่อทำการจำลองสภาพสมดุลน้ำโดยใช้แบบจำลองการเลียนแบบสภาพสมดุลน้ำที่สร้างขึ้นจนครบจำนวนปีที่มีข้อมูลแล้ว ก็จะได้ผลการจำลองเป็นสถานการณ์ขาดแคลนน้ำ และสถานการณ์ที่เกิดน้ำส่วนเกิน (ความถี่ ขนาด ช่วงเวลา) จากนั้นก็ทำการบันทึกข้อมูลดังกล่าวไว้

การประยุกต์วิธีการหาค่าที่เหมาะสมด้วยเทคนิค
นกดูเหว่ากับแบบจำลองการเลียนแบบสภาพสมดุลน้ำ

การคำนวณค่าโค้งควบคุมจากแบบจำลองเทคนิคนกดูเหว่า โดยกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในการทำงาน จำนวนรอบของการทำงาน จำนวนรังเริ่มต้น โดยนกดูเหว่า จะทำการบินค้นหารังเพื่อวางไข่ลงไปในรัง และหลังจากที่วางไข่แล้วนกดูเหว่า จะทำการประเมินค่าของรังที่วางไข่ทุกครั้งเพื่อเก็บรังที่ดีที่สุดไว้ ซึ่งคือการเลือกค่าปริมาณการเก็บกักควบคุมแต่ละเดือนทั้ง 12 เดือน จำนวน 24 ค่า เป็นการสร้างค่าโค้งควบคุมเริ่มต้น หลังจากนั้นนำค่าโค้งควบคุมที่ได้มาดำเนินการจำลองปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operation Simulation) โดยมีปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ โดยการทำงานของเทคนิคนี้จะเป็นแบบวนซ้ำหากยังไม่ถึงเงื่อนไขที่ตั้งไว้จะทำงานต่อจนกระทั่งเมื่อครบรอบที่กำหนดและจะได้ค่าโค้งควบคุมที่เหมาะสม ดังแสดงใน Figure 2

จากนั้นนำค่าคำตอบโค้งควบคุมเริ่มต้นเหล่านี้ไปใช้เป็นค่าของโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำในแบบจำลองการศึกษาเลียนแบบ แล้วคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องปล่อยในแต่ละเดือนภายใต้โค้งควบคุมชุดนี้ เพื่อนำไปประเมินสถานการณ์น้ำขาดแคลนตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหาคำตอบการศึกษารังนี้ใช้ค่าปริมาณน้ำขาดแคลนเฉลี่ยต่ำสุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการค้นหาคำตอบซึ่งแสดงดังสมการ

$$Min(Aver) = \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n Sh_v \quad (3)$$

เมื่อ n เป็นความยาวของชุดข้อมูลปริมาณน้ำต้นทุน Sh_v ปริมาณน้ำที่ขาดในปี v (ปริมาณน้ำที่ปล่อยน้อยกว่าเป้าหมายความต้องการใช้น้ำ)

ข้อจำกัดของการจัดการน้ำ (Constraints)

ก) ข้อจำกัดด้านความจุอ่างที่ระดับเก็บกัก และระดับต่ำสุด $S_{min} \leq S_{v,\tau} \leq S_{max}$

เมื่อ S_{max} = ปริมาณน้ำเก็บกักสูงสุด 1,981 ล้าน ลบ.ม.
 S_{min} = ปริมาณน้ำเก็บกักต่ำสุด 100 ล้าน ลบ.ม.

ข) ข้อจำกัดด้านการรักษาสมดุลนิเวศวิทยาทำให้น้ำ โดยกำหนดให้ต้องมีการปล่อยน้ำอย่างน้อย 5 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที หรือ 13 ล้าน ลบ.ม.ต่อเดือน

ค) ข้อจำกัดด้านการระบายน้ำ เนื่องจากสามารถระบายน้ำด้านท้ายน้ำไม่เกิน 200 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที หรือไม่เกิน 518 ล้าน ลบ.ม.ต่อเดือน

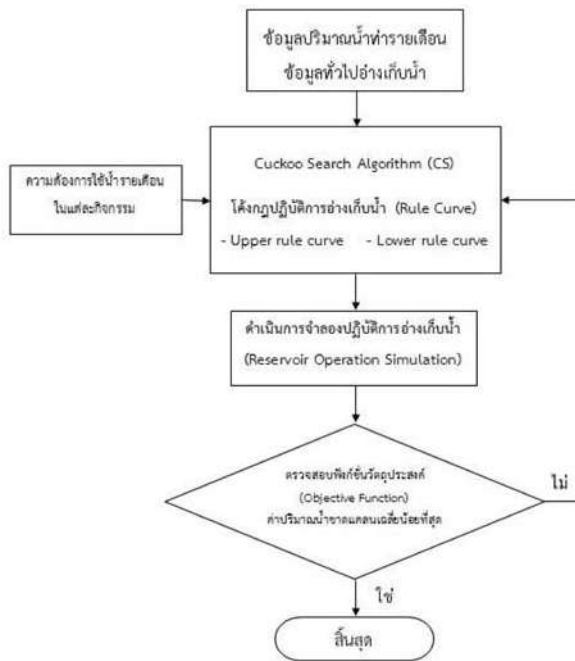


Figure 2 Integrated iterative algorithm between CS and Simulation

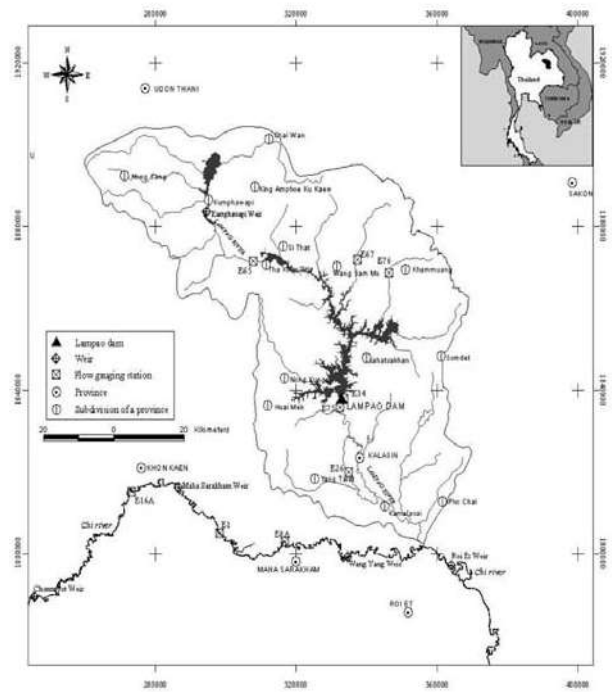


Figure 3 Location of the Lampao Reservoir

การประยุกต์ใช้เทคนิคนกคูเวหา

ในการศึกษาที่เลือกใช้กับอ่างเก็บน้ำลำปาวเป็นลำน้ำสาขาสำคัญของแม่น้ำชีมีต้นน้ำอยู่ที่หนองหาน อำเภอกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี แล้วไหลลงมารวมกับแม่น้ำชีที่อำเภอกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์ดังแสดงใน Figure 3 ลักษณะก่อนปรับปรุงตัวเชื่อมความจุน้ำเก็บกักปกติ 1,430 ล้าน ลบ.ม. ระดับน้ำเก็บกักปกติ 162 ม.(ร.ท.ก.) ครอบคลุมพื้นที่ชลประทานทั้งสิ้น 502.4 ตารางกิโลเมตร ต่อมาเมื่อปี พ.ศ.2551 ได้มีการปรับปรุงเพิ่มความจุอ่างเก็บน้ำเป็น 1,981 ล้าน ลบ.ม.ระดับน้ำเก็บกักปกติ 164 ม.(ร.ท.ก.) [11] แผนผังการไหลของลุ่มน้ำลำปาวดังแสดงใน Figure 4 ประกอบด้วยข้อมูลฝนเฉลี่ยรายปี 1,400 มม./ปี ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำประมาณ 2,230 ล้าน ลบ.ม.และปริมาณน้ำไหลหลากในรอบ 500 ปี คือ 5,482 ลบ.ม./วินาที โดยใช้ข้อมูลน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในอดีตตั้งแต่ พ.ศ.2511 - 2554 จำนวน 44 ปี ดังแสดงใน Figure 5(a)

ในการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองเทคนิคนกคูเวหาจะดำเนินการโดย นำโค้งของเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่เหมาะสมใช้ในการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในระยะยาวด้วยข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำด้วยข้อมูลที่สังเคราะห์ขึ้นมา 100 ชุดข้อมูล จากข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำจำนวน 44 ปี ตั้งแต่ พ.ศ.2511 – 2554 ดังแสดงใน Figure 5(b) ครอบคลุมเหตุการณ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้รวมถึงเหตุการณ์ในอดีตที่เคยเกิดขึ้นผ่านมา ทำการจำลองสภาพการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในระยะยาวด้วยดำเนินการจำลองปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ เพื่อศึกษาพฤติกรรมของระบบจากกฎของการจัดการและควบคุม แล้วคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องปล่อยในแต่ละเดือนภายใต้โค้งของเกณฑ์การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ

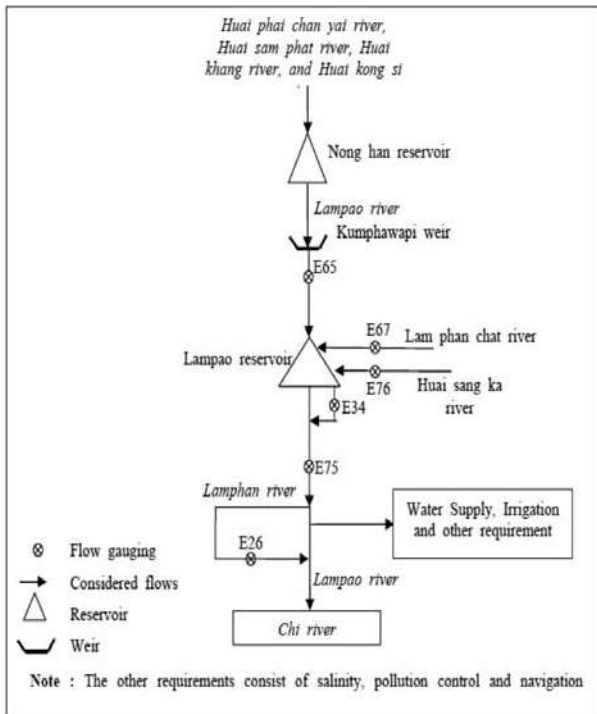
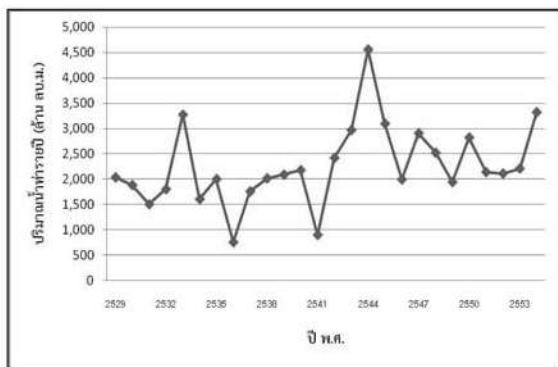
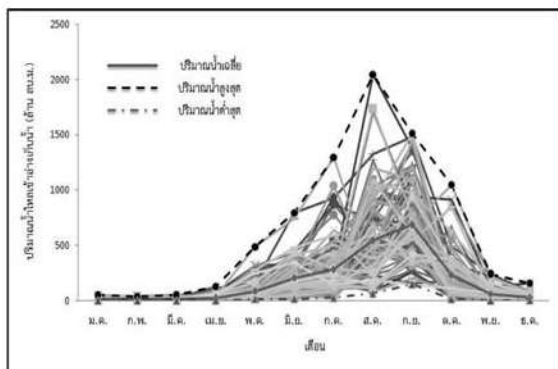


Figure 4 Schematic diagram of flow in the Lampao river basin



(a)



(b)

Figure 5 Historic inflows to the Lampao Reservoir

ผลการทดลอง

ผลการสร้างโค้งควบคุมจากแบบจำลองเทคนิคคนกุดเหว่า ปริมาณน้ำเก็บกัก 1,981 ล้าน ลบ.ม. แสดงใน Figure 6 มีลักษณะดังนี้

โค้งควบคุมเส้นล่าง (Lower Rule Curve, LRC) ลักษณะเส้นโค้งมีทิศทางสอดคล้องกับเส้นโค้งเดิม มีค่าระดับน้ำสูงกว่าเส้นโค้งเดิมเพื่อเก็บกักน้ำไว้ตอบสนองความต้องการใช้น้ำในเขตพื้นที่ชลประทานในช่วงฤดูแล้ง ช่วงเดือนมกราคม-พฤษภาคม และมีค่าระดับสูงกว่าเส้นโค้งเดิมในฤดูฝนเพื่อเก็บกักน้ำ รักษาปริมาณน้ำในช่วงเดือนมิถุนายน-พฤศจิกายน จากนั้นแนวโน้มของเดือนพฤศจิกายนจะพร่องน้ำในส่วนปริมาณน้ำส่วนเกิน เพื่อใช้ในฤดูแล้ง ส่งผลให้มีปริมาณน้ำเพียงพอตอบสนองความต้องการใช้น้ำในเขตพื้นที่ชลประทานที่มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ลดปัญหาการขาดแคลนน้ำ

โค้งควบคุมเส้นบน (Upper Rule Curve, URC) ลักษณะเส้นโค้งมีทิศทางสอดคล้องกับเส้นโค้งเดิมมีค่าระดับน้ำสูงกว่าเส้นโค้งเดิมเพื่อเก็บกักน้ำไว้ตอบสนองความต้องการใช้น้ำในเขตพื้นที่ชลประทานในช่วงเดือนสิงหาคม-ตุลาคม จากนั้นเส้นโค้งจะต่ำกว่าเส้นโค้งเดิมช่วงเดือนเมษายน-กรกฎาคม เพื่อลดปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำลดความเสี่ยงโอกาสที่จะเกิดปัญหาน้ำท่วมในฤดูฝนตลอดจนสามารถรับน้ำได้เพิ่มขึ้น

และพบว่าโค้งควบคุมที่คำนวณได้จากแบบจำลองเทคนิคคนกุดเหว่า สถานการณ์การขาดแคลนน้ำ ในช่วงระยะเวลา 44 ปี มีค่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ยเท่ากับ 0.773 ครั้ง/ปี 90.727 ล้าน ลบ.ม. และ 3.778 ปี ตามลำดับ สถานการณ์การไหลล้นในช่วงระยะเวลา 44 ปี มีค่าความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.932 ครั้ง/ปี 884.399 ล้านลบ.ม.และ 10.25 ปี ตามลำดับ

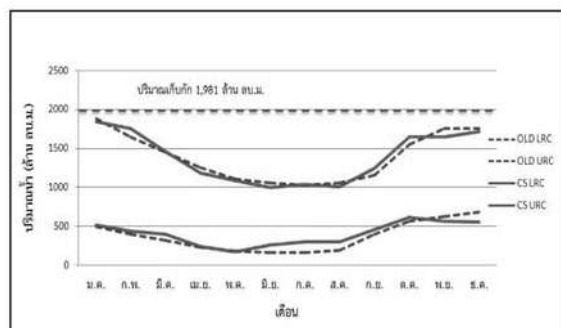


Figure 6 Optimal rule curves of the Lampao Reservoir (new and existing system)

การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองเทคนิค
 นกตุหว่าจะดำเนินการโดยนำโค้งที่ได้มาใช้ปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ
 เพื่อประเมินประสิทธิภาพโค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำ
 สถานการณ์การขาดแคลนน้ำ และการไหลล้น ซึ่งในการ
 ประเมินประสิทธิภาพจะทำการประเมินใน 2 กรณีคือกรณี
 ความต้องการใช้น้ำปกติ และกรณีเพิ่มพื้นที่ชลประทาน
 50,000 ไร่

Table 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพกรณีความต้องการ
 การใช้น้ำปกติเพื่อประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การ
 ไหลล้น โดยทำการพิจารณาความถี่ของการเกิดสถานการณ์
 ปริมาณน้ำ ช่วงเวลาการเกิด ตามวัตถุประสงค์ พบว่าโค้ง
 ควบคุมที่ได้จากแบบจำลองเทคนิคนกตุหว่า โดยใช้ข้อมูลน้ำ
 ที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำในช่วงระยะเวลา 44 ปี 100 ชุดข้อมูล
 สถานการณ์การขาดแคลนน้ำ มีค่าความถี่ของปริมาณน้ำที่
 ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการ
 ขาดแคลนเฉลี่ยเท่ากับ 0.763 ± 0.053 ครั้ง/ปี 84.109 ± 11.432
 ล้าน ลบ.ม. และ 3.980 ± 1.122 ปี ตามลำดับ สถานการณ์การ
 ไหลล้น มีค่าความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บ
 น้ำเฉลี่ย และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยเท่ากับ
 0.929 ± 0.036 ครั้ง/ปี 917.501 ± 55.367 ล้าน ลบ.ม. และ
 13.624 ± 6.335 ปี ตามลำดับ

Table 2 ผลการประเมินประสิทธิภาพกรณีความต้องการ
 การใช้น้ำปกติ และเพิ่มพื้นที่ชลประทาน 50,000 ไร่ เพื่อ
 ประเมินสถานการณ์การขาดแคลนน้ำ การไหลล้น โดยทำการ
 พิจารณาความถี่ของการเกิดสถานการณ์ ปริมาณน้ำ ช่วงเวลา
 การเกิด ตามวัตถุประสงค์ พบว่าโค้งควบคุมที่ได้จากแบบ
 จำลองเทคนิคนกตุหว่า โดยใช้ข้อมูลน้ำที่ไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ
 ในช่วงระยะเวลา 44 ปี 100 ชุดข้อมูล สถานการณ์การขาดแคลน
 น้ำมีค่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน ปริมาณน้ำที่
 ขาดแคลนเฉลี่ย และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ยเท่ากับ
 0.800 ± 0.051 ครั้ง/ปี 144.540 ± 14.901 ล้าน ลบ.ม. และ
 4.765 ± 1.338 ปี ตามลำดับ สถานการณ์การไหลล้น มีค่า
 ความถี่ของการไหลล้น การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ย และ
 ช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.915 ± 0.038
 ครั้ง/ปี 835.837 ± 51.882 ล้าน ลบ.ม. และ 11.588 ± 5.131 ปี
 ตามลำดับ

Table 1 Situations of water shortage and excess release
 of the systems.

Situations (times/year)	Fre- quency	Magnitude (MCM/year)		Duration (year)		
		Aver- age	Maxi- mum	Average	Maxi- mum	
Water Shortage	μ	0.763	84.109	368.870	3.980	9.920
	σ	0.053	11.432	87.092	1.122	2.915
Overflow	μ	0.929	917.501	2672.607	13.624	22.560
	σ	0.036	55.367	390.664	6.335	7.543

Note : μ = mean, σ = standard deviation

Table 2 Situations of water shortage and excess release
 of the systems for additional irrigation area 8,000
 hectares.

Situations (times/year)	Fre- quency	Magnitude (MCM/ year)		Duration (year)		
		Aver- age	Maxi- mum	Average	Maxi- mum	
Water Shortage	μ	0.800	144.540	533.950	4.765	11.220
	σ	0.051	14.901	100.125	1.338	3.477
Overflow	μ	0.915	835.837	2506.985	11.588	20.790
	σ	0.038	51.882	380.945	5.131	6.932

Note : μ = mean, σ = standard deviation

จากการจำลองเหตุการณ์ปริมาณน้ำเก็บกัก 1,981
 ล้าน ลบ.ม. พบว่า โค้งกฎปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำที่คำนวณได้
 จากวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค มีความ
 เหมาะสมสามารถควบคุมการบริหารจัดการน้ำบรรเทาการ
 ขาดแคลนน้ำ ตอบสนองความต้องการใช้น้ำ มีปริมาณน้ำ
 เพียงพอ ลดปัญหาอุทกภัยด้านท้ายน้ำได้ดีกว่าโค้งกฎปฏิบัติการ
 อ่างเก็บน้ำเดิมเท่ากับ 36.629 ล้าน ลบ.ม.

สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้วิธีหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยเทคนิคการค้นหา ร่วมกับแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงเพื่อหาค่าหาโค้งควบคุมของอ่างเก็บน้ำ และใช้ปริมาณน้ำขาดแคลนน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ สำหรับค้นหาโค้งควบคุมที่เหมาะสม ผลการศึกษารูปได้ว่าแบบจำลองที่เสนอให้โค้งควบคุมที่มีรูปร่างใกล้เคียงกับโค้งควบคุมเดิม และสถานการณ์การขาดแคลนน้ำมีค่าความถี่ของปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเท่ากับ 0.763 ครั้ง/ปี ปริมาณน้ำที่ขาดแคลนเฉลี่ยเท่ากับ 84.109 ล้าน ลบ.ม. และช่วงเวลาการขาดแคลนเฉลี่ยเท่ากับ 3.980 ปี ตามลำดับ สถานการณ์ไหลล้น พบว่า ความถี่ของการไหลล้นเท่ากับ 0.929 ครั้ง/ปี การไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 917.501 ล้าน ลบ.ม. และช่วงเวลาการไหลล้นจากอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 13.624 ปีตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำปาว ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับการศึกษาในครั้งนี้ และขอขอบคุณห้องวิจัยแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

เอกสารอ้างอิง

- [1] เจษฎา แก้วกัลยา. (2535). เอกสารประกอบการเรียนวิชา Water Management. ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [2] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.(EGAT), 2545. "คู่มือปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเขื่อนอุบลรัตน์"
- [3] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (EGAT), 2547. "คู่มือปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำภูมิพลและสิริกิติ์"
- [4] Chang C.L. & Yang C.C. (2002). Optimizing the RuleCurve for Multi-Reservoir Operations Using a GeneticAlgorithm and HEC-5. Journal of Hydros-cience and Hydraulic Engineering, 20(1), 59-75.
- [5] Chang J.F., Chen L. & Chang C.L. (2005). Optimizing Reservoir Operating Rule Curves by Genetic Algorithms. Hydrological Processes, 19, pp 2277–2289.
- [6] Hormwichian R. &Kangrang A. (2012) Coupled-operations model and a conditional differential evolution algorithm for improving reservoir management. International Journal of Physical Sciences, 7(42), 5701–5710.
- [7] Kangrang A. &Lokham C.(2013).“Optimal Reservoir Rule Curves Considering Conditional Ant Colony Optimization with Simulation Model”.American Journal of Applied Sciences, 13(1), 154–160
- [8] กิตติพงษ์ จรัญศิริไพศาล. (2555). การเพิ่มความถูกต้องของตัวแบบซัพพอร์ตเวกเตอร์แมทซ์แบบค่ากำลังสองน้อยที่สุดด้วยขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดูเหว่า. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- [9] Yang, X.S. & Deb, S. (2009). Cuckoo search via Lavy flights. In Deb, S., Abraham, A., & Herrera, F. (Eds.). 2009 World Congress on Nature and Biologically Inspired Computing, 9-11 December 2009, Coimbatore, India. (pp. 210 – 214). India: Coimbatore.
- [10] Leticia B. Rodriguez . (2008). Fullyconservative coupling of HEC-RAS with MODFLOW to simulate stream–aquifer interactions in a drainage basin. Journal of Hydrology, 353, 129–142.
- [11] กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2554). รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการปรับปรุงประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำอ่างเก็บน้ำลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

การพัฒนาบบจัดการเรียนการสอนอิเล็กทรอนิกส์เพื่อรองรับกรอบการประกันคุณภาพการศึกษาไทย

E-Learning Development for Supporting a Thai Qualifications Framework for Higher Education

อนิรุทธ์ โชติถนอม¹

Anirut Chottanom¹

Received: 24 May 2014; Accepted: 8 September 2014

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงระบบสารสนเทศสำหรับการจัดการเรียนการสอน (www.wbi.msu.ac.th) ของคณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ให้รองรับการประกันคุณภาพการศึกษาของมหาวิทยาลัย โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มความสะดวกรวดเร็วให้กับอาจารย์ในการจัดทำ มคอ. 3 และ มคอ. 5 โดยการพัฒนาชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์เพิ่มเติมด้วยภาษา VB Scrip และใช้ฐานข้อมูล Microsoft Access 2000 เพื่อทำงานร่วมกับชุดคำสั่งเดิม ซึ่งประกอบด้วยชุดคำสั่ง รายละเอียดของวิชา เอกสารการสอน สิ่งาน แนะนำเว็บไซต์ แนะนำหนังสือ และข้อมูลนักเรียน เป็นต้น ผลการทดลองใช้งานระบบที่พัฒนาขึ้นโดยผู้ใช้งานซึ่งเป็นอาจารย์คณะวิทยาการสารสนเทศมหาวิทยาลัยมหาสารคาม จำนวน 10 คน โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจระดับคะแนน 1-5 (ไม่พอใจมาก-พอใจมาก) พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในการใช้งานระบบทั่วไปและการใช้งานเพื่อจัดทำ มคอ. 3 และ มคอ. 5 อยู่ในระดับพอใจถึงพอใจมาก มีคะแนนเฉลี่ย 4.2 โดยคะแนนความพึงพอใจการใช้งานเพื่อจัดทำ มคอ. 3 และ มคอ. 5 มีค่าค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้งานระบบทั่วไป มีคะแนนเฉลี่ย 4.5 ขณะที่การใช้งานระบบทั่วไปด้านความง่ายในการใช้งานมีระดับคะแนนเฉลี่ย 4.0

คำสำคัญ: กรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ มคอ.3 มคอ.5 ระบบจัดการเรียนการสอนอิเล็กทรอนิกส์ การประเมินความพึงพอใจ

Abstract

This research was carried out in an attempt to improve the E-Learning system (wbi.msu.ac.th) at the Faculty of Informatics, Mahasarakham University. The E-Learning system was developed to support the University's quality assurance of education mandate. The system aspired to include more convenient preparation of Thai qualification frameworks for higher education, TQF 3 and TQF 5. The updated functions were developed by using VB Scrip. In addition, Microsoft Access 2000 database was applied in order to run together with the previous functions such as course description, instructional document, assignment, website suggestion, book suggestion and student list. The results were concluded from evaluation scores of 10 user samples (lecturers in faculty of Informatics Mahasarakham University) by using a preference test with 1-5 point scales (very dissatisfied-very satisfied). The score levels of the general system usability and the TQF 3 and TQF 5 preparation were in the range of satisfied to very satisfied showing at 4.2. However, the score of the TQF 3 and TQF 5 preparation showing at 4.5 was higher than those of the general system usability which was 4.0 for a simple usability.

Keywords: TQF: HEd, TQF 3, TQF 5, E-learning, preference test

¹ อาจารย์, คณะวิทยาการสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

¹ Lecturer, Faculty of Informatics, Mahasarakham University

บทนำ

เมื่อปี พ.ศ. 2545 คณะวิทยาการสารสนเทศได้นำระบบจัดการข้อมูลการเรียนการสอนออนไลน์ (www.wbi.msu.ac.th) หรือเรียกชื่อย่อว่า wbi ซึ่งเป็นระบบที่พัฒนามาจากงานวิจัยเรื่องระบบจัดการข้อมูลการเรียนการสอนสำหรับโรงเรียนในระดับมัธยมศึกษาด้วยอินเทอร์เน็ต¹ เมื่อปี 2545 ของผู้วิจัยเอง ระบบนี้มีความสามารถในการจัดการข้อมูลการสอนรายวิชา เช่น การจัดการแผนการสอน เอกสารการสอน การส่งงาน การจัดการข้อมูลนิสิต เป็นต้น ปัจจุบันความต้องการใช้งานด้านการเรียนการสอนมีเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะในส่วนของประกันคุณภาพการศึกษาตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ² แต่ระบบ wbi ที่ใช้อยู่ยังไม่รองรับการประกันคุณภาพการศึกษา ในด้านที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน เช่น การพัฒนารายละเอียดของรายวิชา (มคอ. 3) และการรายงานผลการดำเนินการของรายวิชา (มคอ. 5) ทำให้อาจารย์ในหลักสูตรต้องจัดการกับเอกสารต่างๆ จำนวนมาก ในการจัดทำ มคอ. 3 และ มคอ. 5 ซึ่งในบางครั้งยังทำให้ข้อมูลการเรียนการสอนจริงไม่สอดคล้องกับเอกสารรายงานผลใน มคอ.3 และ มคอ.5 อีกด้วย

ผู้วิจัยได้มองเห็นข้อมูลใน wbi ที่สามารถนำมาแก้ไข ปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นได้ จึงมีแนวคิดในการปรับปรุงระบบ wbi ให้มีความสามารถเพิ่มขึ้น เพื่อให้รองรับการจัดทำ มคอ.3 และ มคอ.5 ของอาจารย์ ซึ่งจะเป็นการลดความซ้ำซ้อนการทำงาน สร้างความสะดวกสบาย ความรวดเร็วแก่อาจารย์ในการจัดทำเอกสารประกอบการประกันคุณภาพการศึกษา ด้วยการพัฒนาระบบสารสนเทศ โดยใช้หลักการของวงจรการพัฒนาาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) ในรูปแบบ Waterfall³ เป็นแบบ โดยมีขั้นตอนการพัฒนาาระบบ Figure 1 ประกอบด้วยขั้นตอนการพัฒนาาระบบ หลังจากที่มีการวางแผนแล้ว (Planning Phase) ได้แก่ ระยะเวลาการเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ (Requirements/ Analysis Phase) ระยะเวลาออกแบบ (Design Phase) ระยะเวลาสร้างและพัฒนา (Implementation/Coding Phase) และทำการทดสอบระบบซอฟต์แวร์ (Testing Phase) เมื่อระบบผ่านการทดสอบแล้วมีการติดตั้ง พร้อมทั้งอบรมวิธีการใช้งาน การจัดทำคู่มือการใช้งาน และการดูแลหลังการพัฒนาเสร็จสิ้น (Maintenance Phase)

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อปรับปรุงระบบ wbi หรือ Web based instruction (www.wbi.msu.ac.th) ให้มีความสามารถในการจัดทำ มคอ.3 และ มคอ.5

2. เพื่อประเมินความพึงพอใจของระบบที่พัฒนาขึ้นด้วยแบบประเมินความพึงพอใจระดับคะแนน 1-5

ขอบเขตการวิจัย

1. งานวิจัยนี้จะศึกษาเฉพาะข้อมูล และรูปแบบการจัดทำ มคอ.3 และ มคอ.5 เท่านั้น
2. ประชากร อาจารย์ที่เป็นสมาชิก wbi ทั้งหมด จำนวน 53
3. กลุ่มตัวอย่าง อาจารย์ที่เป็นสมาชิก wbi จำนวน 10 ท่าน จากการสุ่มแบบเจาะจง

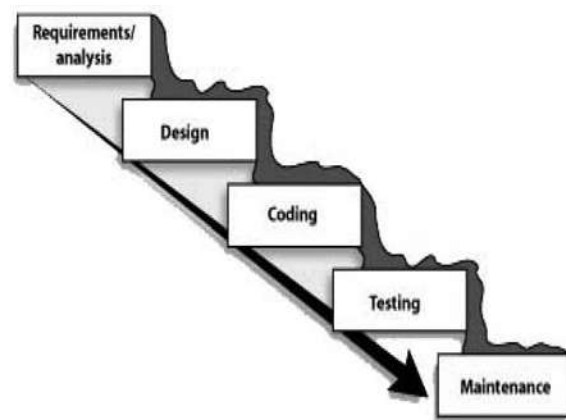


Figure 1 System development life cycle of Waterfall³

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเพื่อการปรับปรุงระบบ wbi เดิมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพิ่มความสามารถด้านการจัดทำ มคอ. 3 และ มคอ. 5 โดยใช้วงจรการพัฒนาาระบบ ในรูปแบบ Waterfall ซึ่งมีขั้นตอนการพัฒนาาระบบ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาเอกสาร มคอ.3 และ มคอ.5

ขั้นตอนนี้จะเป็นการศึกษาหลักการประกันคุณภาพการศึกษาสำหรับหลักสูตร โดยเน้นไปที่การจัดทำ มคอ.3 และ มคอ.5 เพื่อใช้ในการจัดทำรายงาน การประเมินผลการศึกษา รวมทั้งข้อมูลที่ใช้ประกอบการประเมินต่างๆ ของหลักสูตร ตามเกณฑ์มาตรฐาน สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (สมศ) ซึ่งมีการเก็บรายการข้อมูลนำเข้า และข้อมูลส่งออกสำหรับการแสดงผลเพื่อจัดทำรายงานที่ถูกต้อง

2. การตรวจสอบ ระบบ wbi เดิม

เป็นขั้นตอนการตรวจสอบระบบเดิมที่ต้องการจะพัฒนาเพิ่มเติม โดยการตรวจสอบ ชุดคำสั่งเดิม รวมทั้งฐานข้อมูลของระบบ เพื่อหาช่องทางในการเพิ่มข้อมูลที่จำเป็นเข้าไป

3. ออกแบบชุดคำสั่งใหม่

ขั้นตอนนี้เป็นกรนำผลจากขั้นที่ 1 และ 2 มาวิเคราะห์ และออกแบบชุดคำสั่งเพิ่มเติมเพื่อให้รองรับการจัดทำ มคอ. 3 และ มคอ. 5 โดย ปรับปรุงชุดคำสั่งเดิม หรือสร้าง ขึ้นใหม่ตามแนวทางที่เป็นไปได้ ซึ่งจะใช้ แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram) ในการอธิบายการไหลของข้อมูล ออกแบบฟอร์มข้อมูลและรายงาน (Form/Report) ออกแบบ ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface) ออกแบบฐานข้อมูลใน ระดับตรรกะ (Logical Database Design) โดยใช้ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database) 4 ใช้แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล (E-R Diagram) พจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionary) และตัวต้นแบบ (Prototyping) เพื่ออธิบายการทำงาน

4. พัฒนาระบบตามที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนที่ 3

การพัฒนาระบบได้จัดทำในรูปแบบเว็บไซต์เพื่อให้ทำงานร่วมกับระบบเดิมที่เป็นเว็บไซต์ได้อย่างสะดวกแก่ผู้ใช้งาน ในขั้นตอนนี้จะมีการทดสอบข้อผิดพลาดต่างๆ ของระบบที่สร้างขึ้น ไปพร้อมๆ กับการพัฒนาชุดคำสั่ง โดยการใช้เครื่องมือในการพัฒนาเว็บเข้ามาช่วย

5. ติดตั้งและทดสอบระบบ

ในขั้นตอนนี้จะทำการติดตั้งระบบใหม่แทนที่ระบบเดิม หลังจากนั้น ให้กลุ่มตัวอย่างเข้ามาใช้งานระบบ โดยการจำลองการสร้างวิชา และกำหนดข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำ มคอ.3 และ มคอ.5 เพื่อวัด และประเมินผลการใช้งาน ด้วยแบบสอบถามความพึงพอใจ 5 ระดับ ตามแบบของมาตรวัดทัศนคติของลิเคอร์ท คือ 1 หมายถึง ไม่พอใจมาก 2 หมายถึงไม่พอใจ 3 หมายถึง เฉยๆ 4 หมายถึง พอใจ และ 5 หมายถึง พอใจมาก แล้วนำผลมาประเมินความพึงพอใจ โดยวิเคราะห์ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

6. ปรับปรุงแก้ไขระบบตามผลการทดสอบระบบ

หลังจากการทดสอบระบบจะทำให้ทราบว่าระบบยังมีข้อผิดพลาดในส่วนใดจะได้มีการแก้ไขการทำงานให้ถูกต้องก่อนนำไปใช้งานจริงเพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ จึงสรุปขั้นตอนการพัฒนาระบบนี้ ดังภาพที่ 2



Figure 2 System development flowchart

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาส่วนประกอบ มคอ.3 และ มคอ.5

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารการประกันคุณภาพโดยศึกษา ส่วนประกอบและรายละเอียดของ มคอ.3 และ มคอ.5 เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องนำมาใช้พัฒนาชุดคำสั่งใหม่และการทำงานร่วมกับชุดคำสั่งเดิมเพื่อการจัดทำ มคอ. พบว่า มคอ. 3 และ มคอ.5 มีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

ส่วนประกอบของ มคอ.3

- ชื่อสถาบันอุดมศึกษา
- วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา
- รหัสและชื่อรายวิชา
- หลักสูตร และประเภทรายวิชา
- อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา
- ระดับการศึกษา / ชั้นปีที่เรียน
- รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน
- รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน
- สถานที่เรียน
- วันที่จัดทำรายละเอียดของรายวิชา
- จุดมุ่งหมายของรายวิชา
- วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา
- คำอธิบายรายวิชา
- ระบุวันเวลาที่อาจารย์จะให้คำปรึกษา
- การพัฒนาการเรียนรู้ของนักศึกษา
- แผนการสอนและการประเมินผล
- ตำราและเอกสารหลัก
- เอกสารและข้อมูลสำคัญ
- เอกสารและข้อมูลแนะนำ
- กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา
- กลยุทธ์การประเมินการสอน
- การปรับปรุงการสอน
- การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา
- การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ส่วนประกอบของมคอ.5

- ชื่อสถาบันอุดมศึกษา
- วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา
- รหัสและชื่อรายวิชา
- หลักสูตร และประเภทรายวิชา
- อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา
- ระดับการศึกษา / ชั้นปีที่เรียน
- รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน
- รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน
- สถานที่เรียน
- วันที่จัดทำรายละเอียดของรายวิชา หรือ
- วันที่มีการปรับปรุงครั้งล่าสุด
- รายงานชั่วโมงการสอนจริงเทียบกับแผนการสอน

- หัวข้อที่สอนไม่ครอบคลุมตามแผน
- ประสิทธิภาพของวิธีสอนที่ทำให้เกิดผลการเรียนรู้ตามที่ระบุในรายละเอียดของรายวิชา
- ข้อเสนอการดำเนินการเพื่อปรับปรุงวิธีสอน
- จำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียน
- จำนวนนักศึกษาที่ขาดสอบ
- จำนวนนักศึกษาที่ไม่มีสิทธิ์สอบ
- จำนวนนักศึกษาคะแนนไม่สมบูรณ์
- จำนวนนักศึกษาที่เพิกถอน (W)
- จำนวนนักศึกษาที่เข้าสอบจริง
- จำนวนนักศึกษาที่คงอยู่เมื่อสิ้นสุดภาคการศึกษา
- การกระจายของระดับคะแนน (เกรด)
- ปัจจัยที่ทำให้ระดับคะแนนผิดปกติ
- ความคลาดเคลื่อนด้านกำหนดเวลาการประเมิน
- ความคลาดเคลื่อนด้านวิธีการประเมินผลการเรียนรู้
- การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษา
- ประเด็นด้านทรัพยากรประกอบการเรียนและสิ่งอำนวยความสะดวก
- ผลการประเมินรายวิชาโดยนักศึกษา
- ผลการประเมินรายวิชาโดยวิธีอื่น
- แผนการปรับปรุงของภาคเรียนที่ผ่านมา
- การดำเนินการอื่นๆ ในการปรับปรุงรายวิชา
- ข้อเสนอแผนการปรับปรุงสำหรับภาคการศึกษา/ปีการศึกษาต่อไป
- ข้อเสนอแนะของอาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา/ต่ออาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร

2. ผลการตรวจสอบระบบ wbi

ผู้วิจัยได้ศึกษาทบทวนระบบ wbi พบว่ามีข้อมูลจากชุดคำสั่ง ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำ มคอ.3 ดังนี้

- รายละเอียดของวิชา ในส่วนนี้จะมีข้อมูลพื้นฐานของวิชา เช่น ชื่อ รหัส คำอธิบายรายวิชา แผนการสอน ภาคการศึกษา อาจารย์ผู้สอน เกณฑ์การให้คะแนน เป็นต้น
- เอกสารการสอน ในส่วนนี้มีการแจ้งรายการเอกสารประกอบการสอนเพื่อให้นักเรียนดาวโหลดไปใช้งาน
- สิ่งงาน เป็นการมอบหมายงานในชั้นเรียนรวมทั้งให้คะแนนจากการตรวจงาน
- แนะนำเว็บไซต์ แจกแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องในรูปแบบเว็บไซต์เพิ่มเติมในการเรียนการสอน
- แนะนำหนังสือ ตำรา เป็นการแจ้งรายการหนังสือที่ใช้ในการเรียนการสอน

- ข้อมูลนักเรียน ใช้จัดการข้อมูลผู้เรียน เช่นการลงทะเบียน การตรวจสอบรายชื่อ รหัส หมายเลขโทรศัพท์ เป็นต้น

จากการศึกษาส่วนประกอบของมคอ.3 และมคอ.5 เปรียบเทียบกับระบบเดิม พบว่าชุดคำสั่งเดิม และชุดคำสั่งใหม่มีความเชื่อมโยงกันดังภาพที่ 3

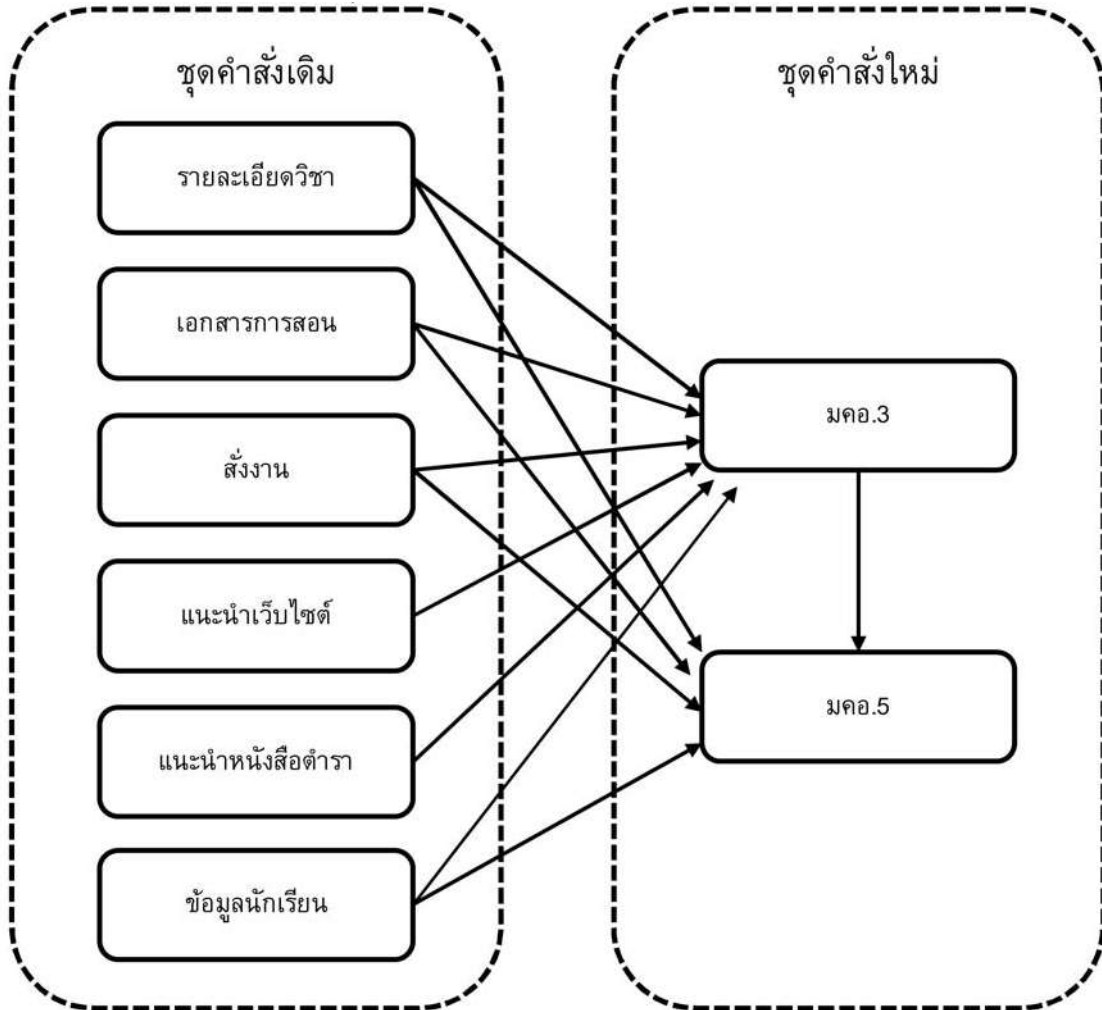


Figure 3 Function link between previous function and new function

ในการศึกษา ทำให้ทราบว่าข้อมูลจากระบบเดิมที่ไม่มีสำหรับประกอบการจัดทำ มคอ.3 และ มคอ.5 ซึ่งต้องเพิ่มเข้าไปในระบบใหม่ Table 1

Table 1 Data of previous function and new function

ระบบใหม่	ระบบเดิม	ระบบใหม่	ระบบเดิม
ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มี	รายงานชั่วโมงการสอนจริงเทียบกับแผนการสอน	ไม่มี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา		หัวข้อที่สอนไม่ครอบคลุมตามแผน	ไม่มี
รหัสและชื่อรายวิชา	มี	ประสิทธิผลของวิธีสอนที่ทำให้เกิดผลการเรียนรู้ตามที่ระบุในรายละเอียดของรายวิชา	ไม่มี
หลักสูตร และประเภทรายวิชา	ไม่มี	ข้อเสนอการดำเนินการเพื่อปรับปรุงวิธีสอน	ไม่มี
อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา	มี	จำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียน	มี
ระดับการศึกษา / ชั้นปีที่เรียน	ไม่มี	จำนวนนักศึกษาที่ขาดสอบ	มี
รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน	ไม่มี	จำนวนนักศึกษาที่ไม่มีสิทธิ์สอบ	ไม่มี
รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน	ไม่มี	จำนวนนักศึกษาคะแนนไม่สมบูรณ์	ไม่มี
สถานที่เรียน	ไม่มี	จำนวนนักศึกษาที่เพิกถอน (W)	ไม่มี
วันที่จัดทำรายละเอียดของรายวิชา	ไม่มี	จำนวนนักศึกษาที่เข้าสอบจริง	ไม่มี
จุดมุ่งหมายของรายวิชา	มี	จำนวนนักศึกษาที่คงอยู่เมื่อสิ้นสุดภาคการศึกษา	ไม่มี
วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา	ไม่มี	การกระจายของระดับคะแนน (เกรด)	ไม่มี
คำอธิบายรายวิชา	มี	ปัจจัยที่ทำให้ระดับคะแนนผิดปกติ	ไม่มี
ระบุวันเวลาที่อาจารย์จะให้คำปรึกษา	ไม่มี	ความคลาดเคลื่อนด้านกำหนดเวลาการประเมิน	ไม่มี
การพัฒนาการเรียนรู้ของนักศึกษา	ไม่มี	ความคลาดเคลื่อนด้านวิธีการประเมินผลการเรียนรู้	ไม่มี
แผนการสอนและการประเมินผล	ไม่มี	การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษา	ไม่มี
ตำราและเอกสารหลัก	มี	ประเด็นด้านทรัพยากรประกอบการเรียนและสิ่งอำนวยความสะดวก	ไม่มี
เอกสารและข้อมูลสำคัญ	มี	ผลการประเมินรายวิชาโดยนักศึกษา	ไม่มี
เอกสารและข้อมูลแนะนำ	มี	ผลการประเมินรายวิชาโดยวิธีอื่น	ไม่มี
กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา	ไม่มี	แผนการปรับปรุงของภาคเรียนที่ผ่านมา	ไม่มี
กลยุทธ์การประเมินการสอน	ไม่มี	การดำเนินการอื่นๆ ในการปรับปรุงรายวิชา	ไม่มี
การปรับปรุงการสอน	ไม่มี	ข้อเสนอแผนการปรับปรุงสำหรับภาคการศึกษา/ปีการศึกษาต่อไป	ไม่มี
การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์รายวิชาของนักศึกษา	ไม่มี	ข้อเสนอแนะของอาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา/ต่ออาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร	ไม่มี
การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา	ไม่มี		

3. ผลการออกแบบชุดคำสั่งใหม่

จากการวิเคราะห์ระบบเดิมในขั้นตอนที่ 2 ทำให้ได้ แผนภาพกระแสข้อมูล (Figure 4) และแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล สำหรับระบบใหม่ (Figure 5)

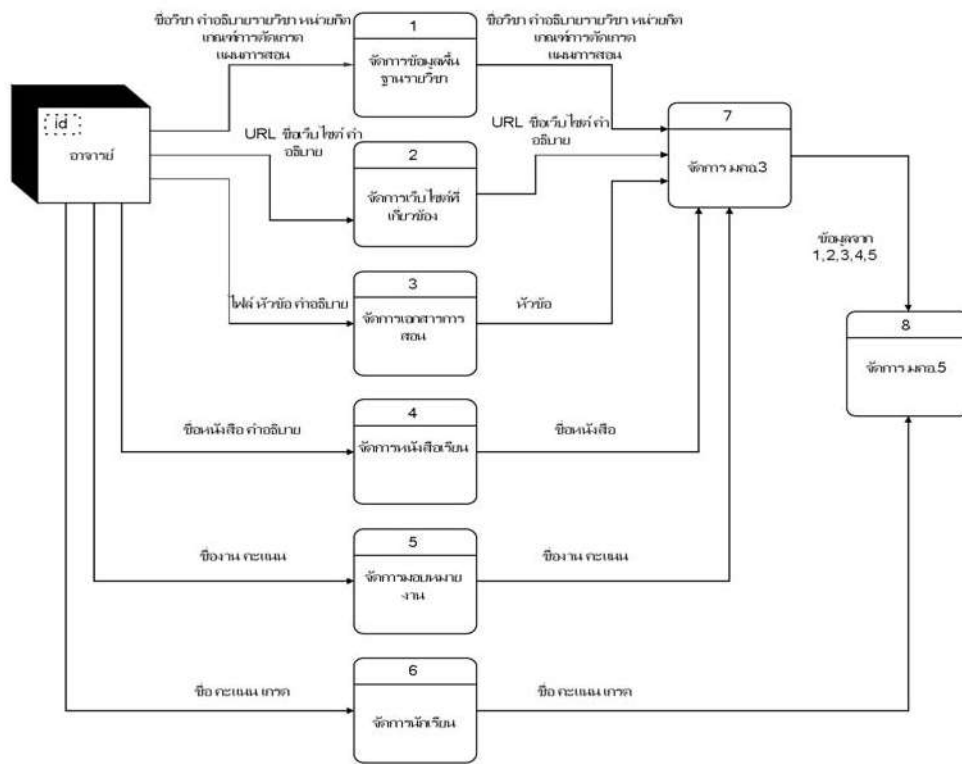


Figure 4 Data flow diagram

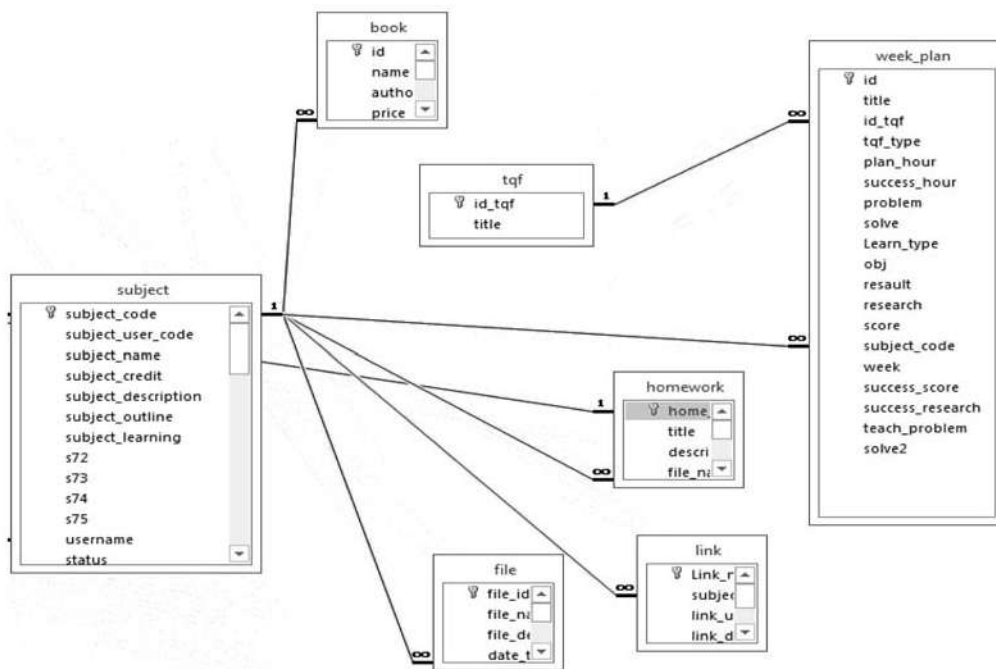


Figure 5 E-R diagram of Wbi database system

หลังจากการศึกษาเอกสารการประกันคุณภาพการศึกษา และการตรวจสอบระบบ wbi เดิม จึงทำการออกแบบหน้าจอสำหรับรับข้อมูลและแสดงผล ซึ่งมีสองส่วนหลักๆ คือ ส่วนที่ใช้ในการจัดทำ มคอ. 3 และ มคอ.5 โดยจัดทำเป็นเมนูเพื่ออำนวยความสะดวก ซึ่งในส่วนของ มคอ. 3 ได้มีการนำข้อมูลเดิมจากระบบ ได้แก่ ชื่อวิชา หน่วยกิต ชื่ออาจารย์ คำอธิบายรายวิชา เกณฑ์การตัดเกรด และได้เพิ่มข้อมูลในส่วนของการสอนเข้าไป และจัดรูปแบบในการพิมพ์รายงานผลให้สอดคล้องกับแบบ มคอ.3 ส่วน มคอ.5 ได้นำข้อมูลในส่วนของ มคอ.3 มาใช้อ้างอิงเพื่อให้ข้อมูลมีความสัมพันธ์กัน โดยเพิ่มผลการดำเนินการสอนเข้าไป และจัดรูปแบบในการพิมพ์รายงานผลให้สอดคล้องกับรูปแบบ มคอ.5

4. ผลการพัฒนาระบบ wbi เดิม

การพัฒนาระบบใหม่ได้ใช้ภาษา VB Script เพื่อให้ทำงานร่วมกับระบบเดิมที่พัฒนาด้วยภาษานี้ นอกจากนี้มีการใช้ภาษา HTML 5 เข้ามาร่วมในการทำงานด้วย ซึ่งทำให้

ระบบทำงานได้รวดเร็ว และเขียนโปรแกรมได้ง่ายขึ้น สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาได้ใช้โปรแกรม HTML Kit ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ให้ใช้งานฟรี โดยโปรแกรมนี้มีความสามารถในการแสดงคำสั่งช่วยเหลือในการเขียนภาษา HTML และภาษา VB Script จึงทำให้การพัฒนาสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว โปรแกรมที่ได้จากการพัฒนาจะอยู่รวมกันในแฟ้มข้อมูลในรูปแบบของโปรแกรมย่อย (Subprogram) ซึ่งมีความเป็นอิสระ ทำงานเสร็จสิ้นในตัวเอง ทำให้สะดวกในการจัดการ เช่นการตรวจสอบการเข้ารหัสของแฟ้ม การแก้ไขข้อผิดพลาดของคำสั่ง และตรวจสอบการสูญหายของแฟ้มข้อมูลได้ง่าย

จากการพัฒนาระบบได้ส่วนของชุดคำสั่งโปรแกรมเพิ่มขึ้นมา คือ ชุดคำสั่งจัดทำ มคอ.3 ซึ่งทำหน้าที่ในการสร้างรายงาน มคอ.3 จากข้อมูลที่มีเดิมในระบบและการเดิมเข้าไปใหม่ ดังภาพที่ 6 ชุดคำสั่งจัดทำ มคอ.5 ซึ่งนำข้อมูลมาจาก มคอ.3 และมีการเติมข้อมูลเพิ่มเข้าไปจากผู้ใช้งาน Figure ที่ 7

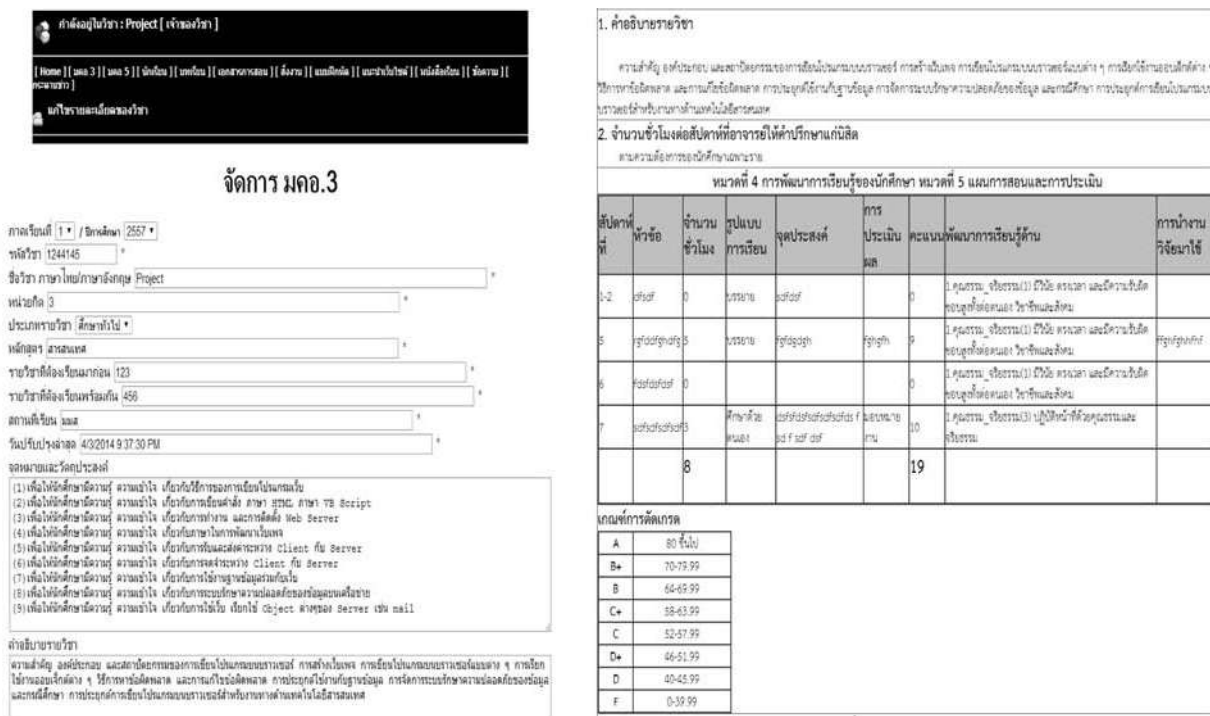


Figure 6 TQF 3 format

วิจารณ์และสรุปผล

จากการพัฒนาระบบเพิ่มเติมจากระบบเดิมด้วย ภาษา Vb Script และฐานข้อมูล Microsoft Access 2000 ทำให้ได้ชุดคำสั่งในการจัดทำ มคอ.3 และมคอ.5 เมื่อทำการทดสอบโปรแกรมแล้วพบว่าทำงานได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ เมื่อนำไปทดลองใช้งานกับกลุ่มตัวอย่างสรุปได้ว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในการใช้งานระบบโดยรวมเฉลี่ยแล้วอยู่ในระดับ พอใจ ส่วนการใช้งานชุดคำสั่งในการจัดทำ มคอ.3 และ มคอ.5 มีความพึงพอใจในระดับพอใจมาก หมายความว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองการจัดทำ มคอ.3 และมคอ.5 ได้แต่อย่างไรก็ตาม ภาพรวมของระบบที่พัฒนาขึ้นมานี้ยังไม่สามารถสร้างความพึงพอใจในระดับพอใจที่สุดแก่ผู้ใช้งานได้นั้นหมายความว่าผู้วิจัยต้องทำการปรับปรุงระบบโดยเฉพาะด้านความง่ายในการใช้งานซึ่งได้คะแนนความพึงพอใจค่อนข้างน้อยกว่าประเด็นอื่น

ปัญหา

เนื่องจากข้อมูลต่างๆ ด้านการศึกษามีการจัดเก็บในระบบทะเบียนของมหาวิทยาลัยและไม่ได้มีการเผยแพร่ให้ใช้งานได้ทั่วไป จึงทำให้ระบบที่พัฒนาขึ้นมาในงานวิจัยนี้ไม่สมบูรณ์ และไม่ทันต่อสถานการณ์ เช่นกรณีที่นักเรียนถอนรายวิชา อาจารย์ผู้สอนจะต้องเข้าไปตรวจสอบในระบบทะเบียนแล้วจึงเข้ามาแก้ไขในระบบที่พัฒนาขึ้น ซึ่งทำให้เสียเวลา

ข้อเสนอแนะ

หากระบบทะเบียนมีการให้ผู้พัฒนาระบบต่างๆ เข้าถึงข้อมูลบางส่วนที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบอื่นๆได้ เช่นการจัดทำเป็นเว็บเซอร์วิส จะช่วยให้การพัฒนาระบบอื่นๆ ง่าย และข้อมูลเป็นปัจจุบันมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาการสารสนเทศ ที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัยในครั้งนี้รวมทั้งผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ช่วยทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. อนิรุทธ์ โชติถนอม. การพัฒนาต้นแบบระบบจัดการข้อมูล การเรียนการสอนสำหรับโรงเรียนในระดับมัธยมศึกษา ด้วยอินเทอร์เน็ต. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง; 2545.
2. กระทรวงศึกษาธิการ. ประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง กรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2552.
3. ศรีไพโร ศักดิ์รุ่งพงศากุล และ เฉษฐาพร ยุทธนวิบูลย์ชัย. ระบบสารสนเทศ และเทคโนโลยีการจัดการความรู้. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2554.
4. โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น. 2554.
5. วิทยา สุกตบวร. วิศวกรรมซอฟต์แวร์เบื้องต้น. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น. 2554.

การจัดกลุ่มทางเศรษฐกิจและสังคมของประชากรในจังหวัดมหาสารคาม

The Clustering of Socio-economic in Mahasarakham Province

ยุภาพร มุลอัฐ,¹ นิภาพร ชุติมันต์,² บังอร กุมพล ²

Yupapron Moonut,¹ Nipaporn Chutiman,² Bungon Kumphon²

Received: 11 June 2014; Accepted: 30 September 2014

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์กลุ่มครัวเรือนเศรษฐกิจ ของประชากรในจังหวัดมหาสารคาม จากตัวแปร หลายมิติ และเปรียบเทียบผลที่ได้จากการจัดกลุ่มกับการจัดกลุ่มด้วยสัมประสิทธิ์จีนิ จากข้อมูลทุติยภูมิ โครงการสำรวจภาวะเศรษฐกิจ และสังคมของครัวเรือน พ.ศ. 2554 ของสำนักงานสถิติแห่งชาติ จังหวัดมหาสารคาม ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล จาก 449 ครัวเรือน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบที และวิเคราะห์ จัดกลุ่มเศรษฐกิจและสังคม สามารถสรุปผลการวิจัย ได้ดังนี้ คือ กลุ่มเศรษฐกิจและสังคมสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ 1. กลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ไม่เพียงพอกับค่าใช้จ่าย ไม่เกินร้อยละ 10 ของครัวเรือนทั้งสิ้น และ 2. กลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ไม่เพียงพอ กับค่าใช้จ่าย เกินร้อยละ 10 ของครัวเรือนทั้งสิ้น ซึ่งกลุ่มของครัวเรือนในจังหวัดมหาสารคาม ที่ได้จากการจัดกลุ่มดังกล่าวให้ผล ที่ต่างจากการจัดกลุ่มด้วยสัมประสิทธิ์จีนิ นั่นคือ วิธีการจัดกลุ่มดังกล่าว อาจเป็นอีกทางเลือกในการพิจารณา กรณีที่ใช้ตัวแปร ในการจัดกลุ่มหลายมิติ

คำสำคัญ: ค่าสัมประสิทธิ์ความไม่เท่าเทียมกัน กลุ่มครัวเรือนเศรษฐกิจ การวิเคราะห์จัดกลุ่ม

Abstract

The purpose of this research is to classify socio-economic households in Mahasarakham Province from multidimensional variables and to compare the results with the Gini index. The secondary data (449 households) from the socio - economic survey project, the National Statistical Office, Mahasarakham province are employed. Data are analyzed by descriptive statistic; min, max, mean and standard deviation, and inferential statistic; t-test and cluster analysis. The socio-economic household can be divided into 2 groups as 1) the household with insufficiency income not more than 10 percent of the total family income and 2) the household with insufficiency income more than 10 percent of the total family income. The classification groups from clustering analysis are different from Gini index approach. Thus, the cluster approach can be another method for the household classification for multidimensional variables.

Keywords: Gini Coefficient, economical household group, Cluster analysis

บทนำ

ความไม่เท่าเทียมกัน เป็นปัญหาสังคม ซึ่งอาจจะมีความไม่เท่ากันหลายด้าน เช่น สวัสดิการสังคม ความหลากหลายของ มนุษย์ เสรีภาพ ความยุติธรรม ชนชั้น เพศ และความแตกต่าง ด้านรายได้ เป็นต้น วิวัฒนาการความเป็นอยู่หรือฐานะของครัวเรือน

ในภาพรวมทั้งประเทศ ภูมิภาค และจังหวัด ส่วนใหญ่จะวัด จากการกระจายรายได้ของครัวเรือน เพื่อศึกษาความไม่เท่าเทียมกัน ดังนั้น ในสังคมไทย การศึกษาความไม่เท่าเทียมกัน ของครัวเรือน จะวัดและประเมินปัญหาการกระจายรายได้ ทั้งนี้ ได้มีนักวิจัยหลายยุคได้คิดค้นระดับความไม่เท่าเทียมกัน

¹ นิสิตปริญญาโท, ² อาจารย์, สาขาวิทยาการจัดการสถิติ, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

¹ Master degree student, ² Lecturer, Statistical Management Science, Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantarawichai District, Mahasarakham 44150, Thailand:

โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การวัดระดับความไม่เท่าเทียมกันในการกระจายรายได้ โดยมีการคิดค้นดัชนี เพื่อชี้วัดการกระจายรายได้มาอย่างต่อเนื่อง ดัชนีที่เป็นที่นิยมกันค่อนข้างแพร่หลายได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์จีนิ (Gini Coefficient), ค่า variance of logarithm, กลุ่มดัชนี Generalized Entropy, กลุ่มดัชนีของแอตกินสัน (Atkinson Class of Measure), ดัชนีไทล์ (Theil index)¹ เป็นต้น ซึ่งดัชนีเหล่านี้ล้วนมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไป ซึ่งในงานวิจัยนี้ จะขอกล่าวในส่วนของคุณค่าสัมประสิทธิ์จีนิ เนื่องจากเป็นการคำนวณวัดระดับการกระจายรายได้ที่ได้รับความนิยม สำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับดัชนีอื่น ๆ จะไม่ขอกล่าวถึง จากผลการสำรวจโครงการสำรวจภาวะเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือน ของสำนักงานสถิติแห่งชาติ² พบว่าครัวเรือนในจังหวัดมหาสารคาม มีรายได้ทั้งสิ้นเฉลี่ยประมาณเดือนละ 25,461 บาทต่อครัวเรือน มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยประมาณเดือนละ 16,636 บาทต่อครัวเรือน จะเห็นได้ว่าครัวเรือนมีเงินเหลือจากการใช้จ่ายเฉลี่ยต่อเดือนประมาณ 8,825 บาท และมีหนี้สินเฉลี่ยต่อเดือน ประมาณ 167,718 บาท ในการวิเคราะห์การกระจายสถิติรายได้ โดยคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์จีนิ ได้จัดแบ่งครัวเรือนออกเป็น 10 กลุ่มเท่า ๆ กัน โดยเรียงลำดับครัวเรือนตามรายได้ประจำต่อเดือนจากน้อยไปหามาก ซึ่งกลุ่มที่ 1 จะเป็นกลุ่มที่มีรายได้น้อยที่สุด และกลุ่มที่ 10 จะเป็นกลุ่มที่มีรายได้มากที่สุด จากนั้นนำสัดส่วนของรายได้ประจำของทุกกลุ่มมาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ ของความไม่เท่าเทียมกัน พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของความไม่เท่าเทียมกันของการกระจายรายได้ของครัวเรือน มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.40 ในปี 2552 เป็น 0.41 ในปี 2554² จากงานวิจัยในประเทศ พบว่าการคำนวณ การกระจายรายได้ ที่ไม่เท่าเทียมกันของครัวเรือนส่วนมากจะนิยมใช้ คือ การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์จีนิ โดยการแบ่งของรายได้ทั้งประเทศที่ตกอยู่กับกลุ่มประชากร แยกตามระดับรายได้กลุ่มละเท่า ๆ กัน หากประชากรกลุ่มที่มีรายได้สูงสุดมีส่วนแบ่งของรายได้มากขึ้น (หรือกลุ่มที่มีรายได้ต่ำสุดมีส่วนแบ่งรายได้น้อยลง) แสดงถึงการกระจายรายได้มีความไม่เท่าเทียมกันมากยิ่งขึ้น ซึ่งการวัดการกระจายรายได้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์จีนิ ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย^{3,4,5,6} แต่จากการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์จีนิ พบว่า ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ จะเป็นข้อมูลทางด้านรายได้ (มิติเดียว)⁷ โดยมุ่งเน้นที่รายได้ประจำของครัวเรือนอย่างเดียว แต่ไม่ศึกษาถึงค่าใช้จ่ายในครัวเรือน ดังนั้น ในงานวิจัย ผู้วิจัยได้ศึกษาความสัมพันธ์กันระหว่างรายได้ต่อเดือนของครัวเรือน (รายได้ทั้งสิ้น = รายได้ประจำ + รายได้ไม่ประจำ) กับ ค่าใช้จ่ายต่อเดือนของครัวเรือน รวมทั้งการชำระหนี้ของครัวเรือน โดยผู้วิจัยมีแนวคิดดังนี้ ถึงแม้ว่า ครัวเรือนแต่ละครัวเรือนจะมีรายได้ไม่

เท่าเทียมกัน หรือมีการกระจายรายได้ของแต่ละครัวเรือนจะไม่เท่าเทียมกัน (กลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้สูง และ กลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำ) ก็ตาม ทุกครัวเรือนจะต้องมีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้น ซึ่งค่าใช้จ่ายในแต่ละครัวเรือนก็จะไม่เท่ากัน บางครัวเรือนอาจจะมีค่าใช้จ่ายสูง บางครัวเรือน อาจจะมีค่าใช้จ่ายต่ำ ซึ่งอาจจะมีขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง หรืออาจจะขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการใช้จ่ายของครัวเรือน เช่น ครัวเรือนที่มีรายได้สูง อาจจะมีค่าใช้จ่ายสูงหรืออาจจะมีค่าใช้จ่ายต่ำก็ได้ เช่นเดียวกับกับ ครัวเรือนที่มีรายได้ต่ำ เช่นกัน จากแนวคิดนี้ผู้วิจัยต้องการศึกษาการกระจายรายได้ของครัวเรือน โดยพิจารณาจากหลายมิติ ได้แก่ รายได้ ค่าใช้จ่าย และหนี้สิน จากเทคนิคการวิเคราะห์จัดกลุ่ม (Cluster Analysis) ซึ่งเป็นแนวคิดที่แตกต่างจากสัมประสิทธิ์จีนิ ที่นิยมใช้โดยสิ้นเชิงและคาดว่าจะได้อีกหนึ่งทางเลือกสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องในการเลือกใช้วิธีการในการวัดการกระจายรายได้ของครัวเรือน

การวัดการกระจายรายได้

สัมประสิทธิ์จีนิ (Gini coefficient)

เป็นวิธีการวัดการกระจายรายได้ที่นิยมใช้และใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงความไม่เท่าเทียมกัน ซึ่งจะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 นั่นคือ ค่าสัมประสิทธิ์จีนิที่มีค่าต่ำใกล้ 0 จะแสดงถึงความเท่าเทียมกัน ในการกระจายรายได้ และถ้ามีค่าใกล้ 1 แสดงว่า มีการกระจายรายได้ที่ไม่เท่าเทียมกัน ซึ่งมีแนวคิดในการคำนวณ คือ จะแบ่งกลุ่มเป็น n กลุ่ม เรียงตามรายได้ไปหามาก และ คำนวณจาก

$$Gini\ Coefficient = \sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)(X_i - X_{i-1})$$

โดยที่ X_i แทน $1/n$ หรือเปอร์เซ็นต์สะสมของประชากร (cumulative percentage of population)
 Y_i แทน เปอร์เซ็นต์สะสมของรายได้ (cumulative percentage of income)

เศรษฐกิจการเกษตร⁸ ใช้สัมประสิทธิ์จีนิเทียบกับโค้งลอเรนซ์ (Lorenz curve) ผลการวิจัย พบว่า ให้ผลการวัดการกระจายรายได้ในทิศทางเดียวกัน ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้จะไม่ขอกล่าวในรายละเอียดการคำนวณค่า

การวิเคราะห์จัดกลุ่ม (Cluster Analysis)

การวิเคราะห์จัดกลุ่มเป็นเทคนิคที่แบ่งกลุ่มข้อมูลโดยจะพยายามจัดกลุ่มที่มีความคล้ายกันมากที่สุดให้มาอยู่ในกลุ่ม

เดียวกัน และหน่วยที่อยู่ต่างกลุ่มกันจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน โดยที่วิธีดังกล่าว ได้รับความนิยมทั้งด้านการตลาด การแพทย์ การศึกษา และด้านอื่นๆ

ระยะห่างระหว่างกลุ่มทำการวัดโดย ระยะห่างยูคลิด (Euclidean Distance) ดังนี้

$$D_{ij} = \left\{ \sum_{k=1}^p (X_{ik} - X_{jk})^2 \right\}^{1/2}$$

D_{ij} แทน ระยะห่างระหว่างหน่วยที่ i และหน่วยที่ j ; $i \neq j$

p แทน จำนวนตัวแปร

k แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (Case)

X_{ik} แทน ค่าตัวแปร x ที่ i ใน case ที่ k

X_{jk} แทน ค่าตัวแปร x ที่ j ใน case ที่ k

วิธีการดำเนินการวิจัย

ข้อมูลสำหรับการศึกษาวิเคราะห์นี้ นำมาจากโครงการสำรวจเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือน พ.ศ. 2554 ดำเนินการโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติ จากครัวเรือนทั้งสิ้น 229,849 ครัวเรือน ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวน 470 ครัวเรือน โดยเจ้าหน้าที่สำนักงานสถิติจังหวัดมหาสารคาม ระหว่างเดือน มกราคม - ธันวาคม 2554 ทำการตรวจสอบความผิดปกติของข้อมูล และตัดค่าสังเกตที่มีความผิดปกติออก จะเหลือข้อมูลทั้งสิ้น 449 ครัวเรือน ทำการคำนวณหา ค่าต่ำสุด (Min), ค่าสูงสุด (Max), ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

ตัวแปรที่ศึกษา เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ 3 ตัวแปร ได้แก่ รายได้ต่อเดือนของครัวเรือน ค่าใช้จ่ายต่อเดือนของครัวเรือน และการชำระหนี้สินต่อเดือนของครัวเรือน ปรับข้อมูลแต่ละตัวแปรก่อน ดังนี้

$$Z(X_i) = \frac{X_i - \bar{X}}{SD(X_i)}$$

การวิเคราะห์จัดกลุ่มที่เหมาะสม ด้วยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์จัดกลุ่ม (Cluster Analysis) วิธี K-Means และคำนวณหาระยะห่างด้วยวิธีการยูคลิด (Euclidean Distance) เพื่อหาค่าที่เหมาะสมของ K ที่ทำให้หน่วยต่าง ๆ ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันมีความคล้ายกันมากที่สุด และต่างกลุ่มกันมีความแตกต่างกัน เนื่องจากในการวิจัยดังกล่าว ยังไม่ทราบจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบจำนวนกลุ่ม คือ 2,3 และ 4 กลุ่ม ทำการวนซ้ำจำนวน 100 รอบ โดยเกณฑ์พิจารณาจำนวน

กลุ่มที่เหมาะสมจะพิจารณาจาก Max (Pseudo-F) ซึ่งพบว่า จำนวนกลุ่มที่เหมาะสม คือ 2 กลุ่ม จากนั้นจะนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์จัดกลุ่มครัวเรือนไปเปรียบเทียบกับผลการศึกษาระยะห่างรายได้อิงของสำนักงานสถิติแห่งชาติ ปี 2554 ด้วยสัมประสิทธิ์จีนี้ และทำการตรวจสอบความแตกต่างของกลุ่มการกระจายรายได้อิงของครัวเรือน ในจังหวัดมหาสารคาม ด้วยการทดสอบที กรณีที่มีความสัมพันธ์ (Paired t-test) ในการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS V. 14

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลทั่วไป

จากตัวอย่างที่ศึกษา จำนวน 449 ครัวเรือน พบว่ามี รายได้ต่ำสุด 366 บาทต่อเดือน และมีรายได้สูงสุด 82,110 บาทต่อเดือน (\bar{X} = 22043.89 และ SD = 14562.628) และค่าใช้จ่ายต่อเดือนต่ำสุด 2,172 บาท สูงสุด 33,661 บาท (\bar{X} = 15790.95 และ SD = 7090.514) และมีหนี้สินสูงสุด 22,750 บาท (\bar{X} = 3092.26 และ SD = 4395.847) รายละเอียดใน Table 1

Table 1 Descriptive statistics of variables

Variable	Mean	Standard deviation	Min	Max
Total Monthly Income	22043.89	14562.628	366	82110
Total Monthly Expenditures	15790.95	7090.514	2172	33661
Debt repay per month	3092.26	4395.847	0	22750

2. การวัดการกระจายรายได้ด้วยสัมประสิทธิ์จีนี้ และเทคนิคการจัดกลุ่ม

ในการวัดการกระจายรายได้ ของจังหวัดมหาสารคาม โดยทำการแบ่งกลุ่มครัวเรือนออกเป็น 2 กลุ่ม ด้วยสัมประสิทธิ์จีนี้ พบว่า มีค่าเป็น 0.41 นั่นคือ มีความไม่เท่าเทียมกันในรายได้ โดยกลุ่มที่ 1 จะมีรายได้ต่อเดือนระหว่าง 366 - 19,416 บาท จำนวน 224 ครัวเรือน และ กลุ่มที่ 2 มีรายได้ต่อเดือนระหว่าง 19,716 - 82,110 บาท จำนวน 225 ครัวเรือน (Table 2)

เมื่อพิจารณาการวัดการกระจายรายได้ด้วยการวิเคราะห์จัดกลุ่ม พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มครัวเรือนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ไม่เพียงพอกับค่าใช้จ่ายไม่เกินร้อยละ 10 ของครัวเรือนทั้งสิ้น และ กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มครัวเรือนที่มีรายได้ไม่เพียงพอกับค่าใช้จ่าย เกินร้อยละ 10

ของครัวเรือนทั้งสิ้น โดยที่ระยะห่างที่เกิดขึ้นระหว่าง 2 กลุ่มคือ 2.295 (Table 3)

Table 2 The Clustering distribution of household income by Gini coefficient in Mahasarakham Province

Variable	Group 1	Group 2
Income (baht)	366 – 19,416	19,716 – 82,110
Number (household)	224	225
Gini Coefficient = 0.41 [*]		

* The 2011 household socio - economic survey (National statistical office)

Table 3 Calculated the mid-point and distance by Clustering technique

Variable	Cluster	
	1	2
Total Monthly Income	0.87000	-0.69880
Total Monthly Expenditures	0.81779	-0.65686
Debt repay per month	0.44121	-0.35438
Distance	group 1	2.295
	group 2	2.295

โดยมีกลุ่มที่ 1 มีจำนวน 249 ครัวเรือน จะมีรายได้ต่อเดือน ระหว่าง 366 – 31,108 บาท มีค่าใช้จ่ายต่อเดือนระหว่าง 2,172 – 20,866 บาท และมีหนี้สินที่ชำระต่อเดือนระหว่าง 0 – 22,750 บาท กลุ่มที่ 2 มีจำนวน 200 ครัวเรือนจะมีรายได้ ระหว่าง 10,605 – 82,110 บาท มีค่าใช้จ่ายต่อเดือน ระหว่าง 6,288 – 33,661 บาท และมีหนี้สินที่ชำระต่อเดือน 0 – 10,688 บาท ผลการตรวจสอบความแตกต่างในการกระจายรายได้ของครัวเรือน ในจังหวัดมหาสารคามพบว่า ค่าสถิติ $t = 3.546$ และ $p\text{-value} < .000$ นั่นคือ การวัดการกระจายรายได้ด้วยสัมประสิทธิ์จินี ให้ผลการจัดกลุ่มครัวเรือนที่แตกต่างจาก การวิเคราะห์จัดกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ (Table 4)

Table 4 Number total monthly income, total monthly expenditures, debt repay per month by groups

Variable	group 1	group 2
Total monthly income	366 – 31,108	10,605 – 82,110
Total monthly expenditure	2,172 – 20,866	6,288 – 33,661
Debt repay per month	0 – 22,750	0 – 10,688
Number (household)	249	200
$t = 3.546$ $p\text{-value} < 0.000$ $\alpha = 0.05$		

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาเกี่ยวกับการจัดกลุ่มของการกระจายรายได้ของครัวเรือน ในจังหวัดมหาสารคาม โดยอาศัยเทคนิคการวิเคราะห์จัดกลุ่ม ถือว่าเป็นอีกทางเลือกให้กับนักวิเคราะห์ข้อมูล และผู้ที่เกี่ยวข้องในการเลือกใช้ ในกรณีที่ต้องการจัดการกระจายรายได้ จากหลายมิติ ซึ่งเป็นวิธีการที่สะดวกและง่ายต่อการนำไปใช้งาน เมื่อเทียบกับการจัดกลุ่มจากสัมประสิทธิ์จินีที่วัดได้เพียงมิติเดียว ที่มีความยุ่งยาก ซับซ้อนในการคำนวณหาค่า นอกจากนี้เทคนิคการวิเคราะห์จัดกลุ่ม เป็นวิธีที่จะสามารถบ่งชี้ถึงฐานะเศรษฐกิจของครัวเรือนได้ โดยพิจารณาจากข้อมูลในกลุ่มเดียวกันที่มีลักษณะคล้ายกันว่ามีรายได้มากกว่า หรือน้อยกว่าค่าใช้จ่ายเพียงใด อันจะเป็นแนวคิดพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อการเป็นหนี้ (รายได้น้อยกว่าค่าใช้จ่าย) ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. สุภัญญา หุตะเศรณี. วิธีการวัดความยากจนและการกระจายรายได้และแนวทางปรับปรุงชีวิต. วารสารเศรษฐศาสตร์จุฬาลงกรณ์ 2535;(4,2):256-297.
2. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. การสำรวจภาวะเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือน พ.ศ. 2554 จังหวัดมหาสารคาม. กรุงเทพฯ:เท็กซ์ แอน เจอร์นัล พับลิเคชั่น;2554.
3. ปราวณี ทินกร, เมธี ครอบแก้ว. สภาวะความยากจนและการกระจายรายได้ในประเทศไทย ปี 2518/19 และ 2524. วารสารเศรษฐศาสตร์ธรรมศาสตร์ 2528;4:54-99.

4. จิระ บุรีคำ. ความเหลื่อมล้ำของการกระจายรายได้ของครัวเรือนเกษตรกรชาวเขาในเขตภาคเหนือตอนบน. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2546;กรุงเทพฯ:270-279.
5. เผ่าไทย วงศ์เหล่า. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเหลื่อมล้ำของการกระจายรายได้ของครัวเรือน จังหวัดอุบลราชธานี พ.ศ. 2552. (โครงการวิจัยสาขาวิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์). จังหวัดอุบลราชธานี : มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี; 2554.
6. อัศวิน ไกรนุช. การเปลี่ยนแปลงความเหลื่อมล้ำของการกระจายรายได้จากการพัฒนาประเทศ. (รายงานการวิจัยภาควิชาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2550
7. สมชัย จิตสุชน. การกระจายรายได้ : บทสำรวจความรู้ 2555. (เข้าถึงเมื่อ 26 ตุลาคม 2555). เข้าถึงได้จาก : <http://www.tdri.or.th>
8. เศรษฐกิจกิจการเกษตร. รายงานผลการศึกษากการเปลี่ยนแปลงการกระจายรายได้และทรัพย์สินของครัวเรือนเกษตรกร. (เอกสารวิจัยเศรษฐกิจกิจการเกษตร เลขที่ 115). 2548;7-33.

ผลของอีควอลต่อการเจริญเติบโตของอวัยวะสืบพันธุ์และอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับระบบสืบพันธุ์ และเมแทบอลิซึมของไขมันในตับในหนูแรทตัวเต็มวัยเพศผู้

Effect of Equol on Growth of Reproductive and Accessory Reproductive Organs and Hepatic Lipid Metabolism in Adult Male Rats

มัลลิกา สระศรี¹, ประยุกต์ ศรีวิลัย², พนิดา เล้าชาญวุฒิ^{3*}

Mallika Srasri¹, Prayook Srivilai², Panida Loutchanwoot^{3*}

Received: 15 June 2014; Accepted: 30 September 2014

บทคัดย่อ

อีควอลเป็นสารเมแทบอลิท์หลักของไดไซด์ซึ่งเป็นไอโซฟลาโวนชนิดหลักที่พบปริมาณมากในถั่วเหลืองและสามารถออกฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจน จากงานวิจัยล่าสุดพบว่าอีควอลยังสามารถออกฤทธิ์ต้านฤทธิ์ฮอร์โมนแอนโดรเจน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินกลไกการออกฤทธิ์ทางชีวภาพและความเป็นพิษของอีควอลต่อการเจริญเติบโตของอวัยวะสืบพันธุ์และอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับระบบสืบพันธุ์และตอบสนองต่อการออกฤทธิ์ของฮอร์โมนแอนโดรเจน และเมแทบอลิซึมของไขมันในตับในหนูแรทตัวเต็มวัยเพศผู้ โดยแบ่งหนูออกเป็น 4 กลุ่มหลัก กลุ่มละ 12 ตัวและให้สารทดสอบโดยการป้อนทางปากเข้าสู่กระเพาะอาหารโดยตรงเป็นเวลา 5 วัน กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุมที่ได้รับน้ำนมมะกอกซึ่งเป็นสารตัวพา (1 มล./ตัว/วัน) กลุ่มที่ 2 ได้รับอีควอล (0.25 2.5 30 100 และ 250 มก./กก. น้ำหนักตัว/วัน) กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มควบคุมที่ได้รับฮอร์โมนเอสตราไดออล วาสิเรท (0.6 มก./กก. น้ำหนักตัว/วัน) และกลุ่มที่ 4 เป็นกลุ่มควบคุมที่ได้รับฟลูตาไมด์ซึ่งเป็นสารต้านฤทธิ์ฮอร์โมนแอนโดรเจน (100 มก./กก. น้ำหนักตัว/วัน) เมื่อสิ้นสุดการวิจัย การุณยฆาตหนูทดลอง ซึ่งน้ำหนักสดของอัณฑะ เซมินัล เวสิเคิล ต่อมลูกหมาก อีพิไดมิส วาสเดเฟอเรนส์ ตับ และไต นำซีรัมมาตรวจวัดระดับไขมันโดยใช้เทคนิค Enzymatic colorimetric assay ผลการวิจัยพบว่า การให้หนูได้รับอีควอลไม่มีความเป็นพิษต่อร่างกายและการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว หนูกลุ่มที่ได้รับอีควอลที่ขนาด 250 มก./กก. น้ำหนักตัว/วัน มีน้ำหนักสดสัมพันธ์ของเซมินัล เวสิเคิลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับหนูกลุ่มที่ได้รับฮอร์โมนเอสตราไดออลและฟลูตาไมด์ หนูกลุ่มที่ได้รับอีควอลที่ขนาด 100 และ 250 มก./กก. น้ำหนักตัว/วันมีระดับคอเลสเตอรอลรวม คอเลสเตอรอลชนิดไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำและสูงในซีรัมลดลง และหนูกลุ่มที่ได้รับอีควอลระดับสูงสุดเท่านั้นที่มีระดับไตรกลีเซอไรด์และอัตราส่วนระหว่างคอเลสเตอรอลรวมต่อคอเลสเตอรอลชนิดไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นสูงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนฟลูตาไมด์ให้ผลตรงกันข้าม ดังนั้นอีควอลน่าจะออกฤทธิ์เป็นได้ทั้งคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนหรือต้านฤทธิ์ฮอร์โมนแอนโดรเจนต่อการเจริญเติบโตของเซมินัล เวสิเคิล แต่น่าจะออกฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนต่อเมแทบอลิซึมของไขมันในตับในหนูแรทตัวเต็มวัยเพศผู้

คำสำคัญ: ไอโซฟลาโวนในถั่วเหลือง อัณฑะ ต่อมลูกหมาก อีพิไดมิส เซมินัล เวสิเคิล ไขมัน

Abstract

Equol is the major metabolite of daidzein, the major isoflavone found abundantly in soybeans. It is well known that equol exerts estrogenic effects. Recent studies have found that equol may also exert anti-androgeic action. This research was conducted to evaluate the biological mechanisms of action and toxicity of equol on growth of reproductive

¹ นิสิตปริญญาโท, ^{2,3}ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

¹ Master degree student, ^{2,3}Assistant Professor, Department of Biology, Faculty of Science, Mahasarakham University, Khamriang Sub-district, Kantharawichai District, Mahasarakham Province 44150, Thailand

* Corresponding Author: Panida Loutchanwoot, Department of Biology, Faculty of Science, Mahasarakham University, Mahasarakham Province 44150, Thailand. E-mail address: panida.l@msu.ac.th Alternate E-mail address: oupanida@hotmail.com

and androgen-dependent accessory reproductive organs, and hepatic lipid metabolic parameters in adult male rats. Male rats were divided by randomization into four major groups ($n = 12/\text{group}$) and treated orally *via* gavage with test compounds for 5 consecutive days, i.e., In group 1, the vehicle control-group received olive oil (1 ml/rat/day); In group 2, the treatment groups received equol at various concentrations of 0.25, 2.5, 30, 100 and 250 mg/kg body weight (BW)/day; In group 3, the positive estrogenic control group received estradiol valerate at the effective dose of 0.6 mg/kg BW/day, and In group 4, the positive anti-androgenic control group received flutamide at the reference dose of 100 mg/kg BW/day. At the end of treatment interval, animals were sacrificed, and testes, seminal vesicles, prostates, epididymides, vasa deferentia, livers and kidneys were immediately weighed. Serum levels of lipid metabolic parameters were measured by enzymatic colorimetric assay. The results showed that sub-acute administration of equol to male rats did not affect body weight change and no treatment-related toxicity was observed. Relative weights of seminal vesicles were significantly decreased in the rats treated with 250 mg/kg BW/day, as well as estradiol- and flutamide-treated rats. Serum levels of total cholesterol, high- and low-density lipoprotein cholesterol were significantly decreased in rats given 100 and 250 mg equol/kg BW/day treatments, but plasma levels of triglycerides and the ratio of total cholesterol to high-density lipoprotein cholesterol were significantly reduced only in the rats treated with equol at the highest dose, whereas those in the flutamide-treated group the opposite effects were observed. Taken together, our data revealed for the first time that in adult male rats equol may exert estrogenic- and/or antiandrogenic action on growth of seminal vesicles. However, with estrogenic action being the most likely explanation for the effect of equol on hepatic lipid metabolism.

Keywords: soy isoflavone, testis, seminal vesicles, prostate, epididymis, serum lipids

บทนำ

อีควอล (equol; EQ) เป็นสารเมแทบอลิท์ชนิดหลักที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ซึ่งได้จากการทำงานของเอนไซม์ของแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในลำไส้ในการย่อยดาอิดเซอิน (daidzein)^{1,2} ซึ่งเป็นไอโซฟลาโวน (isoflavone) ชนิดหลักที่พบปริมาณมากในถั่วเหลือง อีควอลมีโครงสร้างโมเลกุลคล้ายกับฮอร์โมนเอสโตรเจน โดยเฉพาะชนิด 17 บีตา-เอสตราไดออล (17 β -estradiol; E2)^{3,4} (Figure 1) และสามารถเข้าจับกับตัวรับฮอร์โมนเอสโตรเจน (estrogen receptor; ER) ได้ทั้งชนิดบีตา (ER β) และอัลฟา (ER α)^{5,6,7,8} โดยสามารถจับกับ ER β ได้ดีกว่า ER α แต่มีประสิทธิภาพในการจับน้อยกว่าฮอร์โมนเอสตราไดออล⁷ และจากการศึกษาในสภาวะร่างกาย (*in vivo*) พบว่าอีควอลสามารถออกฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนได้อย่างอ่อน โดยมีผลกระตุ้นการเจริญเติบโตของมดลูกซึ่งเป็นอวัยวะหลักที่ตอบสนองต่อฤทธิ์ของฮอร์โมนเอสโตรเจนทั้งในหนูแรทและหนูเม้าส์ที่ตัดรังไข่^{9,10}

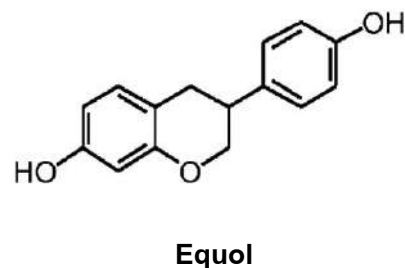
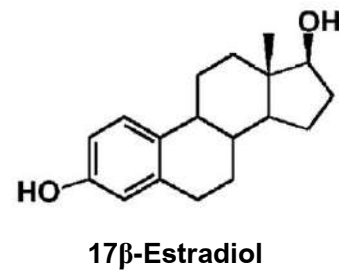


Figure 1 The structural similarities of equol and 17 β -estradiol. Both structures possess the phenolic and hydroxyl moieties and the distances between two groups in each compound are similar.⁷

แต่สิ่งที่น่าสนใจ คือ ปัจจุบันพบว่า อีควอลสามารถออกฤทธิ์ต้านฤทธิ์ฮอร์โมนแอนโดรเจน โดยเข้าจับอย่างจำเพาะเจาะจงกับฮอร์โมนไดไฮโดรเทสโทสเตอโรน (5 α -dihydrotestosterone; DHT)¹¹ และตัวรับฮอร์โมนแอนโดรเจน (androgen receptor; AR)⁵ จากการศึกษาในสภาวะนอกร่างกาย พบว่า อีควอลสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตและแบ่งเซลล์ของเซลล์สายพันธุ์มะเร็งต่อมลูกหมาก (lymph-node carcinoma of the prostate cell; LNCap cell)¹² และเซลล์สายพันธุ์มะเร็งเยื่อบุต่อมลูกหมากของมนุษย์ (benign human prostatic epithelial cell)^{13,14} และยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตและแบ่งเซลล์ของเซลล์สายพันธุ์มะเร็งต่อมลูกหมาก (prostate-specific antigen) ที่สร้างมาจากเซลล์ LNCap ภายใต้การกระตุ้นด้วยฮอร์โมน DHT¹² นอกจากนี้จากการศึกษาในสภาวะร่างกายพบว่า อีควอลมีผลทำให้น้ำหนักของต่อมลูกหมาก อีพิดิไดมิส^{11,12} และเซมินัล เวสิเคิล^{15,16} ของหนูแรททดลอง ซึ่งอวัยวะเหล่านี้เป็นอวัยวะที่ตอบสนองต่อการออกฤทธิ์ของฮอร์โมนแอนโดรเจนอย่างจำเพาะ (androgen-dependent organ)

จากกลไกการออกฤทธิ์ดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าอีควอลสามารถออกฤทธิ์เป็นได้ทั้งต้านฤทธิ์ฮอร์โมนแอนโดรเจน^{11,12} และคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจน^{15,16} ประกอบกับการประเมินฤทธิ์และกลไกการออกฤทธิ์ของอีควอลในสภาวะร่างกายยังมีอยู่น้อยมาก และงานวิจัยที่ผ่านมาไม่มีการใช้กลุ่มควบคุมที่ให้ผลบวกคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนและต้านฤทธิ์ฮอร์โมนแอนโดรเจนประกอบควบคุมกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความเป็นพิษและประเมินฤทธิ์ทางชีวภาพที่เป็นไปได้ของอีควอลต่อการเจริญเติบโตของอวัยวะสืบพันธุ์และอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับระบบสืบพันธุ์และตอบสนองต่อการออกฤทธิ์ของฮอร์โมนแอนโดรเจน และเมแทบอลิซึมของไขมันในตับในหนูแรทตัวเต็มวัยเพศผู้โดยใช้ฟลูตาไมด์ (flutamide; FLUT) เป็นสารอ้างอิงที่ออกฤทธิ์ต้านฤทธิ์ฮอร์โมนแอนโดรเจนอย่างแท้จริง และนิยมนำมาใช้ ในการรักษามะเร็งต่อมลูกหมากของมนุษย์^{17,18} และฮอร์โมนเอสตราไดออล วาลีเรท (estradiol valerate; E2-V) เป็นสารอ้างอิงที่ออกฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจน เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปประกอบในการแพทย์ทางเลือกเพื่อนำเอาอีควอลไปใช้ประโยชน์ในการรักษาโรคหรืออาการความผิดปกติที่เกิดจากฮอร์โมนแอนโดรเจนและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพในเพศชาย

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบ

อีควอล (3,4-dihydro-3-(4-hydroxyphenyl)-2H-1-benzopyran-7-ol; C₁₅H₁₄O₃; CAS-number 531-95-3) บริษัท Changzhou Dahua Imp. & Exp. Group ประเทศจีน

เอสตราไดออล วาลีเรท (1,3,5(10)-estratriene-3,17 β -diol 17-pentanote; C₂₃H₃₂O₃; CAS-number 979-32-8) บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศเยอรมนี

ฟลูตาไมด์ (2-methyl-N-[4'-nitro-3'-(trifluoro-methyl) phenyl] propanamide; C₁₁H₁₁F₃N₂O₃; CAS-number 13311-84-7) บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศเยอรมนี

น้ำมันมะกอกบริสุทธิ์ (extra virgin olive oil) บริษัท SOS Cuetera ประเทศสเปน

สัตว์ทดลองที่ใช้และการเลี้ยงสัตว์ทดลอง

นำหนูแรท (*Rattus norvegicus*) สายพันธุ์ Sprague-Dawley ชนิด outbred เพศผู้ อายุ 3 เดือน (สำนักสัตว์ทดลองแห่งชาติ มหาวิทยาลัยมหิดล จังหวัดนครปฐม) มาเลี้ยงเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ก่อนเริ่มการทดลองเพื่อให้ร่างกายของหนูปรับสภาพ โดยเลี้ยงภายใต้สภาวะห้องเลี้ยงหนูทดลองตามมาตรฐานสากล (ช่วงเวลากลางวันได้รับแสงสว่างในแต่ละวัน 12 ชั่วโมง อุณหภูมิห้อง 23-25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50-55 เปอร์เซ็นต์ อัตราการระบายอากาศภายในห้อง 15 ครั้งต่อชั่วโมง) โดยให้หนูได้รับอาหาร ชนิดพิเศษที่ปราศจากถั่วเหลืองเจือปน (บริษัท Ssniff Spezialdiäten GmbH ประเทศเยอรมนี) และน้ำกลั่นแบบให้กินเต็มที่ตามความต้องการของร่างกาย (ad libitum) ในทุกขั้นตอนของการวิจัยกับหนูทดลองได้ทำตามระเบียบวิธีวิจัยมาตรฐานสากลที่เป็นที่ยอมรับขององค์การนาชาติ [Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) Guidelines for the Testing of Chemicals และ The Endocrine Disruptor Screening and Testing Advisory Committee (EDSTAC) protocols screening the anti-androgenic compounds] โดยได้รับการพิจารณาและให้ความเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในสัตว์ทดลองของมหาวิทยาลัยมหาสารคามและอนุมัติในแง่จริยธรรมให้ดำเนินการศึกษาวิจัย (เลขที่ 0019/2554)

การแบ่งกลุ่มสัตว์ทดลองและวิธีการให้สารทดสอบ

นำหนูทดลองทุกตัวมาชั่งน้ำหนักและจัดกลุ่มโดยการสุ่มให้ทุกกลุ่มมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยใกล้เคียงกันและไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยแบ่งหนูทดลองออกเป็น 4 กลุ่มหลัก กลุ่มละ 12 ตัว ดังนี้ คือ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุมที่ได้รับสารตัวพา (control) ได้แก่ น้ำมันมะกอก กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับสารทดสอบ ได้แก่ อีควอลที่ขนาดการให้ต่อครั้งต่อวันต่างๆ กัน ได้แก่ 0.25 (EQ 0.25) 2.5 (EQ 2.5) 30 (EQ 30) 100 (EQ 100) และ 250 (EQ 250) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัวต่อวัน (มก.ต่อกก.น้ำหนักตัวต่อวัน) (mg/kg BW/day) กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มควบคุมที่ให้ผลบวกคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจน (positive estrogenic control group) โดยได้รับฮอร์โมน

เอสตราไดออล วาลีเรท (E2-V) ขนาด 0.6 มก.ต่อกก.น้ำหนักตัวต่อวัน และกลุ่มที่ 4 เป็นกลุ่มควบคุมที่ให้ผลบวกด้านฤทธิ์ฮอร์โมนแอนโดรเจน (positive antiandrogenic control group) โดยได้รับฟลูตาไมด์ (FLUT) ขนาด 100 มก.ต่อกก.น้ำหนักตัวต่อวัน โดยหนูทุกกลุ่มได้รับสารโดยการป้อนทางปากเข้าสู่กระเพาะอาหารโดยตรง (orogastric administration) วันละ 1 มิลลิลิตร ตามวิธีการของ Loutchanwoot และคณะ (2013; 2014)^{15,16} ยกเว้นหนูกลุ่มที่ได้รับอีควอลขนาด 0.25 และ 2.5 มก.ต่อกก.น้ำหนักตัวต่อวันได้รับสารทดสอบโดยฉีดเข้าใต้ผิวหนัง (subcutaneous injection) วันละ 0.5 มิลลิลิตร ตามวิธีการของ Lund และคณะ (2004)¹¹ เป็นระยะเวลาติดต่อกัน 5 วัน บันทึกน้ำหนักตัวหนูและน้ำหนักอาหาร และตรวจดูอาการความผิดปกติต่างๆ ทางคลินิกทุกวันตลอดระยะเวลาการทดสอบ

การฆ่าสัตว์ทดลองและเก็บอวัยวะเป้าหมาย

6 ชั่วโมงภายหลังจากการให้สารทดสอบในวันสุดท้าย การุณยฆาตหนูทดลองโดยทำให้สลบ ด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ตัดคอ เก็บเลือดจากลำตัว ฝ่าเปิดท้องและตัดเก็บอวัยวะเซมิเนล เวสิเคิล ต่อมลูกหมาก อีพิดิไดมิส วาส เดเฟอเรนส์ ตับและไต โดยตัดแยกเนื้อเยื่อไขมันออกให้หมด และนำไปซึ่งน้ำหนักสดภายหลังการตัดแยกทันที โดยใช้เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (บริษัท Sartorius ประเทศเยอรมนี)

การวิเคราะห์ค่าทางชีวเคมีที่เกี่ยวข้องกับ เมแทบอลิซึมของไขมันในซีรัม

นำตัวอย่างเลือดจากส่วนลำตัวมาปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกซีรัมด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว รอบ 3,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และนำซีรัมมาวิเคราะห์ระดับไขมันโดยเทคนิค Enzymatic colorimetric assay ด้วยเครื่องวิเคราะห์อัตโนมัติทางเคมีคลินิก รุ่น Urit-8030 (ประเทศจีน) ใช้ชุดน้ำยาสำเร็จรูปของบริษัท Class-1 laboratories & research จำกัด (ประเทศไทย)

ปัจจัยตรวจสอบ

น้ำหนักตัวเริ่มต้นและน้ำหนักตัวสุดท้ายของหนูเมื่อสิ้นสุดการวิจัย

อัตราการกินอาหาร (กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน)
น้ำหนักสดสัมพัทธ์ของอวัยวะ เซมิเนล เวสิเคิล ต่อมลูกหมากทั้งส่วนบนร่วมข้าง (dorsolateral) และส่วนล่าง (ventral) อีพิดิไดมิส วาส เดเฟอเรนส์ ตับ และไต

ค่าทางชีวเคมีที่เกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึมของไขมันในซีรัม ได้แก่ คอเลสเตอรอลรวม (total cholesterol; TC) ไตรกลีเซอไรด์ (triglycerides; TG) คอเลสเตอรอลชนิดไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นสูง (high-density lipoprotein

cholesterol; HDL-C) และคอเลสเตอรอลชนิดไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (low-density lipoprotein cholesterol; LDL-C) อัตราส่วนระหว่าง TC ต่อ HDL-C (TC/HDL-C) และอัตราส่วนระหว่าง LDL-C ต่อ HDL-C (LDL-C/HDL-C)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ค่าของข้อมูลที่ได้อยู่ในรูปของค่าเฉลี่ย \pm ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ย การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลที่ได้จากทุกกลุ่มทดลอง ทำโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี One-way ANOVA และทำการทดสอบหลังการวิเคราะห์โดยวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณโดยใช้วิธี Dunnett's post test โดยใช้โปรแกรม GraphPad Prism (version 5.0) (บริษัท GraphPad Software ประเทศสหรัฐอเมริกา) ถ้าค่า P น้อยกว่า 0.05 และ 0.01 แสดงว่าข้อมูลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ผลการศึกษา

น้ำหนักตัวและอัตราการกินอาหาร

จากผลการวิจัยพบว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวเริ่มต้นและน้ำหนักตัวสุดท้ายของหนูทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีน้ำหนักตัวเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 426.29 ± 10.10 กรัม และน้ำหนักตัวสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 421.39 ± 10.70 กรัม (Table 1) และหนูในแต่ละกลุ่มทดลองมีน้ำหนักตัวสุดท้ายเฉลี่ยไม่แตกต่างจากหนูกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (Table 1)

เมื่อพิจารณาอัตราการกินอาหารโดยเฉลี่ย (กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน) ของหนูทุกกลุ่มกับหนูกลุ่มควบคุมที่ได้รับสารตัวพา พบว่าหนูกลุ่มที่ได้รับฟลูตาไมด์มีอัตราการกินอาหารโดยเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีค่าลดลงคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบกับหนูกลุ่มควบคุมที่ได้รับสารตัวพาเท่ากับ 78.81 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปรียบเทียบกับหนูกลุ่มควบคุมที่ให้ผลบวกด้านฤทธิ์ฮอร์โมนแอนโดรเจนและหนูกลุ่มควบคุมที่ให้ผลบวกคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจน พบว่า อัตราการกินอาหารโดยเฉลี่ยของหนูกลุ่มที่ได้รับอีควอลขนาด 0.25 ($p<0.01$) 2.5 ($p<0.01$) 30 ($p<0.05$) และ 100 ($p<0.05$) มก.ต่อกก.น้ำหนักตัวต่อวันแตกต่างจาก หนูกลุ่มที่ได้รับฟลูตาไมด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และหนูกลุ่มที่ได้รับอีควอลขนาด 2.5 มก.ต่อกก.น้ำหนักตัวต่อวันมีอัตราการกินอาหารโดยเฉลี่ยแตกต่างจากหนูกลุ่มที่ได้รับฮอร์โมนเอสตราไดออล วาลีเรทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

Table 1 Mean initial and final body weights and average daily food intake of adult male rats treated orally *via* gavage with equol, estradiol and flutamide for 5 consecutive days.

Treatment	Dosage (mg/kg BW/day)	Initial body weight (g)	Final body weight (g)	Food intake (g/kg BW/day)
Control	1 ml/rat/day	426.1 ± 10.1	429.2 ± 10.7	0.151 ± 0.005
EQ-0.25	0.25	429.7 ± 11.3	428.2 ± 11.4	0.200 ± 0.020 ^{##}
EQ-2.5	2.5	425.0 ± 11.1	424.4 ± 10.1	0.195 ± 0.010 ^{##}
EQ-30	30	424.3 ± 12.7	421.0 ± 12.9	0.169 ± 0.011 [#]
EQ-100	100	424.5 ± 12.7	420.2 ± 13.3	0.164 ± 0.006 [#]
EQ-250	250	425.2 ± 14.5	417.2 ± 14.5	0.152 ± 0.005
E2-V	0.6	430.4 ± 8.0	419.9 ± 8.4	0.150 ± 0.016
FLUT	100	425.1 ± 14.5	411.0 ± 14.2	0.119 ± 0.013 [*]

Data represent means ± S.E.M. (n=12/group); * $p < 0.05$ versus Control; ^{*} $p < 0.05$ versus E2-V; [#] $p < 0.05$ versus FLUT;

^{##} $p < 0.01$ versus FLUT

น้ำหนักสดสัมพัทธ์ (relative wet weight) ของอวัยวะเป้าหมายเมื่อสิ้นสุดการวิจัย

น้ำหนักสดสัมพัทธ์ของอวัยวะ

จากการทดสอบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดสัมพัทธ์ของอวัยวะของหนูทุกกลุ่มกับหนูกลุ่มควบคุมที่ได้รับสารตัวพา พบว่าหนูกลุ่มที่ได้รับอีควอลทุกกลุ่ม หนูที่ได้รับฮอร์โมน เอสตราไดออล วาเลโรท และหนูกลุ่มที่ได้รับฟลูตาไมด์มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดสัมพัทธ์ของอวัยวะไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (Table 2)

น้ำหนักสดสัมพัทธ์ของเซมินัล เวสิเคิล

จากการทดสอบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดสัมพัทธ์ของเซมินัล เวสิเคิลของหนูทุกกลุ่มกับหนูกลุ่มควบคุมที่ได้รับสารตัวพา พบว่าหนูกลุ่มที่ได้รับอีควอลขนาด 250 มก. ต่อกก. น้ำหนักตัวต่อวัน หนูกลุ่มที่ได้รับฮอร์โมน เอสตราไดออล วาเลโรท และหนูกลุ่มที่ได้รับฟลูตาไมด์มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดสัมพัทธ์ของเซมินัล เวสิเคิลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยมีค่าลดต่ำลงคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบกับหนูกลุ่มควบคุมที่ได้รับสารตัวพาเท่ากับ 76.90 70.30 และ 37.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับหนู

กลุ่มควบคุมที่ให้ผลบวกต้านฤทธิ์ฮอร์โมนแอนโดรเจนและหนูกลุ่มควบคุมที่ให้ผลบวกคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจน พบว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดสัมพัทธ์ของเซมินัล เวสิเคิลของหนูที่ได้รับอีควอลทุกกลุ่มแตกต่างจากหนูกลุ่มที่ได้รับฟลูตาไมด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และหนูกลุ่มที่ได้รับอีควอลขนาด 0.25 2.5 30 และ 100 มก. ต่อกก. น้ำหนักตัวต่อวันมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดสัมพัทธ์ของเซมินัล เวสิเคิลแตกต่างจากหนูกลุ่มที่ได้รับฮอร์โมนเอสตราไดออล วาเลโรทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 2)

น้ำหนักสดสัมพัทธ์ของต่อมลูกหมากส่วนล่าง

จากการทดสอบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดสัมพัทธ์ของต่อมลูกหมาก ส่วนล่างของหนูทุกกลุ่มกับหนูกลุ่มควบคุมที่ได้รับ สารตัวพา พบว่าหนูกลุ่มที่ได้รับฮอร์โมนเอสตราไดออล วาเลโรท และหนูกลุ่มที่ได้รับฟลูตาไมด์มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดสัมพัทธ์ของต่อมลูกหมากส่วนล่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$ และ $p < 0.01$ ตามลำดับ) (Table 2) โดยมีค่าลดต่ำลง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบกับหนูกลุ่มควบคุม ที่ได้รับสารตัวพาเท่ากับ 75.00 และ 53.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับและเมื่อเปรียบเทียบกับหนู

Table 2 Relative wet weights of reproductive and accessory organs, liver, and kidney of adult male rats treated via orogastric gavage with equol, estradiol and flutamide for 5 consecutive days.

Treatment	Dosage (mg/kg BW/day)	Testes	Ventral prostate	Dorsolateral prostate	Epididymides	Seminal vesicles	Vas deferentia	Liver	Kidney
Control	1 ml/rat/day	0.883 ± 0.014	0.096 ± 0.010	0.109 ± 0.008	0.257 ± 0.006	0.303 ± 0.013	0.040 ± 0.003	3.206 ± 0.046	0.700 ± 0.008
EQ 0.25	0.25	0.872 ± 0.023	0.092 ± 0.008 ^{##}	0.101 ± 0.002 ^{##}	0.246 ± 0.008 ^{##}	0.302 ± 0.005 ^{###}	0.039 ± 0.001 ^{###}	3.599 ± 0.055 ^{##}	0.704 ± 0.014 [#]
EQ 2.5	2.5	0.869 ± 0.012	0.083 ± 0.005 ^{##}	0.094 ± 0.006 ^{##}	0.250 ± 0.005 ^{##}	0.289 ± 0.018 ^{###}	0.037 ± 0.001 ^{##}	3.537 ± 0.084 ^{##}	0.711 ± 0.017
EQ 30	30	0.867 ± 0.027	0.092 ± 0.006 ^{##}	0.095 ± 0.006 ^{##}	0.258 ± 0.010 ^{##}	0.292 ± 0.011 ^{###}	0.040 ± 0.001 ^{###}	3.573 ± 0.076 ^{###}	0.721 ± 0.008
EQ 100	100	0.876 ± 0.014	0.082 ± 0.008 [#]	0.099 ± 0.005 ^{##}	0.258 ± 0.008 ^{##}	0.276 ± 0.012 ^{###}	0.040 ± 0.001 ^{###}	3.618 ± 0.072 ^{###}	0.739 ± 0.016 [*]
EQ 250	250	0.844 ± 0.013	0.076 ± 0.009 [#]	0.090 ± 0.006 [#]	0.242 ± 0.004 ^{##}	0.233 ± 0.013 ^{###}	0.038 ± 0.002 ^{##}	4.241 ± 0.083 ^{###}	0.754 ± 0.019 [*]
E2-V	0.6	0.875 ± 0.009	0.072 ± 0.006 [#]	0.085 ± 0.006 [*]	0.249 ± 0.005 ^{##}	0.213 ± 0.014 ^{###}	0.035 ± 0.001	3.498 ± 0.081 ^{###}	0.737 ± 0.017
FLUT	100	0.867 ± 0.016	0.051 ± 0.005 ^{**}	0.070 ± 0.005 ^{**}	0.190 ± 0.006 ^{**}	0.113 ± 0.005 ^{**}	0.033 ± 0.001 [*]	4.472 ± 0.106 ^{**}	0.757 ± 0.016 [*]

Data represent means ± S.E.M. (n=12/group); *p<0.05 versus Control; **p<0.01 versus Control; #p<0.05 versus E2-V; ##p<0.01 versus E2-V; ###p<0.05 versus FLUT; #*p<0.01 versus FLUT; #**p<0.01 versus FLUT

กลุ่มควบคุมที่ให้ผลบวกต้านฤทธิ์ฮอร์โมนแอนโดรเจนและ
 หนูกลุ่มควบคุมที่ให้ผลบวกคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจน พบว่า
 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสเต็มพัทธ์ของต่อมลูกหมากส่วนล่างของ
 หนูกลุ่มที่ได้รับอีควอลขนาด 0.25 (p<0.01) 2.5 (p<0.01) 30
 (p<0.01) 100 (p<0.05) และ 250 (p<0.05) มก.ต่ออก. น้ำหนัก
 ตัวต่อวันแตกต่างจากหนูกลุ่มที่ได้รับฟลูตาไมด์อย่างมีนัยสำคัญ
 ทางสถิติ และค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสเต็มพัทธ์ของต่อมลูกหมาก
 ส่วนล่างของหนูกลุ่มที่ได้รับอีควอลขนาด 30 มก.ต่ออก.
 น้ำหนักตัวต่อวันแตกต่างจากหนูกลุ่มที่ได้รับฮอร์โมนเอสตราไดออล
 วาลีเรทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

**น้ำหนักสเต็มพัทธ์ของต่อมลูกหมากส่วนบน
 ร่วมข้าง**

จากการทดสอบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ย
 ของน้ำหนักสเต็มพัทธ์ของต่อมลูกหมากส่วน บนร่วมข้างของ
 หนูทุกกลุ่มกับหนูกลุ่มควบคุมที่ได้รับสารตัวพา พบว่าหนูกลุ่ม
 ที่ได้รับฮอร์โมนเอสตราไดออล วาลีเรท และหนูกลุ่มที่ได้รับ
 ฟลูตาไมด์มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสเต็มพัทธ์ของต่อมลูกหมาก
 ส่วนบนร่วมข้างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05 และ
 p<0.01 ตามลำดับ) โดยมีค่าลดต่ำลงคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เปรียบ
 เทียบกับหนูกลุ่มควบคุมที่ได้รับสารตัวพาเท่ากับ 77.98 และ
 64.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับหนูกลุ่ม
 ควบคุมที่ให้ผลบวกต้านฤทธิ์ฮอร์โมนแอนโดรเจนและหนูกลุ่ม
 ควบคุมที่ให้ผลบวกคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจน พบว่าค่าเฉลี่ย
 ของน้ำหนักสเต็มพัทธ์ของต่อมลูกหมากส่วนบนร่วมข้างของ
 หนูกลุ่มที่ได้รับอีควอลขนาด 0.25 (p<0.01) 2.5 (p<0.01) 30
 (p<0.01) 100 (p<0.01) และ 250 (p<0.05) มก.ต่ออก.
 น้ำหนักตัวต่อวันแตกต่างจากหนูกลุ่มที่ได้รับฟลูตาไมด์อย่าง
 มีนัยสำคัญทางสถิติ และหนูกลุ่มที่ได้รับอีควอลขนาด 0.25
 มก.ต่ออก. น้ำหนักตัวต่อวันมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสเต็มพัทธ์
 ของต่อมลูกหมากส่วนบนร่วมข้างแตกต่างจากหนูกลุ่มที่ได้รับ
 ฮอร์โมนเอสตราไดออล วาลีเรทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
 (p<0.05) (Table 2)

น้ำหนักสเต็มพัทธ์ของอู่พีดีไทมัส

จากการทดสอบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ย
 ของน้ำหนักสเต็มพัทธ์ของอู่พีดีไทมัสของหนูทุกกลุ่มกับหนู
 กลุ่มควบคุมที่ได้รับสารตัวพา พบว่าหนูกลุ่มที่ได้รับฟลูตาไมด์
 มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสเต็มพัทธ์ของอู่พีดีไทมัสลดลงอย่างมี
 นัยสำคัญทางสถิติ (p<0.01) โดยมีค่าลดต่ำลงคิดเป็น
 เปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบกับหนูกลุ่มควบคุมที่ได้รับสารตัวพา
 เท่ากับ 73.93 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปรียบเทียบกับหนูกลุ่ม
 ควบคุมที่ให้ผลบวกต้านฤทธิ์ฮอร์โมนแอนโดรเจนและหนูกลุ่ม
 ควบคุมที่ให้ผลบวกคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจน พบว่าค่าเฉลี่ย

ระดับ LDL-C ในซีรัม

จากการทดสอบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยของระดับ LDL-C ของหนูทุกกลุ่มกับหนูกลุ่มควบคุมที่ได้รับสารตัวพา พบว่าค่าเฉลี่ยของระดับ LDL-C มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในหนูกลุ่มที่ได้รับอีควอลขนาด 100 ($p < 0.05$) และ 250 ($p < 0.01$) มก.ต่อกก.น้ำหนักตัวต่อวัน และหนูกลุ่มที่ได้รับฮอร์โมนเอสตราไดโอดอล วาลีเรท ($p < 0.01$) โดยมีค่าลดต่ำลงคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบกับหนูกลุ่มควบคุมที่ได้รับสารตัวพาเท่ากับ 62.16 56.97 และ 58.00 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในทางตรงกันข้าม หนูกลุ่มที่ได้รับฟลูตาไมด์มีค่าเฉลี่ยของระดับ LDL-C เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าเพิ่มขึ้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบกับหนูกลุ่มควบคุมที่ได้รับสารตัวพาเท่ากับ 136.58 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปรียบเทียบกับหนูกลุ่มควบคุมที่ให้ผลบวกต้านฤทธิ์ฮอร์โมนแอนโดรเจนและหนูกลุ่มควบคุมที่ให้ผลบวกคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจน พบว่าค่าเฉลี่ยของระดับ LDL-C ของหนูกลุ่มที่ได้รับอีควอลทุกกลุ่มแตกต่างจากหนูกลุ่มที่ได้รับฟลูตาไมด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) แต่ไม่แตกต่างจากหนูกลุ่มที่ได้รับฮอร์โมนเอสตราไดโอดอล วาลีเรท ($p > 0.05$) (Table 3)

ระดับ HDL-C ในซีรัม

จากการทดสอบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยของระดับ HDL-C ของหนูทุกกลุ่มกับหนูกลุ่มควบคุมที่ได้รับสารตัวพา พบว่าค่าเฉลี่ยของระดับ HDL-C ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในหนูกลุ่มที่ได้รับอีควอลขนาด 100 และ 250 มก.ต่อกก.น้ำหนักตัวต่อวัน และหนูกลุ่มที่ได้รับฮอร์โมนเอสตราไดโอดอล วาลีเรท ($p < 0.05$) โดยมีค่าลดต่ำลงคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบกับหนูกลุ่มควบคุมที่ได้รับสารตัวพาเท่ากับ 65.81 60.62 และ 61.14 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในทางตรงกันข้าม หนูกลุ่มที่ได้รับฟลูตาไมด์มีค่าเฉลี่ยของระดับ HDL-C เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าเพิ่มขึ้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบกับหนูกลุ่มควบคุมที่ได้รับสารตัวพาเท่ากับ 135.75 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปรียบเทียบกับของหนูกลุ่มควบคุมที่ให้ผลบวกต้านฤทธิ์ฮอร์โมนแอนโดรเจนและหนูกลุ่มควบคุมที่ให้ผลบวกคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจน พบว่าค่าเฉลี่ยของระดับ HDL-C ของหนูกลุ่มที่ได้รับอีควอลทุกกลุ่มแตกต่างจากหนูกลุ่มที่ได้รับฟลูตาไมด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และหนูกลุ่มที่ได้รับอีควอลขนาด 30 มก.ต่อกก.น้ำหนักตัวต่อวันมีค่าเฉลี่ยของระดับ HDL-C แตกต่างจากหนูกลุ่มที่ได้รับฮอร์โมน เอสตราไดโอดอล วาลีเรท ($p < 0.05$) (Table 3)

Table 3 Serum levels of total cholesterol (TC), low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C), high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C) triglycerides (TG) and the ratios of TC/HDL-C and LDL-C/HDL-C in adult male rats treated orally via gavage with equol, estradiol and flutamide for 5 consecutive days.

Treatment	Dosage (mg/kg BW/day)	TC (mg/dl)	LDL-C (mg/dl)	HDL-C (mg/dl)	TG (mg/dl)	TC/HDL-C ratio	LDL-C/HDL-C ratio
Control	1 ml/rat/day	130.50 ± 14.36	80.17 ± 10.63	32.17 ± 4.40	244.00 ± 32.75	4.13 ± 0.12	2.50 ± 0.07
EQ 0.25	0.25	115.00 ± 4.41 ^{##}	63.17 ± 2.44 ^{##}	26.50 ± 0.56 ^{##}	164.50 ± 23.90	4.44 ± 0.03 ^{**}	2.44 ± 0.02 ^{**}
EQ 2.5	2.5	120.00 ± 4.92 ^{###}	67.17 ± 2.51 ^{##}	26.50 ± 0.92 ^{##}	189.17 ± 6.49	4.53 ± 0.08 ^{**}	2.56 ± 0.01 ^{**}
EQ 30	30	112.70 ± 13.57 ^{###}	63.80 ± 8.58 ^{##}	29.67 ± 4.19 ^{##}	211.30 ± 15.99	3.85 ± 0.16 [#]	2.41 ± 0.09 [*]
EQ 100	100	87.00 ± 7.00 ^{##}	49.83 ± 5.49 ^{##}	21.17 ± 0.87 ^{##}	161.00 ± 18.93	3.78 ± 0.18 [#]	2.22 ± 0.08 [*]
EQ 250	250	76.50 ± 4.55 ^{###}	45.67 ± 3.38 ^{###}	19.50 ± 1.46 ^{##}	152.50 ± 11.57 [*]	3.75 ± 0.11 ^{###}	2.18 ± 0.11 [*]
E2-V	0.6	79.83 ± 7.26 ^{###}	46.50 ± 3.87 ^{###}	19.67 ± 1.41 ^{##}	217.30 ± 29.91	3.72 ± 0.08 ^{###}	2.16 ± 0.04 ^{###}
FLUT	100	193.70 ± 4.60 ^{**}	109.50 ± 7.52 [*]	43.67 ± 1.63 [*]	213.17 ± 40.80	4.46 ± 0.15	2.50 ± 0.10

Data represent means ± S.E.M. (n=12/group); * $p < 0.05$ versus Control; ** $p < 0.01$ versus Control; *** $p < 0.001$ versus Control; # $p < 0.05$ versus E2-V; ## $p < 0.05$ versus FLUT; ### $p < 0.01$ versus FLUT

ระดับ TG ในซีรัม

จากการทดสอบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยของระดับ TG ของหนูทุกกลุ่มกับหนูกลุ่มควบคุมที่ได้รับสารตัวพา พบว่าหนูกลุ่มที่ได้รับอีควอลขนาด 250 มก.ต่อกก. น้ำหนักตัวต่อวันมีค่าเฉลี่ยของระดับ TG ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าลดต่ำลงคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบกับหนูกลุ่มควบคุมที่ได้รับสารตัวพาเท่ากับ 62.50 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปรียบเทียบกับหนูกลุ่มควบคุมที่ให้ผลบวกด้านฤทธิ์ฮอโมนแอนโดรเจนและหนูกลุ่มควบคุมที่ให้ผลบวกคล้ายฮอโมน เอสโตรเจน พบว่าค่าเฉลี่ยของระดับ TG ของหนูกลุ่มที่ได้รับอีควอลทุกกลุ่มไม่แตกต่างจากหนูที่ได้รับฟลูตาไมด์ และหนูกลุ่มที่ได้รับฮอโมนเอสตราไดออล วาลีเรทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (Table 3)

อัตราส่วนระหว่าง TC/HDL-C ในซีรัม

จากการทดสอบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนระหว่าง TC/HDL-C ของหนูทุกกลุ่มกับหนูกลุ่มควบคุมที่ได้รับสารตัวพา พบว่าหนูกลุ่มที่ได้รับอีควอลขนาด 250 มก.ต่อกก. น้ำหนักตัวต่อวัน และหนูกลุ่มที่ได้รับฮอโมนเอสตราไดออล วาลีเรทมีค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนระหว่าง TC/HDL-C ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าลดต่ำลงคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบกับหนูกลุ่มควบคุมที่ได้รับสารตัวพาเท่ากับ 90.80 และ 90.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับหนูกลุ่มควบคุมที่ให้ผลบวกด้านฤทธิ์ฮอโมนแอนโดรเจนและหนูกลุ่มควบคุมที่ให้ผลบวกคล้ายฮอโมนเอสโตรเจน พบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนระหว่าง TC/HDL-C ของหนูกลุ่มที่ได้รับอีควอลขนาด 30 ($p < 0.05$) 100 ($p < 0.05$) และ 250 ($p < 0.01$) มก.ต่อกก. น้ำหนักตัวต่อวัน แตกต่างจากหนูกลุ่มที่ได้รับฟลูตาไมด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และหนูกลุ่มที่ได้รับอีควอลขนาด 0.25 และ 2.5 มก.ต่อกก. น้ำหนักตัวต่อวันมีค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนระหว่าง TC/HDL-C แตกต่างจากหนูกลุ่มที่ได้รับฮอโมนเอสตราไดออล วาลีเรทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 3)

อัตราส่วนระหว่าง LDL-C/HDL-C ในซีรัม

จากการทดสอบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนระหว่าง LDL-C/HDL-C ของหนูทุกกลุ่มกับหนูกลุ่มควบคุมที่ได้รับสารตัวพา พบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนระหว่าง LDL-C/HDL-C ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในหนูกลุ่มที่ได้รับอีควอลขนาด 100 ($p < 0.05$) และ 250 ($p < 0.05$) มก.ต่อกก. น้ำหนักตัวต่อวัน และหนูกลุ่มที่ได้รับฮอโมนเอสตราไดออล วาลีเรท ($p < 0.01$) โดยมีค่าลดต่ำลงคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบกับหนูกลุ่มควบคุมที่ได้รับสารตัวพาเท่ากับ 88.80 87.20 และ 86.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ

เมื่อเปรียบเทียบกับหนูกลุ่มควบคุมที่ให้ผลบวกด้านฤทธิ์ฮอโมนแอนโดรเจนและหนูกลุ่มควบคุมที่ให้ผลบวกคล้ายฮอโมนเอสโตรเจน พบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนระหว่าง LDL-C/HDL-C ของหนูกลุ่มที่ได้รับอีควอลทุกกลุ่มไม่แตกต่างจากหนูกลุ่มที่ได้รับฟลูตาไมด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และหนูกลุ่มที่ได้รับอีควอลขนาด 0.25 2.5 และ 30 มก.ต่อกก. น้ำหนักตัวต่อวันมีค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนระหว่าง LDL-C/HDL-C แตกต่างจากหนูกลุ่มที่ได้รับฮอโมนเอสตราไดออล วาลีเรทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$ $p < 0.01$ และ $p < 0.05$ ตามลำดับ) (Table 3)

วิจารณ์และสรุปผล

อีควอลเป็นสารเมแทบอลิท์หลักของดาอิดเซอิน ซึ่งเป็นไอโซฟลาโวนชนิดหลักที่พบปริมาณมากในถั่วเหลือง^{1,2} โดยมีโครงสร้างทางเคมีคล้ายกับฮอโมนเอสตราไดออลชนิด 17 ปีตา และสามารถเข้าจับกับตัวรับของฮอโมนเอสโตรเจน^{4,7,8} จึงทำให้อีควอลสามารถออกฤทธิ์คล้ายฮอโมนเอสโตรเจนได้อย่างอ่อนทั้งสภาวะนอกร่างกาย^{6,8,19,20} และสภาวะในร่างกาย^{9,10} นอกจากนี้อีควอลยังสามารถจับกับ AR⁵ และแย่งจับกับฮอโมน DHT ทำให้อีควอล DHT ไม่สามารถจับกับ AR และให้ผลทางสรีรวิทยาได้^{11,12} จึงทำให้ในปัจจุบันมีแนวโน้มในการนำอีควอลไปใช้ในการแพทย์ทางเลือกมากขึ้นเพื่อรักษาโรคหรืออาการความผิดปกติอันเนื่องมาจากการออกฤทธิ์ของฮอโมนเพศ แต่จากงานวิจัยที่ผ่านมายังไม่สามารถสรุปกลไกการออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่แน่ชัดของอีควอลในสัตว์เพศผู้ เนื่องจากงานวิจัยดังกล่าวยังขาดการใช้กลุ่มควบคุมที่ให้ผลบวกคล้ายฮอโมนเอสโตรเจนและด้านฤทธิ์ฮอโมนแอนโดรเจนประกอบควบคู่กัน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเป็นพิษและกลไกการออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่เป็นไปได้ของอีควอลต่อการเจริญเติบโตของอวัยวะสืบพันธุ์และอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับระบบสืบพันธุ์และตอบสนองต่อการออกฤทธิ์ของฮอโมนแอนโดรเจนและเมแทบอลิซึมของไขมันในตับในหนูแรทตัวเต็มวัยเพศผู้ โดยใช้สารอ้างอิงที่ให้ผลบวกเป็นฮอโมนเอสโตรเจนและสารด้านฤทธิ์ฮอโมนแอนโดรเจนประกอบควบคู่กัน โดยประเมินจากน้ำหนักสดสัมพัทธ์ของอวัยวะ เซมินัล เวสิเคิล ต่อมลูกหมาก อีพิดิไดมัส วาส เดเฟอเรนส์ และระดับไขมันในซีรัม และทดสอบความเป็นพิษต่อร่างกายโดยประเมินจากการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว อัตราการกินอาหาร น้ำหนักสดสัมพัทธ์ของตับและไต

จากการให้หนูได้รับอีควอลที่ขนาดการให้ต่อครั้งต่อวันต่างๆ กัน เป็นระยะเวลา 5 วัน ไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อร่างกาย เนื่องจากค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวสุดท้ายและอัตรา

การกินอาหารไม่เปลี่ยนแปลง และไม่มีการตายหรืออาการ ความผิดปกติทางคลินิกเกิดขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้าที่มีการให้หนูแรทเพศเมียที่ตัดรังไข่ได้รับอีควอล โดยผสมไปในอาหารที่ปราศจากถั่วเหลืองขนาด 400 มก.ต่อ กก. น้ำหนักอาหาร เป็นระยะเวลา 7 สัปดาห์ ไม่มีผลต่อการ เปลี่ยนแปลงอัตราการกินอาหารและน้ำหนักตัว²¹ ในทางตรงกันข้าม หนูกลุ่มที่ได้รับฟลูตาไมด์มีอัตราการกินอาหาร โดยเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Toyoda และคณะ (2000) ซึ่งพบว่า การให้หนูแรทเพศผู้ได้รับฟลูตาไมด์โดยป้อนเข้าทางปากที่ขนาด 4 มก.ต่อ กก. น้ำหนักตัวต่อวัน เป็นระยะเวลา 28 วัน ทำให้อัตราการกินอาหารลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ²² เช่นเดียวกับ การให้หนูแรทเพศผู้ได้รับฟลูตาไมด์โดยป้อนเข้าทางปากที่ขนาด 25 มก.ต่อ กก. น้ำหนักตัวต่อวัน เป็นระยะเวลา 10 วัน มีผลลดอัตราการกินอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ²³ ทั้งนี้ เนื่องจากการออกฤทธิ์ต้านฮอร์โมนแอนโดรเจนของฟลูตาไมด์ ส่งผลทำให้ความอยากอาหาร (orexigenic activity) ลดลง²⁴

จากผลการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพที่เป็นไปได้ของอีควอลต่อการเจริญเติบโตของอวัยวะสืบพันธุ์และอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับระบบสืบพันธุ์และตอบสนองต่อการออกฤทธิ์ของฮอร์โมนแอนโดรเจนในหนูแรทเพศผู้ พบว่าอีควอลขนาดสูงสุดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ 250 มก.ต่อ กก. น้ำหนักตัวต่อวันมีผลทำให้น้ำหนักสดสัณพีฑ์ของเซมินัล เวสิเคิลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีผลต่อน้ำหนักสดสัณพีฑ์ของอัณฑะ ต่อมลูกหมาก ส่วนบนร่วมข้างและส่วนล่างและอีพิดิไดมิสลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Loutchanwoot และคณะ (2013; 2014) ซึ่งพบว่า การให้หนูแรทตัวเต็มวัยเพศผู้ได้รับอีควอลขนาด 250 มก.ต่อ กก. น้ำหนักตัวต่อวันโดยป้อนเข้าทางปาก เป็นระยะเวลา 5 วันติดต่อกัน ทำให้น้ำหนักสดสัณพีฑ์ของเซมินัล เวสิเคิลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดสัณพีฑ์ของอัณฑะ ต่อมลูกหมากส่วนล่าง และอีพิดิไดมิส^{15,16} แต่อีควอลขนาด 0.25 มก.ต่อ กก. น้ำหนักตัวต่อวันไม่มีผลต่อน้ำหนักสดสัณพีฑ์ของต่อมลูกหมาก ส่วนล่างและอีพิดิไดมิส ซึ่งผลที่ได้จากงานวิจัยนี้แตกต่างจากการศึกษาที่ผ่านมาของ Lund และคณะ (2004)¹¹ ที่พบว่า การให้หนูแรทเพศผู้ได้รับอีควอลโดยการฉีดเข้าใต้ผิวหนังที่ขนาด 0.25 มก.ต่อ กก. น้ำหนักตัวต่อวัน เป็นเวลาระยะ 4 วัน ทำให้น้ำหนักสดสัณพีฑ์ของต่อมลูกหมากส่วนล่างและอีพิดิไดมิสลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะความแตกต่างของชนิดของอาหารที่ใช้เลี้ยงหนูทดลอง โดยในการวิจัยครั้งนี้ ใช้อาหารเลี้ยงหนูชนิดพิเศษที่ปราศจากถั่วเหลืองเจือปน ดังนั้นผลการการศึกษาที่ได้จึงเป็นผลที่เกิดขึ้นจากฤทธิ์ของอีควอล

อย่างแท้จริงมิใช่เป็นผลที่เกี่ยวเนื่องกับการออกฤทธิ์ของไอโซฟลาโวนส์ชนิดอื่นที่พบในถั่วเหลืองและปนเปื้อนอยู่ในอาหารเลี้ยงหนู ได้แก่ เจนิสเทอิน (genistein) และดาอิดเซอิน นอกจากนี้งานวิจัยของ Lund และคณะ (2004)¹¹ ไม่มีการใช้ หนูกลุ่มควบคุมทั้งที่ให้ผลบวกต้านฤทธิ์ฮอร์โมนแอนโดรเจน และคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนประกอบควบคู่กัน จึงทำให้ไม่สามารถสรุปกลไกการออกฤทธิ์ของอีควอลที่แน่ชัดได้

สารอ้างอิงที่ให้ผลบวกต้านฤทธิ์ฮอร์โมนแอนโดรเจนที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ ฟลูตาไมด์ขนาด 100 มก.ต่อ กก. น้ำหนักตัวต่อวันมีประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ต้านฤทธิ์ฮอร์โมนแอนโดรเจนอย่างแรง โดยมีผลทำให้น้ำหนักสดสัณพีฑ์ของต่อมลูกหมาก ส่วนบนร่วมข้างและส่วนล่าง เซมินัล เวสิเคิล วาส เดเฟอเรนส์ และอีพิดิไดมิสลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยไม่มีผลต่อน้ำหนักสดสัณพีฑ์ของอัณฑะ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าที่มีการใช้ฟลูตาไมด์ที่ขนาดเดียวกันมีผลทำให้น้ำหนักสดสัณพีฑ์ของอวัยวะดังกล่าวในหนูแรทตัวเต็มวัยเพศผู้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดสัณพีฑ์ของอัณฑะ^{15,16,25,26,27} ทั้งนี้เนื่องจากฟลูตาไมด์เป็นสารต้านฤทธิ์ฮอร์โมนแอนโดรเจนอย่างแท้จริง โดยเข้าจับกับตัวรับของฮอร์โมนแอนโดรเจนทำให้เกิดการยับยั้งการออกฤทธิ์ของฮอร์โมนแอนโดรเจนส่งผลลดการเจริญเติบโตของอวัยวะที่มีการตอบสนองต่อการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของฮอร์โมนแอนโดรเจนอย่างแรง ได้แก่ เซมินัล เวสิเคิล ต่อมลูกหมาก และอีพิดิไดมิส^{16,17,18,22,25,27} โดยอัณฑะเป็นอวัยวะที่มีการเจริญเติบโตตอบสนองต่อการออกฤทธิ์ของฮอร์โมนแอนโดรเจนอย่างอ่อน^{28,29,30} ในขณะเดียวกัน การให้หนูแรทเพศผู้ได้รับฮอร์โมนเอสตราไดออล วาลีเรทขนาด 0.6 มก.ต่อ กก. น้ำหนักตัวต่อวัน ทำให้น้ำหนักสดสัณพีฑ์ของเซมินัล เวสิเคิลและต่อมลูกหมากทั้งส่วนบนร่วมข้างและส่วนล่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีผลต่อน้ำหนักสดสัณพีฑ์ของอัณฑะ อีพิดิไดมิส และวาส เดเฟอเรนส์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้าของ Andrews และคณะ (2002)³¹ และ Yamasaki และคณะ (2002)³² ซึ่งพบว่า การให้หนูแรทตัวเต็มวัยเพศผู้ได้รับฮอร์โมนเอธินเลสตราไดออล (ethinylestradiol) โดยป้อนเข้าทางปากที่ขนาด 0.2 มก.ต่อ กก. น้ำหนักตัวต่อวัน เป็นระยะเวลา 28 วัน ทำให้น้ำหนักสดสัณพีฑ์ของเซมินัล เวสิเคิล ต่อมลูกหมาก ส่วนบนร่วมข้างและส่วนล่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่ทำให้น้ำหนักสดสัณพีฑ์ของอัณฑะและอีพิดิไดมิสลดลง เช่นเดียวกับกับการให้หนูแรทตัวเต็มวัยเพศผู้ได้รับฮอร์โมนเอสตราไดออล วาลีเรทขนาด 0.1 มก.ต่อ กก. น้ำหนักตัวต่อวัน โดยฉีดเข้าใต้ผิวหนัง เป็นระยะเวลา 10 วัน³³ และฮอร์โมนเอสตราไดออลขนาด 0.05 มก.ต่อ กก. น้ำหนักตัวต่อวัน โดยฉีด

เข้าช่องท่อน เป็นระยะเวลา 15 วัน³⁴ ทำให้น้ำหนักสดสั่มพัทธ์ของเซมินัล เวสิเคิล และต่อมลูกหมากส่วนล่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นผลจากการที่ฮอร์โมนเอสโตรเจนมีผลทำให้เกิดการควบคุมย้อนกลับแบบยับยั้ง (negative feedback) ไปที่สมองส่วนไฮโปทาลามัสและต่อมพิทูอิทารี ทำให้ลดการสร้างและหลั่งของโกนาโดโทรปิน รีลีสซิงฮอร์โมน (gonadotropin releasing hormone) และลูทีไนซิง ฮอร์โมน (luteinizing hormone) ตามลำดับ มีผลทำให้ชบวนการชีวสังเคราะห์ของฮอร์โมนแอนโดรเจนภายในอวัยวะและระดับฮอร์โมนแอนโดรเจนในซีรัมลดลง จึงทำให้การเจริญเติบโตของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับระบบสืบพันธุ์และตอบสนองต่อการออกฤทธิ์ของฮอร์โมนแอนโดรเจนอย่างแรง ได้แก่ เซมินัล เวสิเคิลและต่อมลูกหมากลดลง^{33,34,35}

วาส เดเฟอเรนส์เป็นอวัยวะที่มีบทบาทเกี่ยวกับความสมบูรณ์พันธุ์ (fertility)³⁶ การหดตัวของวาส เดเฟอเรนส์มีส่วนในการช่วยลำเลียงเซลล์อสุจิผ่านท่อหลังน้ำอสุจิ (ejaculatory duct) ไปยังท่อปัสสาวะ (urethra) ในชบวนการหลังน้ำอสุจิ³⁷ งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยแรกที่ศึกษาผลของอีควอลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดสั่มพัทธ์ของวาส เดเฟอเรนส์ โดยพบว่าอีควอลไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดสั่มพัทธ์ของวาส เดเฟอเรนส์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้านี้ที่พบว่าการให้หนูแรทตัวเต็มวัยเพศผู้ได้รับอีควอลโดยป้อนเข้าทางปากที่ขนาด 100 และ 250 มก.ต่อกก. น้ำหนักตัวต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 วัน ไม่มีผลต่อความสมบูรณ์พันธุ์ของหนูแรทเพศผู้ เนื่องจากหนูแรทเพศผู้ที่ได้รับอีควอลมีรูปร่าง ขนาด และการเคลื่อนที่ของเซลล์อสุจิปกติและสามารถเข้าคู่ผสมพันธุ์กับหนูแรทเพศเมีย ทำให้หนูแรทเพศเมียมีอัตราการตั้งครรภ์ ระยะเวลาการตั้งครรภ์ และให้กำเนิดลูกหนูที่มีสภาพร่างกายสมบูรณ์ โดยมีจำนวนและอัตราส่วนทางเพศของลูกหนูเป็นปกติ¹⁶ โดยผลของอีควอลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดสั่มพัทธ์ของวาส เดเฟอเรนส์คล้ายกับฮอร์โมนเอสตราไดออล วาลีเรท ซึ่งสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้านี้ที่ให้หนูแรทเพศผู้ได้รับฮอร์โมนเอสตราไดออลโดยฉีดเข้าใต้ผิวหนังที่ขนาด 0.1 และ 10 ไมโครกรัมต่อกก. น้ำหนักตัวต่อวัน เป็นระยะเวลา 60 วัน³⁸ ทำให้หนูแรทเพศผู้มีจำนวนของเซลล์อสุจิปกติ และสามารถเข้าคู่ผสมพันธุ์กับหนูแรทเพศเมีย และทำให้หนูแรทเพศเมียสามารถให้กำเนิดลูกหนูที่มีสภาพร่างกายสมบูรณ์ โดยมีจำนวนและอัตราส่วนทางเพศของลูกหนูปกติ ในทางตรงกันข้าม ฟลูตาไมด์ที่ขนาด 100 มก.ต่อกก. น้ำหนักตัวต่อวันมีผลลดน้ำหนักสดสั่มพัทธ์ของวาส เดเฟอเรนส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้านี้ที่มีการให้หนูแรทตัวเต็มวัยเพศผู้ได้รับฟลูตาไมด์ที่ขนาดเดียวกันไม่ทำให้เกิดการเข้า

คู่ผสมพันธุ์กับหนูแรทเพศเมียและไม่ทำให้หนูแรทเพศเมียตั้งครรภ์ได้¹⁶ เช่นเดียวกันกับการให้หนูแรทเพศผู้ อายุ 21 วัน ได้รับฟลูตาไมด์โดยป้อนเข้าทางปากที่ขนาด 25 มก.ต่อกก. น้ำหนักตัวต่อวัน เป็นระยะเวลา 24 วัน ทำให้น้ำหนักสดสั่มพัทธ์ของวาส เดเฟอเรนส์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสัมพันธ์กับการลดลงของความสามารถในการสืบพันธุ์และคุณภาพของเซลล์อสุจิ³⁹

ดังนั้นอีควอลที่ขนาดสูงสุดที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้สามารถออกฤทธิ์ทางชีวภาพเป็นไปได้อย่างคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนหรือต้านฤทธิ์ฮอร์โมนแอนโดรเจนต่อการเจริญเติบโตของเซมินัล เวสิเคิล ถึงแม้ว่าอีควอลไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของอวัยวะ ต่อมลูกหมากส่วนบนร่วมข้างและส่วนล่าง อีพิดิไดมิส และวาส เดเฟอเรนส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อีควอลมีแนวโน้มต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดสั่มพัทธ์ของอวัยวะดังกล่าวคล้ายกับผลของฮอร์โมนเอสตราไดออล วาลีเรทจึงสามารถคาดคะเนได้ว่าอีควอลอาจออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่เป็นไปได้ต่อการเจริญเติบโตของอวัยวะ ต่อมลูกหมากส่วนบนร่วมข้างและส่วนล่าง อีพิดิไดมิส และวาส เดเฟอเรนส์คล้ายกับฮอร์โมนเอสโตรเจนมากกว่าต้านฤทธิ์ฮอร์โมนแอนโดรเจน

จากผลการตรวจสอบกลไกการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของอีควอลต่อเมแทบอลิซึมของไขมันในตับ โดยวัดระดับไขมัน ได้แก่ TC HDL-C LDL-C และ TG ในซีรัม โดยใช้เทคนิค Enzymatic colorimetric assay พบว่าอีควอลขนาด 100 และ 250 มก.ต่อกก. น้ำหนักตัวต่อวันมีผลลดระดับ TC HDL-C และ LDL-C ในซีรัมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ระดับ TG ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะในหนูกลุ่มที่ได้รับอีควอลขนาด 250 มก.ต่อกก. น้ำหนักตัวต่อวันเท่านั้น ซึ่งผลงานวิจัยที่ได้สอดคล้องกับรายงานของ Rachon และคณะ (2007)²¹ ซึ่งพบว่าการให้หนูแรทเพศเมียตัวเต็มวัยที่ตัดรังไข่ได้รับอีควอลโดยผสมลงไปในอาหารที่ปราศจากถั่วเหลืองขนาด 400 มก.ต่อกก. น้ำหนักอาหาร เป็นระยะเวลา 7 สัปดาห์ ทำให้ระดับ TC HDL-C LDL-C และ TG ในซีรัมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับกับการฉีดอีควอลขนาด 100 ไมโครกรัม เข้าไปในไขของไก่กระตังที่อายุการบ่ม 7 วัน และตรวจวัดระดับไขมันภายหลังจากการฟักตัวที่อายุ 49 วัน พบว่าระดับ TC และ TG ในซีรัมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ⁴¹ โดยผลของอีควอลต่อการลดระดับไขมันในซีรัมคล้ายกับฮอร์โมนเอสตราไดออล วาลีเรท ซึ่งสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้านี้ที่ให้หนูแรทและหนูเม้าส์ที่ตัดรังไข่ได้รับฮอร์โมนเอสโตรเจนหรือสารออกฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนมีผลทำให้ระดับ TC HDL-C LDL-C และ TG ลดลง^{21,40,41,42,43} ในทางตรงกันข้าม

ฟลูตาไมด์ขนาด 100 มก.ต่ออก. น้ำหนักตัวต่อวันมีผลเพิ่มระดับ TC HDL-C และ LDL-C ในซีรัมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยก่อนหน้านี้ที่ให้หนูแรทตัวเต็มวัยเพศผู้ได้รับฟลูตาไมด์ที่ขนาดเดียวกันกับที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นระยะเวลา 15 วัน⁴⁴ และ 28 วัน²⁶ ทำให้ระดับ TC ในซีรัมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับทำให้หนูแรทเพศผู้ได้รับฟลูตาไมด์โดยป้อนเข้าทางปากที่ขนาด 30 มก.ต่ออก. น้ำหนักตัวต่อวัน เป็นระยะเวลา 60 วัน ทำให้ระดับ TC และ LDL-C ในซีรัมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ⁴³ สอดคล้องกับการให้ผู้ป่วยโรคมะเร็งต่อมลูกหมากได้รับไบคาลูตาไมด์ (bicalutamide) ซึ่งเป็นยาต้านฤทธิ์ฮอร์โมนแอนโดรเจนขนาด 50 มก.ต่อวัน เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ทำให้ระดับ TC HDL-C และ LDL-C ในซีรัมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ⁴⁵

อัตราส่วนระหว่าง TC/HDL-C และ LDL-C/HDL-C เป็นอัตราส่วนที่บ่งบอกถึงความเสี่ยงต่อการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับหลอดเลือดหัวใจ ถ้ามีอัตราส่วนดังกล่าวสูงอาจมีความเสี่ยงสูงในการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับหลอดเลือดหัวใจ^{46,47,48} ผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่าอีควอลขนาด 250 มก.ต่ออก. น้ำหนักตัวต่อวัน มีผลลดทั้งอัตราส่วนระหว่าง TC/HDL-C และ LDL-C/HDL-C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งคล้ายกับฮอร์โมนเอสตราไดออล วาลีเรท โดยอีควอลขนาด 100 มก.ต่ออก. น้ำหนักตัวต่อวันมีผลลดอัตราส่วนระหว่าง LDL-C/HDL-C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพียงอย่างเดียว ในทางตรงกันข้ามฟลูตาไมด์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของทั้งสองอัตราส่วนดังกล่าว งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยแรกที่แสดงให้เห็นว่า อีควอลมีรูปแบบกลไกการออกฤทธิ์ต่อเมแทบอลิซึมของไขมันในตับคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนมากกว่าต้านฤทธิ์ฮอร์โมนแอนโดรเจน และจากการที่อีควอลสามารถลดอัตราส่วนระหว่าง TC/HDL-C และ LDL-C/HDL-C ได้ จึงมีความเป็นไปได้สูงว่า อีควอลอาจลดความเสี่ยงต่ออุบัติการณ์ของการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับหลอดเลือดหัวใจ อันเนื่องมาจากการสะสมของไขมันในหลอดเลือด

เมแทบอลิซึมของไขมันมีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำงานของตับ ทั้งนี้เป็นเพราะตับเป็นอวัยวะที่สำคัญในการควบคุมเมแทบอลิซึมของไขมันและระดับไขมันในซีรัม^{49,50} ซึ่งผลจากการวิจัยครั้งนี้ พบว่าอีควอลขนาด 30 100 และ 250 มก.ต่ออก. น้ำหนักตัวต่อวัน ฮอร์โมนเอสตราไดออล วาลีเรท และฟลูตาไมด์มีผลเพิ่มน้ำหนักสดสัมพัทธ์ของตับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการให้หนูแรทเพศผู้ได้รับฮอร์โมนเอสโตรเจนสังเคราะห์หรือฟลูตาไมด์มีผลทำให้น้ำหนักสดสัมพัทธ์ของตับเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ^{25,26,32}

ซึ่งอาจเกิดจากการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมของเอนไซม์บางชนิดในตับที่เกี่ยวข้องกับขบวนการเมแทบอลิซึมของไขมัน^{26,28,32} และสารที่ได้รับจากภายนอกร่างกายหรือซีโนไบโอติก (xenobiotics)^{27,44}

อีควอลถูกกำจัดออกจากร่างกายโดยผ่านขบวนการกรองและกำจัดออกที่ไต⁴ ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่าหนูกลุ่มที่ได้รับอีควอลขนาด 100 และ 250 มก.ต่ออก. น้ำหนักตัวต่อวัน และฟลูตาไมด์มีน้ำหนักสดสัมพัทธ์ของไตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตาม แม้ว่าอีควอลและฟลูตาไมด์มีผลทำให้น้ำหนักสดสัมพัทธ์ของไตเพิ่มขึ้นคล้ายกัน แต่กลไกการออกฤทธิ์ของอีควอลและฟลูตาไมด์ต่อการทำงานของไตอาจแตกต่างกัน โดยจากการศึกษาที่ผ่านมาทั้งสภาวะในร่างกายและสภาวะนอกร่างกายของหนูแรทเพศผู้ พบว่าอีควอลมีคุณสมบัติเป็นสารยับยั้งการทำงานของระบบโซเดียมออกซอน (Na⁺-โพแทสเซียม ออกซอน (K⁺)-คลอไรด์ออกซอน (Cl⁻) โคทรานสปอร์ต (Na⁺ - K⁺-2Cl⁻ cotransport system) ที่เกิดขึ้นที่ส่วนขาขึ้นของห่วงเฮนเล่ ส่งผลทำให้เกิดการเพิ่มการขับออกของน้ำ (diuresis) Na⁺ (natriuresis) และ K⁺ (kaliuresis) ออกจากท่อไต^{51,52} และเพิ่มขบวนการกรองที่โกลเมอรูลัส (glomerular filtration)⁵¹ ในทางตรงกันข้าม ฟลูตาไมด์มีคุณสมบัติเพิ่มระดับฮอร์โมนแอลโดสเตอโรน (aldosterone) ในซีรัมของหนูแรทเพศผู้ ส่งผลทำให้เกิดการเพิ่มการดูดกลับของน้ำและ Na⁺ โดยท่อไต⁵³

ผลการวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่าการได้รับอีควอลที่ขนาดการให้ต่อครั้งที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ไม่มีความเป็นพิษต่อร่างกาย อีควอลสามารถออกฤทธิ์เป็นได้ทั้งคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนและ/หรือต้านฤทธิ์ฮอร์โมนแอนโดรเจนต่อการลดขนาดของเซมินัล เวสิเคิล อีควอลออกฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนต่อขนาดของต่อมลูกหมาก อีพิดิไดมิส และวาสเดเฟอเรนส์ และเมแทบอลิซึมของไขมันในตับ แต่อย่างไรก็ตาม ควรมีการตรวจสอบกลไกการออกฤทธิ์ทางชีวภาพและทางเภสัชวิทยาของอีควอลเพิ่มเติมในระดับการเปลี่ยนแปลงของการแสดงออกของยีนที่ถูกควบคุมการทำงานโดยฮอร์โมนเพศและเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและการทำงานของอวัยวะในระบบสืบพันธุ์ของหนูแรทตัวเต็มวัยเพศผู้ได้แก่ ยีน ER α ยีน ER β และยีน AR ในระดับ mRNA transcript และ protein transcript โดยใช้เทคนิค quantitative real-time RT-PCR และ immunocytochemistry ตามลำดับ เพื่อยืนยันให้แน่ชัดว่าอีควอลออกฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนหรือต้านฤทธิ์ฮอร์โมนแอนโดรเจนและออกฤทธิ์ผ่านการทำงานของตัวรับของฮอร์โมนเพศชนิดใดเป็นหลัก เพื่อเสริมสร้างความมั่นใจและความปลอดภัยให้แก่แพทย์และผู้ป่วยในแง่ของการตัดสินใจ

ในการนำเอาอีควอลไปใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์ทางเลือก เพื่อรักษาและป้องกันอาการความผิดปกติและโรคต่างๆ รวมทั้งมะเร็งที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากฮอร์โมนเพศ และโรคที่เกี่ยวข้องกับหลอดเลือดหัวใจ และเพื่อพัฒนาอีควอลเป็นผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพในเพศชายต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินอุดหนุนการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2558 (สัญญาเลขที่ 5805014/2558) และงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2557 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (สัญญาเลขที่ 5704002/2557)

เอกสารอ้างอิง

1. Setchell KD, Brown NM, Brashear WT, Wolfe BE, Kirschner AS, Zimmer-Nechemias L, Heubi JE. Evidence for lack of absorption of soy isoflavone glycosides in humans, supporting the crucial role of intestinal metabolism for bioavailability. *Am J Clin Nutr* 2002;76(2):447-453.
2. Yuan JP, Wang JH, Liu X. Metabolism of dietary soy isoflavones to equol by human intestinal microflora-implications for health. *Mol Nutr Food Res* 2007;51(7):765-781.
3. Axelson M, Kirk DN, Farrant TR, Coole TG, Lawsont AM, Setchell KD. The identification of the weak oestrogen equol [7-hydroxy-3-(4'-hydroxyphenyl) chroman] in human urine. *Biochem J* 1982;201(2):353-357.
4. Setchell KD, Clerici C. Equol: History, Chemistry, and Formation. *J Nutr* 2010;140(7):1355S-1362S.
5. Bovee TF, Schoonen WG, Hamers AR, Bento MJ, Peijnenburg AA. Screening of synthetic and plant-derived compounds for (anti)estrogenic and (anti)androgenic activities. *Anal Bioanal Chem* 2008;390(4):1111-1119.
6. Liu H, Du J, Hu C, Qia H, Wang X, Wang S. Delayed activation of extracellular-signal-regulated kinase 1/2 is involved in genistein-and equol-induced cell proliferation and estrogen-receptor- α -mediated transcription in MCF-7 breast cancer cells. *J Nutr Biochem* 2010;21(5):390-396.
7. Muthyala RS, Ju YH, Sheng S, Williams LD, Doerge DR, Katzenellenbogen BS, Helferich WG, Katzenellenbogen JA. Equol, a natural estrogenic metabolite from soy isoflavone: convenient preparation and resolution of R- and S-equols and their differing binding and biological activity through estrogen receptors alpha and beta. *Bioorg Med Chem* 2004;12(6):1559-1567.
8. Sathyamoorthy N, Wang TT. Differential effects of dietary phyto-oestrogens daidzein and equol on human breast cancer MCF-7 cells. *Eur J Cancer* 1997;33(14):2384-2389.
9. Rachon D, Vortherms T, Seidlova-Wuttke D, Menche A, Wuttke W. Uterotropic effects of dietary equol administration in ovariectomized Sprague-Dawley rats. *Climacteric* 2007;10(5):416-426.
10. Selvaraj V, Zakroczymski MA, Naaz A, Mukai M. Estrogenicity of the isoflavone metabolite equol on reproductive and non-reproductive organs in mice. *Biol Reprod* 2004;71(3):966-972.
11. Lund TD, Munson JD, Haldy EM, Setchell KD, Lephart ED, Handa JR. Equol is a novel anti-androgen that inhibits prostate growth and hormone feedback. *Biol Reprod* 2004; 70(4):1188-1195.
12. Lund TD, Blake C, Bu L, Hamaker AN, Lephart ED. Equol an isoflavonoid: potential for improved prostate health, *in vitro* and *in vivo* evidence. *Reprod Biol Endocrinol* 2011;9(4):1-9.
13. Hedlund TE, Johannes WU, Miller GJ. Soy isoflavonoid equol modulates the growth of benign and malignant prostatic epithelial cells *in vitro*. *Prostate* 2003;54(1):68-78.
14. Hedlund TE, Bokhoven A, Johannes WU, Nordeen SK, Ogden LG. Prostatic fluid concentrations of isoflavonoids in soy consumers are sufficient to inhibit growth of benign and malignant prostatic epithelial cells *in vitro*. *Prostate* 2006;66(5):557-566.
15. Loutchanwoot P, Srivilai P, Jarry H. Effects of the natural endocrine disruptor equol on the pituitary function in adult male rats. *Toxicology* 2013;304:69-75.

16. Loutchanwoot P, Srivilai P, Jarry H. Lack of anti-androgenic effects of equol on reproductive neuroendocrine function in the adult rat. *Horm Behav* 2014;65:22-31.
17. Labrie F. Mechanism of action and pure antiandrogenic properties of flutamide. *Cancer* 1993;72(12 Suppl):3816-3827.
18. Neumann F, Töpert M. Pharmacology of antiandrogens. *J Steroid Biochem* 1986;25(5B):885-895.
19. Ju YH, Fultz J, Allred KF, Doerge DR, Helferich WG. Effects of dietary daidzein and its metabolite, equol, at physiological concentrations on the growth of estrogen-dependent human breast cancer (MCF-7) tumors implanted in ovariectomized athymic mice. *Carcinogenesis* 2006;27(4):856-863.
20. Lehmann L, Esch HL, Wagner J, Rohnstock L, Metzler M. Estrogenic and genotoxic potential of equol and two hydroxylated metabolites of daidzein in cultured human Ishikawa cells. *Toxicol Lett* 2005;158(1):72-86.
21. Rachon D, Vortherms T, Seidlová-Wuttke D, Wuttke W. Effects of dietary equol on body weight gain, intra-abdominal fat accumulation, plasma lipids, and glucose tolerance in ovariectomized Sprague-Dawley rats. *Menopause* 2007;14(5):925-932.
22. Toyoda K, Shibutani M, Tamura T, Koujitani T, Uneyama C, Hirose M. Repeated dose (28 days) oral toxicity study of flutamide in rats, based on the draft protocol for the 'Enhanced OECD Test Guideline 407' for screening for endocrine-disrupting chemicals. *Arch Toxicol* 2000;74(3):127-132.
23. Kim SS, Lee RD, Lim KL, Kwack SJ, Rhee GS, Seok JH, Lee GS, An BS, Jeung EB, Park KL. Potential estrogenic and antiandrogenic effects of permethrin in rats. *J Reprod Dev* 2005;51(2):201-210.
24. Kalra SP, Dube MG, Pu S, Xu B, Horvath TL, Kalra PS. Interacting appetite-regulating pathways in the hypothalamic regulation of body weight. *Endocr Rev* 1999;20(1):68-100.
25. Andrews P, Freyberger A, Hartmann E, Eiben R, Loof I, Schmidt U, Temerowski M, Becka M. Feasibility and potential gains of enhancing the subacute rat study protocol (OECD test guideline no. 407) by additional parameters selected to determine endocrine modulation. A pre-validation study to determine endocrine-mediated effects of the antiandrogenic drug flutamide. *Arch Toxicol* 2001;75(2):65-73.
26. Kunimatsu T, Yamada T, Miyata K, Yabushita S, Seki T, Okuno Y, Matsuo M. Evaluation for reliability and feasibility of the draft protocol for the enhanced rat 28-day subacute study (OECD Guideline 407) using androgen antagonist flutamide. *Toxicology* 2004;200(1):77-89.
27. O'Connor JC, Frame SR, Ladics GS. Evaluation of a 15-day screening assay using intact male rats for identifying antiandrogens. *Toxicol Sci* 2002;69(1):92-108.
28. Turner TT, Jones CE, Howards SS, Ewing LL, Zeg-ey B, Gunsalus GL. On the androgen microenvironment of maturing spermatozoa. *Endocrinology* 1984;115:1925-1932.
29. Van der Molen HJ, Grootegoed JA, de Greef-Bijleveld MJ, Rommerts FFG, van der Vusse GJ. Distribution of steroids, steroid production and steroid metabolizing enzymes in rat testis. In: French FS, Hansson V, Ritzen EM, Nayfeh SN, eds. *Hormonal Regulation of Spermatogenesis*. New York: Plenum Publishing Corp; 1975:3-23.
30. Van Roijen JH, OOMS MP, Weber RFA, Brinkmann AO, Grootegoed JA, Vreeburg JTM. Comparison of the response of rat testis and accessory sex organs to treatment with testosterone and the synthetic androgen methyltrienolone (R1881). *J Androl* 1997;18:51-61.
31. Andrews P, Freyberger A, Hartmann E, Eiben R, Loof I, Schmidt U, Temerowski M, Folkerts A, Stahl B, Kayser M. Sensitive detection of the endocrine effects of the estrogen analogue ethinylestradiol using a modified enhanced subacute rat study protocol (OECD Test Guideline no. 407). *Arch Toxicol* 2002;76(4):194-202.
32. Yamasaki K, Sawaki M, Noda S, Imatanaka N, Takatsuki M. Subacute oral toxicity study of ethinylestradiol and bisphenol A, based on the draft protocol for the "Enhanced OECD Test Guideline no. 407". *Arch Toxicol* 2002;76(2):65-74.

33. Aleem M, Padwal V, Choudhari J, Balasinor N, Parte P, Gill-Sharma MK. Estradiol affects androgen-binding protein expression and fertilizing ability of spermatozoa in adult male rats. *Mol Cell Endocrinol* 2006;253(1-2):1-13.
34. O'Connor JC, Frame SR, Biegel LB, Cook JC, Davis LG. Sensitivity of a Tier I screening battery compared to an *in utero* exposure for detecting the estrogen receptor agonist 17 beta-estradiol. *Toxicol Sci* 1998;44(2):169-184.
35. Noguchi K, Nishimura R, Takai S, Arita J, Higuchi T, Kawakami M. Negative feedback effects of chlormadinone acetate and ethynylestradiol on gonadotropin secretion in patients with prostatic cancer and male rats. *Endocrinol Jpn* 1980;27(3):285-290.
36. Rodriguez A, Bustos-Obregon E. Histophysiological and morphometric studies of the post-natal development of rat vas deferens. *Andrologia* 1993;25(1):29-37.
37. Quintas EM, Noel F. Mechanisms of adaptive supersensitivity in vas deferens. *Auton Neurosci* 2009;146(1-2):38-46
38. Gill-Sharma MK, Souza SD, Padwal V, Balasinor Aleem M, Parte. Antifertility effects of estradiol in adult male rats. *J Endocrinol Invest* 2001;24:598-607.
39. Perobelli JE, Alves TR, Toledo FC, Fernandez CDB, Anselmo-Franci JA, Klinefelter GR, Kempinas WDG. Impairment on sperm quality and fertility of adult rats after antiandrogen exposure during prepuberty. *Reprod Toxicol* 2012;33(3):308-315.
40. Ohtomo T, Uehara M, Penalvo JL, Adlercreutz H, Katsumata S, Suzuki K, Takeda K, Masuyama R, Ishimi Y. Comparative activities of daidzein metabolites, equol and *O*-desmethylangolensin, on bone mineral density and lipid metabolism in ovariectomized mice and in osteoclast cell cultures. *Eur J Nutr* 2008;47(5):273-279.
41. Ni YD, Wei XJ, Zhang CX, Zhong Y, Lu LZ, Grossmann R, Zhao RQ. The effect of equol injection *in ovo* on lipid metabolism and hepatic lipogenic gene expression in broilers. *Animal* 2012;6(9):1444-1450.
42. Lundeen SG, Carver JM, McKean ML, Winneker RC. Characterization of the ovariectomized rat model for the evaluation of estrogen effects on plasma cholesterol levels. *Endocrinology* 1997;138(4):1552-1558.
43. Lateef A, Khan AQ, Tahir M, Khan R, Rehman MU, Ali F, Hamiza OO, Sarwat S. Androgen deprivation by flutamide modulates uPAR, MMP-9 expressions, lipid profile, and oxidative stress: amelioration by daidzein. *Mol Cell Biochem* 2013;374:49-59.
44. Mannaa F, Ahmed HH, Estefan SF, Sharaf HA, Eskander EF. *Saccharomyces cerevisiae* intervention for relieving flutamide-induced hepatotoxicity in male rats. *Pharmazie* 2005;60:689-695.
45. Smith MR, Lee H, Nathan DM. Insulin sensitivity during combined androgen blockade for prostate cancer. *J Clin Endocrinol Metab* 2006;91(4):1305-1308.
46. NIH Consensus Development Panel on Triglyceride, High-density Lipoprotein, and Coronary Heart Disease. NIH consensus development panel on triglyceride, high-density lipoprotein, and coronary heart disease. *JAMA* 1993;269:505-510.
47. Assmann G, Cullen P, Schulte H. The Munster Heart Study (PROCAM). Results of follow up at 8 years. *Eur Heart J* 1998;19(suppl):A2-A11.
48. Lemieux I, Lamarch B, Couillard C, Pascot A, Cantin B, Nergerson J, Dagenais GR, Despres J. Total cholesterol/HDL cholesterol ratio vs LDL cholesterol/HDL cholesterol ratio as indices of ischemic heart disease risk in men. *Arch Intern Med* 2001;161:2685-2692.
49. Spady DK, Cuthbert JA, Willard MN, Meidell RS. Overexpression of cholesterol 7-hydroxylase (CYP7A) in mice lacking the low density lipoprotein (LDL) receptor gene. *J Biol Chem* 2003;273:126-132.
50. Sato K, Ohuchi A, Sook SH, Toyomizu M, Akiba Y. Changes in mRNA expression of 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A reductase and cholesterol 7 alpha-hydroxylase in chickens. *Biochim Biophys Acta* 2003;1630:96-102.

52. Gimenez I, Lou M, Vargas F, Alvarez-Guerra M, Mayoral JA, Martinez RM, Garay RP, Alda JO. Renal and vascular actions of equol in the rat. *J Hypertens* 1997;15:1303–1308.
53. Martinez RM, Gimenez I, Lou JM, Mayoral JA, Alda JO. Soy isoflavonoids exhibit in vitro biological activities of loop diuretics. *Am J Clin Nutr* 1998;68(suppl): 1354s-1357s.
54. Hofmann P, Michaelis M, Götz F, Bartel C, Kienitz T, Quinkler M. Flutamide increases aldosterone levels in gonadectomized male but not female wistar rats. *Am J Hypertens* 2012;25(6):697-703.

ความสัมพันธ์ของการใช้ปัจจัยการผลิตข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ในระบบการเพาะปลูกที่แตกต่างกันของจังหวัดร้อยเอ็ด

Correlation of Input Factors for RD6 Glutinous Rice Production in Multiple Cropping Systems of Growers in Roi-Et Province.

सान บูนจอง^{1*}, อรวรรณ ศรีโสภณพันธ์², พีระยศ แข็งขัน², สุรศักดิ์ บุญแต่ง²

Saarn Boonjong^{1*}, Orawan Srisompun², Perayos KangKhun², Surasak Boontang²

Received: 30 June 2014; Accepted: 1 October 2014

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ปัจจัยการผลิตข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 โดยใช้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรในพื้นที่จังหวัดร้อยเอ็ด ปีการเพาะปลูก 2555/56 ในระบบการเพาะปลูกที่แตกต่างกัน ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน ร่วมกับการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงแบ่งเกษตรกรเป็นกลุ่มๆละ 30 ตัวอย่าง ตามระบบการเพาะปลูก รวม 120 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์สมการการผลิตโดยใช้ฟังก์ชันการผลิตแบบ Cobb-Douglas พบว่า การผลิตข้าวเหนียวในจังหวัดร้อยเอ็ด มีผลตอบแทนต่อขนาดการผลิตเพิ่มขึ้น เท่ากับ 1.376 โดยปัจจัยแรงงานคนเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงผลผลิตมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ปุ๋ยเคมี และปริมาณเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ โดยที่ระบบการเพาะปลูกข้าวเหนียวหมุนเวียนร่วมกับข้าวโพดหวาน หรือหมุนเวียนร่วมกับข้าวโพดข้าวเหนียว เป็นอีกสองปัจจัยการผลิตที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณผลผลิตข้าวเหนียว การเพิ่มปริมาณแรงงานในกระบวนการผลิตข้าว และการใช้ระบบการเพาะปลูกพืชในตระกูลข้าวโพดหมุนเวียนร่วมกับการปลูกข้าวเหนียว สามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตข้าวเหนียวของเกษตรกรได้

คำสำคัญ : ข้าวเหนียว กข6 การใช้ปัจจัยการผลิต สมการการผลิตแบบ Cobb-Douglas

Abstract

The objectives of this study are to identify and evaluate input factors for RD6 glutinous rice production. The data were collected by interviewing farmers who grew RD6 glutinous rice in Roi-Et province during 2012/13 using different cropping systems. The data were collected using Multi-stage sampling together with the purposive sampling method. There were 30 samples for each cropping system totaling 120 samples. The result of Cobb-Douglas Production Function shows the return to scale was 1.376, revealing an increasing return to scale. The human labor factor gave the highest affected glutinous rice yield. Amount of fertilizer and amount of seed were the effected factors, respectively. The two factors were RD6 glutinous rice with sweet corn and RD6 glutinous rice with waxy corn.

Keywords: RD6 glutinous rice, input of factors, Cobb-Douglas production function.

¹ นิสิตปริญญาโท, ² ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

¹ Master's degree, ² Assistant Professor Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Khantharawichai District, Mahasarakham 44150, Thailand.

* Corresponding author: Orawan Srisompun, Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Maha sarakham 44150 Thailand. Email: Orawan.msu@gmail.com

บทนำ

ข้าวเหนียวเป็นที่นิยมบริโภคโดยตรงอย่างกว้างขวางภายในประเทศและประเทศเพื่อนบ้าน รวมทั้งยังมีการนำมาใช้ประโยชน์เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอื่นๆ อย่างหลากหลาย จากคุณสมบัติข้าวเหนียวมีประโยชน์หลายอย่างทำให้มีการพัฒนาพันธุ์ข้าวเหนียวให้มีความหลากหลายของสายพันธุ์เพื่อให้เหมาะต่อการเพาะปลูกและสภาพอากาศในแต่ละพื้นที่ที่ข้าวเหนียวพันธุ์ที่นิยมปลูกมากที่สุดคือ ข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 เนื่องจากเมื่อหนึ่งสัปดาห์ก่อนและมีการกินหอม หรือนำไปแปรรูปเป็นอาหารคาวหวานได้หลายประเภท นอกจากนี้ปลายข้าวยังสามารถใช้ในการแปรรูปเป็นเครื่องดื่มต่างๆ ทั้งที่มีแอลกอฮอล์และไม่มีแอลกอฮอล์ได้อีกด้วย¹

ปัจจุบันราคาข้าวเหนียวมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่การปลูกข้าวเหนียวยังประสบปัญหาในด้านการผลิต โดยเกษตรกรส่วนใหญ่ใช้ระบบการปลูกข้าวเหนียวเชิงเดี่ยว (Monocrop) บนพื้นที่นาเดียวกันทั้งในฤดูเพาะปลูกข้าวนาปีและนาปรัง ติดต่อกันเป็นเวลานาน ส่งผลให้ผลผลิตที่ได้ค่อนข้างคงที่ทั้งที่เกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้นแต่ขาดการปรับปรุงดินด้วยการปลูกพืชหมุนเวียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่เพาะปลูกของจังหวัดร้อยเอ็ดที่ผลผลิตข้าวเหนียวเฉลี่ยเท่ากับ 364 กิโลกรัมต่อไร่² ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตเฉลี่ยที่ได้จากพื้นที่เพาะปลูกข้าวภูมิภาคอื่นและผลผลิตเฉลี่ยของเหนียวพันธุ์ กข6 (666 กิโลกรัมต่อไร่³) ทั้งนี้การเพาะปลูกพืชหมุนเวียนหรือการปลูกพืชสำหรับใช้ทำปุ๋ยพืชสดขึ้นระหว่างการปลูกข้าวในแต่ละฤดูจะช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุและปริมาณธาตุอาหารพืชทดแทนกับส่วนที่พืชใช้ไปในฤดูเพาะปลูกที่ผ่านมา ทำให้ข้าวที่ปลูกในฤดูถัดมาสามารถนำธาตุอาหารพืชที่ได้ไปใช้เพิ่มผลผลิตได้ และระบบการปลูกข้าวร่วมกับการเกษตรอื่นๆ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการเพาะปลูกข้าวเพิ่มสูงขึ้น⁴ แนวทางที่กล่าวมานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อลดต้นทุนการผลิตได้ทางหนึ่ง เนื่องจากปัจจุบันปัจจัยการผลิต ได้แก่ ปุ๋ยเคมี เคมีเกษตร เมล็ดพันธุ์ มีราคาสูงขึ้น ส่งผลให้เกษตรกรมีภาระต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการใช้ปัจจัยการผลิตข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ร่วมกับการปลูกพืชหมุนเวียนเพื่อชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและปัจจัยการผลิตข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ของเกษตรกรจังหวัดร้อยเอ็ด

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลจากการสำรวจข้อมูลในพื้นที่นาหวานและนาค่าในจังหวัดร้อยเอ็ด ปีการเพาะปลูก 2555/56 ซึ่งประกอบด้วยเกษตรกรผู้เพาะปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ใน

พื้นที่อำเภอโพหนอง จังหวัดร้อยเอ็ด เนื่องจากเป็นอำเภอที่มีการเพาะปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 มากที่สุด และมีการปลูกพืชหมุนเวียนครบทั้ง 4 ระบบ โดยแยกระบบการปลูกพืชที่มีข้าวเหนียว พันธุ์ กข6 เป็นหลัก ได้ 4 ระบบ ได้แก่ 1) ระบบการปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 เชิงเดี่ยวอย่างต่อเนื่องในพื้นที่เพาะปลูกเดียวกัน 2) ระบบการปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 หมุนเวียนร่วมกับข้าวโพดหวาน 3) ระบบการปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 หมุนเวียนร่วมกับยาสูบเตอร์กิส และ 4) ระบบการปลูกข้าวเหนียว กข6 หมุนเวียนร่วมกับข้าวโพดข้าวเหนียว ในการกำหนดขนาดตัวอย่างใช้ความคลาดเคลื่อนของกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับร้อยละ 10 หรือ 0.10 จะทำการสุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของทาโร ยามาเน่⁵ จากเกษตรกรผู้ปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข ในจังหวัดร้อยเอ็ด ทั้งหมด 102,022 ตัวอย่าง⁶ ได้จำนวนตัวอย่างในระบบการเพาะปลูกพืชแต่ละระบบเท่ากับ 30 ตัวอย่าง รวมจำนวนเกษตรกร 120 ตัวอย่าง และใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage sampling) ร่วมกับการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) โดยใช้วิธี Least Significant Different (LSD) วิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณผลผลิต ปริมาณแรงงานคน ปริมาณแรงงานเครื่องจักร ปริมาณปุ๋ยเคมี และปริมาณเมล็ดพันธุ์ ที่ใช้ในการผลิตข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ในระบบการเพาะปลูก 4 ระบบ และใช้สมการการผลิตแบบ Cobb-Douglas Production Function เพื่อประเมินความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและปัจจัยการผลิต ซึ่งจะมีรูปแบบสมการการผลิตข้าวเหนียวดังนี้ สมการที่ (1)

$$Y = A X_{1i}^{b_1} X_{2i}^{b_2} X_{3i}^{b_3} X_{4i}^{b_4} e^{b_5 D_1 + b_6 D_2 + b_7 D_3 + U_i} \quad (1)$$

เขียนเป็นสมการเส้นตรงในรูปของลอการิทึม (Natural logarithms) ได้ดังนี้

$$\ln Y = \ln A + b_1 \ln X_{1i} + b_2 \ln X_{2i} + b_3 \ln X_{3i} + b_4 \ln X_{4i} + b_5 D_{1i} + b_6 D_{2i} + b_7 D_{3i} + U_i \quad (2)$$

โดยที่

Y_i = ปริมาณผลผลิตข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 (กิโลกรัมต่อไร่)

I = จำนวนตัวอย่างที่ใช้ศึกษาในแต่ละระบบการเพาะปลูก ($i = 1, 2, 3, \dots, 30$)

X_1 = จำนวนแรงงานคน (วันงานต่อไร่)

X_2 = จำนวนแรงงานเครื่องจักร (ชั่วโมงต่อไร่)

X_3 = ปริมาณปุ๋ยเคมี (กิโลกรัมต่อไร่)

X_4 = ปริมาณเมล็ดพันธุ์ (กิโลกรัมต่อไร่)

- D = ตัวแปรหุ่น (Dummy variable) เมื่อ
- $D_1 = 1$ ระบบการเพาะปลูกข้าวเหนียว-ข้าวโพดหวาน นอกนั้นเท่ากับ 0
- $D_2 = 1$ ระบบการเพาะปลูกข้าวเหนียว-ยาสูบเตอร์กีส นอกนั้นเท่ากับ 0
- $D_3 = 1$ ระบบการเพาะปลูกข้าวเหนียว-ข้าวโพดข้าวเหนียว นอกนั้นเท่ากับ 0
- U = ค่าที่เกิดจากความคลาดเคลื่อน (Error Term) จากการคาดคะเนฟังก์ชันการผลิต
- A = ค่าคงที่ที่ได้จากการคาดคะเนฟังก์ชันการผลิต

$b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7 =$ ค่าสัมประสิทธิ์ของ $X_1, X_2, X_3, X_4, D_1, D_2, D_3$ ตามลำดับ

ผลการศึกษา

ผลการเปรียบเทียบผลผลิตเฉลี่ยของระบบการเพาะปลูก 4 ระบบ พบว่า ระบบการปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 หมุนเวียนร่วมกับข้าวโพดหวานให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 257.57 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนระบบการปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 หมุนเวียนร่วมกับข้าวโพดข้าวเหนียว ระบบการปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 เชียงเตี้ย และระบบการปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 หมุนเวียนร่วมกับยาสูบเตอร์กีสให้ผลผลิตข้าว เท่ากับ 227.41, 179.43 และ 177.83 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ทั้งนี้ ความแตกต่างผลผลิตข้าวเฉลี่ยที่ได้จากระบบการเพาะปลูกทั้ง 4 ระบบ พบว่า ระบบการปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 หมุนเวียนร่วมกับข้าวโพดหวาน กับระบบการปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 เชียงเตี้ย และระบบการปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 หมุนเวียนร่วมกับยาสูบเตอร์กีสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนผลการเปรียบเทียบ

ข้อมูลการใช้ปัจจัยการผลิต ได้แก่ จำนวนแรงงานคน จำนวนแรงงานเครื่องจักร ปริมาณปุ๋ยเคมี และปริมาณเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการเพาะปลูกทั้ง 4 ระบบ พบว่าปริมาณการใช้แรงงานเครื่องจักรของระบบการเพาะปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 เชียงเตี้ย ระบบการปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 หมุนเวียนร่วมกับข้าวโพดหวาน และระบบการปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 หมุนเวียนร่วมกับข้าวโพดข้าวเหนียวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 Table 1 สำหรับต้นทุนการผลิตต่อหน่วยแต่ละปัจจัยการผลิตของระบบการเพาะปลูก 4 ระบบ พบว่า ระบบการปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 หมุนเวียนร่วมกับข้าวโพดหวาน มีต้นทุนการผลิตรวมทุกปัจจัยการผลิตสูงสุด เท่ากับ 2,301.11 บาทต่อไร่ เนื่องจากมีการใช้ปัจจัยการผลิตสูงสุดโดยเฉพาะแรงงานคนที่เป็นปัจจัยหลักในการผลิตข้าว รองลงมา คือ ระบบการปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 หมุนเวียนร่วมกับข้าวโพดข้าวเหนียว เท่ากับ 2,226.09 บาทต่อไร่ ส่วน ระบบการปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 หมุนเวียนร่วมกับยาสูบเตอร์กีส และระบบการปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 เชียงเตี้ย มีต้นทุนการผลิตรวมทุกปัจจัยการผลิต เท่ากับ 2,158.38 และ 1,590.7 บาทต่อไร่ ตามลำดับ

หากพิจารณาผลตอบแทนเหนือต้นทุนเงินสด ของระบบการเพาะปลูกทั้ง 4 พบว่า ระบบการปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 หมุนเวียนร่วมกับข้าวโพดหวาน มีผลตอบแทนเหนือต้นทุนเงินสดสูงสุด เท่ากับ 1,817.06 บาทต่อไร่ เนื่องจากให้ผลผลิตสูงสุด รองลงมา คือ ระบบการปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 หมุนเวียนร่วมกับข้าวโพดข้าวเหนียว เท่ากับ 1,551.86 บาทต่อไร่ ส่วน ระบบการปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 เชียงเตี้ย และระบบการปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 หมุนเวียนร่วมกับยาสูบเตอร์กีส มีผลตอบแทนเหนือต้นทุนเงินสด เท่ากับ 925.90 และ 829.10 บาท ต่อไร่ ตามลำดับ Table 2

Table 1 Yield and production RD6 glutinous rice in multiple cropping systems crop year 2012/13

Cropping Systems	Yield (kg./Rai)	Labor (day/Rai) ^{2/}	Machine Labor (hour/Rai)	amount of Fertilizer (kg./Rai)	amount of Seed (kg./Rai)
RD6 glutinous rice mono cropping	179.43bc ^{1/}	3.97	3.18 c ^{1/}	33.78	10.76
RD6 glutinous rice with sweet corn	257.57a	4.60	4.29 a	34.31	12.62
RD6 glutinous rice with Turkish tobacco	177.83bc	3.79	3.57 bc	33.00	10.55
RD6 glutinous rice with waxy corn	227.41ab	4.38	4.03 ab	36.00	11.65
F-Test	**	ns	**	ns	ns
C.V. (%)	51.60	40.70	29.44	40.85	55.05

** significant different at the p<0.05 level

^{1/} Value in column followed by the same letter are not significantly different at p<0.05 by LSD

^{2/} 1 man-day = 8 hour

Table 2 Cost and returns production RD6 glutinous rice in multiple cropping systems crop year 2555/56

Cropping Systems	Benefit per cost (Bath/Rai)	Labor (Bath/Rai)	Machine Labor (Bath/Rai)	amount of Fertilizer (Bath/Rai)	amount of Seed (Bath/Rai)	Total Production cost
RD6 glutinous rice mono cropping	952.90	778.42	469.42	569.22	133.64	1,590.7
RD6 glutinous rice with sweet corn	1,817.06	941.37	519.37	682.00	158.37	2,301.11
RD6 glutinous rice with Turkish tobacco	829.10	874.96	545.82	599.55	138.05	2,158.38
RD6 glutinous rice with waxy corn	1,551.86	909.43	510.43	654.37	151.86	2,226.09

สมการการผลิต

ผลการวิเคราะห์สมการการผลิตข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ในรูปของ Natural Logarithm แสดงดังสมการ (3)

$$\ln Y = 2.208 + 0.893 \ln X_1 + 0.105 \ln X_2 + 0.337 \ln X_3 + 0.146 \ln X_4 + 0.278 D_1 + 0.123 D_2 + 0.212 D_3 \quad (3)$$

$$t\text{-value } (6.960)^{***} \quad (0.769) \quad (3.974)^{***} \quad (2.317)^{**} \quad (2.862)^{***} \quad (1.362) \quad (2.265)^{**}$$

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

*** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

$$R^2 = 0.6421$$

$$\text{Adj } R^2 = 0.6197$$

$$F\text{-value} = 28.70983^{**}$$

สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตข้าว (Y) ร้อยละ 64.21 ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 35.79 ว่าเป็นผลที่เกิดจากปัจจัยอื่น ที่ไม่ได้อยู่ในสมการนี้ เช่น สภาพแวดล้อม ภูมิอากาศ คุณภาพเมล็ดพันธุ์ ปริมาณน้ำฝน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การปรับและไม่ปรับพื้นที่นา เป็นต้น

จากผลการวิเคราะห์สมการการผลิตแบบ คอบบ์ดักลาส (Cobb Douglas) แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตข้าวเหนียวมีความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงงานคนมากที่สุด คือ ค่าความยืดหยุ่นเท่ากับ 0.893 ซึ่งหมายความว่า เมื่อเปลี่ยนแปลงการใช้แรงงานไปร้อยละ 1 ผลผลิตข้าวเหนียวจะเปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 0.893 โดยกำหนดให้ปัจจัยอื่นคงที่ รองลงมาคือ ปริมาณปุ๋ยเคมี และปริมาณเมล็ดพันธุ์ เท่ากับ 0.337 และ 0.146 ตามลำดับ เมื่อนำค่าผลรวมของค่าสัมประสิทธิ์ปัจจัยการผลิตในสมการจะได้ค่าผลตอบแทนต่อขนาดการผลิต (Return to Scale) ซึ่งมีประโยชน์ช่วยในด้านการตัดสินใจที่จะขยายขนาดการผลิตและการปรับสัดส่วนการใช้ปัจจัยการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยค่าผลตอบแทนต่อขนาดการผลิตเท่ากับ 1.376 แสดงว่าการผลิตข้าวเหนียวของเกษตรกรในพื้นที่ทำการศึกษายู่ในระยะผลตอบแทนต่อขนาดการผลิตเพิ่มขึ้น (Increasing Return to Scale) นั่นคือ เมื่อเพิ่มปัจจัยการผลิตปริมาณแรงงานคน (X_1) ปริมาณปุ๋ยเคมี (X_2) ปริมาณเมล็ดพันธุ์ (X_3) ร้อยละ 1 จะทำให้ผลผลิตข้าวเหนียวเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 1 คือ เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.376

สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและปัจจัยการผลิต โดยใช้ฟังก์ชันการผลิตแบบ Cobb-Douglas Production Function ของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ปีการเพาะปลูก 2555/56 จำนวน 120 ตัวอย่าง พบว่าปัจจัยการผลิตคือ ปริมาณแรงงานคน ปริมาณปุ๋ยเคมี ปริมาณเมล็ดพันธุ์ ระบบการเพาะปลูกข้าวเหนียวรวมกับการปลูกข้าวโพดหวาน และระบบการเพาะปลูกข้าวเหนียวรวมกับการปลูกข้าวโพดข้าวเหนียว เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นมากกว่าร้อยละ 95 เมื่อพิจารณาค่าความยืดหยุ่นของปัจจัยการผลิตต่อผลผลิตข้าวเหนียว พบว่า ค่าความยืดหยุ่นของแรงงานคนมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.893 หมายถึงการใช้แรงงานคนเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงผลผลิตข้าวเหนียวมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ปริมาณปุ๋ยเคมี และปริมาณเมล็ดพันธุ์ เท่ากับ 0.337 และ 0.146 และเมื่อรวมค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยการผลิตแต่ละชนิดได้เท่ากับ 1.376 นั้นแสดงว่าการผลิตข้าวเหนียวมีลักษณะผลตอบแทนต่อขนาดเพิ่มขึ้น ซึ่งหมายถึงการใช้ปัจจัยการผลิตเพิ่มขึ้น 1 หน่วย ทำให้ผลผลิตข้าวเหนียวเพิ่มขึ้น 1.376 หน่วย หรือเกษตรกรสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวเหนียวได้โดยการใช้ปัจจัยการผลิตเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับผลการศึกษาเกี่ยวกับการเสริมสร้างประสิทธิภาพและลดต้นทุนการผลิตข้าวเหนียวในจังหวัดมหาสารคาม ที่พบว่า มีลักษณะผลตอบแทนต่อขนาดเพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.18⁷

เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตเฉลี่ยของระบบการเพาะปลูก 4 ระบบ พบว่า ระบบการเพาะปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 หมุนเวียนร่วมกับข้าวโพดหวานกับระบบการเพาะปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 เชิงเดี่ยว และระบบการเพาะปลูกข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 หมุนเวียนร่วมกับยาสูบเตอร์กีสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สอดคล้องกับผลการศึกษาก่อนการเปรียบเทียบการผลิตข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ในระบบการเพาะปลูกที่แตกต่างกัน:กรณีศึกษาเกษตรกรในจังหวัดร้อยเอ็ด ที่ระบบการเพาะปลูกข้าวเหนียวหมุนเวียนร่วมกับข้าวโพดหวานให้ผลผลิตสูงสุด เท่ากับ 476 กิโลกรัมต่อไร่⁹ และสอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรหุ่น (D_1) คือระบบการเพาะปลูกข้าวเหนียวร่วมกับข้าวโพดหวาน และตัวแปรหุ่น (D_3) คือ ระบบการเพาะปลูกข้าวเหนียวร่วมกับข้าวโพดข้าวเหนียว ซึ่งผลการศึกษานี้ยังสอดคล้องกับผลการศึกษาเกี่ยวกับระบบการปลูกข้าวร่วมกันการปลูกพืชอื่นๆ จะส่งผลดีว่าการปลูกพืชระบบเดี่ยว ทั้งในด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินและปริมาณผลผลิต เช่น ระบบการปลูกข้าว-ข้าว-ถั่วเขียวผิวดำ, หอม-ข้าว-ถั่วเขียวผิวดำ และถั่วลิสง-ข้าว-ถั่วเขียวผิวดำ เป็นต้น⁹ ดังนั้นเกษตรกรควรเพิ่มการใช้ปัจจัยการผลิตที่เหมาะสม โดยเฉพาะปัจจัยแรงงานคนเนื่องจากการผลิตข้าวเหนียวอาศัยแรงงานคนเป็นหลัก ในการบริหารจัดการ การดูแลรักษา ตลอดจนขั้นตอนการผลิต ซึ่งจะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น และก่อให้เกิดผลตอบแทนเพิ่มขึ้น ควรเลือกระบบการปลูกข้าวเหนียวหมุนเวียนร่วมกับข้าวโพดหวานหรือปลูกข้าวเหนียวหมุนเวียนร่วมกับข้าวโพดข้าวเหนียวซึ่งเป็นอีกสองปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงผลผลิตข้าวเหนียว และเกษตรกรควรเลือกระบบการปลูกข้าวเหนียวหมุนเวียนร่วมกับข้าวโพดหวานที่ให้ผลผลิตต่อไร่และผลตอบแทนต่อไร่สูงสุด หรือปลูกข้าวเหนียวหมุนเวียนร่วมกับข้าวโพดข้าวเหนียวที่ให้ผลผลิตต่อไร่และผลตอบแทนรองลงมา ส่วนระบบการปลูกข้าวเหนียวเชิงเดี่ยว และระบบการปลูกข้าวเหนียวหมุนเวียนร่วมกับการปลูกยาสูบเตอร์กีสทำให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ยต่ำกว่าควรได้รับแนวทางการปรับปรุงพัฒนาเพื่อให้ได้ผลผลิตข้าวเพิ่มมากขึ้นต่อไปทั้งนี้การเลือกระบบการปลูกพืชที่มีศักยภาพและเพิ่มผลผลิตต้องเลือกปลูกพืชที่มีความเหมาะสมกับสภาพทางกายภาพ สภาพทางเศรษฐกิจและสังคมของท้องถิ่นนั้น¹⁰

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่อุดหนุนทุนการวิจัย สำนักงานเกษตรจังหวัดร้อยเอ็ด สำนักงานเกษตรอำเภอ เจ้าหน้าที่ และเพื่อนร่วมงาน ในการ

เก็บข้อมูล แบบสอบถามและวิเคราะห์ข้อมูลจากการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. กรมการข้าว. 2550. ข้าวเหนียว :อนาคต การผลิต และการค้า. สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
2. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. ข้อมูลการผลิตสินค้าการเกษตรที่สำคัญการผลิตสินค้าการเกษตรที่สำคัญ. [ออนไลน์] 2553 [สืบค้นเมื่อ 24 เมษายน 2555]. ได้จาก: http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=9704
3. สำนักวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าว. องค์ความรู้เรื่องข้าว. กรมการข้าว. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. [ออนไลน์] 2556 [สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2556]. ได้จาก: <http://www.brrd.in.th/rkb/>.
4. เตือนแรม บ่อเงิน. 2549. ประสิทธิภาพทางเทคนิคการผลิตข้าวในระบบการทำฟาร์มที่มีข้าวเป็นพืชหลักในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
5. Yamane, Taro. 1973. Statistics: An Introductory Analysis. Third edition. New York : Harper and Row Publication.
6. สำนักงานเกษตรจังหวัดร้อยเอ็ด. 2555. ข้อมูลสถานะการทำนาปี ปีการผลิต ปี 2555/56. กลุ่มงานยุทธศาสตร์และสารสนเทศ.
7. อรวรรณ ศรีโสภณพันธ์, ศุภรัตน์ จิตต์จำนง, สกฤต กานต์สิมลา, นริศ สินศิริ และวราภรณ์ สินศิริ. 2555. โครงการเสริมสร้างประสิทธิภาพและลดต้นทุนการผลิตข้าวเหนียวในจังหวัดมหาสารคาม. คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
8. ทัดพิชา เจริญรัตน์, อรวรรณ ศรีโสภณพันธ์ และพีระยศ แข็งขัน. 2555. "การเปรียบเทียบการผลิตข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ในระบบการเพาะปลูกที่แตกต่างกัน:กรณีศึกษาเกษตรกรในจังหวัดร้อยเอ็ด". การประชุมวิชาการเกษตรนครสวรรค์ ครั้งที่ 10. 24-25 กรกฎาคม 2555 มหาวิทยาลัยนครสวรรค์.
9. Devasenapathy, P., k. Siddeswarn, S. Porpavai and T. Jayavai. Impact of various rice based cropping systems on soil fertility. Available from: <http://www.academicjournals.org>. Accessed September 9, 2011.
10. Idhipong, S and Pong-sed, A and Maolanont, T and Wani, S P and Rego, T J and Pathak, P (2012) Improved Crops and Cropping Systems for Rainfed Northeast Thailand. <http://oar.icrisat.org/6539>, April 10, 2014

การประเมินการเก็บกักคาร์บอนในดิน บริเวณสวนป่าฤษณา สวนยางพาราและนาข้าว

Estimation of Soil Carbon Flux in Cultivated Areas with *Aquilaria crassna*, *Hevea brasiliensis*, and *Oryza sativa* L.

วรากร สุจริต¹

Warakorn Sudjarit¹

Received: 20 May 2014; Accepted: 3 September 2014

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาคือ เพื่อประเมินค่าการกักเก็บคาร์บอนในดิน ทำการทดลองในพื้นที่สวนฤษณา สวนยางพารา และนาข้าว บริเวณตำบลโนนเปือย อำเภอภูซำ จังหวัดยโสธร วางแปลงตัวอย่างขนาด 50X50 เมตร เก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และทางเคมี การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน ได้แก่ ความหนาแน่นรวมของดิน อุณหภูมิและความชื้นในดิน การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ปริมาณคาร์บอนในดิน (OC) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) และค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) ของการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ คำนวณหาปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในดิน และประเมินค่าปริมาณการเก็บกักคาร์บอนทั้งหมดในพื้นที่

ผลการศึกษาพบว่า สวนฤษณา สวนยางพารา และนาข้าว ในพื้นที่ดังกล่าวสามารถเก็บกักคาร์บอนในดินเท่ากับ 67.20, 77.44, and 20.24 ตัน-คาร์บอน/ไร่/ปี ตามลำดับ พื้นที่ศึกษาทั้งหมด 25 ไร่ สามารถเก็บกักคาร์บอนในดิน 164.88 ตัน-คาร์บอน/ไร่/ปี ปริมาณธาตุอาหารในพื้นที่ศึกษาพบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชพบมากที่สุดในนาข้าว เท่ากับ 0.61 mg/kg โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชพบมากที่สุดในนาข้าว เท่ากับ 3.06 mg/kg เช่นเดียวกับไนโตรเจนทั้งหมดพบมากที่สุดในนาข้าว เท่ากับ 0.093 mg/kg ปริมาณ OM พบมากที่สุดในสวนฤษณา เท่ากับ 2.42% ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณ OC ที่พบในสวนฤษณามากที่สุด เท่ากับ 1.4% ความหนาแน่นรวมของดินเท่ากับ 1.48 kg/m³ ความชื้นในดินเท่ากับ 41.07% และอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเท่ากับ 31.55°C นอกจากนี้ฤดูฝนเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการย่อยสลายเศษซากพืชซากสัตว์ของจุลินทรีย์ในดิน ซึ่งปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในดินขึ้นกับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน

คำสำคัญ: การกักเก็บคาร์บอนในดิน สวนฤษณา สวนยางพารา นาข้าว

Abstract

The objective of this study is the evaluation of soil carbon storages in cultivated areas with *Aquilaria crassna*, *Hevea brasiliensis*, and *Oryza sativa* L. at Non Pueai sub-district, Kudchum district, Yasothon province. The experimental plot in this study was 50 x 50 meters. The sample collection was analysed for physical and chemical soil properties. The physical properties consisted of soil bulk density, soil temperature, soil texture and soil moisture. The properties were composed of total Nitrogen (N), available Phosphorus (P), the available Potassium (K), Organic carbon (OC), Soil organic matter (OM), and pH in soil. This study calculated soil carbon storages in various land use patterns.

The results of soil carbon flux in the cultivated areas with *Aquilaria crassna*, *Hevea brasiliensis*, and *Oryza sativa* L. were 67.20, 77.44, and 20.24 tons-carbon/rai/year, respectively. The total of soil carbon flux was 164.88 tons-carbon/rai/year. The average of available Phosphorus (P) was 0.61 mg/kg in *Oryza sativa* L. plantation, the average of available Potassium (K) was 3.06 mg/kg in *Oryza sativa* L. plantation, and the average of total Nitrogen (N) was 0.093 mg/kg in *Oryza sativa* L. plantation. Moreover, most of soil organic matter (OM) was 2.42% and

¹ อาจารย์, คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, Email: warakorn@msu.ac.th

¹ Lecturer, Faculty of Environment and resource studies, Mahasarakham University, Email: warakorn@msu.ac.th

organic carbon (OC) was 1.4% in *Aquilaria crassna* plantation. The average soil temperature was 31.55 °C and the rainy season was the most appropriate period for degradation of litter by microorganism in the soil. All average amounts of soil carbon flux depend on the rates of soil organic matter and activities of microbes in the soil as well.

Keywords: Soil Carbon Flux, Cultivated areas, *Aquilaria crassna*, *Hevea brasiliensis*, *Oryza sativa* L.

บทนำ

การเก็บกักคาร์บอน (carbon sequestration) ในดินของพื้นที่เกษตรและป่าไม้ เป็นแนวทางหนึ่งที่หลายประเทศนำไปใช้เพื่อประโยชน์ในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ เนื่องจากเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพดี ต้นทุนต่ำ และสามารถดำเนินการได้ทันที^{1,2} โดยอาศัยการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) ของพืช ในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ไปเก็บสะสมไว้ในส่วนของเนื้อเยื่อพืช (ลำต้น ใบ ดอก ผล และราก) และเมื่อเศษซากพืชเหล่านี้หลุดร่วงหรือตายลง อินทรีย์สารเหล่านั้นจะถูกย่อยสลาย และบางส่วนที่ย่อยสลายยาก เช่น สารฮิวมัส คงเก็บสะสมอยู่ในดินต่อไปในรูปของอินทรีย์วัตถุ (soil organic matter) คาร์บอนอาจคงอยู่ในดินได้เป็นเวลานาน เป็นร้อยหรือพันปี^{3,4,5} ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและการจัดการดินในพื้นที่ ดินนับว่าเป็นแหล่งสะสมคาร์บอนแหล่งใหญ่แหล่งหนึ่ง โดยการศึกษาของ เล็ก⁶ ได้สรุปการกระจายของคาร์บอนในดินของประเทศไทย โดยในดินลึก 1 เมตร มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมทั้งหมดประมาณ 6.21 พันล้านตัน คิดเป็น 0.046 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนโลก ซึ่ง Eswaran⁷ ประเมินไว้มีอยู่ 1.53 ล้านล้านตัน และมีอินทรีย์คาร์บอนรวมทั้งหมดของประเทศประมาณ 0.184 พันล้านตัน คิดเป็น 0.019 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนโลก โดยได้ประเมินว่ามีอยู่ถึง 940 ล้านล้านตัน ส่วนปริมาณคาร์บอนในดินของระบบนิเวศป่าไม้ในประเทศไทยนั้น สิริรัตน์ และศิริภา⁸ ได้ทำการศึกษารายการปริมาณคาร์บอนในดินในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรีและจังหวัดเชียงใหม่ พบว่าบริเวณพื้นที่ป่าดิบเขา มีการสะสมของปริมาณคาร์บอนถึงระดับความลึกที่ 1 เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 237.27 ตันต่อเฮกตาร์ รองลงมาคือป่าเบญจพรรณ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 148.50 ตันต่อเฮกตาร์ ส่วนในป่าดิบแล้งและป่าสนเขา พบแนวโน้มของการสะสมปริมาณคาร์บอนมีค่าใกล้เคียงกันคือ 145.25 และ 132.05 ตันต่อเฮกตาร์ ป่าเต็งรังมีการสะสมของปริมาณคาร์บอนต่ำกว่าป่าธรรมชาติชนิดอื่นๆ คือ 76.75 ตันต่อเฮกตาร์ ส่วนการสะสมของปริมาณคาร์บอนในบริเวณป่าปลูกเท่ากับ 167.9 ตันต่อเฮกตาร์ นอกจากนี้แนวโน้มของการสะสมของปริมาณคาร์บอนจะมีการสะสมอยู่มากในดินชั้นบนและลดลงตามระดับความลึกของดินการศึกษาข้อมูลจากอดีตถึงปัจจุบันทำให้เห็นว่าดินเป็นแหล่งสะสมคาร์บอนแหล่งใหญ่แหล่งหนึ่ง นอกจากนี้ปัจจัย

แวดล้อมบางประการยังมีผลต่ออัตราการเก็บกักคาร์บอนในดินและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศด้วย ซึ่งอาจมีค่าแตกต่างกันตามชนิดดิน อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ความชื้นในดิน ระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิด ความหนาแน่นของพืช และลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้จะศึกษารายการปริมาณคาร์บอนในดินและปัจจัยดังกล่าวบริเวณสวนป่าอุทยานอายุ 8-10 ปี สวนยางพาราอายุ 1-2 ปี และนาข้าวซึ่งเป็นข้าวนาปี ในพื้นที่ตำบลโนนเปือย อำเภอภูซุ่ม จังหวัดยโสธร เบื้องต้นพบว่าในพื้นที่ศึกษาสามารถจำแนกดินตามระบบการจำแนกดิน (Soil Taxonomy) ได้ 3 กลุ่มชุดดิน ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 17 กลุ่มชุดดินที่ 35 และกลุ่มชุดดินที่ 40 Figure 1

ดังนั้นเพื่อประเมินค่าปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในดินจากบริเวณที่มีลักษณะการใช้ที่ดินที่แตกต่างกันดังกล่าว โดยพื้นที่สวนยางพาราเป็นตัวแทนของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย และยุคสมัยหนึ่งรัฐบาลที่ผ่านมาได้ส่งเสริมให้มีการปลูกยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนืออย่างแพร่หลาย เมื่อเปรียบเทียบกับสวนป่าอุทยานซึ่งมีพื้นที่ปลูกน้อย เกษตรกรไม่นิยมปลูกมากนักเมื่อเทียบกับสวนป่าชนิดอื่นๆ เนื่องจากมีปัญหาเรื่องการตลาด ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกสวนป่าอุทยานที่มีอายุการเจริญเติบโตมากกว่าสวนยางพารา เนื่องจากบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนมากเป็นพื้นที่ปลูกยางพารารายใหม่ อายุการเจริญเติบโตของยางพาราเฉลี่ย 2-6 ปี ส่วนสวนอุทยานแทบไม่มีพื้นที่ใดปลูกเพิ่มจากเดิมเลย อายุการเจริญเติบโตของอุทยานเฉลี่ย 8-15 ปี และนาข้าวซึ่งเป็นแปลงที่ปลูกข้าวแบบเกษตรอินทรีย์ กล่าวคือเกษตรกรไม่ใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีใดๆ ตลอดขั้นตอนการผลิต รวมทั้งเป็นแปลงข้าวที่ไม่เคยผ่านการเผาตอซังมาก่อน ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้จะทำให้ทราบถึงปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งสามประเภท และเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาสมดุลคาร์บอนในพื้นที่เกษตรต่อไป ข้อมูลเหล่านี้อาจเป็นประโยชน์กับหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการทรัพยากรป่าไม้และสวนปารวมถึงการส่งเสริมเกษตรกรให้ปลูกพืชเศรษฐกิจในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเก็บกักคาร์บอนในดิน อันแสดงให้เห็นถึงความร่วมมือในการช่วยลดภาวะการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศและการลดภาวะโลกร้อน

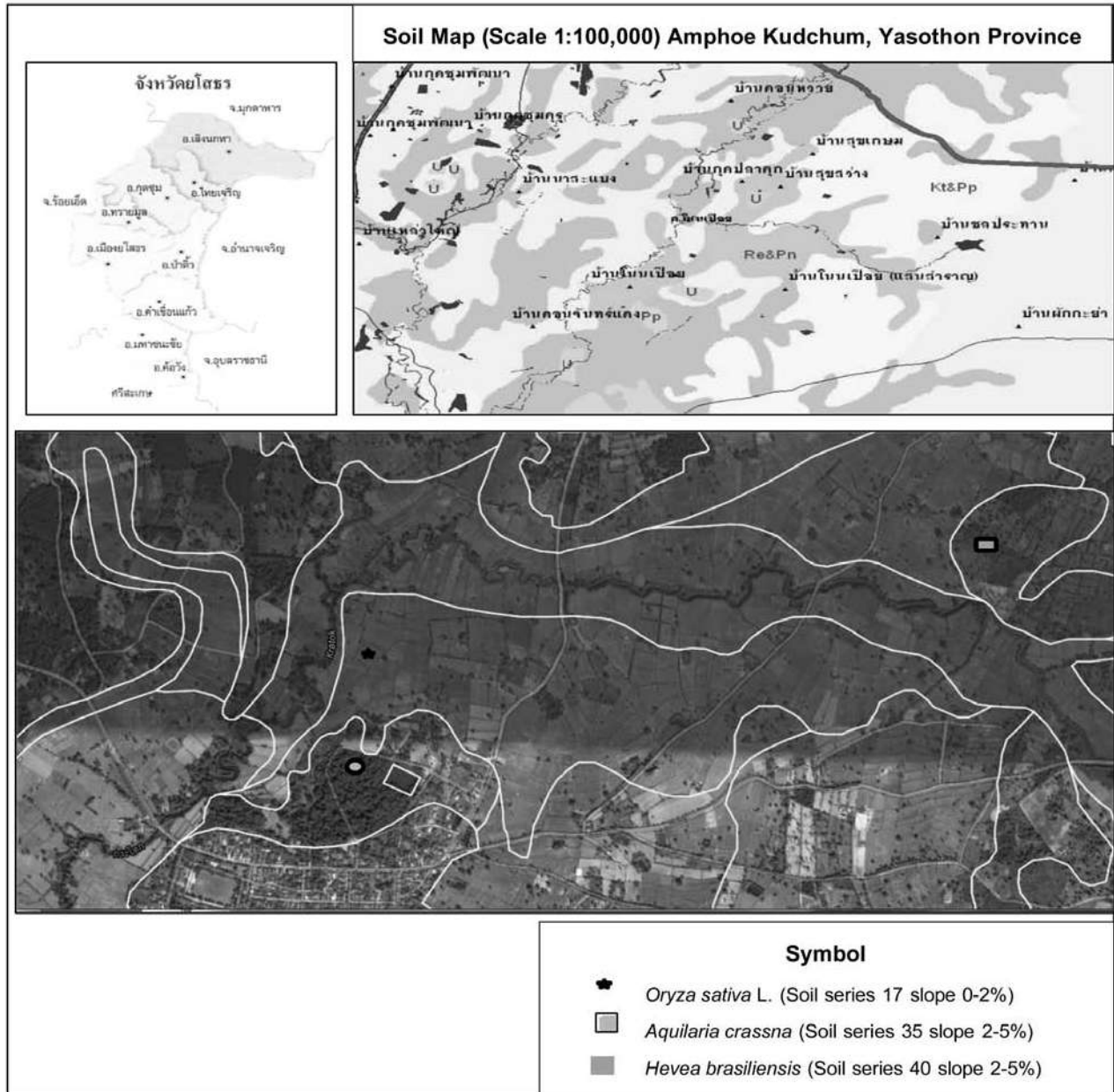


Figure 1 Soil series map and soil sample plots study in the cultivated areas with *Oryza sativa* L., *Aquilaria crassna* and *Hevea brasiliensis*

Source Modification from Land Development Department, 2555

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อประเมินปริมาณคาร์บอนในดิน บริเวณสวนป่า กฤษณา สวนยางพารา และนาข้าว และเปรียบเทียบอิทธิพลของสิ่งแวดล้อม เช่น ความชื้นในดิน ลักษณะโครงสร้างของดิน เนื้อดิน และประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การศึกษาและเก็บข้อมูลภาคสนาม และการวิเคราะห์

ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ ดังนี้

1. การเก็บข้อมูลภาคสนาม วางแผนการทดลองในพื้นที่สวนกฤษณา สวนยางพารา และนาข้าว ของเกษตรกรในพื้นที่ ตำบลโนนเปือย อำเภอกุตุชุม จังหวัดยโสธร โดยเก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 3 รูปแบบ จำนวนรูปแบบการใช้ที่ดินละ 3 ไร่ สวนกฤษณาและสวนยางพาราวางแปลงทดลองขนาด กว้าง 10 เมตร ยาว 10 เมตร คิดเป็นพื้นที่ 100 ตารางเมตร สำหรับนาข้าววางแปลงทดลองขนาด กว้าง 1 เมตร ยาว 1 เมตร ทำการเก็บตัวอย่างดินโดยใช้ soil core ที่ความลึกของดิน 2 ระดับ คือดินบน 0-10

เซนติเมตร และดินล่าง 10-30 เซนติเมตร โดยเก็บตัวอย่างจากประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินละ 3 จุด (ดินบนและดินล่าง) รวมทั้งสิ้นจำนวน 18 ตัวอย่าง และเก็บตัวอย่างดินแบบ composite โดยเก็บกระจายทั่วแปลง นำตัวอย่างดินที่ได้มาผสมคลุกเคล้ากัน และแบ่งดินเป็น 4 ส่วน เก็บดินใส่ถุงพลาสติก 1 ส่วน จนครบ 1 กิโลกรัม จากแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมทั้งสิ้นจำนวน 3 ตัวอย่าง การศึกษาในครั้งนี้ ได้ลงพื้นที่เก็บตัวอย่าง 3 ครั้งในหนึ่งรอบปี ได้แก่ เดือนเมษายน กรกฎาคม และพฤศจิกายน

การประเมินค่าปริมาณคาร์บอนที่ถูกเก็บสะสมอยู่ในดิน โดยปริมาณคาร์บอนในดินประเมินจากปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Organic Matter: OM) โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินของ Walkley and Black⁹ มีหลักการคือ (1) ใช้ Oxidizing agent ($K_2Cr_2O_7$) ที่มากเกินไปทำปฏิกิริยากับ reducing agent ที่มีอยู่ในดินจนหมด ซึ่งในที่นี้หมายถึงอินทรีย์คาร์บอน (2) ใช้ reducing agent ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$ หรือ $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$) ทำปฏิกิริยากับ $K_2Cr_2O_7$ ที่เหลือ (3) ทำ Blank อีกครั้งหนึ่งโดยไม่รวมดินตัวอย่าง (4) ปริมาณของ $FeSO_4$ ที่ทำปฏิกิริยากับ $K_2Cr_2O_7$ ใน Blank จะนำมาคำนวณความเข้มข้นที่แท้จริงของ $FeSO_4$ (5) เนื่องจากปริมาณของ easily oxidizable material ที่วิเคราะห์ได้นั้นเป็นเพียงการวัด reducing power ของดินเท่านั้นเอง ดังนั้น ก่อนที่จะเปลี่ยนให้เป็นปริมาณของอินทรีย์วัตถุก็ต้องผ่านสมมุติฐานหลายข้อคือ (5.1) ถือว่าไม่มี reducing agent อื่นที่เป็นอินทรีย์วัตถุในดินเลยจะมีแต่อินทรีย์คาร์บอนเท่านั้นที่ถูก oxidized ในการทำปฏิกิริยาคครั้งนี้ (5.2) ถือว่า equivalent weight ของ carbon ซึ่งถูก oxidized นั้นเท่ากับ 3 (5.3) 5.3 ให้ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ recovery ของ carbon ในดินเท่ากับ 74-76% ซึ่งค่านี้ได้มาจากการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับวิธี dry combustion ซึ่งเราสมมุติว่าเป็นวิธีที่ให้ 100% recovery (5.4) คำนวณเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุจากค่าที่สมมุติให้อินทรีย์วัตถุในดินมี carbon 58% (เป็นอินทรีย์วัตถุที่อยู่ในรูปของ carbohydrate เช่น glucose เป็นต้น) คำนวณปริมาณอินทรีย์คาร์บอน และอินทรีย์วัตถุ ได้ดังนี้

$$\% \text{ Organic carbon} = \frac{(B-T) N \times 100 \times 3 \times 100 \times 10}{B \quad 77 \quad 10^3 \quad W}$$

$$\% \text{ Organic matter} = \% \text{ Organic carbon} \times 1.724$$

$$\text{หรือ } \% \text{ Organic matter} = \frac{(B-T) N \times 100 \times 100 \times 3 \times 100 \times 10}{B \quad 77 \quad 58 \quad 10^3 \quad W}$$

เมื่อ N = ความเข้มข้นของโพแทสเซียมไดโครเมท (N)
 B = ปริมาตรของสารละลายเฟอร์ริสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ไทเทรตกับ Blank (ml)
 T = ปริมาตรของสารละลายเฟอร์ริสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ไทเทรตกับตัวอย่างดิน (ml)
 W = น้ำหนักดิน (g)

$$\text{ดังนั้น } \% \text{Organic carbon} = (B - T)N \times 100 \times 3$$

การศึกษาและเก็บข้อมูลภาคสนาม ใช้ชุดเก็บตัวอย่างดินประกอบด้วย กระบอกเก็บตัวอย่างดิน (soil core) ส่วนเจาะดิน (auger) พลั่วขุดดิน จอบ ถังผสมดิน ผ้าใบ ถุงพลาสติก หนังกาย ปากกาเลเบล เครื่องวัดความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน และอุณหภูมิดิน เทอร์โมมิเตอร์ วัดอุณหภูมิอากาศ ตลับเมตร และเครื่องชั่ง

2. การวิเคราะห์ผลในห้องปฏิบัติการ การเก็บตัวอย่างดินแบบ composite ในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากนั้นผึ่งตัวอย่างดินในที่ร่ม และเลือกวัสดุที่ไม่ใช่ดินออก เมื่อดินแห้งแล้ว บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1 และ 2 มิลลิเมตร วิเคราะห์หาคุณสมบัติต่างๆ ของดิน ได้แก่

2.1 ปฏิกริยาของดิน (pH) Thomas¹⁰ วิเคราะห์โดยใช้น้ำสกัด อัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1 และวัดค่าโดยใช้เครื่อง pH meter

2.2 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด (soil organic carbon; SOC) ในดิน โดยวิธี Walkley and Black Titration¹¹

2.3 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TKN) วิเคราะห์โดยวิธี Kjeldahl method¹²

2.4 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) สกัดดินโดยวิธี Bray II (0.1 N HCl+0.03 N NH4F) และวิเคราะห์ปริมาณโดยวิธี molybdenum blue¹³

2.5 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable potassium) ทำการสกัดตัวอย่างดินด้วยสารละลาย 1 N NH4OAc ค่า pH 7.0 และวิเคราะห์หาปริมาณโดยใช้เครื่อง atomic absorption spectrophotometer¹⁴

2.6 เนื้อดิน (soil texture) การวิเคราะห์หาปริมาณเนื้อดินใช้วิธีไฮโดรมิเตอร์^{15,16}

2.7 ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) เก็บตัวอย่างดินโดยใช้กระบอกเก็บดิน (soil core) ตามวิธีการ core method ของ Blake and Hartge¹⁷

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย (x) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

ผลการศึกษา

การประเมินค่าปริมาณคาร์บอนที่ถูกเก็บสะสมไว้ในดินตามวิธีการเก็บกักคาร์บอนทางตรง โดยเก็บตัวอย่างเป็นตัวแทน 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูร้อน (เดือนเมษายน) ฤดูฝน (เดือนกรกฎาคม) และฤดูแล้ง (เดือนพฤศจิกายน) การเก็บตัวอย่างดินในบริเวณหลุมที่ขุดในระดับความลึกที่แตกต่างกันโดยแบ่ง

เป็นดินบน และดินล่าง บริเวณสวนกฤษณา สวนยางพารา และนาข้าว เพื่อนำไปวิเคราะห์ค่า soil organic carbon (SOC), ค่า Organic matter (OM), ค่า Bulk density และธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชในแต่ละการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Figure 2)



Figure 2 The processes of soil sample collections in the cultivated areas

พื้นที่ที่ทำการศึกษเป็นการทำเกษตรแบบผสมผสาน ในพื้นที่ ตำบลโนนเปือย อำเภอภูซุ่ม จังหวัดโสธร มีเนื้อที่ประมาณ 25 ไร่ เป็นพื้นที่สวนกฤษณา 5 ไร่ สวนยางพารา 10 ไร่ และนาข้าว 10 ไร่ ผลการศึกษาความหนาแน่นของดิน ความชื้นในดิน อุณหภูมิดิน pH และอุณหภูมิอากาศกับปริมาณคาร์บอนในดิน ซึ่งได้ทำการศึกษโดยแบ่งออกเป็นสามช่วงฤดูกาล ได้แก่ ฤดูร้อน (เดือนเมษายน) ฤดูฝน (เดือนกรกฎาคม) และฤดูแล้ง (เดือนพฤศจิกายน) ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดินในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน ได้แก่ ความหนาแน่นรวมของดิน ความชื้นในดิน และอุณหภูมิดิน ทั้งหมด 3 ช่วงฤดูกาล ในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งได้แก่ สวนกฤษณา สวนยางพารา และนาข้าวในพื้นที่ ตำบลโนนเปือย อำเภอภูซุ่ม จังหวัดโสธร ดังแสดงใน (Table 1)

Table 1 The results of soil physical properties analysis in the cultivated areas

Cultivated areas	Soil bulk density (g/cm ³)				Soil moisture (%by mass)				Soil temperature (°C)			
	Apr.	Jul.	Nov.	\bar{X}	Apr.	Jul.	Nov.	\bar{X}	Apr.	Jul.	Nov.	\bar{X}
<i>Oryza sativa</i> L.	1.5	1.6	1.5	1.5	56.61	46.54	57.29	53.48	32	30	29	29.6
<i>Aquilaria crassna</i>	1.5	1.5	1.4	1.4	38.54	42.92	25.62	35.69	33	35	31	33
<i>Hevea brasiliensis</i>	1.5	1.5	1.4	1.4	25.4	48.31	28.44	34.05	33	31	30	31.3

จาก Table 1 พบว่า ความหนาแน่นรวมของดินเฉลี่ยทั้ง 3 ฤดูกาล ของนาข้าวเท่ากับ 1.5 g/cm³ สวนยางพาราเท่ากับ 1.4 g/cm³ และสวนกฤษณาเท่ากับ 1.4 g/cm³ ความหนาแน่นรวมของดินอยู่ระหว่าง 1.4-1.9 g/cm³ จัดอยู่ในกลุ่มดินร่วน เป็นดินทรายแป้ง การระบายน้ำเร็วปานกลาง และเนื้อละเอียด การไถพรวนง่าย มีการระบายน้ำดีและถ่ายเทอากาศดี และมักมีความอุดมสมบูรณ์ดี เป็นดินที่มีเนื้อดินค่อนข้างละเอียด นุ่มมือ ยืดหยุ่นได้บ้าง มีการระบายน้ำได้ดีปานกลาง จัดเป็นเนื้อดินที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกในธรรมชาติมากที่สุดมักไม่ค่อยพบแต่พบดินที่มีเนื้อใกล้เคียงกันมากกว่า

บริเวณนาข้าว เป็นพื้นที่ราบเรียบ มีความลาดชัน 0-2% จากการวิเคราะห์ปริมาณเนื้อดินด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์ พบว่า มีปริมาณ Sand เท่ากับ 46.29% มีปริมาณ Silt เท่ากับ 22.57% และ Clay เท่ากับ 31.14% เมื่อนำมาหาประเภทของเนื้อดินจากไดอะแกรมรูปสามเหลี่ยม พบว่า เป็นดินประเภท Sandy clay loam สีของดินบน (0-18 cm) เป็นสี Brown (7.5YR5/2) สีของดินล่าง (18-37 cm) เป็นสี Light brown (7.5YR6/4) พบจุดประสีน้ำตาลปนเหลือง สีของดินทำให้ทราบถึงความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ปะปนอยู่ และแปรสภาพเป็นฮิวมัสในดิน ทำให้สีของดินต่างกัน ถ้ามีฮิวมัสน้อยสีจางลงมีความอุดมสมบูรณ์น้อยลง กลุ่มชุดดินบริเวณดังกล่าวเป็นกลุ่มชุดดินที่ 17 ชุดดินร้อยเอ็ด (Roi-et series: Re) อยู่ใน Great Soil Group: Kandiaquults บริเวณสวนกฤษณา สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย มีความลาดชัน 2-5% จากการวิเคราะห์ปริมาณเนื้อดินด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์ พบว่า มีปริมาณ Sand เท่ากับ 58.94% มีปริมาณ Silt เท่ากับ 33.58% และ Clay เท่ากับ 7.48% เมื่อนำมาหาประเภทของเนื้อดินจากไดอะแกรมรูปสามเหลี่ยม พบว่า เป็นดินประเภท Sandy loam สีของดินบน (0-20 cm) เป็นสี Dark Brown (10YR3/3) สีของดินล่าง (20-60 cm) เป็นสี Brown (10YR5/3) กลุ่มชุดดินบริเวณดังกล่าวเป็นกลุ่มชุดดินที่ 35 ชุดดินโคราช (Korat series: Kt) อยู่ใน Great Soil Group: Kandiuults

บริเวณสวนยางพารา มีสภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย มีความลาดชัน 2-12% จากการวิเคราะห์

ปริมาณเนื้อดินด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์ พบว่า มีปริมาณ Sand เท่ากับ 77.02% มีปริมาณ Silt เท่ากับ 21.23% และ Clay เท่ากับ 1.75% เมื่อนำมาหาประเภทของเนื้อดินจากไดอะแกรมรูปสามเหลี่ยม พบว่า เป็นดินประเภท Loamy sand สีของดินบน (0-12 cm) เป็นสี Dark reddish brown (5YR3/3) สีของดินล่าง (12-32 cm) เป็นสี Reddish brown (5YR4/4) กลุ่มชุดดินบริเวณดังกล่าวเป็นกลุ่มชุดดินที่ 40 ชุดดินชุมพวง (Chum Phang series: Cpg) อยู่ใน Great Soil Group: Kandiuults

ความชื้นในดินเฉลี่ยของนาข้าวเท่ากับ 53.48% สวนยางพาราเท่ากับ 35.69% และสวนกฤษณาเท่ากับ 34.05% อุณหภูมิของดินเฉลี่ยเท่ากับของนาข้าวเท่ากับ 29.6 °C สวนยางพาราเท่ากับ 33 °C และสวนกฤษณาเท่ากับ 31.3 °C จากผลการศึกษาดังกล่าว เห็นว่าความหนาแน่นรวมของดินในนาข้าวมีค่าสูงที่สุด เนื่องจากดินนาเป็นดินที่ผ่านการเขตรกรรมด้วยเครื่องจักรกลการเกษตรมาเป็นเวลานาน ทุกฤดูกาลปลูกจะมีการไถพรวน กลับหน้าดินทุกครั้ง ส่งผลให้อนุภาคดินเหนียวที่มีขนาดเล็กที่สุดลงไปอยู่ในดินชั้นล่างสะสมอยู่เป็นเวลานาน ทำให้เกิดชั้นดินดานขึ้น ดินมีประสิทธิภาพในการซึมซับน้ำของดินลดลง ดินระบายน้ำเลว ทำให้เกิดการท่วมขังในช่วงฤดูน้ำหลาก ส่งผลให้ปัจจัยความชื้นในดินเฉลี่ยสูงกว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่น ซึ่งความชื้นในดินจะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของดิน กล่าวคือเมื่อความชื้นในดินสูง อุณหภูมิของดินต่ำ และปัจจัยเหล่านี้จะไปมีผลต่ออัตราการย่อยสลายเศษซากพืชซากสัตว์ของจุลินทรีย์ในดินอีกด้วย กล่าวคือ ถ้าดินมีความชื้นในดินและอุณหภูมิดินสูง จะส่งผลให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินและรากพืชเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว

2. ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ปริมาณคาร์บอนในดิน อินทรีย์วัตถุในดิน และ pH ของดิน ใน 3 ฤดูกาลของสวนกฤษณา สวนยางพารา และนาข้าว สามารถแสดงได้ดัง Table 2

Table 2 The results of soil chemical properties analysis

Cultivated areas	Total Nitrogen (mg/kg)					Avail Phosphorus (mg/kg)					Avail Potassium (mg/kg)				
	Apr.	Jul.	Nov.	\bar{X}	SD	Apr.	Jul.	Nov.	\bar{X}	SD	Apr.	Jul.	Nov.	\bar{X}	SD
<i>Oryza sativa</i> L.	0.021	0.000	0.007	0.093	0.011	0.55	0.39	0.9	0.61	0.261	4.2	2.7	2.3	3.06	1.002
<i>Aquilaria crassna</i>	0.028	0.014	0.021	0.021	0.007	0.28	0.29	0.5	0.35	0.124	2.5	2.4	4.0	2.96	0.896
<i>Hevea brasiliensis</i>	0.056	0.028	0.028	0.037	0.016	0.25	0.19	0.25	0.23	0.035	2.7	2.4	2.2	2.43	0.252

จาก Table 2 พบว่า ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยทั้ง 3 ฤดูกาล ของนาข้าวเท่ากับ 0.093 mg/kg สวนยางพารา เท่ากับ 0.021 mg/kg และสวนกฤษณาเท่ากับ 0.037 mg/kg ไนโตรเจนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.021-0.093 mg/kg อยู่ในระดับน้อยมาก ไนโตรเจนในดินไม่ว่าในรูปของอินทรีย์หรืออนินทรีย์ ไนโตรเจนมักมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอกระบวนการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในดินมีหลายกระบวนการซึ่งจะเกิดตามขั้นตอนต่อเนื่องกัน คือไนโตรเจนในรูปโปรตีน จะเห็นได้ว่าไนโตรเจนในดินส่วนใหญ่อยู่ในรูปของอินทรีย์วัตถุ อินทรีย์วัตถุในดินจะมีไนโตรเจนประมาณร้อยละ 5 ในดินที่มีอินทรีย์วัตถุประมาณร้อยละ 1-5 เมื่อเก็บเกี่ยวพืชจะมีไนโตรเจนติดไปกับผลผลิต การแก้ไขสามารถทำได้โดยการทิ้งชิ้นส่วนของพืชไว้ในแปลงให้มากที่สุดภายหลังการเก็บเกี่ยว การไม่เผาตอซัง เพราะจะทำให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนไปสู่อากาศและการใส่ปุ๋ยเพิ่มเติมเพื่อชดเชยกับปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปทั้งหมดแต่ไนโตรเจนไม่ได้สูญเสียแค่นั้นในพืชและจุลินทรีย์อย่างเดียวแต่ยังสูญเสียด้วยการกัดเซาะกัดกร่อนด้วยน้ำและลม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการชดเชยไนโตรเจนที่สูญเสียไปจากดิน โดยการใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยเคมีเพิ่มเติมลงไปในดิน และควรทิ้งตอซังพืชไว้หลังการเก็บเกี่ยวและรีบไถกลบลงในดิน

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยของนาข้าว เท่ากับ 0.61 mg/kg สวนยางพาราเท่ากับ 0.35 mg/kg และสวนกฤษณาเท่ากับ 0.23 mg/kg ซึ่งฟอสฟอรัสเฉลี่ย <3 mg/kg ถือว่าน้อยมาก เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ฟอสฟอรัสในดินได้จากอินทรีย์วัตถุในดินที่สลายตัวจนเป็นอิวมัส เนื้อเยื่อสดของพืชและสารประกอบหรือแร่ที่เป็นของแข็งอยู่ในดิน นอกจากนี้ยังได้จากปุ๋ยฟอสเฟตที่ใส่ลงไปในดิน ปริมาณฟอสฟอรัสในดินแตกต่างกัน

ไปตามชนิดของวัตถุต้นกำเนิดดิน การชะล้าง และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในดินโดยทั่วไปจะมีฟอสฟอรัส ต่ำมากเมื่อเทียบกับค่า ไนโตรเจน (N) และโพแทสเซียม (K) การรักษาฟอสฟอรัสจะต้องปรับระดับ pH อยู่ระหว่าง 6-7 เพื่อรักษาอินทรีย์วัตถุเสมอ การขาดฟอสฟอรัสในพืชจะแสดงให้เห็นจากการที่ใบพืชมีสีเขียวเข้มจัดถ้าขาดรุนแรงใบจะผิดปกติรูปร่างและแสดงอาการตายเฉพาะส่วน

โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยเท่ากับของนาข้าวเท่ากับ 3.06 mg/kg สวนยางพาราเท่ากับ 2.96 mg/kg และสวนกฤษณาเท่ากับ 2.43 mg/kg ซึ่งโพแทสเซียมในดินเฉลี่ย <6 mg/kg อยู่ในระดับปานกลาง ดินโดยทั่วไปมักมีปริมาณโพแทสเซียมในดินสูงกว่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ทั้งนี้เพราะโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่ในแร่ต่าง ๆ หลายชนิดซึ่งเป็นวัตถุต้นกำเนิดดิน ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณโพแทสเซียมในดิน มี 3 ชนิดได้แก่ดินที่เกิดจากหินและแร่ที่มีโพแทสเซียมมากมีแนวโน้มที่จะมีปริมาณโพแทสเซียมมากในดินปริมาณน้ำฝนถ้ามีมากจะทำให้เกิดการสูญเสียโพแทสเซียมไปกับการชะละลาย (leaching)

3. การศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินของสวนกฤษณา สวนยางพารา และนาข้าว พบว่า ปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยของสวนกฤษณามีค่ามากที่สุด เท่ากับ 1.4% รองลงมาคือ นาข้าว เท่ากับ 1.33 และสวนยางพารา เท่ากับ 0.84 ซึ่งส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในสวนกฤษณามีปริมาณเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 2.42% ซึ่งมากกว่าในนาข้าว และสวนยางพารา ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ย pH ในนาข้าวเท่ากับ 6.33 เป็นกรดเล็กน้อย (slightly acid) ในสวนกฤษณา เท่ากับ 7 เป็นกลาง (neutral) และในสวนยางพารา เท่ากับ 6.83 เป็นกลาง (neutral) ดัง Table 3

Table 3 The results of soil carbon flux, organic matter, and pH in the cultivated areas

Cultivated areas	Carbon (%O.C.)					Organic matter (%O.M.)					pH				
	Apr.	Jul.	Nov.	\bar{X}	SD	Apr.	Jul.	Nov.	\bar{X}	SD	Apr.	Jul.	Nov.	\bar{X}	SD
<i>Oryza sativa</i> L.	1.16	1.57	1.26	1.33	0.21	1.85	2.71	2.17	2.24	0.44	6.5	6	6.5	6.33	0.29
<i>Aquilaria crassna</i>	1.39	1.5	1.31	1.4	0.09	2.40	2.59	2.26	2.42	0.17	7	7	7	7	0.00
<i>Hevea brasiliensis</i>	0.92	0.73	0.88	0.84	0.10	1.59	1.26	1.52	1.46	0.17	6.5	7	7	6.83	0.29

จากตารางจะเห็นว่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินค่อนข้างต่ำ คืออยู่ระหว่าง 0.84-1.4% ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน สภาพภูมิอากาศ ลม และกลไกสำคัญในการกักเก็บหรือดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง เพื่อนำมากักเก็บในรูปของมวลชีวภาพ โดยเฉลี่ยแล้ว สวนกฤษณาเป็นรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีการกักเก็บปริมาณคาร์บอนไว้ในดินได้มากที่สุด คือ 1.4% มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยในดินเท่ากับ 2.42% ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 1.5-2.5 ตามเกณฑ์เปอร์เซ็นต์ระดับอินทรีย์วัตถุในดินของกรมพัฒนาที่ดิน) รองลงมาคือ นาข้าว มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยในดินเท่ากับ 2.24% อยู่ในระดับปานกลางเช่นกัน สวนยางพารามีปริมาณอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยในดินเท่ากับ 1.46% อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ (ร้อยละ 1.0-1.5 ตามเกณฑ์เปอร์เซ็นต์

ระดับอินทรีย์วัตถุในดินของกรมพัฒนาที่ดิน) สำหรับค่า pH ในดิน มีค่าระหว่าง 6.33 -7 ซึ่งเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกลาง ถือว่ามีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นตัวควบคุมความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน โดยเฉพาะการดูดซึมธาตุอาหารหลัก (N, P, K) ของพืช นั้น ค่า pH ในระดับดังกล่าว ถือว่าเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดิน ในพื้นที่สวนกฤษณา สวนยางพารา และนาข้าว เฉลี่ยในพื้นที่ ต.โนนเปือย อ.กุดชุม จ.ยโสธร มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยในสวนยางพารา เท่ากับ 7.74 ตัน-คาร์บอน/ไร่ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยของสวนกฤษณา เท่ากับ 6.72 ตัน-คาร์บอน/ไร่ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยของนาข้าวเท่ากับ 4.04 ตัน-คาร์บอน/ไร่ Table 4

Table 4 Total of soil carbon flux in the cultivated areas

Cultivated areas	Carbon (Ton-carbon/Rai)					Total area (Rai)	Total of soil carbon flux (Ton-carbon/Rai/Year)
	Apr.	Jul.	Nov.	\bar{X}	SD		
<i>Oryza sativa</i> L.	9.60	7.58	6.05	7.74	1.78	10	77.44
<i>Aquilaria crassna</i>	6.67	7.20	6.29	6.72	0.46	10	67.20
<i>Hevea brasiliensis</i>	4.42	3.50	4.22	4.04	0.48	5	20.24

ในพื้นที่สวนยางพาราทั้งหมด 10 ไร่ สามารถเก็บกักปริมาณคาร์บอนไว้ในดินได้ 77.44 ตัน/ไร่/ปี สวนกฤษณาพื้นที่ทั้งหมด 10 ไร่ สามารถเก็บกักปริมาณคาร์บอนไว้ในดินได้ 67.20 ตัน/ไร่/ปี และพื้นที่นาข้าวทั้งหมด 5 ไร่ สามารถเก็บกักปริมาณคาร์บอนไว้ในดินได้ 20.24 ตัน/ไร่/ปี ช่วงที่ดีที่สุด 3 ฤดูกาล เป็นช่วงที่เหมาะสมกับจุลินทรีย์ช่วยในการย่อยสลายเศษซากพืชซากสัตว์

สรุป

การศึกษาการประเมินค่าการกักเก็บคาร์บอนในดินระหว่างสวนกฤษณา สวนยางพารา และนาข้าว ในพื้นที่ ตำบลโนนเปือย อำเภอ กุดชุม จังหวัดยโสธร สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้ ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของดินแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ความหนาแน่นในดินเฉลี่ย

เท่ากับ 1.48 kg/m³ ความชื้นในดินเฉลี่ยเท่ากับ 41.07% อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเท่ากับ 31.15 °C ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปริมาณธาตุอาหาร ในพื้นที่ศึกษา พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เท่ากับ 0.4 mg/kg ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เท่ากับ 2.85 mg/kg ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด เท่ากับ 0.29% ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เท่ากับ 2.03% และมีค่า pH เท่ากับ 6.72 มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินเฉลี่ย บริเวณสวนกฤษณา สวนยางพารา และนาข้าว เท่ากับ 7.74, 6.72, 4.04 ตัน/ไร่/ปี ตามลำดับ ดังนั้นในพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 25 ไร่ สามารถเก็บกักคาร์บอนในดินได้ทั้งหมด 164.88 ตัน

ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาการประเมินค่าการกักเก็บคาร์บอนในดินระหว่างสวนกฤษณา สวนยางพารา และนาข้าว ในพื้นที่ตำบลโนนเปือย อำเภอภูซำ จังหวัดยโสธร ผลจากการวิจัยแสดงให้เห็นว่าควรมีการจัดการป่าตามหลักการอนุรักษ์และการปลูกป่าโดยเน้นความหลากหลายของชนิดพันธุ์ เนื่องจากในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน มีการเก็บกักคาร์บอนในดินไม่เท่ากัน

2. จากผลการศึกษาพบว่า สวนยางพารามีปริมาณการเก็บกักคาร์บอนไว้ในดินมากกว่าพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินรูปแบบอื่นๆ ถึงแม้ว่าอายุของสวนยางพาราจะน้อยกว่าสวนกฤษณาและนาข้าว แสดงให้เห็นว่า ผลของการสะสมปริมาณคาร์บอนในดินอาจเป็นผลของปริมาณคาร์บอนในดินของการใช้ประโยชน์ที่ดินก่อนหน้า คือ สวนยูคาลิปตัส

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ ที่สนับสนุนงบประมาณอุดหนุนโครงการวิจัยประเภทบุคลากร คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ช่วยทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Updegraff K, Zimmerman PR, Price M and Capehart WJ. C-Lock: An online system to standardize the estimation of agricultural carbon sequestration credits. *Fuel Process Technol.* 2005;86:1695-1704.
2. Lal R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma* 2004;123:1-22.

3. Campbell CA. The applicability of the carbon-dating method in soil humus studies. *Soil Sci* 1967;104:217-224.
4. Post WM and Kwon KC. Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. *Global Change Biol* 2000;6:317-327.
5. เล็ก มอญเจริญ. การนำมาตราการ Additional Human Induce มาใช้ในการเก็บกักคาร์บอนในดินของประเทศไทย. ใน: การประชุมทางวิชาการประจำปี 2544 วิกฤตสิ่งแวดล้อม: คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล; 26 กันยายน 2544. กรุงเทพฯ: หน้า 9 -15.
6. Eswaran HE, Berg VD and Reich P. Organic carbon in soil of the world. *J Soil Sci Amer* 1993;57:192-194.
7. สิทธิรัตน์ จันทน์มหาเสถียร และศิริภา โพธิ์พินิจ. การประเมินการสะสมคาร์บอนในดินในระบบนิเวศป่าไม้ของประเทศไทย, การประชุมทางวิชาการประจำปี 2544 วิกฤตสิ่งแวดล้อม : คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล; 26 กันยายน 2544. กรุงเทพฯ: หน้า 16 – 20.
8. Thomas GW. Soil pH and soil acidity, method of soil analysis part 3: Chemical methods., Wisconsin, USA: Madison; 1996. p. 475-490.
9. Walkley A. and Black IA. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chronic acid titration method. *Soil Sci* 1934;37:29-38.
10. Bremner JM. Nitrogen-Total, method of soil analysis part 3: Chemical methods. Wisconsin, USA: Madison; 1996. p. 1085-1121.
11. ทศนีย์ อัดตะนันท์ และจรงค์ จันทน์เจริญสุข. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2542.
12. กรมพัฒนาที่ดิน. คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดินและการวิเคราะห์ เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า เล่มที่ 1. กรุงเทพฯ: ดับบลิว เจ พร็อพเพอร์ตี้ จำกัด; 2548.
13. Gee GW and Bauder JW. Particle-size analysis, methods of soil analysis part 1: Physical and mineralogical methods. Wisconsin, USA: Madison; 1996. p. 383-411.

14. Blake GR. and Hartge KH. Bulk density, methods of soil analysis part 1: Physical and mineralogical methods Madison, Wisconsin, USA: Madison; 1996. p. 363-375.
15. กรมพัฒนาที่ดิน. คู่มือการปฏิบัติงานกระบวนการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี. กรุงเทพฯ: ดับบลิว เจ พริ้นท์เพอดี จำกัด; 2553.

พฤติกรรมเสี่ยงทางเพศที่เกิดจากการบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ในกลุ่มวัยรุ่นหญิง: การศึกษาแบบภาคตัดขวาง ภาคกลาง ประเทศไทย

Alcohol Use and Sexual-risk Behaviors among Female Youths: a Cross-sectional Survey in Central Thailand

ณัฐจาพร พิชัยณรงค์^{1*}, วิศิษฐ์ ฉวีพจน์กำจร²

Natchaporn Pichainarong^{1*}, Wisit Chaveepojnkamjorn²

Received: 1 May 2014; Accepted: 30 September 2014

บทคัดย่อ

การวิจัยแบบภาคตัดขวางระหว่างเดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์ ในกลุ่มวัยรุ่นหญิง จำนวน 6,176 คน เขตภาคกลางของประเทศไทยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมเสี่ยงทางเพศ ที่เกิดจากการบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ จำแนกเป็นกลุ่มที่บริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์เป็นเวลา 30 วันก่อนการวิจัย จำนวน 358 ราย และกลุ่มที่ไม่บริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ จำนวน 5,818 ราย เก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง โดยให้ตอบแบบสอบถามด้วยตนเอง ไม่ระบุชื่อผู้ตอบ ระหว่าง ธันวาคม 2550 ถึงกุมภาพันธ์ 2551 สถิติเชิงพรรณานำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล และสถิติเชิงวิเคราะห์ ได้แก่ ไคสแควร์ สถิติถดถอยเชิงพหุ โลจิสติก ผลจากการวิจัยพบว่า วัยรุ่นหญิงบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ร้อยละ 5.79 และผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ ถดถอยเชิงพหุ โลจิสติก หลังจากควบคุมปัจจัยภายนอก คือ คุณลักษณะทั่วไปและสังคม พบว่า ปัจจัยพฤติกรรมเสี่ยงทางเพศ ที่มีความสัมพันธ์กับการบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ในปัจจุบัน ได้แก่ การถูกบังคับให้ร่วมเพศด้วย การมีเพศสัมพันธ์ การบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์หรือเสพยาเสพติดก่อนร่วมเพศครั้งสุดท้าย การไม่สวมถุงยางอนามัยในการร่วมเพศครั้งสุดท้าย และการไม่รับประทานยาคุมกำเนิดก่อนร่วมเพศครั้งสุดท้าย ($p < 0.05$) จากผลการวิจัยบ่งชี้ว่า ควรมีการจัดโปรแกรมในการป้องกันพฤติกรรมเสี่ยงทางเพศ ที่เกิดขึ้นจากการบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ และการรณรงค์ที่เน้นกลุ่มที่ได้รับความเสี่ยง และมีการดำเนินงาน โดยได้รับความร่วมมือจากผู้ปกครอง ทางโรงเรียน และพลังในชุมชน เช่น การให้ความรัก ความเอาใจใส่ การให้ความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับข้อเสียและผลกระทบจากการบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ และการให้ความรู้เกี่ยวกับเพศศึกษาและการป้องกันพฤติกรรมเสี่ยงทางเพศ ที่เกิดจากการบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของวัยรุ่นหญิง ทั้งในระยะสั้นและยาวอย่างต่อเนื่อง

คำสำคัญ ; การบริโภคเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ พฤติกรรมเสี่ยงทางเพศ วัยรุ่นหญิง ภาคกลาง ประเทศไทย

Abstract

A cross-sectional study was conducted with 6,176 female youths in central Thailand between December 2007 and February 2008 to explore the association between alcohol use and sexual-risk behaviors classified into 2 groups according to their alcohol drinking in the previous 30 days (yes = 358, no = 5,818). Information was collected by an anonymous self-administered questionnaire from December 2007 to February 2008. Descriptive statistics, a chi-square test and multiple logistic regression were performed to analyze the data. Of all respondents, 5.79% admitted to drinking alcohol. Multiple logistic regression analysis, after adjusting for socio-demographic factors, revealed that

^{1*} รองศาสตราจารย์, คณะสาธารณสุขศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม ประเทศไทย

² ภาควิชาระบาดวิทยา, คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ ประเทศไทย

^{1*} Assoc. Prof, Faculty of Public Health, Mahasarakham University, Maha Sarakham, Thailand

² Department of Epidemiology, Faculty of Public Health, Mahidol University, Bangkok, Thailand;

* Correspondence: Natchaporn Pichainarong, Faculty of Public Health, Mahasarakham University, Maha Sarakham, Thailand.

E-mail:natchapom.p@msu.ac.th

sexual behavioral factors were associated with current alcohol consumption: forced coitus, had coitus, alcohol or drug use before last coitus, no condom use during last coitus and no birth control before last coitus ($p < 0.05$). An alcohol prevention program and effective intervention strategies should focus on vulnerable groups and cooperate with parents, schools and community efforts among adolescents (such as maintaining their love and attention, providing knowledge of disadvantages and impacts of alcohol drinking including sex education and prevention) should be implemented to prevent underage alcohol consumption and other adverse short-term and long-term consequences.

Keywords: Alcohol use, Sexual-risk behaviors, Female youths, Central Thailand

Introduction

Agreement is widespread that healthy youth are seriously threatened by alcohol use. The World Health Organization (WHO) estimates that the worldwide per capita consumption of alcoholic beverages (people aged ≥ 15 years) in 2005 equaled 6.13 liters of pure alcohol while Thai people consumed 5-7.49.¹ Therefore, the major alcoholic risk groups were working people and youths. In 2007, the National Statistical Office of Thailand found 8.8% of Thai females ≥ 15 years old consumed alcohol. The proportion of female alcohol consumption at age 25-59 years was 11.2 %, 15-24, years 3.9% and over 60 years, 4.6%,² The proportion of female drinkers increased from 9.5% in 1991 to 14.5% in 2003, but dropped to 9.1% in 2006 and 8.8% in 2007, after that drinking consumption rate was slightly increasing to 10.8% in 2009.^{2,3} From 1996-2006, the proportion of female drinkers rose in all age groups, particularly those aged 15-19 years (1.0 to 2.9%).³ Furthermore, at the end of 2011, more than 2,000 illegally aborted fetuses were recovered at the Phai-nguern Chotinaram temple in central Bangkok.⁴ One of the morticians of the temple confessed that he received these fetuses from illegal abortion clinics. Inappropriate sexual activities lead to unwanted or unintended pregnancies, which finally caused several unsafe abortions. These events worsen the youths' future. Two risk behaviors, alcohol consumption and early initiation of sexual intercourse (ISI), can have devastating consequences for youth⁵.

A few studies of sexual-risk behaviors and their association with alcohol use among female youths in Thailand have been undertaken, and a better understanding

of them is essential for planning intervention to solve this problem. The aim of this study was to determine the association between current alcohol use and sexual-risk behaviors among female youths in central Thailand.

Materials and Methods

Study Design and Population

A cross-sectional study was conducted from December 2007 to February 2008 to ascertain current alcohol use and sexual-risk behaviors among female youths focusing on high school students in central Thailand. The proposal was reviewed and approved by the Ethics Committee for Research in Human Subjects of Mahidol University (Ref. No. Mu 2007-243) and informed consent was sought from parents (with student assent). Parental consent and student assent were required for participation if the student was aged < 18 years, whereas students aged ≥ 18 years could personally consent. A two-stage stratified sampling technique was used to select the 6,176 students from ten provinces of central Thailand. These provinces were randomly selected from 3 educational areas, not including Bangkok or its adjacent provinces because they actually had various educational characteristics which differed from other central provinces and represented the socio-demographic characteristics of female adolescents in central Thailand. The selection of schools was based on a list of schools obtained from the Provincial Education Offices. Altogether, 6,176 students were the representative of secondary school students from Mathayomsuksa Schools (MS) grades 1, 3 and 5 participated in the study (equivalent to grade 7, 9 and 11 of high school). In each

school, three or less classes of each of these three educational levels were recruited at the same grade level. If more than three classes enrolled, three classes with students of mixed academic performance were randomly selected by their teachers. By virtue of being enrolled in a selected class, all students in the class were eligible to participate. The subjects were classified into two groups according to their alcohol intake in the previous 30 days preceding the survey (yes = 358, no = 5,818). Information was collected by an anonymous self-administered questionnaire consisting of three parts, socio-demographics, sexual-risk behaviors and alcohol consumption behavior during the past month was performed by trained health staff who were the researcher's assistants. Participants were asked to estimate how many alcoholic drinks they normally consumed each time, on how many occasions they drank alcohol in the last four weeks, how many times in the past month they consumed five standard glasses or more etc. Current alcohol use was defined as consuming at least one standard drink of an alcoholic beverage during the previous 30 days of the survey. A standard drink was defined as a can (330 cc) of beer, a glass (100 cc) of wine, or a small glass (30 cc) of whisky or spirits. The health-risk behaviors questionnaire was modified from the questionnaire of the U.S. Youth Risk Behavior Surveillance System⁶⁻⁸ and focused on sexual-risk behaviors. The Thai version was translated and verified by a bilingual English university lecturer and reviewed by the experts (consisting of psychiatrists, psychologists, nurses, social workers, school teachers and health promotion specialists). It was evaluated, tried out and modified to better suit Thai students' context. Details of the study including the right to refuse to participate without any effect were explained before completing the questionnaire, and informed consent forms were signed by all the participants. The main reason for non-response was absenteeism on the day of

the survey. Participants self-administered the paper and pencil survey during one class period, taking approximately 30 minutes to complete. Individual answers were kept confidential.

Data Analysis

Sociodemographic factors were given as a percentage, crude odds ratio, 95% CI of OR and p-value. Unadjusted analysis or univariate analysis was performed using Pearson's chi-square test to differentiate proportional exposures between the alcohol consumers and the non-consumers for categorical variables. Multiple logistic regression was used to estimate the adjusted odds ratio and the 95% CI of OR as measures of associations including identifying and adjusting confounding variables. Assessment of the statistical significance of each independent variable was considered at p-value < 0.05 analyzed using the SPSS (version 18 for Windows) statistical package.

Results

In all, 358 students (5.79% of the total sample) were self-identified as current alcohol consumers. Mean age was 14.91 years (range 11-21). Most of them were younger than 15 years old (40.37%). Their educational level ranged from 31% in MS 1 to 37% in MS 5. The majority of study subjects had a GPA of >3.0 (56.06%) and 2.0-3.0 (39.77%). Current alcohol consumption prevalence increased with increasing age (3.45% of < 15 year-olds vs. 6.52% of ≥17 years) and grade level (3.26% among 7th graders vs. 6.98% among 11th graders).

Using univariate analysis, the six socio-demographic factors significantly associated with alcohol consumption (p < 0.05) were age group, educational level, residence, GPA, part time job, and family members with alcohol/drug problems (Table 1).

Table 1 Unadjusted association between sociodemographic factors and current drinking of female high school students

Variables	Nondrinker/total	%drinker	Crude OR	95%CI	p-value ^a
Age group (y) (n = 6176)					
< 15	86/2493	3.45	1		
15-16	158/1934	8.17	2.49	1.89-3.29	< 0.001 ^a
≥17	114/1749	6.52	1.95	1.45-2.63	< 0.001 ^a
Mean (SD)	14.91 (1.77)				
Median (QD)	15.00 (2.00)				
Min-Max	11-21				
Educational level (n = 6176)					
MS 1	64/1964	3.26	1		
MS 3	134/1921	6.98	2.22	1.62-3.05	<0.001 ^a
MS 5	160/2291	6.98	2.22	1.63-3.02	<0.001 ^a
Religion (n = 6158)					
Buddhism	351/6051	5.80	1		
Islam	4/44	9.09	1.62	0.49-4.75	0.332 ^b
Others	1/63	1.59	0.26	0.01-1.94	0.267 ^b
Residence (n = 5559)					
House/Apartment of family	307/5502	5.58	1		
School dormitory	6/38	15.79	3.16	1.18-7.98	0.006 ^b
Private dormitory	4/19	21.05	4.49	1.25-14.53	0.004 ^b
Cohabitant (n = 5931)					
Parent	286/5049	5.66	1		
Relative	52/819	6.35	1.13	0.82-1.54	0.435 ^a
Friend	3/30	10.00	1.85	0.44-6.40	0.242 ^b
Alone	2/32	6.25	1.11	0.26-4.67	0.703 ^b
Grade point average (n = 5371)					
<2.0	25/224	11.16	1.59	1.01-2.53	0.040 ^a
2.0-3.0	158/2136	7.40	1		
>3.0	154/3011	5.11	0.67	0.53-0.85	<0.001 ^a
Mean (SD)	3.08 (0.59)				
Median (QD)	3.11 (0.44)				
Min-Max	1.00-4.00				
Part time job (n = 6087)					
No	266/4896	5.43	1		
Yes	88/1191	7.39	1.39	1.07-1.79	0.009 ^a
Family members with alcohol/drug problems (n = 5561)					
No	143/3165	4.52	1		
Yes	190/2396	7.93	1.82	1.45-2.30	<0.001 ^a

^a Pearson's chi-square test, ^b Fisher's exact test, OR = odds ratio, CI = confidence interval.

MS 1 = 1st year of secondary school (equivalent to 7th grader), MS 3 = 3rd year of secondary school (equivalent to 9th grader), MS 5 = 5th year of secondary school (equivalent to 11th grader).

The multivariate analyses showed that after adjustment (six socio-demographic factors), compared with non- consumers, coitus forced (OR = 2.98, 95% CI = 1.49–5.97), higher proportions of having coitus (OR = 3.94, 95 % CI = 2.76–5.63), alcohol or drug use before

last coitus (OR = 4.23, 95 % CI = 1.67–10.75), no condom use during last coitus (OR = 3.16, 95 % CI = 1.31–7.69) and no birth control before last coitus (OR = 2.08, 95 % CI = 1.06–4.10) were found among current consumers than non-consumers as shown in Table 2.

Table 2 Percent, crude OR and adjusted OR of sexual-risk behaviors among female high school students according to drinking status

Sexual-risk behaviors	All Respondent (n = 6176)	Nondrinkers (5818)		Current drinkers (n = 358)				p-value
	%	%	Adjusted OR ^a	%	Crude OR	Adjusted OR	95%CI	
Forced coitus	4.69	3.74	1	11.35	3.29	2.98	1.49-5.97	0.002
H coitus	4.09	3.27	1	17.58	6.33	3.94	2.76-5.63	<0.001
Had ≥ 4 sex partners during lifetime	12.21	12.50	1	11.29	0.89	1.09	0.40-2.92	0.867
Alcohol or drug use before last coitus	8.48	5.66	1	20.00	4.17	4.23	1.67-10.75	0.002
No condom use during last coitus	49.72	46.76	1	59.52	1.69	3.16	1.31-7.69	0.011
No birth control use before last coitus	34.81	33.04	1	40.91	1.41	2.08	1.06-4.10	0.033
Have been pregnant	5.83	4.72	1	10.96	2.49	1.73	0.57-5.24	0.333

^a Adjusted for age gr., educational level, residence, GPA, part time job and family members with alcohol/drug problems

The majority of girls consumed alcohol less than three times a month (80.12 %) and they each consumed less than three standard drinks in the past 30 days (55.59 %). Average age of first drinking was 13.76 years (SD

2.13). Approximately 20% of girls consumed more often than twice a month and 44% of them consumed more than two standard drinks each time, as shown in Figures 1 and 2.

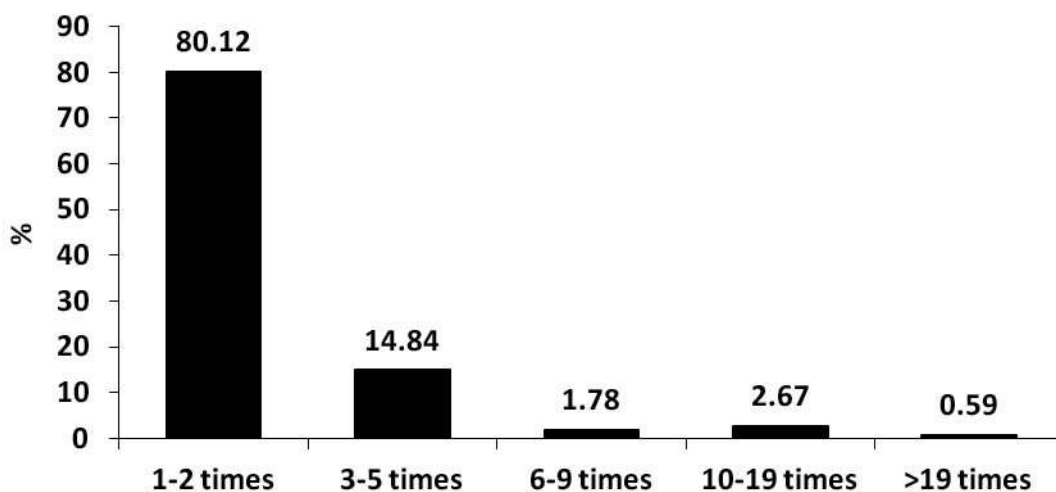


Figure 1 Frequency of drinking in the previous month

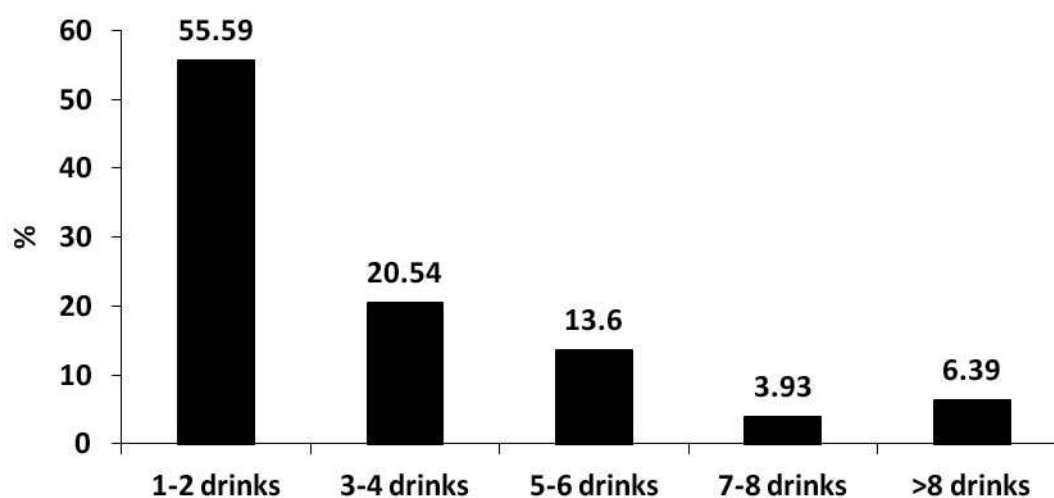


Figure 2 Quantity of drinking each time in the previous month

One unit of standard drink is equal to 8-13 grams of ethanol

Discussion

Of the 6,176 students polled, 358 (5.79%) were classified as current consumers. This result may be an underestimate of alcohol consumption by these girls since they probably don't always admit the extent of their habits. One of the reasons may be that they were afraid of punitive consequences from their parents or teachers, despite the fact that they had been assured that personalized information would not be reported.⁹ The present study found an increased risk of sexual-risk behaviors, including premature sexual behaviors among alcohol consuming and non-consuming students that caused important health problems. Our findings demonstrated that approximately 6% of participants reported that they consumed alcohol at least one drink during the 30 days preceding the survey. Adolescence is a vulnerable period and facilitates the start of risk behaviors, for instance consuming alcohol, cigarette smoking and other substance abuse etc. This study confirmed that older girls consumed alcohol more than the younger ones¹⁰⁻¹⁴. Non-consumers had lower rates of sexual-risk behaviors compared with current consumers. This study also confirmed that current alcohol use is associated with being forced coitus¹⁵. Women also experience unique negative social consequences of alcohol use that impact health, from increased risk of domestic violence and

stigma^{10,11}. Heavy drinking may cause people to become drunk where they cannot control their consciousness, especially among females. Even though females drink the same amount of alcohol as males, they will have less tolerance to alcohol. Therefore, females will become drunk more easily than males. When females drink alcohol in private places or with strangers they may encounter problems and are at risk for having social stigma where they have to drop out from school because they became pregnant. Alcoholic drinks stimulate the sexual desire of women and men. After drinking, their desire becomes more intense. Therefore, when women and men consume alcohol together, this desire would be more likely to cause problems than when they consume separately. In sexual-risk behaviors, this study also confirmed that higher levels of alcohol consumption were associated with having coitus, alcohol/drug use before last coitus, no condom use during last coitus and no birth control use before last coitus^{12,16,17-20}. Problematic is also number of adolescents who regularly consume alcohol. One study indicated about one fourth are likely to develop or continue risky alcohol consumption in their adult life with possible alcohol-related problems^{21,22} such as teenage pregnancy, unsafe abortion, obstructed labor and other complications at childbirth. Most of these problems can be relieved and prevented if they receive appropriate interventions from

a skilled health worker, adequate equipment, drugs and medicines, access to reliable information, compassionate counseling, and services for the prevention of subsequent unintended pregnancy and management of complications.

Some limitations of this study should be noted. First, the study was a cross-sectional study; therefore, a temporal relationship cannot be established between alcohol consumption and sexual-risk behaviors. Moreover, the data collection in the classroom might exclude students who are often absent from class or those who developed serious alcohol-related problems and dropped out of school²³. A longitudinal study is needed to examine causal effects of alcohol consumption on subsequent drinking. Second, all data were obtained through self-reports, which may lead to variation with both of the number of standard drinks consumed and sexual-risk behaviors²⁴⁻²⁷.

The results suggested that effective intervention strategies among female adolescents should be implemented to prevent underage consumption of alcohol. Limiting youth access (namely, adequate enforcement of the minimal legal drinking age, increased alcohol excise taxes, reduced exposure to alcohol advertising and marketing, implementation of comprehensive community-based programs to prevent drinking, development of a national media campaign to reduce risky drinking etc.) to alcohol has reduced underage alcohol use and alcohol-related problems^{28,29}. The family institution is the first place to promote immunity against alcoholic drinks/drug use, to develop the love and warmth in their adolescents that are necessary for children's intelligent and emotional development including serving as appropriate role models for proper practices. Ramirez-Valles and coworkers proposed time spent with the mother correlated to delaying first coitus among female adolescents³⁰. In addition, a policy for the development of prevention programs aimed to reduce alcohol use and integrating the programs in the curriculum in formal education should be initiated. One study presented findings from a pilot study of Prime Time, a clinic-based youth development intervention to reduce sexual risk behaviors among girls at risk for early pregnancy³¹. Moreover, a policy advocat

ing for safety environments in multiple settings against alcohol use, such as strict enforcement of selling liquor, prohibiting alcohol sales near schools and increasing alcohol taxes to their maximum levels should be promoted^{28,29, 32}. A study suggested that online social networking and the topics discussed on these networks can potentially increase and decrease sexual risk behaviors depending on how the networks are used. Developing sexual health services and interventions on online social networks could reduce sexual risk behaviors³³.

Conclusion

The increased risk of sexual-risk behaviors was higher among students consuming alcohol leading to various health problems. The results suggested that effective intervention strategies among adolescents should be implemented to prevent underage drinking. Results indicate that a drinking prevention program is needed. Effective intervention strategies should focus on vulnerable groups. Parents should be encouraged to take a more active role by giving advice to their children and addressing the issue of abstaining from alcohol use. Similar programs sponsored by schools and public health information would also be helpful. School is very much a part of the lives of youth, and therefore, the relationship they have with their school experience is important and may influence their involvement in risk behaviors. Feeling connected to school is a positive asset that can protect youth from such risky behaviors as sexual initiation and alcohol consumption⁵. Legislative measures specifically addressing the legal drinking age and then enforcement of that law using heavy penalties and fines for both consumers and providers would help to curb use. Moreover, sex education and prevention of other sexual related problems should be provided appropriately. However, underage drinking cannot be successful by focusing on adolescents alone; the efforts need to focus on both youths and adults.

Acknowledgements

This study was a part of the surveillance of alcohol consumption behaviors and other health-risk

behaviors among high school students in Thailand. The authors wish to express sincere thanks for the valuable participation of health and high school staff. We also thank those who were not mentioned for their kindness and encouragement. This work was supported by a grant from the Center for Alcohol Studies (CAS) Thailand and was partly supported for publication by the China Medical Board (CMB) Faculty of Public Health, Mahidol University, Bangkok, Thailand.

Declaration of Conflicting Interests

The authors declare no conflicts of interests with respect to the authorship and/or publication of this article.

References

1. World Health Organization. Global status report on alcohol and health. Geneva: World Health Organization; 2011.
2. National Statistical Office. The cigarette smoking and alcoholic drinking behavior survey 2007. Bangkok: Statistical forecasting bureau; 2008.
3. Bureau of Policy and Strategy, Ministry of Public Health. Thailand Health Profile 2008-2017. Bangkok: the War Veterans Organization of Thailand; 2811.
4. Olarn, K. Police recover 2,002 illegally aborted fetuses in Thailand. 19 November 2010. CNN Asia [online]. [Accessed 2012 Jul 11]. Available from URL: <http://edition.cnn.com/2010/WORLD/asiapcf/11/19/thailand.fetuses.found/>
5. Aspy CB, Vesely SK, Oman RF, Tolma E, Rodine S, Marshall L, et al. School-related assets and youth risk behaviors: alcohol consumption and sexual activity. *J Sch Health* 2012; 82: 3-10.
6. Brener ND, Hann L, Kinchen SA, et al. Methodology of the youth risk behavior surveillance system. *MMWR*. 2004; 53: 1-13.
7. National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion. Youth Risk Behavior Surveillance System. <http://www.cdc.gov/healthyYouth/yrbs/index.htm>.
8. Centers for Disease Control and Prevention. Youth risk behavior surveillance—United States, 2007. *Morb Mortal Wkly Rep*. 2008; 57: 1–31.
9. Chaveepojnkamjorn W, Pichainarong N. Drinking behavior among female high school students in central Thailand. *J Med Assoc Thai*. 2009; 92 (Suppl 7): s1-7.
10. Miller JW, Naimi TS, Brewer RD, Jones SE. Binge drinking and associated health risk behavior among high school students. *Pediatrics*. 2007; 119: 76-85.
11. Johnston LD, O'Malley PM, Bachman JG, Schulenberg JE. Monitoring the future, National results on Adolescent Drug Use: Overview of Key Finding, 2007. Bethesda, MD: National Institute on Drug Abuse; 2008. (NIH Publication No. 08-6418)
12. National Institute on Alcohol Abuse and Alcoholism. Underage drinking: a major public health challenge. Alcohol Alert No. 59. Rockville, MD: NIAAA; 2003.
13. Takakura M, Wake N. Association of age at onset of cigarette and alcohol use with subsequent smoking and drinking patterns among Japanese High School students. *J Sch Health*. 2003; 73: 226-231.
14. Chaveepojnkamjorn W, Pichainarong N. Factors associated with alcohol consumption among upper secondary school students. *Southeast Asian J Trop Med Public Health*. 2007; 38: 146-151.
15. Basile KC, Black MC, Simon TR, Arias I, Brener ND, Saltzman LE. The association between self-reported lifetime history of forced sexual intercourse and recent health-risk behaviors: findings from the 2003 National Youth Risk Behavior Survey. *J Adolesc Health*. 2006; 39: 752 e 1-7.
16. Shaughnessy L, Doshi SR, Jones SE. Attempted suicide and associated health risk behaviors among Native American high school students. *J Sch Health*. 2004; 74: 177-182.
17. Dunn MS, Barte RT, Perko MA. Self-reported alcohol use and sexual behaviors of adolescents. *Psychological Reports*. 2003; 92: 339-348.
18. Santelli JS, Brener ND, Lowry R, Bhatt A, Zabin LS. Multiple sexual partners among U.S. adolescents and young adults. *Family Planning Perspectives*. 1998; 30: 271-275.

19. Abbey A, Zawacki T, Buck PO et al. How does alcohol contribute to sexual assault? Explanations from laboratory and survey data. *Alcohol Clin Exp Res*. 2002; 26: 575-581.
20. Tu X, Lou C, Gao E, Li N, Zabin LS. The relationship between sexual behavior and nonsexual risk behaviors among unmarried youth in three Asian cities. *J Adolesc Health* 2012; 50(3 Suppl): S75-82.
21. Saunders JB, Aasland OG, Amundsen A, Grant M. Alcohol consumption and related problems among primary health care patients: WHO Collaborative Project on Early Detection of Persons with Harmful Alcohol Consumption - I. *Addiction*. 1993; 88: 349-362.
22. Grant BF, Stinson FS, Harford TC. Age at onset of alcohol use and DSM-IV alcohol abuse and dependence: a 12-year follow-up. *J Subst Abuse*. 2001; 13: 493-504.
23. Sanchez ZM, Martins SS, Opaleye ES, et al. Social factors associated to binge drinking: a cross-sectional survey among Brazilian students in private high schools. *BMC Public Health*. 2011; 11: 201.
24. White AM, Kraus CL, McCracken LA, Swartzwelder HS. Do college students drink more than they think? Use of a free-pour paradigm to assess how college students define standard drinks. *Alcohol Clin Exp Res*. 2003; 24: 1751-1756.
25. Kraus CL, Salazar NC, Mitchell JR, Florin WD, Guenther B, Brady D, Swartzwelder HS, White AM. Inconsistencies between actual and estimated blood alcohol concentrations in a field study of college students: do students really know how much they drink? *Alcohol Clin Exp Res*. 2005; 29: 1672-1676.
26. White AM, Kraus CL, Flom JD, Kestenbaum LA, Mitchell JR, Shah K, Swartzwelder HS. College students lack knowledge of standard drink volumes: implications for definitions of risky drinking based on survey data. *Alcohol Clin Exp Res*. 2005; 29: 631-638.
27. Martinez P, Røislien J, Naidoo N, Clausen T. Alcohol abstinence and drinking among African women: data from the World Health Surveys. *BMC Public Health*. 2011; 11:160.
28. Wong MC, Sun J, Lee A, et al. The impact of a newly designed resilience-enhancing programme on parent- and teacher-perceived resilience environment among Health Promoting Schools in Hong Kong. *J Epidemiol Community Health*. 2009; 63: 209-214.
29. Xin-Wei Z, Li-Qun L, Xue-Hai Z, et al. Health-promoting school development in Zhejiang Province, China. *Health Promot Int*. 2008; 23: 220-230.
30. Ramirez-Valles J, Zimmerman MA, Juarez L. Gender Differences of Neighborhood and Social Control Processes: A Study of the Timing of First Intercourse among Low-achieving, Urban, African American Youth. *Youth Society*. 2002; 33: 418-441.
31. Sieving RE, Bernat DH, Resnick MD, Oliphant J, Pettingell S, Plowman S, et al. A clinic-based youth development program to reduce sexual risk behaviors among adolescent girls: prime time pilot study. *Health Promot Pract* 2012; 13: 462-71.
32. Lee A, Wong MC, Keung VM, Yuen HS, Cheng F, Mok JS. Can the concept of Health Promoting Schools help to improve students' health knowledge and practices to combat the challenge of communicable diseases: Case study in Hong Kong? *BMC Public Health*. 2008; 8: 42.
33. Young SD, Rice E. Online social networking technologies, HIV knowledge, and sexual risk and testing behaviors among homeless youth. *AIDS Behav* 2011; 15: 253-60.

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการใช้ถุงยางอนามัยในกลุ่มนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เคยมีเพศสัมพันธ์ จังหวัดมหาสารคาม ปี 2555

Factors Associated with using Condom when Having Sex: Students of Mathayomsuksa Five at Mahasarakham Province in 2013

พรสิทธิ์ ทวยนันท์,¹ จารุวรรณ วิโรจน์,² วรเชษฐ์ ชีวนฤภัย³

Pornsit Thuainan,¹ Jaruwan Viroj,² Worachad Chewnarupai³

Received: 12 July 2014; Accepted: 31 October 2014

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการวิจัยแบบเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง เพื่อศึกษาพฤติกรรมเสี่ยงของการติดต่อโรคทางเพศสัมพันธ์ และศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการใช้ถุงยางอนามัยในกลุ่มนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เคยมีเพศสัมพันธ์ จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 216 คน ใน 13 อำเภอของจังหวัดมหาสารคาม เก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณนา และ Logistic regression

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เคยมีเพศสัมพันธ์ มีอายุเฉลี่ย 16.9 ปี ส่วนใหญ่อาศัยบ้านตนเอง ร้อยละ 97.7 มีการใช้ถุงยางอนามัยเมื่อมีเพศสัมพันธ์ร้อยละ 66.7 ในการมีเพศสัมพันธ์ครั้งแรกมีการใช้ถุงยางอนามัยร้อยละ 64.1 ถุงยางอนามัยที่ใช้ส่วนใหญ่ได้รับแจกร้อยละ 57.1 เหตุผลที่นักเรียนไม่ได้ใช้ถุงยางอนามัยขณะมีเพศสัมพันธ์คือ นักเรียนไว้ใจซึ่งกันและกันร้อยละ 29.6 นักเรียนส่วนใหญ่มีการใช้เครื่องตี้มแอลกอฮอล์ก่อนการมีเพศสัมพันธ์ร้อยละ 54.2 นักเรียนส่วนใหญ่เคยได้รับความรู้เกี่ยวกับการป้องกันตนเองจากการติดเชื้อเอชไอวี/เอดส์ และหรือโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ร้อยละ 73.9 ได้รับข้อมูลจากโรงเรียน ร้อยละ 67.6 ส่วนใหญ่มีระดับความรู้เกี่ยวกับโรคเอดส์อยู่ระดับปานกลางร้อยละ 56.1 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการใช้ถุงยางอนามัยมีทั้งสิ้น 2 ตัวแปร ได้แก่ เพศ และระดับความรู้

โดยสรุป ผลการวิจัยพบว่านักเรียนไม่ได้มีการใช้ถุงยางอนามัยและยังขาดความรู้ในการป้องกันโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ ดังนั้น หน่วยงานด้านสาธารณสุข และโรงเรียนควรมีการให้ความรู้ด้านเพศศึกษาอย่างต่อเนื่อง

คำสำคัญ: ถุงยางอนามัย โรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ นักเรียน

Abstract

This cross-sectional descriptive study aimed to determine the sexual risk behaviors related to transmitted infection and factors associated with condom usage in grade five of Mathayomsuksa students in Mahasarakham province. A total of 216 students from 13 districts in Mahasarakham province participated in the study. Data were collected by questionnaires. Data were analyzed by descriptive statistics and Logistic regression. The results show that the majority of the samples were of age 16.9 years. They used condoms at 66.7%. They used a condom 64.1% during first intercourse. Students who did not use a condom because they felt confident as a couple 29.6%. Drinking alcohol

¹ นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการพิเศษ, สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดมหาสารคาม เบอร์โทรศัพท์ 043-777972

² อาจารย์, คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เบอร์โทรศัพท์ 043 - 754353

³ เจ้าพนักงานสาธารณสุขชำนาญงาน, สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดมหาสารคาม เบอร์โทรศัพท์ 043-777972

¹ Public Health Technical Officer, Senior Professional Level, Mahasarakham Provincial Public Health Office, Telephone number 043-777972

² Lecture Public Health Faculty, Mahasarakham University, Telephone number 043 - 754353

³ Public Health Officer, Experienced Level, Mahasarakham Provincial Public Health Office, Telephone number 043-777972

before sex 54.2%. Student understanding about sexually transmitted infection and aids protection 73.9%. Learning about sexually transmitted infection and aids protection from school 67.6%. Regarding knowledge of aids, knowledge was moderate 56.1%. In conclusion, the results revealed that the students practiced limited condom usage and an understanding of aids. The public health and education institutions should continue to emphasize the importance of using a condom when having sex.

Keywords: condom, sexually transmitted, student

บทนำ

ปัจจุบันปัญหาการแพร่ระบาดของโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ นับว่าเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญปัญหาของจังหวัดมหาสารคาม จากสถิติของกลุ่มงานควบคุมโรคและระบาดวิทยาของจังหวัดมหาสารคามพบว่า สถิติการจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคเอดส์ในปี 2554 มีจำนวน 3,062 คน ซึ่งมีแนวโน้มสูงขึ้น จากปี 2553 ซึ่งมีผู้ป่วยจำนวน 2,729 คน จากการรณรงค์กรมควบคุมโรค ได้รณรงค์ส่งเสริมการใช้ถุงยางอนามัย 100% โดยมีแนวคิดที่ว่าไม่มีเพศสัมพันธ์หากไม่มีการใช้ถุงยางอนามัยนั้น พบว่าโครงการดังกล่าวประสบความสำเร็จอย่างมากในการรณรงค์ในกลุ่มที่ขายบริการทางการเพศของประเทศไทย¹ แต่พบว่า ปัญหาโรคการเพศสัมพันธ์ในกลุ่มวัยรุ่นมีแนวโน้มมีความรุนแรงเพิ่มขึ้น²

จากการสำรวจด้านการมีเพศสัมพันธ์ในนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของจังหวัดมหาสารคาม ในปี 2555 พบว่านักเรียนเคยมีเพศสัมพันธ์ร้อยละ 21.1 ในการมีเพศสัมพันธ์ครั้งแรกมีการใช้ถุงยางอนามัยร้อยละ 64.1 แม้ว่าแนวโน้มการใช้ถุงยางอนามัยมีแนวโน้มการใช้เพิ่มขึ้นจาก ร้อยละ 46.5 ในปี 2552 เป็น ร้อยละ 53.8 ในปี 2553 นั้น แต่พฤติกรรมการใช้ถุงยางอนามัย อาจไม่สม่ำเสมอทุกครั้งที่มีการมีเพศสัมพันธ์ ซึ่งพฤติกรรมดังกล่าวนำไปสู่ปัญหาการเกิดโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ รวมทั้งการตั้งครรภ์ไม่พึงประสงค์ในกลุ่มเยาวชนได้

การป้องกันโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ในเยาวชนเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่งที่ต้องเร่งสร้างความตระหนัก และสร้างความเข้าใจถึงความสำคัญของการใช้ถุงยางอนามัย ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการป้องกันโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์และการคุมกำเนิด^{2, 3} ถุงอนามัยเป็นผลิตภัณฑ์เพียงชนิดเดียวในปัจจุบันที่สามารถใช้ในการป้องกันโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ อีกทั้งยังคงมีราคาถูกและยังเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการป้องกันการตั้งครรภ์ที่ไม่พึงประสงค์ได้ แต่ความแตกต่างด้านความคิดของสังคมไทยที่คิดว่า หากมีการรณรงค์ให้หันมาใช้ถุงยางอนามัยมากขึ้นเป็นการยุยงและส่งเสริมเยาวชนมีเพศสัมพันธ์ก่อนวัยอันควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งประชาชนส่วนใหญ่ยังคงมีทัศนคติต่อถุงยางอนามัยในเชิงลบ เช่น คิดว่าถุงยางอนามัยให้ความรู้สึกที่

ไม่เป็นธรรมชาติ ให้ความรู้สึกไม่น่าไว้วางใจในคู่นอนของตนว่าจะปลอดภัยหรือไม่ และไม่แน่ใจว่าถุงยางอนามัยจะป้องกันโรคได้^{4, 5}

นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 ซึ่งเป็นกลุ่มวัยรุ่นซึ่งมีอายุ 16 – 18 ปี เป็นวัยที่มีความอิสระและเสรีทางความคิด ซึ่งในวัยนี้ร่างกาย และจิตใจเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว⁶ เป็นวัยที่ให้ความสำคัญกับกลุ่มเพื่อนมาก และเป็นกลุ่มที่ได้รับอิทธิพลอย่างสูงจากวัฒนธรรม สื่อลามกต่างๆ และการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและเศรษฐกิจ^{6, 7} ทำให้วัยรุ่นบางส่วนขาดการดูแลเอาใจใส่จากครอบครัว ประกอบกับวัยรุ่นเป็นวัยที่อยากรู้อยากลอง และถูกชักจูงจากบุคคลรอบข้างได้ง่าย โดยเฉพาะกลุ่มเพื่อน จึงเป็นปัจจัยสนับสนุนสำคัญที่ทำให้วัยรุ่นมีเพศสัมพันธ์ก่อนวัยอันควรโดยไม่มีการป้องกัน อีกทั้งในปัจจุบัน มีสถานประกอบการนันทนาการที่เอื้อต่อการมีเพศสัมพันธ์ ทั้งทางตรงและทางอ้อมซึ่งปัจจัยต่างๆ เหล่านี้นำไปสู่พฤติกรรมที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อเอดส์ และการติดเชื้อทางเพศสัมพันธ์ในกลุ่มวัยรุ่น⁸

จากความสำคัญดังกล่าว จะเห็นได้ว่าปัญหาการมีเพศสัมพันธ์ในกลุ่มวัยรุ่นมีความจำเป็นที่จะต้องสร้างความเข้าใจและส่งเสริมให้สามารถป้องกันโรคได้อย่างเหมาะสม ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษา ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้ถุงยางอนามัยในกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เคยมีเพศสัมพันธ์ เพื่อใช้ประโยชน์ในการการวิเคราะห์สถานการณ์ การกำหนดวัตถุประสงค์ เป้าหมายของมาตรการการวางแผน ตลอดจนการติดตามและประเมินผลมาตรการในการป้องกัน และควบคุมปัญหาโรคเอดส์ในกลุ่มเยาวชนต่อไป

วิธีการศึกษา

รูปแบบการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (Cross – sectional descriptive research)

ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 ที่เคยมีเพศสัมพันธ์ ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิ

ของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัด ปี 2555 ซึ่งทำการสำรวจ พฤติกรรมการใช้ถุงยางอนามัยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปี 2555 โดยทำการสำรวจข้อมูลทุกอำเภอในจังหวัดมหาสารคาม รวมจำนวน 13 อำเภอ ซึ่งพบว่ามีนักเรียนที่มีเพศสัมพันธ์จำนวน 216 คน ซึ่งผู้วิจัยได้นำข้อมูลนักเรียนที่มีเพศสัมพันธ์ทุกรายมาใช้ในงานวิจัยครั้งนี้

เครื่องมือที่ใช้

เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบสอบถามจากสำนักกระบวนวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุขซึ่งประกอบด้วยแบบสอบถามจำนวน 4 ด้านได้แก่ ข้อมูลทั่วไป พฤติกรรมเสี่ยงทางเพศ พฤติกรรมการใช้สิ่งเสพติด ความรู้ในการป้องกันโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์

วิเคราะห์ข้อมูล

จัดทำคู่มือการลงรหัส นำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามมาตรวจสอบ ลงรหัส ป้อนข้อมูล ตรวจสอบความถูกต้องและปรับปรุงแก้ไขก่อนการวิเคราะห์ ทำการวิเคราะห์เพื่ออธิบายพฤติกรรมเสี่ยงต่อทางเพศ และพฤติกรรมการใช้ถุงยางอนามัยของนักเรียนที่เคยมีเพศสัมพันธ์ในนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยนำเสนอในรูปแบบตาราง ในกรณีข้อมูลต่อเนื่องนำเสนอด้วยค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หากเป็นข้อมูลแจกแจง นำเสนอด้วย จำนวน และร้อยละ และทำการ

วิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการใช้ถุงยางอนามัยของนักเรียนที่เคยมีเพศสัมพันธ์ในนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วย Logistic regression

ผลการศึกษา

การศึกษาพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เคยมีเพศสัมพันธ์ พบว่ากลุ่มตัวอย่าง ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงร้อยละ 52.3 มีอายุเฉลี่ย 16.9 ปี (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.4 ปี) ส่วนใหญ่อาศัยบ้านตนเอง ร้อยละ 97.7 ซึ่งบุคคลที่นักเรียนส่วนใหญ่พักอาศัยด้วยคือ พ่อแม่ร้อยละ 79.2 ในช่วง 12 เดือนนักเรียนเคยคู่อภิเษกสมรส ร้อยละ 59.3 โดยเคยคลิปลามกอนาจารมากที่สุดร้อยละ 40.7 จากการศึกษาพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีการใช้ถุงยางอนามัยเมื่อมีเพศสัมพันธ์ร้อยละ 66.7 ในการมีเพศสัมพันธ์ครั้งแรกมีการใช้ถุงยางอนามัยร้อยละ 64.1 ปีที่ผ่านมาส่วนใหญ่มีเพศสัมพันธ์กับแฟนร้อยละ 73.9 มีการใช้ถุงยางอนามัยเมื่อมีเพศสัมพันธ์กับแฟนเป็นบางครั้งมากที่สุดร้อยละ 37.6 ในรอบปีที่ผ่านมา มีเพศสัมพันธ์กับคนอื่นที่ไม่ใช่แฟนตนเองร้อยละ 68.6 หากมีเพศสัมพันธ์กับบุคคลอื่นส่วนใหญ่มีการถุงยางอนามัยทุกครั้งมากที่สุดร้อยละ 49 ถุงยางที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นถุงยางอนามัยที่ได้รับแจกร้อยละ 57.1 ในช่วง 1 ปีที่ผ่านมานักเรียนมีเพศสัมพันธ์โดยไม่ได้รับเงินหรือสิ่งของเป็นค่าตอบแทน ร้อยละ 72.2 ดัง Table 1

Table 1 Sex behavior (n = 216)

Sex behavior	frequency	(%)
Using a condom when has sexual		
yes	144	(66.7)
no	72	(33.3)
Had sex with couple for the last year (n = 188)		
Boy friend/girl friend/couple	139	(73.9)
No sex during a year	49	(26.1)
Frequency using condom for a year (n = 189)		
Every time	63	(33.3)
sometime	71	(37.6)
No use	23	(12.2)
No sex during a year	32	(16.9)
Have sex with other people who do not be boyfriend or girlfriend in this year (n = 207)		
yes	65	(31.4)
no	142	(68.6)

Sex behavior	frequency	(%)
Using condom when have sex with other people whose are not boyfriend or girlfriend in this year (n = 206)		
every	51	(49.0)
Sometime	40	(38.5)
never	13	(12.5)
How you get the condom in this year (n = 205)		
prorate	117	(57.1)
buy	30	(14.6)
Couple bring	12	(5.9)
No use condom	17	(8.3)
Never have sex this year	29	(14.1)
Did you get money or thing form have sex in this year		
no	156	(72.2)
yes	9	(4.2)
Never have sex this year	51	(23.6)

เหตุผล 3 อันดับแรกที่นักเรียนไม่ได้ใช้ถุงยางอนามัยขณะมีเพศสัมพันธ์คือ นักเรียนไวใจซึ่งกันและกันร้อยละ 29.6 รองลงมาคือ หาถุงยางอนามัยไม่ทันร้อยละ 28.2 และไม่ต้องการใช้เพราะทำให้ความสุขลดลงร้อยละ 14.4 นักเรียนที่มีเพศสัมพันธ์ส่วนใหญ่มีการป้องกันการตั้งครรภ์ร้อยละ 87.9 วิธีที่ใช้ส่วนใหญ่คือ ใช้ถุงยางอนามัยชายร้อยละ 44.4 รองลงมาคือ ใช้อายคุมกำเนิดฉุกเฉินร้อยละ 25 และพบว่านักเรียนมีปัญหาการตั้งครรภ์ร้อยละ 7

จากการศึกษาพบว่าในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมา นักเรียนส่วนใหญ่มีการใช้สารเสพติด สารมีนเมา และแอลกอฮอล์ร้อยละ 57 โดยสารเสพติดที่มีการใช้มากที่สุดคือ เหล้า เบียร์ ไวน์ ร้อยละ 54.2 รองลงมาคือ บุหรี่ ยาเส้น ร้อยละ 31 ก่อนการมีเพศสัมพันธ์ส่วนใหญ่ไม่ได้มีการใช้ยาเสพติด ร้อยละ 48.3 รองลงมาคือ ใช้บางครั้งร้อยละ 38.3 ในกลุ่มที่มีการใช้ยาเสพติดก่อนการมีเพศสัมพันธ์พบว่าสารเสพติดที่มีการใช้มากที่สุดคือ เหล้า เบียร์ ไวน์ ร้อยละ 48.1 ในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมา นักเรียนใช้คอมพิวเตอร์ เข้าเล่นร้อยละ 2.3

จากการศึกษาด้านการติดเชื้อโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ ในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมา นักเรียนส่วนใหญ่มีอาการปัสสาวะแสบขัดร้อยละ 3.7 รองลงมาคือ มีแผลที่อวัยวะเพศ ร้อยละ 1.4 ในปัจจุบันนักเรียนส่วนใหญ่มีอาการปัสสาวะแสบขัดร้อยละ 2.8 รองลงมาคือ แผลที่อวัยวะเพศ ร้อยละ 1.4 แต่ นักเรียนเคยไปรับบริการตรวจหาการติดเชื้อโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมา ร้อยละ 21.2 ครั้งล่าสุด ใน

ช่วง 12 เดือนที่ผ่านมา เมื่อมีอาการโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ นักเรียนรักษาที่โรงพยาบาลร้อยละ 40.1 รองลงมาคือ ไปคลินิกทั่วไปของเอกชนร้อยละ 4.3

จากการศึกษาด้านประสบการณ์ของการตรวจหาเชื้อเอชไอวีพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่รู้จักสถานที่ ที่ให้บริการตรวจเลือดเพื่อหาเชื้อเอชไอวี โดยส่วนใหญ่รู้ว่าสามารถไปรับบริการตรวจเลือดได้ที่โรงพยาบาลร้อยละ 58.7 ในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมา นักเรียนเคยตรวจเลือดและรู้ผลร้อยละ 15.8 ในการตรวจเลือดครั้งล่าสุดเหตุผลที่ทำให้นักเรียนไม่ตรวจเลือดเพื่อหาเชื้อเอชไอวีเนื่องจากไม่คิดว่าตนเองเสี่ยงร้อยละ 55.1 ครั้งล่าสุดในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมา เมื่อตรวจหาเชื้อเอชไอวี/เอดส์ นักเรียนส่วนใหญ่ไม่รู้ผลร้อยละ 77.9

จากการศึกษาความครอบคลุมของบริการเอชไอวีพบว่า การนักเรียนส่วนใหญ่เคยได้รับความรู้เกี่ยวกับการป้องกันตนเองจากการติดเชื้อเอชไอวี/เอดส์ และหรือโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ ในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมา ร้อยละ 73.9 แหล่งที่นักเรียนได้รับความรู้เกี่ยวกับการป้องกันตนเองจากการติดเชื้อเอชไอวี/เอดส์ และหรือโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ ในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมาส่วนใหญ่คือ ได้รับข้อมูลจากโรงเรียนร้อยละ 67.6 รองลงมาคือ ได้รับจากเจ้าหน้าที่จากโรงพยาบาลร้อยละ 57.4 นักเรียนส่วนใหญ่ไม่เคยถูกเจ้าหน้าที่สาธารณสุข/แพทย์/พยาบาล แสดงท่าที หรือใช้วาจาไม่เป็นมิตรเมื่อไปรับบริการประเภทในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมา ร้อยละ 73.3

จากการศึกษาด้านความรู้เกี่ยวกับโรคเอดส์ในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่าข้อคำถามที่นักเรียนตอบถูกมากที่สุดคือ การใช้ถุงยางอนามัยทุกครั้งขณะมีเพศสัมพันธ์ ลดความเสี่ยงในการติดเชื้อเอชไอวี/เอดส์ได้ร้อยละ 96.3 แต่ข้อที่นักเรียนตอบถูกน้อยที่สุดคือ คนติดเชื้อเอชไอวี/เอดส์ได้

จากการกินอาหารร่วมกับผู้ติดเชื้อเอชไอวีเอดส์ร้อยละ 68.1

จากการศึกษาระดับความรู้เกี่ยวกับโรคเอดส์พบว่าส่วนใหญ่มีความรู้ในระดับปานกลางร้อยละ 56.1 รองลงมาคือ ความรู้ระดับสูงร้อยละ 39.2 ดังTable 2

Table 2 The aids knowledge level (n = 212)

knowledge level	number	(percent)
high (more than 4)	83	(39.2)
moderate (2.5 – 4)	119	(56.1)
low (least than 2.5)	10	(4.7)
mean (SD)	4.0 (1.0)	
Median (min : max)	4.0 (1.0 : 5.0)	

การหาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับการใช้ถุงยางอนามัยในโมเดลเริ่มต้น พิจารณาจากองค์ความรู้และผลการวิเคราะห์ความถี่ของตัวแปรเดี่ยวรายคู่ ซึ่งในการศึกษครั้งนี้โดยเลือกตัวแปรที่ให้ค่า p-value < 0.25 มาสู่อินโมเดลเริ่มต้น ซึ่งมีจำนวนตัวแปรทั้งสิ้น 3 ตัวแปรได้แก่ เพศ การใช้เข็มฉีดยา และระดับความรู้ ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับการใช้ถุงยางอนามัยในโมเดลสุดท้าย จากการนำตัวแปรเข้าแบบจำลองเริ่มต้น 3 ตัวแปรเมื่อควบคุมปัจจัยอื่นแล้ว พบว่าตัวแปรที่มี

ความสามารถอธิบายความสัมพันธ์ต่อการใช้ถุงยางอนามัยมีทั้งสิ้น 2 ตัวแปร ได้แก่ เพศ และระดับความรู้ พบว่าเพศชายมีการใช้ถุงยางอนามัยมากกว่าเพศหญิง 2.53 เท่า กลุ่มที่มีความรู้ระดับปานกลางจะมีการใช้ถุงยางอนามัยมากกว่ากลุ่มที่มีความรู้ระดับต่ำ 1.3 เท่า และกลุ่มที่มีความรู้ระดับสูงจะมีการใช้ถุงยางอนามัยมากกว่ากลุ่มที่มีความรู้ระดับต่ำ 2.34 เท่า ดังTable 3

Table 3 Logistic regression model in final model for finding factor association with using condom (n = 212)

Factors	Coefficient	Standard error	OR	95%CI	p-value
sex					0.003
female			1		
male	0.93	0.31	2.53	1.39 – 4.64	
Knowledge about AIDs					
low			1		
median	0.26	0.69	1.30	0.33 - 5.05	0.706
high	0.71	0.71	2.34	0.51 - 8.20	0.316
Constance	-0.93	1.02			

การตรวจสอบภาวะเหมาะสมที่สุดของข้อมูลในโมเดลสุดท้าย (Goodness of fit test) ด้วย Hosmer – Lemshow chi-square test พบว่าโมเดลที่ได้มีความสมกับข้อมูล

p-value = 0.82 โดยตัวแปรทั้งหมดสามารถอธิบายการผกผันของตัวแปรการใช้ถุงยางอนามัยในการมีเพศสัมพันธ์ได้ร้อยละ 82

วิจารณ์และสรุปผล

นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 จังหวัดมหาสารคาม ปี 2555 ที่เคยมีเพศสัมพันธ์มีการใช้ถุงยางอนามัยในการมีเพศสัมพันธ์ร้อยละ 66.7 โดยมีจำนวนผู้ใช้ถุงยางอนามัยมากกว่า การใช้ถุงยางอนามัยเมื่อมีเพศสัมพันธ์ครั้งแรกร้อยละ 64.1 ซึ่งพบว่าอัตราการใช้ถุงยางอนามัยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 53.8 ในปี 2553¹⁰ ทั้งนี้เนื่องจากการกลุ่มนักเรียนดังกล่าวได้รับความรู้ในเรื่องของเพศสัมพันธ์จากเจ้าหน้าที่สาธารณสุขเป็นประจำ และปัจจุบันมีการรณรงค์และสร้างความเข้าใจในเรื่องเพศศึกษาในนักเรียนเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้นักเรียนมีการใช้ถุงยางอนามัยเพิ่มขึ้น แต่จำนวนการใช้ถุงยางอนามัยไม่มากนัก ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนอาจจะมีความไว้วางใจและเชื่อมั่นต่อแฟนหรือคนรัก ไม่ได้เตรียมมาเนื่องจาก กะทันหัน อารมณ์พาไป ยุ่งยาก ทำให้เสียเวลา และอารมณ์ไม่ต่อเนื่อง ไม่ถึงจุดสุดยอด การพกถุงยางอนามัยแสดงถึงความต้องการทางเพศตลอดเวลา

จากการศึกษาพบว่าในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมาในกลุ่มนักเรียนที่เคยมีเพศสัมพันธ์ส่วนใหญ่มีการใช้สารเสพติด สารมีเนมา และแอลกอฮอล์ ร้อยละ 57 โดยสารเสพติดที่มีการใช้มากที่สุดคือ เหล้า เบียร์ ไวน์ ร้อยละ 54.2 และพบว่าก่อนการมีเพศสัมพันธ์มีการใช้สารเสพติดบางครั้งร้อยละ 38.3 ในกลุ่มที่มีการใช้ยาเสพติดก่อนการมีเพศสัมพันธ์พบว่าสารเสพติดที่มีการใช้มากที่สุดคือ เหล้า เบียร์ ไวน์ ร้อยละ 48.1 ซึ่งสอดคล้องกับผลการเฝ้าระวังพฤติกรรมที่สัมพันธ์กับการติดซิกาเซทไอวี กลุ่มนักเรียนประเทศไทย พ.ศ. 2554¹⁰ พบว่าสารเสพติดที่นักเรียนมีการใช้มากที่สุดคือ เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ร้อยละ 40 แต่มีการใช้เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ก่อนการมีเพศสัมพันธ์ล่าสุดร้อยละ 0.6 ทั้งนี้เนื่องจากโดยสารเสพติดประเภทแอลกอฮอล์มีมีขายตามร้านค้าทั่วไป แม้จะมีมาตรการทางกฎหมายควบคุมไม่ให้ขายเครื่องดื่มแอลกอฮอล์แก่เด็กอายุ 18 ปี แต่พบว่าผู้ค้าไม่ได้ให้ความร่วมมือมากนัก จึงมีผลให้นักเรียนยังคงมีการใช้แอลกอฮอล์จำนวนมาก และการใช้สารเสพติดจะมีผลต่อร่างกายและจิตใจของผู้ดื่ม ซึ่งทำให้มีพฤติกรรมการยับยั้งลดลง มีความกล้า มีความก้าวร้าวมากขึ้น ทำให้ให้ขาดการควบคุมตัวเอง^{11, 12} จึงทำให้เกิดพฤติกรรมเสี่ยงทางเพศตามมา

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับพฤติกรรมการใช้ถุงยางอนามัยในการมีเพศสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เคยมีเพศสัมพันธ์จังหวัดมหาสารคาม คือ ตัวแปร เพศ และระดับความรู้ โดยเพศชายมีการใช้ถุงยางอนามัยมากกว่าเพศหญิง 2.53 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาพฤติกรรมการใช้ถุงยางอนามัยในกลุ่มวัยรุ่น

เมื่อก่อนซึ่งพบว่าเพศชายมีการใช้ถุงยางอนามัยมากกว่าเพศหญิง¹³ ทั้งนี้เนื่องจากถุงยางอนามัยที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดเป็นถุงยางอนามัยชาย และมีความเข้าใจว่าถุงยางอนามัยมีประโยชน์ในการป้องกันการตั้งครรภ์ และการป้องกันการติดเชื้อทางเพศสัมพันธ์ และพบว่ากลุ่มที่มีความรู้ระดับปานกลางจะมีการใช้ถุงยางอนามัยมากกว่ากลุ่มที่มีความรู้ระดับต่ำ 1.3 เท่า และกลุ่มที่มีความรู้ระดับสูงจะมีการใช้ถุงยางอนามัยมากกว่ากลุ่มที่มีความรู้ระดับต่ำ 2.34 เท่า สอดคล้องกับพฤติกรรมของพนักงานที่พบว่าหากบุคคลมีความรู้ที่ดีจะทำให้มีพฤติกรรมการป้องกันโรคเอดส์ดีขึ้นด้วย ซึ่งความรู้เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการส่งเสริมให้บุคคลมีพฤติกรรมสุขภาพที่ดี¹⁴ โดยได้มีการศึกษาการเพิ่มความรู้ให้กับบุคคลากรที่ปฏิบัติงานในมหาวิทยาลัย พบว่าเมื่อให้ความรู้ในการป้องกันโรคเอดส์กับกลุ่มตัวอย่างพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีการปฏิบัติตนในการป้องกันโรคเอดส์ดีขึ้น¹⁵ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าความรู้เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรม หากมีความรู้สูงจะทำให้มีพฤติกรรมที่เหมาะสมเพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีทั้งนี้เนื่องจากความร่วมมือของทุกสถานื่อนามัยและโรงเรียนในจังหวัดมหาสารคาม

เอกสารอ้างอิง

1. Rojanapithayakorn W. The 100% Condom Use Programme in Asia. *Reproductive Health Matters*. 2006;14(28):41-52.
2. สำนักโรคเอดส์ วัณโรค และโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์. วิเคราะห์สถานการณ์โรคเอดส์ในประเทศไทย. 14 พฤศจิกายน 2554; 2554 [16 มิถุนายน 2557]; Available from: <http://www.aidssthai.org/th/contents/view/5>.
3. Tan JY, Huedo-Medina TB, Warren MR, Carey MP, Johnson BT. A meta-analysis of the efficacy of HIV/AIDS prevention interventions in Asia, 1995–2009. *Social Science & Medicine*. 2012;75(4):676-87.
4. MacPhail C, Campbell C. 'I think condoms are good but, aai, I hate those things': condom use among adolescents and young people in a Southern African township. *Social Science & Medicine*. 2001;52(11):1613-27.
5. ดลพร ปันทะวงศ์. พฤติกรรมการซื้อและการใช้ถุงยางอนามัยของกลุ่มวัยรุ่นในจังหวัดกรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยแม่โจ้; 2550.

6. ประดับ เรืองมาลัย. จิตวิทยาวัยรุ่น. กรุงเทพฯ: บริษัทสำนักพิมพ์วัฒนาพานิช จำกัด; 2519.
7. ทรงพล ภูมิพัฒน์. จิตวิทยาทั่วไป กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยศรีปทุม 2540.
8. กิริติกานต์ กลัดสวัสดิ์ และ คณะ. แนวทางการเฝ้าระวังพฤติกรรมที่สัมพันธ์กับการติดเชื้อเอชไอวีในประชากรกลุ่มต่างๆ. นนทบุรี: งานระบาดวิทยาโรคเอดส์ วัณโรค และโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์; 2552.
9. สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดมหาสารคาม. ผลการเฝ้าระวังพฤติกรรมการใช้ถุงยางอนามัยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. มหาสารคาม: สำนักงานสาธารณสุขจังหวัด 2555.
10. สำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. ผลการเฝ้าระวังพฤติกรรมที่สัมพันธ์กับการติดเชื้อ เอชไอวี กลุ่มนักเรียนประเทศไทย พ.ศ. 2544. นนทบุรี: สำนักงานระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค; 2544.
11. Davis KC, Masters NT, Eakins D, Danube CL, George WH, Norris J, et al. Alcohol intoxication and condom use self-efficacy effects on women's condom use intentions. *Addictive Behaviors*. 2014;39(1):153-8.
12. อรทัย วลีวงศ์, cartographer มองมองรอบด้าน “นักดื่มวัยรุ่น กับ แม่ในวัยเรียน”: ศูนย์วิจัยปัญหาสุรา สำนักงานพัฒนานโยบายสุขภาพระหว่างประเทศ; 2554.
13. Tapia-Aguirre V, Arillo-Santillán E, Allen B, Angeles-Llerenas A, Cruz-Valdéz A, Lazcano-Ponce E. Associations among condom use, sexual behavior, and knowledge about HIV/AIDS. A study of 13,293 public school students. *Archives of Medical Research*. 2004;35(4):334-43.
14. Rahlenbeck SI. Knowledge, Attitude, and Practice About AIDS and Condom Utilization Among Health Workers in Rwanda. *Journal of the Association of Nurses in AIDS Care*. 2004;15(3):56-61.
15. Petros P. Risk perception, HIV/AIDS related knowledge, attitude and practice of the university community: The case of Ethiopian Civil Service College. *HIV & AIDS Review*. 2014;13(1):26-32.

การพัฒนาการบริการทางเภสัชกรรมแก่ผู้ป่วยจิตเภท โรงพยาบาล ๕๐ พรรษา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี

The Development of Pharmaceutical Service for Schizophrenia Patients at 50 Pansa Mahavajiralongkorn Hospital in Mueang District Ubon Ratchatani Province

พิมพ์ปวีณ์ เพชรวงค์¹, บั๊วรุณ ศรีชัยกุล², กฤษณา วุฒิสินธุ์³

Pimpawee Phetwong¹, Buavaroon Srichaikul², Kridsana Wuttisin³

Received: 30 July 2014; Accepted: 31 October 2014

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภท ในโรงพยาบาล ๕๐ พรรษา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี โดยประยุกต์ใช้แนวคิดกระบวนการเพื่อการมีส่วนร่วม กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย เจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรม จำนวน 32 คน และผู้ป่วยโรคจิตเภท จำนวน 94 คน เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ใช้แบบสอบถามและการสนทนากลุ่ม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์เปรียบเทียบตัวแปรด้วยสถิติ Paired simple t – test

ผลการวิจัย พบว่า จากการใช้กระบวนการบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภท ในโรงพยาบาล ๕๐ พรรษา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ประกอบด้วย (1) ตระหนักถึงปัญหาาร่วมกัน (Realizing) (2) การถอดบทเรียนร่วมกัน (Action Review) (3) เริ่มต้นด้วยการฝึกอบรม (Initial Training) (4) ร่วมกันทำงานเป็นทีมเครือข่าย (Network) (5) การสังเกต ติดตามร่วมกัน (Observation) (6) ทีมเภสัชกรรม (Pharmacy Team) ซึ่งส่งผลให้เจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรม มีความรู้เรื่องจิตเภท อยู่ในระดับดี (\bar{X} =17.80) มีการปฏิบัติตาม ตามแนวทางการบริการเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภท ในระดับปานกลาง (\bar{X} =2.22) ผู้ป่วยจิตเภท มีส่วนร่วมในการรักษาด้วยยาจิตเภท อยู่ในระดับปานกลาง (\bar{X} =2.25) และความพึงพอใจ อยู่ในระดับมาก (\bar{X} =3.59) โดยดีขึ้นจากก่อนการทำกิจกรรมทุกด้าน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยสรุป ปัจจัยในความสำเร็จ คือ เจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรม มีความเสียสละ การสร้างทีมงานและเครือข่าย กระบวนการดำเนินงาน และการมีส่วนร่วมของผู้ป่วย

คำสำคัญ : การบริการทางเภสัชกรรม โรคจิตเภท

Abstract

This research is an action research project with the objective of studying the application of a pharmaceutical service model for schizophrenia patients, at 50 Pansa Mahavajiralongkorn Tambon Rainoiy Mueang District Ubon Ratchatani Province. The process and concept of AIC are applied to this research. The target group in the study was composed of the 32 staff members of the pharmacy team and 94 schizophrenia patients. The implements used for data collections were a questionnaire and a focus group. The frequency, percentage, mean, standard deviation were analyzed and a statistical test was completed using the Paired Simple t-test. The results of the study showed that the model of the pharmaceutical service in schizophrenia, called RAINOP, is composed of Realizing (R), Action Review

¹ นิสิตระดับปริญญาโท, สาขาสาธารณสุขศาสตร์ คณะสาธารณสุขศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

² อาจารย์, คณะสาธารณสุขศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

³ อาจารย์, คณะสาธารณสุขศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏกาฬสินธุ์

¹ Master Degree Student, Faculty of Public Health, Mahasarakham University

² Lecturer, Faculty of Public Health, Mahasarakham University

³ Lecturer, of Public Health, Kalasin Rajabhat University

(A), Initial Training (I), Network (N), Observation (O) and Pharmacy Team (P). These are the factors the pharmacy team must understand in order to have sufficient knowledge of schizophrenia, allowing them to take action according to the pharmaceutical services in the schizophrenia plan, and maintain schizophrenia patients, who contribute to the Schizophrenia drug treatment plans, which are in the level of good ($\bar{X}=17.8$), fair ($\bar{X}=2.22$) and moderate good ($\bar{X}=2.25$), respectively. The patients satisfaction was very high ($\bar{X}=3.59$), higher than before the processes started, performing with a statistical significance level of 0.05.

Keywords : Pharmaceutical Service, Schizophrenia

บทนำ

โรคจิตเภทเป็นการเจ็บป่วยทางจิตที่พบได้มากที่สุด มีความรุนแรงและเรื้อรัง มีอุบัติการณ์เท่ากับ 0.1-0.5 ต่อประชากรพันคน ความชุก 2.5-5.3 ต่อประชากรพันคน และมีความชุกตลอดชีพ (Lifetime Prevalence) 7.0 -9.0 ต่อประชากรพันคน¹ ผู้ป่วยจิตเภทจะมีอาการกำเริบอีกได้เป็นช่วงๆ ซึ่งในผู้ป่วยร้อยละ 50-70 จะมีอาการกำเริบ และป่วยซ้ำได้อีกภายหลังจากการจำหน่ายออกจากโรงพยาบาลภายในเวลา 1 ปี จากรายงานสถิติจำนวนผู้ป่วยทางสุขภาพจิตที่มารับบริการของหน่วยงานในสังกัดกรมสุขภาพจิต ในปี 2553 พบว่า กลุ่มโรคที่พบมากที่สุด คือ กลุ่มโรคจิตเภท (ร้อยละ 24.19) รองลงมา เป็นกลุ่มที่มีปัญหาสุขภาพจิตอื่นๆ (ร้อยละ 22.74) ของผู้ป่วยทั้งหมด¹

ในปี 2550 พบว่าประชากรทั่วโลกประมาณ 24 ล้านคนเป็นโรคจิตเภท ในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่ามีความชุกของการเกิดโรคจิตเภทเท่ากับ ร้อยละ 0.6 – 1.9 ส่วนในประเทศไทยพบว่ามีค่าความชุกของการเกิดโรคจิตเภทประมาณ ร้อยละ 0.7 – 0.9¹ ในประเทศไทย พบว่า ปี 2551-2555 มีอัตราความชุก เป็น 2,262.42, 2,266.01, 2,346.22, 2,608.85, 2,840.00 ต่อประชากรแสนคน ตามลำดับ

โรงพยาบาล ๕๐ พรรษา มหาวชิราลงกรณ เป็นโรงพยาบาลชุมชน 150 เตียง ได้เริ่มให้บริการโรคทั่วไปและโรคเรื้อรัง แก่ผู้ป่วยที่เป็นพระภิกษุสงฆ์ทั่วประเทศ และประชาชนทั่วไปในอำเภอเมืองที่อาศัยอยู่นอกเขตเทศบาลเมืองอุบลราชธานี ในเดือน ตุลาคม 2548 (เปิดให้บริการเป็นเวลา 8 ปี) และพร้อมที่จะปรับเป็นโรงพยาบาลทั่วไป ในปี 2559 (จำนวน 400 เตียง) ในปัจจุบันมีเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานภายในโรงพยาบาล 408 คน ประกอบด้วย แพทย์ (17 คน) ทันตแพทย์ (9 คน) เภสัชกร (16 คน) พยาบาล (84 คน) ในขณะเดียวกันมีผู้ป่วยนอกเข้ารับบริการเฉลี่ยต่อเดือน 13,650 คน² ซึ่งเป็นผู้ป่วยจิตเภท เฉลี่ย 200 คน/เดือน ในช่วงเวลา ประมาณ 2 เดือนที่ผ่านมา ได้มีการจัดตั้งคลินิกจิตเวช โดยให้บริการผู้ป่วยจิตเภท ทุกวันพุธของสัปดาห์ ซึ่งการบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภทยังไม่ได้ตามเกณฑ์ ระดับ 3 ของกรมสุขภาพจิต

เนื่องจากโรคจิตเภทเป็นโรคเรื้อรัง มีแนวโน้มในการกลับเป็นซ้ำสูง การรักษาด้วยยาต้านโรคจิตจึงเป็นวิธีการรักษาอันดับแรกที่สามารถลดความรุนแรงของอาการทางจิต และป้องกันการกลับเป็นซ้ำในผู้ที่เป็โรคจิตเภทได้ ดังนั้นการให้ความร่วมมือในการรักษาด้วยยาจึงมีความจำเป็นที่จะช่วยให้ผู้ที่เป็โรคจิตเภทมีอาการทางจิตทุเลา ป้องกันการกลับเป็นซ้ำ และลดจำนวนครั้งในการเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล โดยเฉพาะผู้ป่วยที่อยู่ในระยะที่มีอาการทุเลา เห็นภาพหลอนอย่างรุนแรง เมื่ออาการดีขึ้นก็ยังคงต้องมีการให้ยาอย่างต่อเนื่อง³ โดยเฉพาะผู้ป่วยที่ได้รับการจำหน่ายกลับเข้าสู่ชุมชนจำเป็นต้องรับประทานยาอย่างต่อเนื่อง เพื่อควบคุมอาการและป้องกันการกลับเป็นซ้ำ⁴ นอกจากนี้ยังพบว่าถึงแม้ผู้ป่วย จะได้รับการบำบัดรักษาด้วยยา แต่ก็ยังพบว่ามีอาการกำเริบของโรคได้อีกหลังการรักษาภายใน 1 ปี³ และมีกรกลับมารักษาซ้ำภายใน 2-6 เดือน ถึงร้อยละ 50 และภายใน 2 ปี ร้อยละ 70 ของจำนวนผู้ป่วยทั้งหมด ซึ่งสาเหตุเกิดจากการไม่ให้ความร่วมมือในการรักษาด้วยยา ดังนั้นการรักษาด้วยยาบำบัดโรคจิตมีความจำเป็นเป็นอย่างมาก ปัญหาที่สำคัญคือการจะรักษาให้ผู้ป่วยให้ความร่วมมือในการรักษาอย่างต่อเนื่อง และพบว่าผู้ป่วยจิตเภทร้อยละ 20-50 ที่ไม่ให้ความร่วมมือในการรักษาด้วยยา⁵

สุขภาพกายและสุขภาพจิต จำเป็นอย่างยิ่งที่ควรต้องได้รับการสนับสนุนส่งเสริมไปด้วยกัน ผู้ที่มีโรคทางกายเรื้อรังจิตใจ ก็จะเป็นส่วนสำคัญที่คอยประคองให้ผู้ป่วยมีกำลังใจ และร่วมมือในการรักษา เพื่อต่อสู้โรคทางกายต่อไปอย่างมุ่งมั่น แต่หากมีปัญหาทางจิตใจที่ไม่ได้รับการวินิจฉัย หรือไม่ได้รับการดูแลอย่างเหมาะสม ก็จะส่งผลซ้ำเติมโรคทางกายที่เป็นอยู่ จนเกิดความรู้สึกเบื่อหน่าย ท้อแท้ สิ้นหวัง หรือแม้กระทั่งไม่ยอมมีชีวิตอยู่อีกต่อไป จึงเป็นที่มาของ “วันสุขภาพจิตโลก หรือ World Mental Health Day” ซึ่งถูกกำหนดขึ้นครั้งแรกเมื่อวันที่ 10 ตุลาคม พ.ศ. 2535 โดยการริเริ่มของ ริชาร์ด ฮันเตอร์ (Richard Hunter) ซึ่งขณะนั้นดำรงตำแหน่ง เลขาธิการใหญ่ของสหพันธ์สุขภาพจิตโลก (World Federation for Mental Health) ตั้งแต่นั้นจนถึงปัจจุบัน เป็นเวลา 20 ปีที่องค์กร

อนามัยโลกได้กำหนดให้วันที่ 10 ตุลาคมของทุกปีเป็นวันสุขภาพจิตโลก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ รณรงค์ให้ประชากรทั่วโลกตระหนักถึงความสำคัญของสุขภาพจิต และปัญหาการเจ็บป่วยทางจิต โดยแต่ละปีจะมีการคัดเลือกประเด็นหลักที่มีความสำคัญในช่วงเวลานั้นๆ เพื่อให้ทั่วโลกได้ตื่นตัวและเล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหา และช่วยกันป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาดังกล่าวลุกลาม สำหรับปี พ.ศ. 2555 นี้ ประเด็นหลักที่ใช้รณรงค์คือ “ปัญหาโรคซึมเศร้า” โดยกำหนดข้อความรณรงค์คือ “โรคซึมเศร้า: วิกฤติโลก” หรือ “Depression: A Global Crisis”⁶

ข้อมูลจากการสำรวจการดำเนินงานที่ผ่านมาของการบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภท โรงพยาบาล ๕๐ พรรษา มหาวิชราลงกรณ พบว่า เภสัชกร และเจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรม มีความรู้เกี่ยวกับโรคจิตเภทน้อย ระบบการสำรองยาในการดูแลผู้ป่วยจิตเภทไม่เพียงพอต่อการบริการผู้ป่วย และผู้ป่วยโรคจิตเภทมีการดูแลสุขภาพตนเองไม่ถูกต้อง รวมถึงตัวชี้วัดงานบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภทที่ดำเนินงานในปีที่ผ่านมายังไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ได้แก่ 1. อัตราการค้างจ่ายยาผู้ป่วย มีเป้าหมายการดำเนินงานต้อง น้อยกว่าร้อยละ 5 ผลการดำเนินงาน ได้ร้อยละ 15 2. อัตราความร่วมมือในการใช้ยา เป้าหมายการดำเนินงาน ต้องมากกว่า ร้อยละ 80 ผลการดำเนินงานได้ ร้อยละ 75 และ 3. เภสัชกรและเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบมีความรู้เกี่ยวกับการใช้ยาจิตเวช เป้าหมายการดำเนินงาน ต้องมากกว่าร้อยละ 80 ผลการดำเนินงานได้ ร้อยละ 69.22 จากข้อมูลดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยในฐานะเภสัชกรประจำโรงพยาบาล ๕๐ พรรษา มหาวิชราลงกรณ ซึ่งมีหน้าที่หลักในการดูแลและบริการทางเภสัชกรรมแก่ผู้ป่วยจิตเภทที่มารับบริการในโรงพยาบาล จึงสนใจที่จะศึกษาการพัฒนา รูปแบบบริการทางเภสัชกรรมในผู้ป่วยจิตเภท โดยใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการ ตามแนวคิดของ⁷ Kemmis และ Mc Taggart เทคนิคกระบวนการวางแผนแบบมีส่วนร่วม เป็นกระบวนการที่ให้ เจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรม ร่วมกันในการวางแผนและการตัดสินใจ สามารถค้นหาปัญหาความต้องการและแนวทางในการบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภท จากปัญหาและความต้องการของผู้ป่วยผ่านการเรียนรู้และการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ร่วมกัน และนำผลที่ได้มาปฏิบัติในการบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภทต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. วัตถุประสงค์ทั่วไป

เพื่อศึกษารูปแบบการบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภท โรงพยาบาล ๕๐ พรรษา มหาวิชราลงกรณ ตำบลไรร้อย อำเภอมือง จังหวัดอุบลราชธานี

2. วัตถุประสงค์เฉพาะ

2.1 เพื่อศึกษาบริบท การดำเนินงานการบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภท โรงพยาบาล ๕๐ พรรษา มหาวิชราลงกรณ ตำบลไรร้อย อำเภอมือง จังหวัดอุบลราชธานี

2.2 เพื่อศึกษาผลการดำเนินงาน การบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภท โรงพยาบาล ๕๐ พรรษา มหาวิชราลงกรณ ตำบลไรร้อย อำเภอมือง จังหวัดอุบลราชธานี

2.3 เพื่อพัฒนาระบบการ การดำเนินงานการบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภท โรงพยาบาล ๕๐ พรรษา มหาวิชราลงกรณ ตำบลไรร้อย อำเภอมือง จังหวัดอุบลราชธานี

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) เพื่อการพัฒนาการบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภท ของโรงพยาบาล ๕๐ พรรษามหาวิชราลงกรณ อำเภอมือง จังหวัดอุบลราชธานี โดยกระบวนการมีส่วนร่วม (AIC) เป็นเครื่องมือสำหรับส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการพัฒนารูปแบบการบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภท

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ด้านประชากร

1.1.1 ผู้ป่วยโรคจิตเภทที่มารับการดูแลรักษาที่คลินิกจิตเวช โรงพยาบาล ๕๐ พรรษา มหาวิชราลงกรณ อำเภอมือง จังหวัดอุบลราชธานี 94 คน

1.1.2 เจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรม ประกอบด้วย เภสัชกร เจ้าหน้าที่งานเภสัชกรรม และลูกจ้างประจำ รวมทั้งสิ้น 32 คน ประกอบด้วย เภสัชกร (16 คน) เจ้าหน้าที่งานเภสัชกรรม (8 คน) และลูกจ้างประจำ (8 คน)

1.2 กลุ่มตัวอย่าง

1.2.1 ผู้ป่วยโรคจิตเภท การคัดเลือก จำนวน 94 คน โดยศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติ ดังนี้

1. ผู้ที่เป็นโรคจิตเภทที่ไม่มีอาการทางจิต หรือมีอาการทางจิต ประเมินโดยแบบประเมินอาการทางจิต มีคะแนนไม่เกิน 36 คะแนน

2. มีผู้ดูแลหลักที่ให้การดูแลผู้ที่เป็นโรคจิตเภท ได้แก่ บิดา มารดา บุตร สามี หรือ ภรรยา คนใดคนหนึ่งที่อยู่ร่วมกัน และช่วยเหลือผู้ที่เป็นโรคจิตเภท ในการดำรงชีวิตประจำวันอย่างสม่ำเสมอ

3. สนทนาโต้ตอบรู้เรื่อง สามารถอ่านและเขียนภาษาไทยได้

4. ยินดีให้ความร่วมมือในการวิจัย

1.2.2 เจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรม จำนวน 32 คน โดยศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติ ดังนี้

1. ปฏิบัติงานอยู่ในฝ่ายเภสัชกรรม โรงพยาบาล ๕๐ พรรษา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี
2. ยินดีให้ความร่วมมือในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้และวิธีการตรวจสอบเครื่องมือ

วิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ เน้นการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพเป็นหลักร่วมกับการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามกรอบแนวคิดและวัตถุประสงค์ในการวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 4 ชุด ดังนี้

ชุดที่ 1 แบบประเมินการปฏิบัติตามแนวทางการบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภท สำหรับเจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรม จำนวน 7 ข้อ โดยแต่ละข้อจะมีระดับความคิดเห็นอยู่ 3 ระดับ ดังนี้ ลักษณะคำตอบที่เป็นบวก การปฏิบัติประจำ (3 คะแนน) การปฏิบัติบางครั้ง (2 คะแนน) ไม่เคยปฏิบัติ (1 คะแนน) ลักษณะคำตอบที่เป็นลบ การปฏิบัติประจำ (1 คะแนน) การปฏิบัติบางครั้ง (2 คะแนน) ไม่เคยปฏิบัติ (3 คะแนน)

ชุดที่ 2 แบบทดสอบความรู้สำหรับเจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรมเกี่ยวกับความรู้โรคจิตเภทและหลักการบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภท แบบสอบถามมี ทั้งหมด 20 ข้อ แบบกากบาท ถูก/ผิด เกณฑ์การให้คะแนนตามแนวคิดของ Bloom คือ ตอบถูก (1 คะแนน) และตอบผิด (0 คะแนน)

ชุดที่ 3 แบบสอบถามความพึงพอใจสำหรับผู้ป่วยที่มาใช้บริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภท โรงพยาบาล ๕๐ พรรษา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา แบบสอบถามนี้มีทั้งหมด 15 ข้อ ในแต่ละข้อผู้ทำต้องเลือกตอบเพียงข้อเดียว ลักษณะของคำตอบเป็นมาตราส่วน 5 ระดับ ดังนี้ ลักษณะคำตอบที่เป็นบวก ความพึงพอใจมากที่สุด (5 คะแนน) ความพึงพอใจมาก (4 คะแนน) ความพึงพอใจปานกลาง (3 คะแนน) ความพึงพอใจน้อย (2 คะแนน) ความพึงพอใจน้อยที่สุด (1 คะแนน) ลักษณะคำตอบที่เป็นลบ ความพึงพอใจมากที่สุด (1 คะแนน) ความพึงพอใจมาก (2 คะแนน) ความพึงพอใจปานกลาง (3 คะแนน) ความพึงพอใจน้อย (4 คะแนน) ความพึงพอใจน้อยที่สุด (5 คะแนน)

ชุดที่ 4 แบบประเมินความร่วมมือในการรักษาด้วยยาจิตเภท สำหรับผู้ป่วยที่มาใช้บริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภท จำนวนข้อคำถาม 7 ข้อ ผู้วิจัยประยุกต์สร้างขึ้นโดยการศึกษาจากเครื่องมือของ สารุพร พุฒขาว (2541) ประกอบด้วยข้อคำถาม 7 ข้อเป็นข้อคำถามทางบวก 2 ข้อ คือ 1 และ ข้อ 7 คำถามทางลบ 5 ข้อ คือ ข้อ 2, 3, 4, 5 และ 6 ลักษณะ

ของแบบสอบถามเป็นแบบเลือกตอบ 2 ตัวเลือก ให้ผู้ป่วยพิจารณาว่าตรงกับการปฏิบัติของตนเองหรือไม่ โดยแต่ละข้อจะมีระดับความคิดเห็นอยู่ 3 ระดับ ดังนี้ ลักษณะคำตอบที่เป็นบวก ความร่วมมือในการรักษาสม่ำเสมอ (3 คะแนน) ความร่วมมือในการรักษาบางครั้ง (2 คะแนน) ไม่ให้ความร่วมมือในการรักษา (1 คะแนน) ลักษณะคำตอบที่เป็นลบ ความร่วมมือในการรักษาสม่ำเสมอ (1 คะแนน) ความร่วมมือในการรักษาบางครั้ง (2 คะแนน) ไม่ให้ความร่วมมือในการรักษา (3 คะแนน)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทำการแจ้งให้ทางโรงพยาบาลทราบเกี่ยวกับโครงการวิจัย และรายละเอียดขั้นตอนการปฏิบัติต่าง ๆ ดังกล่าวเพื่อขอความร่วมมือในการทำการศึกษาวินิจฉัย

2. ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรม โดยการสังเกต การสัมภาษณ์ และการใช้แบบทดสอบการปฏิบัติโดยใช้กระบวนการ AIC เพื่อเป็นการให้มีส่วนร่วม เภสัชกร เจ้าพนักงานเภสัชกรรม และเจ้าหน้าที่ ในการแสดงความคิดเห็นต่าง ๆ อย่างมีส่วนร่วม โดยแบ่งออกเป็น

2.1 การสังเกต โดยการสังเกตการณ์แบบมีส่วนร่วมโดยเข้าร่วมในกิจกรรม และการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม

2.2 การสัมภาษณ์ โดยการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง หรือแบบเป็นทางการ กับการสัมภาษณ์แบบไม่มีส่วนร่วม หรือแบบไม่เป็นทางการ ซึ่งในครั้งนี้จะใช้การสัมภาษณ์ทั้ง 2 แบบ ในแต่ละสถานการณ์ที่แตกต่างกันไป โดยการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการจะใช้ในขั้นตอนของการสร้างความคุ้นเคยในช่วงแรกๆ ในการเข้าไปทำกิจกรรม ส่วนแบบที่เป็นทางการจะเริ่มทำในช่วงที่มีกรทำการกิจกรรมไปแล้ว

2.3 การใช้แบบทดสอบการปฏิบัติ และความร่วมมือในการรักษาด้วยยาของผู้ป่วยจิตเภท ในคลินิกจิตเภท โรงพยาบาล ๕๐ พรรษา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ของผู้ป่วยจิตเภทกลุ่มตัวอย่าง ก่อนและหลังทำกิจกรรม

2.4 การประยุกต์ใช้กระบวนการ AIC เพื่อเป็นโอกาสให้เจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรม เข้ามามีส่วนร่วมในการระดมความคิดเห็นต่าง ๆ ของแต่ละบุคคลในการแก้ไขปัญหา และนำไปสู่การพัฒนา โดยใช้หลักการมีส่วนร่วมอย่างเป็นประชาธิปไตย

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์จากการบันทึกการสังเกต การสัมภาษณ์ และการสรุปการบรรยายของขั้นตอนต่าง ๆ

2. แบบประเมินการปฏิบัติ แบบสอบถามความรู้ แบบสอบถามความพึงพอใจแบบสอบถามความร่วมมือในการรักษา โดยทำการวิเคราะห์จากแบบประเมิน โดยใช้สถิติค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

1. สรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบริบทการดำเนินงานบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเวช โรงพยาบาล ๕๐ พรรษามหาชริราชลกรณ ตำบลไร่น้อย อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี สรุปได้ว่า

1.1 บริบทของชุมชน

จากการศึกษาสภาพบริบทของชุมชน ตำบลไร่น้อย พบว่า ตำบลไร่น้อย อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี ประกอบด้วย 14 หมู่บ้าน มีจำนวนหลังคาเรือน 4,316 หลังคาเรือน จำนวนประชากร 13,895 คน มีโรงพยาบาลชุมชน คือโรงพยาบาล ๕๐ พรรษามหาชริราชลกรณ ระดับ 2.1 ทูติยภูมิระดับต้น สังกัดสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุบลราชธานี สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวงสาธารณสุข จำนวนเตียงที่ขออนุญาต 180 เตียง แต่ใช้บริการได้จริง 150 เตียง อัตราครองเตียง ร้อยละ 44.79 ครอบคลุมหน่วยบริการประกอบด้วย รพ.สต.19 แห่ง ให้บริการดูแล ตรวจรักษาแก่ผู้ป่วยนอก และผู้ป่วยในทุกสาขา ในระดับปฐมภูมิและทุติยภูมิทั้งผู้ป่วยที่เป็นพระภิกษุสามเณร และประชาชนทั่วไปทุกกลุ่มโรค ยกเว้น ผู้ป่วยที่มีอาการหนักเกินขีดความสามารถของโรงพยาบาล ผู้ป่วยคลอด และทารกแรกเกิด รวมทั้งผู้ป่วยทางสูติกรรม ที่ต้องนอนโรงพยาบาล (ไม่มีห้องคลอด) ผู้ป่วยศัลยกรรมที่ต้องรักษาด้วยการผ่าตัดในรายที่ผ่าตัดใหญ่และเสี่ยงสูง (ห้องผ่าตัดเปิดบริการผ่าตัดใน Case General Surgery และ Uro Surgery ใช้ศัลยแพทย์ของโรงพยาบาลสรรพสิทธิประสงค์)

1.2 ข้อมูลลักษณะทั่วไปของเจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรม

จากการศึกษาพบว่า เจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรม ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 65.62 มีอายุระหว่าง 36 - 40 ปี ร้อยละ 37.50 อายุน้อยที่สุด 26 ปี อายุมากที่สุด 45 ปี โดยอายุเฉลี่ย 45 ปี สถานภาพสมรส ร้อยละ 68.75 จบการศึกษาปริญญาตรีมากที่สุด ร้อยละ 81.25 ประสบการณ์ทำงานในหน่วยงาน อยู่ระหว่าง 6 -10 ปี ร้อยละ 56.25 เป็นเภสัชกรมากที่สุด ร้อยละ 50.00

1.3 ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ป่วยจิตเวช

จากการศึกษาพบว่า ผู้ป่วยจิตเวช ที่มารักษาที่คลินิกจิตเวช โรงพยาบาล ๕๐ พรรษามหาชริราชลกรณ จำนวน 94 คน พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 69.10 มีอายุมากที่สุดอยู่ระหว่าง 41-50 ปี ร้อยละ 30.0 อายุเฉลี่ยที่ 49 ปี การศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 40.40 สถานภาพสมรสคู่ ร้อยละ 71.30 รายได้ ของครอบครัวต่อเดือน 10,000 บาทขึ้นไป ร้อยละ 43.70 ระยะเวลาของการเจ็บป่วยส่วนใหญ่ 1- 5 ปี ร้อยละ 87.20 จำนวนครั้งของการเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล ส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 1 - 10 ครั้ง ร้อยละ 45.70

2. สรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อพัฒนากระบวนการดำเนินงาน บริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเวช โรงพยาบาล ๕๐ พรรษามหาชริราชลกรณ ตำบลไร่น้อย อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี สรุปได้ว่า

การพัฒนาระบบบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเวช เริ่มต้นจากการนำข้อมูลที่ศึกษาบริบทและสภาพปัญหาคืนชุมชน โดยการสนทนากลุ่มของเจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรมร่วมรับทราบและตระหนักถึงปัญหามากขึ้น ได้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น หลากหลายมุมมอง หลายความคิด สรุปว่าเจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรม จะต้องร่วมด้วยช่วยกันในการป้องกันและแก้ไขปัญหาโรคจิตเภทร่วมกัน มีการปรับทัศนคติในการทำงานร่วมกัน มีการประชุมการจัดทำแผนในการดำเนินงาน โดยประยุกต์ใช้เทคนิคกระบวนการเพื่อการมีส่วนร่วม (AIC) ด้วยวิธีการวิเคราะห์สภาพปัญหา จัดทำแผนปฏิบัติงาน ทำให้เกิดแผนงานการดำเนินงานได้แก่

1. การอบรมให้ความรู้เรื่องจิตเวช เพื่อสร้างความตระหนักต่อสภาพปัญหาโรคจิตเภท โดยมีกิจกรรมดังนี้
กิจกรรมที่ 1 อบรมให้ความรู้เรื่องโรคจิตเภทแก่เจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรม

กิจกรรมที่ 2 จัดทำคู่มือการดูแลและแนวทางการปรับใช้ยาที่เหมาะสมในการดูแลผู้ป่วยโรคจิตเภท

2. การพัฒนาระบบกักกับการรับประทานยาของผู้ป่วย เพื่อการดูแลส่งเสริมสุขภาพของผู้ป่วยโรคจิตเภทและการรับประทานยาที่ต่อเนื่อง

กิจกรรมที่ 1 จัดทำกระเป๋ายาพร้อมทั้งสมุดบันทึกการรับประทานยา แก่ผู้ป่วยจิตเวช เพื่อเป็นการตรวจสอบการรับประทานยาของผู้ป่วย

กิจกรรมที่ 2 ตรวจสอบการผลข้างเคียงของยา ในผู้ป่วยจิตเวชทุกคน โดยดูในคู่มือติดตามการรับประทานยา ทั้งนี้เพื่อผู้ป่วยจะได้รับผลข้างเคียงของยาน้อยที่สุด

กิจกรรมที่ 3 สำรองยาไว้ในคลังยาเพื่อให้เพียงพอต่อการจ่ายให้ผู้ป่วยจิตเภท

3. สรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 ผลการดำเนินงานบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภท โรงพยาบาล ๕๐ พรรษา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี สรุปได้ว่า

3.1 ข้อมูลด้านความรู้เกี่ยวกับโรคจิตเภท

จากผลการประเมินระดับความรู้โรคจิตเภทของเจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรม พบว่าก่อนการอบรมให้ความรู้แก่เจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรม มีความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโรคจิตเภทอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}=13.2$) และหลังการอบรมให้ความรู้มีความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโรคจิตเภทในระดับดี ($\bar{X}=17.8$) ซึ่งเพิ่มขึ้นจากก่อนการพัฒนาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.2 ข้อมูลการปฏิบัติตามแนวทางการบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภท

จากผลการประเมินระดับการปฏิบัติตามแนวทางการบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภท พบว่า ก่อนการพัฒนาเจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรม มีปฏิบัติตามแนวทางการบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภท อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}=11.7$) และหลังการพัฒนา อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}=15.5$) ซึ่งเพิ่มขึ้นจากก่อนการพัฒนาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.3 ข้อมูลด้านการร่วมมือในการรักษาด้วยยาของผู้ป่วยจิตเภท

จากผลการประเมินระดับการร่วมมือในการรักษาด้วยยาของผู้ป่วยจิตเภท พบว่า ก่อนการพัฒนาผู้ป่วยจิตเภทมีส่วนร่วมในการรักษาด้วยยาจิตเภท อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}=11.3$) และหลังการพัฒนา มีส่วนร่วมในการรักษาด้วยยาจิตเภท อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}=15.8$) ซึ่งเพิ่มขึ้นจากก่อนการพัฒนาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.4 ข้อมูลด้านความพึงพอใจสำหรับผู้ป่วยจิตเภทที่มารับบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภท

จากผลการประเมินระดับความพึงพอใจพบว่า ส่วนใหญ่ ผู้ป่วยจิตเภทมีความพึงพอใจ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.59$) เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ การเรียกชื่อรับบริการได้ยินชัดเจน อยู่ในระดับสูง ($\bar{X}=4.27$) รองลงมา คือ ท่านได้รับการที่มีความสะดวกรวดเร็ว อยู่ในระดับสูง ($\bar{X}=4.19$) และข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ สถานที่บริการสะอาด เป็นระเบียบ ($\bar{X}=2.82$)

บทสรุปและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาบริบท การบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภท โรงพยาบาล ๕๐ พรรษา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี

ตำบลไร่น้อย มีลักษณะเป็นชุมชนเมือง ทำให้มีความเจริญทางสังคม เศรษฐกิจ วัฒนธรรม จากบริบทชุมชนสิ่งแวดล้อมแออัด มีแหล่งมั่วสุมอบายมุข เช่น เล่นการพนัน ร้านเกม วิถีชีวิตในชุมชนเป็นแบบแข่งขันกัน สังคมที่มีความเจริญทางด้านวัตถุ สิ่งอำนวยความสะดวกมีมากมาย มีการดื่มสุราหลังเลิกงาน มีการใช้สารเสพติด สภาพครอบครัว ขาดความอบอุ่น ปู่ ย่าตา ยาย เลี้ยงหลาน ครอบครัวแตกแยก สภาพสุขภาพของประชาชน ส่วนใหญ่มีโรคเรื้อรังประจำตัว ล้วนแต่มีผลต่อปัญหาสุขภาพจิต โดยเฉพาะจิตเภทและเสี่ยงต่อการฆ่าตัวตาย มีความรุนแรงระดับปานกลางถึงมากดังจะเห็นว่ามีประชากรในประเทศไทยพบว่ามี ความชุกของการเกิดโรคจิตเภทประมาณ ร้อยละ 0.7 – 0.9 (มาโนช หล่อตระกูล, 2548) และในปี 2551-2555 พบว่า อัตราความชุก เป็น 2,262.42, 2,266.01, 2,346.22, 2,608.85, 2,840 ต่อประชากรแสนคน ตามลำดับ^๖

2. ผลการศึกษาระบบการดำเนินงาน การบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภท โรงพยาบาล ๕๐ พรรษา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี

จากผลการวิจัย สามารถนำมาอภิปรายผลการพัฒนาการบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภทได้ดังต่อไปนี้ การพัฒนาการบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภท ทำให้เกิดผลลัพธ์ในการดูแลผู้ป่วยที่ดี โดยเจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรมส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าเป็นไปได้ในการปฏิบัติ มีความสะดวกในการปฏิบัติ ใช้งานได้ไม่ยุ่งยากซับซ้อน เกิดประโยชน์ต่อผู้ป่วย และมีความพึงพอใจในการใช้อยู่ในระดับมากผู้วิจัยและเจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรมได้ร่วมกันนำข้อมูลจากการศึกษาและวิเคราะห์สภาพการณ์ก่อนการพัฒนาการดูแลผู้ป่วยในปัจจุบัน ปัญหาอุปสรรคของการดูแลผู้ป่วย การรับรู้และความคาดหวังของเจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรม การมีส่วนร่วมของเจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรม ในการกำหนดวัตถุประสงค์ เป้าหมายตัวชี้วัดการดูแลผู้ป่วยจิตเภทให้ชัดเจน ครอบคลุม กำหนดกระบวนการดูแลผู้ป่วยจิตเภท ทำให้การบริการทางเภสัชกรรม มีความเหมาะสม และสอดคล้องกับบริบทของโรงพยาบาล ๕๐ พรรษา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี เจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรมเห็นประโยชน์ เห็นคุณค่า นำไปใช้จริง ทำให้เกิดผลลัพธ์ในการดูแลผู้ป่วยที่ดีมากยิ่งขึ้น

กระบวนการสร้างมีส่วนร่วม ผู้วิจัยเริ่มจากการพูดคุยกันเฉพาะ เจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรม ประชาสัมพันธ์ ให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องได้เข้าใจนัดพบปะพูดคุยกันครั้งแรก ค้นหาปัญหาเลือกกลุ่มเป้าหมายที่ตรงกับ สิ่งที่คาดหวังให้เกิดขึ้น หลายคนมีแนวความคิดที่ตรงกันพร้อมที่จะแก้ปัญหาด้วยกัน แต่ละคนเข้าร่วมกิจกรรมด้วยความสมัครใจ เมื่อได้สิ่งที่ต้องการแก้ปัญหาแล้ว การเก็บรวบรวมข้อมูล การค้นหาศักยภาพของชุมชนที่มีอยู่เดิม ทำให้เกิดความรู้สึกคิดเป็นพลังเชิงบวก ทำให้ชุมชนอยากพัฒนากิจกรรมของตนเอง สอดคล้องกับ⁹ ชาญชัย ชัยสว่าง ได้ศึกษาการพัฒนาการดำเนินงานกองทุนหลักประกันสุขภาพในระดับท้องถิ่น อำเภอเฝ้าไร่ จังหวัดหนองคาย ผลการศึกษาพบว่า สภาพปัญหาและอุปสรรคการดำเนินงาน ก่อนการพัฒนา ของคณะกรรมการกองทุนหลักประกันสุขภาพในระดับท้องถิ่น ได้แก่ ไม่ทราบบทบาทหน้าที่ ขาดความร่วมมือ ขาดการประสานงานการจัดประชุม และศึกษาดูงาน ทำให้คณะกรรมการมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ส่งผลให้ระดับความรู้ และการมีส่วนร่วมดีขึ้นกว่าก่อนการพัฒนา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อข้อมูลเหล่านั้นถูกนำมาวิเคราะห์ การเปิดเวทีแลกเปลี่ยนเรียนรู้อย่างเป็นทางการจึงเกิดขึ้น โดยใช้วิธีแก้ปัญหาอย่างมีส่วนร่วม จะช่วยให้เราทำงานแบบมีโครงสร้าง สำหรับการสื่อสาร ที่มีประสิทธิภาพภายในกลุ่ม เป็นชุดคำถามที่นำกลุ่มให้เดินไปตามเส้นทางของการสนทนา ซึ่งคำถามเหล่านี้จะพากลุ่มผ่านระดับความสำนึกจะช่วยให้กลุ่มเคลื่อนผ่านจากการแก้ปัญหาพื้นผิวไปสู่การเข้าถึงความหมายและ ปัญญา รู้แจ้งอย่างล้าลึก สอดคล้องกับการศึกษาของ¹⁰ ศักรินทร์ ทองภูธรณ์ ซึ่งดำเนินการศึกษาประสิทธิผลของการใช้โปรแกรมการมีส่วนร่วมในการพัฒนามาตรฐานศูนย์สุขภาพชุมชน อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม พบว่าโปรแกรมการมีส่วนร่วมโดยการนำเทคโนโลยีเพื่อการมีส่วนร่วมของสถาบันพระปกเกล้ามาประยุกต์ใช้ทำให้ระดับการมีส่วนร่วมในการพัฒนามาตรฐานศูนย์สุขภาพชุมชน ในด้านการร่วมให้ข้อมูลข่าวสาร ด้านการร่วมปรึกษาหารือ ด้านการร่วมวางแผนและตัดสินใจ ด้านการร่วมดำเนินการ และด้านการร่วมประเมินผลมีระดับการมีส่วนร่วมสูงขึ้นกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. ผลการศึกษาผลการดำเนินงานการบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภท โรงพยาบาล ๕๐ พรรษา มหาวชิราลงกรณ ตำบลไร่น้อย อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี

3.1 ข้อมูลด้านความรู้เกี่ยวกับโรคจิตเภท

จากผลการศึกษา การประเมินระดับความรู้โรคจิตเภท ของเจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรม พบว่าเจ้าหน้าที่

ฝ่ายเภสัชกรรม มีความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโรคจิตเภท ภาพรวมทุกข้อเพิ่มขึ้น อยู่ในระดับปานกลาง อภิปรายผลได้ว่า การที่เจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรม มีคะแนนความรู้เพิ่มขึ้นหลังการอบรมนั้น เนื่องจาก เจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรม มีโอกาสได้อบรมฟื้นฟูความรู้ ทักษะการเฝ้าระวังดูแลผู้ป่วยจิตเภทที่ถูกต้อง เป็นไปได้ว่าการที่เจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรมมีความรู้ ย่อมส่งผลให้ผู้ป่วยได้รับความรู้ ทำให้ผู้ป่วยรับกำลังใจ ไม่ถูกทอดทิ้ง ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีแรงสนับสนุนทางสังคม ของแคพแพลน¹¹ ได้ให้คำจำกัดความแรงสนับสนุนทางสังคม ว่า สิ่งที่คุณค่าได้รับโดยตรงจากบุคคลหรือกลุ่มบุคคล อาจเป็นทางข่าวสาร เงิน กำลังงาน หรือทางอารมณ์ ย่อมเป็นแรงผลักดันให้ผู้รับไปสู่เป้าหมายที่ผู้ให้ต้องการได้ ศึกษาเรื่อง การวิจัยเชิงปฏิบัติการอย่างมีส่วนร่วมของผู้สูงอายุที่มีจิตอาสา ในชมรมผู้สูงอายุ เพื่อส่งเสริมสุขภาพและป้องกันปัญหาสุขภาพของผู้สูงอายุ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ผลการวิจัยพบว่า ก่อนการอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับการดูแลสุขภาพ มีระดับคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.58 คะแนน หลังการอบรมมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 15.00 คะแนน

3.2 ข้อมูลการปฏิบัติตามแนวทางการบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภท

จากผลการศึกษา การประเมินระดับการปฏิบัติตามแนวทางการบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภทของเจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรม ภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง อภิปรายผลได้ว่า การที่เจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรม ปฏิบัติตามแนวทางการบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภท ส่งผลให้ผู้ป่วยจิตเภท ตระหนักและให้ความสำคัญกับตนเอง ใส่ใจในเรื่องการดูแลตนเอง การรับประทานยาที่ถูกต้องและต่อเนื่อง เป็นไปตามแนวคิดการสร้างเสริมสุขภาพของ Pender กล่าวไว้ว่า เป็นแนวคิดที่สามารถทำให้บุคคลมีพฤติกรรมที่พึงประสงค์ สามารถควบคุมอาการของโรคและลดความรุนแรงของโรคได้ โดยการที่จะทำให้บุคคลกระทำพฤติกรรมใดๆ เพื่อให้มีสุขภาพดีนั้นต้องทำให้ผู้ป่วยมีความเชื่อว่าตนเองสามารถควบคุมสภาวะสุขภาพของตนเองได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ¹² วัฒนาภรณ์ พิบูลอาลักษณ์ ได้ศึกษาเรื่องผลของโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพต่อพฤติกรรมป้องกันการป่วยซ้ำของผู้ป่วยจิตเภท พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนพฤติกรรมป้องกันการป่วยซ้ำของผู้ป่วยจิตเภทที่ได้รับการพยาบาลตามปกติ เท่ากับ 49.17 และค่าเฉลี่ยของคะแนนพฤติกรรมป้องกันการป่วยซ้ำของผู้ป่วยจิตเภทที่ได้รับโปรแกรมการสร้างเสริมพฤติกรรมสุขภาพ เท่ากับ 61.67 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันพบว่าหลังการทดลองพฤติกรรมป้องกันการป่วยซ้ำของผู้ป่วยจิตเภท พบว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนน

พฤติกรรมป้องกันการป่วยซ้ำของผู้ป่วยจิตเภทแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)

3.3 ข้อมูลด้านการร่วมมือในการรักษาด้วยยาของผู้ป่วยจิตเภท

จากผลการประเมินระดับการร่วมมือในการรักษาด้วยยาของผู้ป่วยจิตเภท พบว่า ผู้ป่วยจิตเภท มีส่วนร่วมในการรักษาด้วยยาจิตเภท อยู่ในระดับปานกลาง อภิปรายผลได้ว่า การที่ผู้ป่วยโรคจิตเภทได้รับคำแนะนำ คำปรึกษาที่ดี ทั้งนี้รวมถึงการได้รับความรู้ถึงประโยชน์ในการปฏิบัติตามที่ที่เหมาะสมเพื่อสามารถป้องกันตนเองจากภาวะทางจิต ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการรับรู้ของ Becker, 1974 ได้กล่าวว่า การที่บุคคลได้รับรู้ประโยชน์หรือข้อดีในการปฏิบัติให้หายจากการเป็นโรคหรือการป้องกันไม่ให้เกิดโรคว่าเป็นการกระทำที่ดีมีประโยชน์และเหมาะสม สอดคล้องกับการศึกษา ของ¹³ สยามพร จันทร์งาม ได้ศึกษา ประสิทธิภาพของการใช้แนวปฏิบัติทางคลินิกสำหรับการส่งเสริมความร่วมมือในการรักษาด้วยยาของผู้ที่เป็นโรคจิตเภทโรงพยาบาลบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย ผลการศึกษาพบว่า ภายหลังการใช้แนวปฏิบัติทางคลินิก 1) พฤติกรรมการใช้ยาตามเกณฑ์การรักษาที่ถูกต้องในระดับสูงของผู้ที่เป็นโรคจิตเภท เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 90.91 เป็นร้อยละ 100 2) อัตราการกำเริบจากการขาดความร่วมมือในการรักษาด้วยยาของผู้ที่เป็นโรคจิตเภท ลดลงจากร้อยละ 67.70 เป็นร้อยละ 20.63 3) อัตราการกลับมารักษาซ้ำในโรงพยาบาลของผู้ที่เป็นโรคจิตเภทลดลงจากร้อยละ 3.93 เป็นร้อยละ 0 4) อัตราการมาตรวจตามนัดของผู้ที่เป็นโรคจิตเภท เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 81.03 เป็น ร้อยละ 95.45 5) ร้อยละ 100 ของผู้ที่เป็นโรคจิตเภทมีความพึงพอใจต่อการดูแลตามแนวปฏิบัติทางคลินิก 6) ร้อยละ 100 ของบุคลากรมีความพึงพอใจต่อการใช้แนวปฏิบัติทางคลินิก จากผลการศึกษา แสดงให้เห็นว่าการใช้แนวปฏิบัติทางคลินิกสำหรับการส่งเสริมความร่วมมือในการรักษาด้วยยาของผู้ที่เป็นโรคจิตเภท สามารถนำไปสู่ผลลัพธ์ที่ดีของการดูแลผู้ที่เป็นโรคจิตเภท ดังนั้นบุคลากรผู้ดูแลผู้ที่เป็นโรคจิตเภทควรนำแนวปฏิบัติทางคลินิกสำหรับการส่งเสริมความร่วมมือในการรักษาด้วยยาของผู้ที่เป็นโรคจิตเภทไปปฏิบัติในงานประจำอย่างต่อเนื่องต่อไป

3.4 ข้อมูลด้านความพึงพอใจสำหรับผู้ป่วยจิตเภทที่มารับการบริการทางเภสัชกรรมผู้ป่วยจิตเภท จากผลการศึกษา การประเมินระดับความพึงพอใจของผู้ป่วยจิตเภทต่อการบริการทางเภสัชกรรม ภาพรวมอยู่ในระดับมาก อภิปรายผลได้ว่า การที่ผู้ป่วยจิตเภทมีความพึงพอใจต่อการบริการเภสัชกรรม ทั้งนี้เนื่องจากการเจ้าหน้าที่ฝ่ายเภสัชกรรมให้ความสนใจและตระหนัก ใส่ใจในการดูแล ส่งผลให้ผู้ป่วยมี

แรงจูงใจ กำลังใจ และการยอมรับจากครอบครัว สังคมและชุมชน เป็นไปตาม ทฤษฎีแรงจูงใจของมาสโลว์ (Maslow's theory Motivation) ตรงกับประเด็นความต้องการทางสังคม (Social Needs) เป็นความต้องการการยอมรับจากเพื่อน และความต้องการการยกย่อง (Esteem Needs) เป็นความต้องการการยกย่องส่วนตัว ความนับถือและสถานะทางสังคม สอดคล้องกับการศึกษาของ¹⁴ สุตกรัก พิละกันทา ศึกษาการพัฒนาแนวปฏิบัติทางคลินิกสำหรับการส่งเสริมความร่วมมือในการรักษาด้วยยาของผู้ป่วยจิตเภท แผนกงานการพยาบาลผู้ป่วยนอกและผู้ป่วยฉุกเฉินทางจิตเวช โรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ ผลการวิจัยพบว่า ผู้ป่วยมีความพึงพอใจระดับดี ต่อแนวปฏิบัติทางคลินิกสำหรับการส่งเสริมความร่วมมือในการรักษาด้วยยาของผู้ป่วยจิตเภท

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ข้อเสนอแนะจากผลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้
 - 1.1 ควรมีการจัดการศึกษาดูงานในชุมชนอื่นที่มีระบบการเฝ้าระวังและดูแลผู้ป่วยจิตเภทในชุมชนที่ดี
 - 1.2 ควรสนับสนุนให้ภาคีเครือข่ายเข้ามามีส่วนร่วมในการเฝ้าระวังและดูแลผู้ป่วยจิตเภท
 - 1.3 ควรมีการพัฒนาศักยภาพผู้ดูแลผู้ป่วยโรคจิตเภท เพื่อเติมพลังความเข้มแข็งทางใจ และวิธีการดูแลผู้ป่วยโรคจิตเภทได้ถูกต้อง
2. ข้อเสนอแนะจากการวิจัยครั้งต่อไป
 - 2.1 ควรมีการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของชุมชนในการเฝ้าระวังและดูแลผู้ป่วยจิตเภท และผลกระทบที่เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ต่อการดำเนินงาน เฝ้าระวังและดูแลผู้ป่วยจิตเภทในชุมชน
 - 2.2 ควรมีการศึกษารูปแบบการมีส่วนร่วมของชุมชนในการดูแลผู้ป่วยจิตเภท

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะบรรลุผลสำเร็จไม่ได้ถ้าหากไม่ได้รับความกรุณาจาก อาจารย์ ดร.ภญ. บัवरุณ ศรีชัยกุล และ อ.ดร.กฤษณา วุฒิสินธ์ ที่ช่วยให้คำแนะนำ ปรึกษาและข้อเสนอแนะตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จึงทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

1. มาโนช หล่อตระกูล และ ปราโมทย์ สุกนิษฐ์. *ตาราจิตเวชศาสตร์*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ปิยอนต์ เอ็นเตอร์ไพรซ์ จำกัด, 2548.

2. มาโนช หล่อตระกูล. โรคจิตเภท. ใน มาโนช หล่อตระกูล และ ปราโมทย์ สุคนิษฐ์.(บรรณาธิการ), จิตเวชศาสตร์. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: สวีชาญการพิมพ์, 2543
3. อุมภาพร ตรังคสมบัติ. *จิตบำบัดและการให้คำปรึกษาครอบครัว* (พิมพ์ครั้งที่ 5) กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชั้นตำการพิมพ์,2544.
4. มาโนช หล่อตระกูล. โรคจิตเภท (Schizophrenia) ใน มาโนช หล่อตระกูล, ปราโมทย์ สุคนิษฐ์ (บรรณาธิการ). ตำราจิตเวชศาสตร์ ภาควิชาจิตเวชศาสตร์คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพมหานคร: บริษัท บี ยอนด์ เอ็นเทอร์ไพรซ์ จำกัด.,2548.
5. Kaplan HI, Sadock BJ. (1998). Kaplan and Sadock's synopsis of psychiatry: behavioral science/clinical psychiatry. Baltimore: Williams & Wilkins, 953: 1076-8.
6. กรมสุขภาพจิต. *รายงานประจำปี กรมสุขภาพจิต 2551-2555*. ศูนย์สารสนเทศ กองแผน กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข, 2550-2555.
7. Kemmis, S. and R. McTaggart. *The Action Research Planner*. 3rd ed. Victoria, Australia: Deaken University Press, 1988.
8. กรมสุขภาพจิต. *รายงานประจำปี กรมสุขภาพจิต 2553*. ศูนย์สารสนเทศ กองแผนงาน กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข,2553 .
9. ชัญชัย ชัยสว่าง. *การพัฒนาการดำเนินงานกองทุนหลักประกันสุขภาพในระดับท้องถิ่น อำเภอเฝ้าไร่ จังหวัดหนองคาย* วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการระบบสุขภาพ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม,2552.
10. ศักรินทร์ ทองภูธรณ์. *ประสิทธิผลของการใช้โปรแกรมการมีส่วนร่วมในการพัฒนามาตรฐานศูนย์ สุขภาพชุมชนอำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม*. วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหา บัณฑิต.สาขาการจัดการระบบสุขภาพ.มหาวิทยาลัยมหาสารคาม,2552
11. Carter, J. H. (2002). Religion/spirituality in African-American culture: *An essential aspect of psychiatric care*. Journal of the National Medication Association, 94(5), 371-384.
12. วัฒนาภรณ์ พิบูลอาลักษณ์. *ผลของโปรแกรมสร้างเสริมสุขภาพต่อพฤติกรรมป้องกันการป่วยซ้ำของผู้ป่วยจิตเภท*.กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2553.
13. สมุพร จันทร์งาม. *ประสิทธิผลของการใช้แนวปฏิบัติทางคลินิกสำหรับการส่งเสริมความร่วมมือในการรักษาด้วยยาของผู้ที่เป็นโรคจิตเภท* โรงพยาบาลบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพยาบาลสุขภาพจิตและจิตเภท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,2554.
14. สุดรัก พิละกันทา. *แนวปฏิบัติทางคลินิกสำหรับการส่งเสริมความร่วมมือในการรักษา ด้วยยาของผู้ป่วยจิตเภท*. วิทยานิพนธ์ปริญญาพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสุขภาพจิตและการพยาบาลจิตเวช มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,2554.

ประโยชน์ของจุลินทรีย์โพรไบโอติกต่อสุขภาพ

Health Benefits of Probiotic Microorganisms

วิรัชเนีย แก่นแสนดี^{1,2}, สมพร มุลมั่งมี³, อรุณรัศมี แสงศิลา⁴, ปริญญาภรณ์ อิศรานุวัฒน์⁵

Wiratchanee Kansandee^{1,2}, Somporn Moonmangmee³, Arunrussamee Sangsila⁴, Pariyaporn Itsaranuwat⁵

Received: 8 July 2014; Accepted: 31 October 2014

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์โพรไบโอติก หมายถึง ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์และส่งผลต่อสุขภาพของผู้บริโภค โพรไบโอติกที่ดีไม่ควรก่อให้เกิดโรค ไม่ก่อให้เกิดสารพิษ และสามารถให้ผลที่เป็นประโยชน์ต่อเจ้าบ้าน ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีชีวิต และสามารถรอดชีวิตและผลิตสารที่เป็นประโยชน์ในระบบลำไส้ ปริมาณโพรไบโอติกต่ำสุดในผลิตภัณฑ์ที่แนะนำ เท่ากับ 10^6 cfu/g ประโยชน์ของการบริโภคโพรไบโอติก ได้แก่ การผลิตสารต้านจุลินทรีย์ เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และ/หรือ แบคทีริโอซิน ป้องกันการติดเชื้อในลำไส้ กระตุ้นการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกัน และลดอาการแพ้แลคโตส ซึ่งบทความนี้ แสดงภาพรวมเกี่ยวกับประโยชน์ของโพรไบโอติกต่อสุขภาพของผู้บริโภค

คำสำคัญ: โพรไบโอติก ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ประโยชน์ต่อสุขภาพ

Abstract

Probiotic products are generally defined as food supplements containing beneficial microbes that give health benefits to consumers. A good probiotic should be non-pathogenic, non-toxic and capable of exerting beneficial effect on the host. It should be present as viable cells and capable of surviving and metabolizing in the gut environment. The minimum count of probiotics in products is recommended at 10^6 cfu/g. The beneficial effect of probiotics consumption includes improving intestinal tract health, production of antimicrobial agents such as hydrogen peroxide and/or bacteriocin, protecting host from intestinal infection, stimulate immune responses and reducing symptoms of lactose intolerance. This article presents an overview on the health benefits of probiotics and their impact on consumers.

Keywords: probiotics, food supplement, health benefits

บทนำ

เริ่มแรกรากศัพท์ของคำว่าโพรไบโอติก (Probiotics = pro+ biotos) มาจากภาษากรีก-ลาติน “โพร หรือ pro” และ “ไบโอทอส หรือ ไบโอติก” (biotos หรือ biotic) ซึ่งหมายถึงมีชีวิต (for life) หรือส่งเสริม หรือ สนับสนุนชีวิต (in support of life) และมีผู้ให้ความหมายที่ต่างกันไป ซึ่งได้รวบรวมวิวัฒนาการของคำนิยามของคำว่า โพรไบโอติกเอาไว้^{4,6,8,17,18,25} ดังนี้

1. โพรไบโอติก พบได้ทั่วไปในอาหารประเภทผัก เช่น เต็มไปด้วยวิตามิน สารอะโรมาติก เอนไซม์ และสารอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการของสิ่งมีชีวิต (Kollath ปี 1953)
2. โพรไบโอติกตรงข้ามกับแอนติไบโอติก หรือ สารปฏิชีวนะ (Vergin ปี 1954)
3. ผลกระทบที่เกิดจากการใช้ยาปฏิชีวนะสามารถป้องกันได้ โดยการใช้โพรไบโอติก (Kolb ปี 1955)
4. สารหลังจากจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งสามารถกระตุ้นจุลินทรีย์อีกชนิดหนึ่ง (Lilly and Stillwell ปี 1965)

^{1,4} นิสิตปริญญาเอก, ⁵ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ, คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

² ผู้ช่วยนักวิจัย, ³ นักวิจัยอาวุโส ฝ่ายวิทยาศาสตร์ชีวภาพ, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

^{1,4} Doctoral degree student, ⁵ Assistant Professor, Department of Biotechnology, Faculty of Technology, Mahasarakham University

² Research assistant, ³ Senior research officer, Bioscience Department, Thailand Institute of Scientific and Technological Research

* Corresponding author. Tel.: +66 81 2612363; fax: +66 43 754 086. E-mail address: pariyaporn.i@msu.ac.th

5. สารสกัดของเนื้อเยื่อสามารถกระตุ้นการเจริญของจุลินทรีย์ (Sperti ปี 1971)
6. สิ่งมีชีวิตและสารจากสิ่งมีชีวิตช่วยปรับสมดุลภายในลำไส้ของผู้บริโภค (Parker ปี 1974)
7. อาหารสัตว์เสริมด้วยจุลินทรีย์ช่วยปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ของสัตว์ที่บริโภค (Fuller ปี 1989)
8. จุลินทรีย์มีชีวิตทั้งชนิดเดี่ยวหรือชนิดผสมซึ่งเมื่อนำมาใช้กับคนหรือสัตว์จะส่งผลต่อสุขภาพโดยการช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของจุลินทรีย์ประจำถิ่น (Havenaar ปี 1992)
9. จุลินทรีย์ที่มีชีวิตในผลิตภัณฑ์นมมีอิทธิพลในการส่งเสริมสุขภาพของผู้บริโภคและช่วยเพิ่มคุณค่าสารอาหาร (Salminen *et al.* ปี 1999)
10. แบคทีเรียที่มีชีวิต ทั้งเชื้อเดี่ยวและเชื้อผสมมีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค (Donohue and Salminen ปี 1996)
11. จุลินทรีย์ที่มีชีวิตเมื่อบริโภคในปริมาณที่เหมาะสม จะส่งผลดีต่อสุขภาพนอกเหนือจากสารอาหารพื้นฐานที่มี (Guarner and Schaafsma ปี 1998)
12. การเสริมอาหารด้วยจุลินทรีย์มีประโยชน์ทางกายภาพต่อผู้บริโภค โดยปรับปรุงเยื่อเมือกและระบบภูมิคุ้มกัน เช่นเดียวกับการปรับปรุงสมดุลทางโภชนาการและจุลินทรีย์ในระบบลำไส้ (Naidu *et al.* ปี 1999)
13. จุลินทรีย์ที่มีชีวิตในอาหารเสริมมีอิทธิพลต่อสุขภาพที่ดีของมนุษย์ (Salminen ปี 2001)
14. ปริมาณของจุลินทรีย์ที่มีชีวิตที่เพียงพอจะส่งผลให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพที่บ้าน (FAO/WHO ปี 2002)
15. จุลินทรีย์ที่มีศักยภาพเพื่อการบริโภคในมนุษย์หรือสัตว์ เพื่อการชักนำให้เกิดประโยชน์ในเชิงคุณภาพหรือปริมาณต่อระบบทางเดินอาหารและ/หรือการปรับระบบภูมิคุ้มกันของผู้บริโภค (Fuller ปี 2004)
16. ซึ่งจุลินทรีย์โพรไบโอติกที่ใช้กันมากจะอยู่ในกลุ่มของเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรีย (Lactic acid bacteria) สายพันธุ์ของเชื้อแบคทีเรียที่ไม่ผลิตกรดแลคติกและยีสต์ที่ไม่ทำให้เกิดโรค²⁰ จุลินทรีย์ที่ใช้เป็น โพรไบโอติกส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่ม *Lactobacillus* และ/หรือ *Bifidobacterium* และยังมีแบคทีเรียสายพันธุ์อื่นๆ เช่น *Enterococcus* หรือยีสต์ เช่น *Saccharomyces boulardii* ดังแสดงใน Table 1

Table 1 The most commonly used species of lactic acid bacteria in probiotic preparations^{5,11,19}

Microorganisms considered as probiotics	
<i>Lactobacillus</i> species	<i>Bifidobacterium</i> species
<i>L. acidophilus</i>	<i>B. adolescentis</i>
<i>L. bugaricus</i>	<i>B. animalis</i>
<i>L. casei</i>	<i>B. bifidum</i>
<i>L. crispatus</i>	<i>B. breve</i>
<i>L. fermentum</i>	<i>B. infantis</i>
<i>L. gallinarum</i>	<i>B. lactis</i>
<i>L. gasseri</i>	<i>B. longum</i>
<i>L. johnsonii</i>	
<i>L. lactis</i>	
<i>L. paracasei</i>	
<i>L. plantarum</i>	
<i>L. reuteri</i>	
<i>L. rhamnosus</i>	
Other lactic acid bacteria	Nonlactic acid bacteria
<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Bacillus cereus</i> var. <i>toyoi</i>
<i>E. faecium</i>	<i>Escherichia coli</i> strain nissle
<i>Lactococcus lactis</i>	<i>Propionibacterium freudenreichii</i>
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	
<i>Pediococcus acidilactici</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
<i>Sporolactobacillus inulinus</i>	<i>S. boulardii</i>
<i>Streptococcus thermophilus</i>	

เป็นแบคทีเรียแกรมบวก ไม่สร้างเอนไซม์คะตาเลส สามารถผลิตกรดแลคติกเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายในกระบวนการหมักคาร์โบไฮเดรต¹¹ *Lactobacillus* และ/หรือ *Bifidobacterium* เป็นกลุ่มหลักของแลคติกแอซิดแบคทีเรียที่ใช้ในการผลิตเป็นเชื้อโพรไบโอติก บีฟิโดแบคทีเรีย (*Bifidobacterium*) เป็นแบคทีเรีย แกรมบวก ไม่สร้างสปอร์ ไม่สร้างเอนไซม์คะตาเลส ไม่เคลื่อนที่ และไม่ต้องการอากาศในการเจริญ มีลักษณะรูปร่างทั้งแท่ง (short rod, curved rods, club-shaped rods) และรูปร่างคล้ายตัว Y ส่วน แลกโตบาซิลลัส (*Lactobacillus*) เป็นแบคทีเรีย แกรมบวก ไม่สร้างสปอร์ ไม่เคลื่อนที่ ไม่สร้างเอนไซม์คะตาเลส มีทั้งลักษณะเป็นแท่ง (rods) และแท่งสั้น (cocci) ต้องการอากาศเพียงเล็กน้อย แลคติกแอซิดแบคทีเรีย (Lactic acid bacteria: LAB) ในการเจริญ²² อีกสองสายพันธุ์ที่มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมอาหารโดยเฉพาะ

อย่างยิ่งผลิตภัณฑ์นม ได้แก่ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactococcus lactis* ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่สำคัญที่สุดในเชิงพาณิชย์ของแลคติกแอซิดแบคทีเรีย¹¹

หลักในการพิจารณาจุลินทรีย์โพรไบโอติก

หลักเกณฑ์ข้อกำหนดในการพิจารณาจุลินทรีย์ที่เป็นจุลินทรีย์โพรไบโอติกที่มีประสิทธิภาพมีดังนี้ (ดัดแปลงจาก^{3,9,10,15})

1. สามารถผลิตกรดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และ/หรือ แบคทีริโอซิน เพื่อต่อต้านการเจริญของเชื้อก่อโรค
2. ไม่เป็นจุลินทรีย์ก่อโรค
3. สามารถมีชีวิตอยู่ได้ในระบบทางเดินอาหาร
4. ทนทานต่อกรด เกลื่อน้ำดี เอนไซม์ และออกซิเจน
5. สามารถเกาะติดกับเยื่อเมือกในลำไส้
6. สามารถต่อต้านจุลินทรีย์
7. พิสูจน์ได้ว่ามีความปลอดภัย ไม่รุกราน ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง และไม่ก่อให้เกิดโรค
8. สามารถอาศัยร่วมกับจุลินทรีย์ประจำถิ่น

ประโยชน์ของโพรไบโอติก (Benefits of probiotics)

มีประวัติการนำแลคติกแอซิดแบคทีเรียมาใช้ในอาหารหมักอาหารพื้นเมืองและมีการยอมรับว่ามีความปลอดภัยในการบริโภคมาอย่างยาวนาน สายพันธุ์ที่ใช้กันมาก เช่น สายพันธุ์ *Lactobacillus* และ *Enterococcus* ซึ่งเริ่มใช้ในอาหารประเภทนมหมัก²² หลักการทำงานเบื้องต้นของจุลินทรีย์โพรไบโอติก ในการกำจัดเชื้อก่อโรค คือสามารถผลิตสารต้านจุลินทรีย์ เช่น กรดอินทรีย์ (organic acids) ไฮโดรเจน

เปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) และแบคทีริโอซิน (bacteriocins) นอกจากนี้แลคติกแอซิดแบคทีเรียยังมีการแข่งขันแย่งจับกับพื้นผิวของลำไส้ ซึ่งการกระทำนี้จะลดโอกาสในการตั้งรกรากของเชื้อก่อโรคที่ทำให้เกิดโรค จึงเป็นการป้องกันการติดเชื้อในลำไส้ของผู้บริโภค³ อีกทั้งแลคติกแอซิดแบคทีเรียยังสามารถสร้างเอนไซม์ต่างๆ ในลำไส้ที่ส่งผลต่อระบบการย่อยอาหารทั้งโปรตีนและไขมัน²⁰ กลไกที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มศักยภาพในการรักษาโรคที่เป็นประโยชน์ที่สำคัญของโพรไบโอติกมีการวิจัยและพิสูจน์แล้ว⁵ ปัจจัยที่ส่งผลต่อประโยชน์ของโพรไบโอติก ดังกล่าวขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ที่ใช้ ปริมาณในการบริโภคเข้าไป (ต่ำสุดในผลิตภัณฑ์ที่แนะนำเท่ากับ 10⁶ cfu/g(ml))¹¹ ระยะเวลาและความถี่ในการบริโภค และสภาพร่างกายของแต่ละบุคคล¹² ประโยชน์ของโพรไบโอติกในการบริโภค เช่น การปรับปรุงสุขภาพของระบบทางเดินอาหาร กระตุ้นและเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย สังกะระห์และเสริมสร้างการดูดซึมของสารอาหาร ช่วยลดอาการแพ้น้ำตาลแลคโตสจากนม และลดระดับคอเลสเตอรอลในเส้นเลือด^{5,16} ซึ่งในปัจจุบันมีการศึกษาพัฒนาการใช้โพรไบโอติกในอาหารและผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพอย่างกว้างขวาง และมีรายงานถึงประโยชน์ที่มีต่อสุขภาพในการบริโภค โพรไบโอติกมากมาย สรุปโดยรวมดัง Figure 1

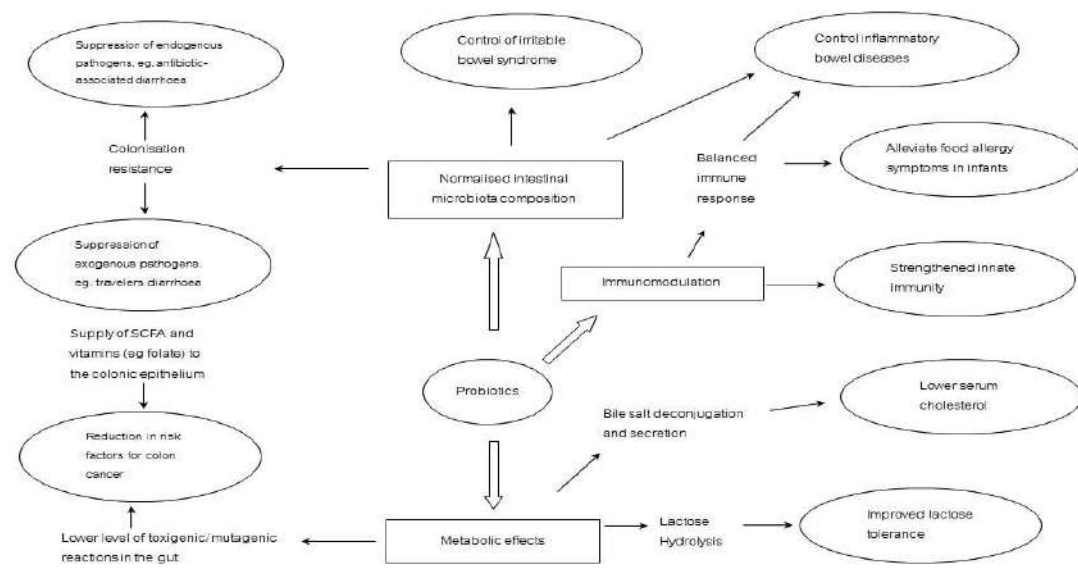


Figure 1 Various health benefits from probiotics consumption¹⁶

กิจกรรมการยับยั้งเชื้อก่อโรค (Antipathogenic activity)

โพรไบโอติกสามารถผลิตสารที่เป็นพิษต่อจุลินทรีย์ก่อโรค หรือเป็นสารต้านจุลินทรีย์ ได้แก่ กรดอินทรีย์ กรดไขมันอิสระ (free fatty acids) แอมโมเนีย (ammonia) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และแบคเทอรีโอซิน^{5,20} ซึ่งสามารถยับยั้งได้ทั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบภายในลำไส้ อีกทั้งจุลินทรีย์โพรไบโอติกสามารถเข้าไปแย่งจับแบบแข่งขันในการยึดเกาะกับผนังลำไส้กับจุลินทรีย์ก่อโรค¹ เป็นการปรับความสมดุลโดยการลดจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ก่อโรคที่เป็นอันตรายภายในลำไส้ได้อีกด้วย

ระบบภูมิคุ้มกันต่อร่างกาย (Immune response)

การตอบสนองต่อระบบภูมิคุ้มกันของโพรไบโอติกได้รับความสนใจและมีกรวิจัยอย่างกว้างขวาง ซึ่งพบว่า โพรไบโอติกสามารถเพิ่มการตอบสนองได้ทั้งแบบเฉพะเจาะจงและไม่เฉพะเจาะจง ทั้งที่ได้จากกระบวนการเมทาบอลิซึมขององค์ประกอบของผนังเซลล์ (peptidoglycans หรือ lipopolysaccharides) และดีเอ็นเอ โดยมีคุณสมบัติในการเพิ่มภูมิคุ้มกัน โดยการยับยั้งการเพิ่มจำนวนแบคทีเรีย การกระตุ้นเม็ดเลือดขาวชนิดโมโนไซต์ไปเป็นแมคโครฟาจ เพื่อกำจัดเชื้อโรคที่แปลกปลอมสู่ร่างกาย เพิ่มพื้นที่อวัยวะของระบบภูมิคุ้มกัน เช่น Payer's patches และการเพิ่มขึ้นของการหลั่งสารไซโตไคน์ (cytokines)^{5,14,16,17,21}

การสังเคราะห์สารอาหารและการดูดซึม (Nutrient synthesis and bioavailability)

การทำงานของจุลินทรีย์ในระหว่างการหมักหรือการย่อยในระบบทางเดินอาหาร แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณ ความสามารถพร้อมทำงาน และการย่อยสารอาหารบางชนิด โพรไบโอติกแบคทีเรียสังเคราะห์กรดอะมิโนบางชนิด ได้แก่ วิตามิน B เช่น กรดโฟลิกในผลิตภัณฑ์นม โนอะซิน และไรโบฟลาวินในโยเกิร์ต วิตามินบี 12 ในชีส และวิตามินบี 6 ในชีสเชดดาร์ (Cheddar cheese) และกรดแพนโทเทนิก (pantothenic) ซึ่งเป็นเอนไซม์ในกระบวนการเผาผลาญอาหารและช่วยลดความเครียดได้ด้วย^{4,12,16} นอกจากนี้ในการสังเคราะห์สารอาหารส่วนใหญ่แบคทีเรียโพรไบโอติกยังมีความสามารถในการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตได้หลากหลาย เช่น แลคโตสและบางสายพันธุ์ยังหลั่งเอนไซม์ย่อยโปรตีนและไขมัน เพื่อเพิ่มการดูดซึมโปรตีนและไขมัน และเพิ่มการผลิตกรดอะมิโนอิสระ (free amino acids) กรดไขมันสายสั้น (short chain

fatty acids : SCFA) กรดแลคติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทริกอีกด้วย^{16,20} โพรไบโอติกสามารถจับกับเอนไซม์ เพื่อย่อยสลายสารอาหารให้อยู่ในรูปที่ง่ายต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสารอาหาร²¹ อีกทั้งสารอาหารที่สังเคราะห์เหล่านั้นยังสามารถช่วยการดูดซึมสารอาหารเพิ่มขึ้นด้วย

การแพ้หรือภาวะไม่ย่อยน้ำตาลแลคโตส (Lactose intolerance)

ภาวะแพ้แลคโตส หรือไม่สามารถย่อยน้ำตาลแลคโตสได้ เป็นผลมาจากการขาดเอนไซม์เบต้ากาแลคโตซิเดส (beta-galactosidase) ในการย่อยน้ำตาล แลคโตสในนมที่เป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ไปเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส และ กาแลคโตส¹¹ อาการแพ้แลคโตสจะพัฒนามากขึ้นขึ้นน้อยกับอัตราการขนส่งแลคโตสในลำไส้ อิทธิพลจากปริมาณแรงดันและแคลอรี และความสามารถของจุลินทรีย์ประจำถิ่นของลำไส้ใหญ่ในการหมักแลคโตส²⁵ จุลินทรีย์โพรไบโอติก เช่น *Lactobacillus* และ *Bifidobacterium* เป็นจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเอนไซม์ เบต้ากาแลคโตซิเดส (beta-galactosidase) ในการเพิ่มประสิทธิภาพของการย่อยน้ำตาลแลคโตสในลำไส้และกระเพาะอาหาร^{5,21} และสามารถบรรเทาอาการและ/หรือช่วยปรับการย่อยน้ำตาลแลคโตสในบุคคลที่แพ้น้ำตาลแลคโตสด้วย¹⁰

การลดระดับคอเลสเตอรอล (Reduction of cholesterol)

คอเลสเตอรอลเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการทำงานหลายอย่างในร่างกายมนุษย์ ทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นในการผลิตฮอร์โมนและวิตามินบางชนิด รวมไปถึงการสังเคราะห์น้ำดีในตับ อีกทั้งยังเป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์และเซลล์ประสาท¹⁶ อีกด้วย จุลินทรีย์โพรไบโอติกสามารถเข้าไปจับกับโมเลกุลของคอเลสเตอรอลทำให้การทำงานลดประสิทธิภาพลง โดยการผลิตเอนไซม์ย่อยเกลือน้ำดี (Bile Salt hydrolase, BSH) เอนไซม์นี้จะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของกรดน้ำดีชนิดไกลซีนและทอรีนที่จับกับกรดอะมิโนแตกตัวเป็นเกลือน้ำดีอิสระ ซึ่งมีความสามารถในการละลายน้ำต่ำกว่าน้ำดี จึงทำให้ถูกดูดซึมได้น้อยและสามารถตกตะกอนได้ดี และถูกขับออกมาทางอุจจาระ ดังนั้นจึงทำให้ปริมาณของ เกลือน้ำดีที่ใช้ในตับและลำไส้เพื่อย่อยและดูดซึมไขมันในร่างกายลดลงด้วย ดังนั้นร่างกายจึงต้องสังเคราะห์น้ำดีขึ้นใหม่โดยใช้คอเลสเตอรอลจากตับ จึงทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลภายในตับลดลง อีกทั้งปริมาณที่ถูกส่งออกมาตามกระแสเลือดก็ลดลงด้วย เช่นกัน

สรุป

เป็นที่ยอมรับกันดีว่าในปัจจุบันจุลินทรีย์โปรไบโอติกมีประโยชน์ต่อผู้บริโภคในด้านต่างๆ อย่างมากมาย ซึ่งมีผู้สนใจทำการวิจัย และศึกษาคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติกที่มีความปลอดภัย และมีศักยภาพในการส่งเสริมสุขภาพด้านต่างๆ ของผู้บริโภค รวมทั้งความสามารถในการเจริญ สภาวะของการเจริญ และการผลิตสารสำคัญเป็นต้น แนวคิดในการนำจุลินทรีย์โปรไบโอติกมาใช้ในการป้องกันและรักษาโรคที่หลากหลายต่างๆ ของมนุษย์มีมายาวนานกว่าร้อยปี และมีการพัฒนาศักยภาพของจุลินทรีย์โปรไบโอติกมาเป็นลำดับจนไปถึงระดับโมเลกุล และคงยังพัฒนาต่อไปเรื่อยๆ ในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- Alvarez-Olmos MI, Oberhelman R A. Probiotic Agents and Infectious Diseases: A Modern Perspective on a Traditional Therapy. *Clinical Infectious Diseases* 2001;32:1567–76.
- Begley M, Hill C, Gahan CG. Bile salt hydrolase activity in probiotics. *Applied and Environmental Microbiology* 2006;72(3): 1729-1738.
- Both E, György É, Ábrahám B, Lányi Sz. Beneficial effects of probiotic microorganisms. A review. *Acta Universitatis Sapientiae-Alimentaria* 2011;4,44–58.
- Ezema C. Probiotics in animal production: A review. *Journal of Veterinary Medicine and Animal Health* 2013;5(11),308-316.
- Figuroa-González F, Cruz-Guerrero A, Quijano G. The Benefits of Probiotics on Human Health. *Microbial & Biochemical Technology* 2011;S1:003, 1-6.
- FAO/WHO. Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food. Report of a Joint FAO/WHO Working Group Report on Drafting Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food London, Ontario, Canada 2002.
- FAO/WHO. Health and Nutritional Properties of Probiotics in Food including Powder Milk with Live Lactic Acid Bacteria. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation on Evaluation of Health and Nutritional Properties of Probiotics in Food Including Powder Milk with Live Lactic Acid Bacteria. Córdoba, Argentina 2001.
- Fuller R. Probiotics in man and animals. *Journal of Applied Bacteriology* 1989; 66, 365-378.
- Gupta V, Garg R, Probiotics. *Indian Journal of Medical Microbiology* 2006;27(3): 202-9.
- Kailasapathy K, Chin J. Survival and therapeutic potential of probiotic organisms with reference to *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium* spp.. *Immunology and Cell Biology* 2000;78,80–88.
- Kechagia M, Basoulis D, Konstantopoulou S, Dimitriadi D, Gyftopoulou K, Skarmoutsou N, Maria Fakiri E. Health benefits of probiotics: A review. Hindawi Publishing Corporation ISRN Nutrition 2013;1-7.
- Kopp-Hoolihan L. Prophylactic and therapeutic uses of Probiotics: view. *Journal of the American Dietetic Association* 2001;101,229-238.
- Liong MT, Shah NP. Bile salt deconjugation ability, bile salt hydrolase activity and cholesterol co-precipitation ability of *lactobacilli* strains. *International dairy journal* 2005;15:391-398.
- Musa HH, Wu SL, Zhu CH, Seri HI, Zhu GQ. Potential Benefits of Probiotics in Animal Production and Health. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 2009;8 (2),313-321.
- Ötles S, Cagındı O, Akcicek E. Probiotics and Health. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention* 2003;4, 369-372.
- Parvez S, Malik KA, Kang S, Kim H-Y. Probiotics and their fermented food products are beneficial for health. *Journal of Applied Microbiology* 2006;100,1364-5072.
- Salminen S. Human studies on probiotics: Aspects of scientific documentation. *Scandinavian Journal of Nutrition/Naringsforskning* 2001;45:8-12
- Salminen S, Ouwehand A, Benno Y, Lee YK. Probiotics: how should they be defined?. *Trends in Food Science & Technology* 1999;10,107-110.
- Senok AC, Ismaeel AY, Botta GA. Probiotics: facts and myths. *Clinical Microbiology and Infectious Disease* 2005;11, 958–966.
- Senthil R, Arulkanna P. Benefits of probiotics: A review. *International Journal of Current Research* 2010;8,079-081.

21. Singh K, Kallali B, Kumar A, Thaker V. Probiotics: A review. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 2011;287-290.
22. Socol CR, de Souza-Vandenberghe L. P., Spier, M. R., Pedroni-Mederios, A. B., Yamaguishi, C. T., et al. The potential of probiotics: a review. *Food Technology and Biotechnology* 2010; 48,413-434.
23. Sudha, MR., Chauhan, P., t, K., Babu, S, Jamil K. Probiotics as complementary therapy for hypercholesterolemia. *Biology and Medicine* 2009;1 (4),1-13.
24. Suvarna VC, Bobby VU. Probiotics in human health: A current Assessment. *Current Science* 2005;88(11), 1744-1748.
25. Vasiljevic T, Shah NP. Probiotics—From Metchnikoff to bioactives. *International Dairy Journal* 2008;18,714–728.

กาวเครือขาว : ราชีนีแห่งสมุนไพรไทย

Pueraria mirifica : Queen of Thai Herb

อัญชลี ชุ่มบัวทอง^{1*}

Anchalee Choombuathong^{1*}

Received: 20 June 2014; Accepted: 30 September 2014

บทคัดย่อ

Pueraria mirifica เป็นพืชในวงศ์ Leguminosae เป็นสมุนไพรไทยที่มีลักษณะเป็นไม้เถา มีชื่อเรียกในประเทศไทยว่า “กาวเครือขาว” กาวเครือขาวแต่ดั้งเดิมมีประโยชน์ใช้เป็นยาแผนไทยเพื่อฟื้นฟูสภาพของสตรีวัยทอง เนื่องจากมีส่วนประกอบที่เป็นเอสโตรเจนจากพืชจะช่วยบรรเทาอาการของสตรีวัยทองซึ่งเป็นผลจากการผลิตเอสโตรเจนในร่างกายลดลง เช่น อาการร้อนวูบวาบ กระสับกระส่าย ผั่งช่องคลอดและท่อปัสสาวะจะบางลงและแห้ง สูญเสียมวลกระดูก เพิ่มไขมันชนิด low density lipoprotein (LDL) นอกไม่หลับ อารมณ์แปรปรวน และหงุดหงิดง่าย จากผลของเอสโตรเจนจากธรรมชาติที่คล้ายกับในร่างกายจึงทำให้กาวเครือขาวช่วยรักษาสมดุลของฮอร์โมนเพศในสตรีวัยทอง เช่น ป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด โรคกระดูกพรุน อวัยะต่างๆ ในระบบสืบพันธุ์ และอาการของสตรีวัยทองอื่นๆ อย่างไรก็ตามขนาดยาที่เหมาะสมเพื่อประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการรักษาควรพิจารณาอย่างเหมาะสม อีกทั้งควรมีการศึกษากลไกการออกฤทธิ์ในระดับชีวโมเลกุลเพิ่มเติม

คำสำคัญ : กาวเครือขาว เอสโตรเจนจากพืช สตรีวัยทอง อาการของสตรีวัยทอง

Abstract

Pueraria mirifica Airy Shaw et Suvatabandhu is a plant belonging to the family Leguminosae. This plant is a Thai vine herbal plant, known in Thai as “Kwao Kreur Kao”. It has been utilized in Thai folklore medicine as a rejuvenating qualities in older women. *Pueraria mirifica*, containing phytoestrogens, contains similar estrogen-like compounds, relatively alleviated the climacteric symptoms in menopausal women result from reducing level of estrogen, such as hot flashes, frustration, vaginal and urethral dryness, bone loss, increase low density lipoprotein, sleep disorder and mood swing. These natural agents function like estrogen in the body. Thus *Pueraria* plays a valuable role in helping to maintain a healthy hormone balance in menopausal women. Once is the mainstay for managing menopausal symptoms and helping to improve cardiovascular function, osteoporosis, reproductive organs and climacteric related symptoms. However the appropriate uses for effective and safe doses need to be concerned before treatment and biomolecular mechanism of action need to be investigated further.

Keywords : *Pueraria mirifica*, phytoestrogen, menopausal women, climacteric symptoms

บทนำ

กาวเครือขาว มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Pueraria mirifica* Airy Shaw et Suvatab. เป็นพืชตระกูลถั่ว (วงศ์ Leguminosae) เป็นไม้เถา ขึ้นกับต้นไม้หรือเลื้อยไปบนดิน ก้านใบหนึ่งมี 3 ใบ ใบเล็กกว่าชนิดแดง หัวคล้ายมันแกว ขนาดของหัวจะขึ้นอยู่กับ

กับลักษณะดิน การใช้ทำยาให้เลื้อกหัวแก่ สารที่ออกฤทธิ์สำคัญที่พบในหัวกาวเครือเป็นสารที่ออกฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนในพืชหญิง (phytoestrogens) ได้แก่ miroestrol และ deoxymiroestrol สรรพคุณของกาวเครือในสมัยก่อนเป็นยาอายุวัฒนะสำหรับผู้สูงอายุใช้ได้ทั้งหญิงและชาย ทำให้

^{1*} สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

^{1*} Department of Biological Science, Faculty of Science and Technology, Huachiew Chalermprakiet University

E-mail ru_unchalee@hotmail.com

กระชูดกระชวยทำให้ผิวหนังเหี่ยวยุบกลับเต่งตึงมีน้ำมีนวล กระตุ้นเต้านมขยายตัว สตรีที่มีปัญหาปวดประจำเดือน และประจำเดือนมาไม่สม่ำเสมอ เมื่อรับประทานกวาวเครือขาวแล้ว จะทำให้ประจำเดือนมาเป็นปกติ รวมทั้งจะทำให้ร่างกายสดชื่น คลายเครียด และนอนหลับสบาย จากผลของกวาวเครือที่ได้ใช้เป็นยามาตั้งแต่ในครั้งโบราณ จึงเป็นที่มาของการทำวิจัยถึงการออกฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ชีวภาพและคลินิก อย่างกว้างขวางในปัจจุบันทั้งในสัตว์ทดลองและในคน เพื่อให้ทราบคุณสมบัติกลไกการออกฤทธิ์รวมทั้งการศึกษาทางพิษวิทยาในสัตว์ทดลองด้วยเช่นกัน

กวาวเครือขาว (Kwao Kru Kao)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Pueraria mirifica* Airy Shaw et Suvatab.⁽¹⁾

วงศ์ : Leguminosae

ลักษณะโดยทั่วไปของพืช :

กวาวเครือขาวมีลักษณะต้นเป็นไม้เถาเนื้อแข็งขนาดใหญ่ มักเกิดตามป่าดงดิบเขาสูง และพบมากในภาคเหนือ เถาจะเจริญเติบโตพันหรือยึดเกาะกับต้นไม้ใหญ่ ใบมีลักษณะเป็นใบประกอบแบบนิ้วมือมีใบย่อย 3 ใบขนาดใหญ่ มีรูปทรงเป็นรูปไข่กว้าง 8-15 ซม ยาว 10-20 ซม ใบมีสีเขียวคล้ายกับใบถั่วคล้า ออกดอกเป็นช่อสีม่วง มีฝักเล็กแข็ง มีขนแข็ง คล้ายฝักถั่วแระ เมื่อฝักแก่และแห้งก็จะแตกกระจายเมล็ดลงสู่พื้นเพื่อแพร่พันธุ์ต่อไป กวาวเครือขาวมีหัวอยู่ที่ปลายราก มีลักษณะกลมหรือยาวรี หัวกวาวเครือขาวจะขุดไปใช้ได้ก็ต่อเมื่อใบร่วงหมดแล้ว หัวใต้ดินจะมีลักษณะเป็นหัวแข็งใหญ่ มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 15-25 ซม รูปร่างคล้ายหัวมันแกว (รูปที่ 1)⁽²⁾

สารสำคัญสารที่ออกฤทธิ์สำคัญที่พบในหัวกวาวเครือขาวเป็นสารที่ออกฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนในพืชหญิง (phytoestrogens) ได้แก่ miroestrol^(3,4,5) และ deoxymiroestrol⁽⁶⁾ ซึ่งมีฤทธิ์แรงแต่มีปริมาณน้อยและมี phytoestrogens ที่มีฤทธิ์อ่อนแต่มีปริมาณมากกว่า จำพวก isoflavones^(7,8) อีกรหลายชนิด เช่น daidzein, genistein, daidzin, genistin, puerarin, mirificin อย่างไรก็ตามฤทธิ์เอสโตรเจนิกในแต่ละภาคของประเทศไทยจะมีความแตกต่างกัน จากการศึกษาผลของกวาวเครือขาวที่เก็บจาก 25 จังหวัดในประเทศไทยเปรียบเทียบกับฤทธิ์ของฮอร์โมนเอสโตรเจนโดยใช้วิธีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของชนิดเซลล์ของเยื่อบุช่องคลอดหนูขาวเพศเมียตัดรังไข่ ผลการทดสอบพบว่ามีความแตกต่างของฤทธิ์เอสโตรเจนิก โดยกวาวเครือขาวจากจังหวัดกาญจนบุรี แม่ฮ่องสอน และราชบุรี มีฤทธิ์เอสโตรเจนิกสูงสุด 3 อันดับแรก ในขณะที่กวาวเครือขาวจากจังหวัดเพชรบุรี อุตรดิตถ์ และ

ชัยภูมิ มีฤทธิ์ต่ำสุด 3 จังหวัดแรก ผลการศึกษาเป็นประโยชน์ต่อการเก็บหัวกวาวเครือขาวจากจังหวัดต่าง ๆ ไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์โดยสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการคัดเลือกแหล่งกวาวเครือขาวที่มีฤทธิ์เอสโตรเจนิกในระดับสูงได้⁽⁹⁾



Figure 1 Leaf and tuber of White Kwao Kru⁽²⁾

การออกฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ชีวภาพของสมุนไพรกวาวเครือขาว

ผลเกี่ยวกับการรักษาอาการในวัยหมดระดู

วัยหมดระดู (post menopause)⁽¹⁰⁾ คือสภาวะหมดประจำเดือนโดยที่ประจำเดือนไม่มามากกว่า 1 ปีขึ้นไป มีการเสื่อมสภาพของการทำงานของรังไข่ (การลดระดับของเอสโตรเจน) อายุเฉลี่ยของสตรีวัยหมดระดูจะอยู่ในช่วง 45 - 55 ปี จากผลของการขาดฮอร์โมนเอสโตรเจนข้างต้น จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่ออวัยวะหรือระบบต่างๆ ในร่างกายของสตรีวัยทองได้หลายประการ ดังนี้ 1. อาการทางระบบประสาทอัตโนมัติ จะพบอาการร้อนวูบวาบตามร่างกาย หน้าอก ไบหน้า เหงื่อออก ใจสั่น อาการมักเกิดตอนกลางคืน ทำให้นอนไม่หลับหรือหลับไม่สนิท อ่อนเพลีย เรียกกลุ่มอาการเหล่านี้ว่า hot flushes หรือ hot flashes 2. อาการทางระบบสืบพันธุ์ ผังช่องคลอดจะบางลง แห้ง สูญเสียความยืดหยุ่น อาจมีอาการแสบร้อนบริเวณปากช่องคลอดเมื่อมีการหย่อนยานของมดลูก และช่องคลอด และจะรู้สึกเจ็บเมื่อมีเพศสัมพันธ์ ความต้องการทางเพศจะลดลง 3. อาการทางระบบขับถ่ายปัสสาวะ จะมีการบางตัวของท่อปัสสาวะ และเสียความยืดหยุ่นของทางเดินปัสสาวะ กล้ามเนื้อของผนังกระเพาะปัสสาวะและหูรูดของท่อปัสสาวะหย่อนยานทำให้กลั้นปัสสาวะไม่อยู่ 4. อาการทางระบบกระดูก เมื่อระดับเอสโตรเจนลดลง เนื้อกระดูกจะมีการสลายมากกว่าการสร้าง จึงทำให้วัยหมดระดูมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุน (osteoporosis) ได้ ซึ่งในสตรีสูงอายุกระดูกจะเปราะและหักง่าย 5. ผลต่อปริมาณ LDL cholesterol เพิ่มขึ้น เป็นผลจากการลดลงของปริมาณฮอร์โมนเอสโตรเจน

6. อาการทางผิวหนัง ผิวหนังจะบางและแห้งมีความต่งตึงลดลง เพราะร่างกายสร้างคอลลาเจนลดลง 7. อาการทางจิตใจและอารมณ์ อารมณ์จะแปรปรวน หงุดหงิดง่าย ไม่มีสมาธิ หลงลืมได้ง่าย ตั้งแต่ปี พ.ศ.2542 ในช่วงที่คนกำลังให้ความสนใจ “กาวเครือขาว” มีคณะผู้วิจัยหลายคณะที่ให้ความสำคัญในการศึกษาผลของกาวเครือขาวในการออกฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนที่ได้จากพืช (phytoestrogen) อย่างต่อเนื่อง

การศึกษาฤทธิ์เอสโตรเจนิก (Estrogenic effect)

ในกาวเครือขาว

การศึกษาในคน

วีระพล จันทรตี้อย่าง และสุรัชย์ ล้าเลิศกิตติกุล (2550)⁽¹¹⁾ ที่ทำการศึกษาผลของกาวเครือขาวต่ออาการขาดเอสโตรเจนในหญิงวัยก่อนและหลังหมดประจำเดือน โดยได้ดำเนินการเป็น 3 ระยะคือ ระยะที่ 1 ศึกษาในหญิงวัยก่อนและหลังหมดประจำเดือน ซึ่งมีอาการหงุดหงิดง่าย ตื่นเต้นง่าย เหนื่อย ปวดข้อ ปวดกล้ามเนื้อ ช่องคลอดแห้ง เจ็บขณะมีเพศสัมพันธ์ สูญเสียความมั่นใจ ความพึงพอใจทางเพศ ปัสสาวะแสบขัด กลั้นปัสสาวะไม่อยู่ ฯลฯ ให้กินกาวเครือขาวชนิดแคปซูล ขนาด 50, 100 มก/วัน ติดต่อกัน 6 เดือน เพื่อศึกษาความปลอดภัยและผลข้างเคียงของการใช้กาวเครือขาวในสตรีวัยใกล้หมดและหมดระดู เพื่อรักษาอาการ vasomotor (อาการร้อนวูบวาบ เหงื่อออกกลางคืน) และอาการร่วมอื่น ๆ ประเมินอาการด้วย The modified Greene climacteric scale (MGCS) [เป็นสเกลที่ประเมินอาการของวัยหมดประจำเดือน ถ้ามีค่ามากกว่า 15 ขึ้นไป แสดงว่ามีการขาดเอสโตรเจน] พบว่ามีค่าลดลงจาก 44.1 เป็น 26, 17 และ 11.1 ในช่วงระยะเวลาที่ให้ 1, 3 และ 6 เดือน ตามลำดับ ต่อมาศึกษาในระยะที่ 2⁽¹²⁾ เป็นการศึกษาต่อเนื่องจากระยะที่ 1 ให้สตรีวัยใกล้หมดและหมดระดูกินกาวเครือขาว ขนาด 50, 100 มก/วัน 6 เดือน เพื่อรักษาอาการ vasomotor และอาการร่วมอื่น ๆ ที่ไม่พึงประสงค์ เช่น อาการปวดเจ็บขณะมีเพศสัมพันธ์ หรือเครียดจากการประเมินด้วย MGCS ในกลุ่มที่ให้กาวเครือขาวขนาด 50 มก ลดลงจาก 35.6 เป็น 26.6, 17.2 และ 15.1 ในช่วงระยะเวลาที่ให้กินกาวเครือขาว 1, 3 และ 6 เดือน และกลุ่มที่ให้ 100 มก ลดลงจาก 32.6 เป็น 21.0, 14.8 และ 13.6 ในระยะเวลา 1, 3 และ 6 เดือน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเอสโตรเจนในเลือดจะขึ้น ๆ ลง ๆ และ ฮอร์โมน FSH และ LH ค่อนข้างคงที่ แสดงว่าไม่รบกวนฮอร์โมนเพศปกติในร่างกาย และการศึกษาในระยะที่ 3⁽¹³⁾ ศึกษาผลของกาวเครือขาวเปรียบเทียบกับ conjugate equine estrogen (EE) ร่วมกับ medroxyprogesterone acetate (MPA) รักษาอาการของวัยก่อนหมดประจำเดือน ในกลุ่มแรก ให้กาวเครือขาวขนาด 50 มก/วัน และอีกกลุ่มให้ 0.625 มก ของ EE ร่วมกับ 2.5 มก.ของ MPA ผลวัดจาก

MGCS กลุ่ม 1 ลดลงจาก 29.0 เป็น 17.86, 12.56 และ 9.9 ในระยะเวลา 1, 3 และ 6 เดือน ตามลำดับ และ กลุ่ม 2 ลดลงจาก 32.26 เป็น 18.1, 9.57 และ 8.16 ในระยะเวลา 1, 3 และ 6 เดือน ตามลำดับ ผลการศึกษาตลอดทั้ง 3 ระยะพบว่า กาวเครือขาวมีฤทธิ์เอสโตรเจนที่จะบรรเทาอาการของสตรีวัยหมดระดูและเมื่อเปรียบเทียบกับกาวเครือขาวที่มีส่วนประกอบของ phytoestrogen ให้ผลคล้ายคลึงกับ EE ซึ่งเป็นฮอร์โมนทดแทนในสตรีวัยหมดระดู

อีกทั้งการศึกษาเมื่อให้กาวเครือขาวจากผงแห้งขนาด 200 มก ในหญิงวัยหมดระดู 4 เดือน จำนวน 5 คน ผลคือ กาวเครือขาวบรรเทาอาการของวัยหมดระดู เช่น อาการร้อนวูบวาบ (hot flashes) ความรู้สึกไม่สบายใจ กระสับกระส่าย (frustration) อาการนอนไม่หลับ ผิวหนังแห้ง⁽¹⁴⁾

ส่วนการศึกษาเพื่อประเมินผลของกาวเครือขาวต่อความผิดปกติของช่องคลอดในหญิงวัยหมดระดู โดยให้กินกาวเครือขาวขนาด 20, 30, 50 มก/วัน 24 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มที่มีอาการช่องคลอดแห้ง (vaginal dryness) จะมีอาการลดลงภายหลังจากได้กาวเครือขาวแล้ว 12 สัปดาห์ และกาวเครือขาวสามารถเพิ่มดัชนีการเจริญของเซลล์ (vaginal maturation index) (parabasal : intermediate : superficial cells = 46 : 43 : 11 เป็น 11 : 65 : 24) และไม่มีผลแตกต่างของผลข้างเคียงของกาวเครือ ผลการศึกษาพบว่ากาวเครือขาวสามารถบรรเทาอาการช่องคลอดแห้ง ช่วยในการบรรเทาอาการปวดขณะมีเพศสัมพันธ์ ช่วยบรรเทาอาการผ่อลื่นของผนังช่องคลอดได้ดีขึ้น⁽¹⁵⁾

การศึกษาในสัตว์ทดลอง

การศึกษาในสัตว์ทดลองที่ตัดรังไข่เพื่อทำให้ขาดเอสโตรเจนคล้ายในวัยหมดประจำเดือน เช่น การศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์เอสโตรเจนระหว่างเอสโตรเจนสังเคราะห์ (estradiol valerate) ไฟโตเอสโตรเจนสังเคราะห์ (genistein) และสารไฟโตเอสโตรเจนจากสมุนไพรคือ Pueraria lobata (กาวเครือจากประเทศเกาหลี) และ Pueraria mirifica โดยวิธี vaginal cytology assay ในหนูแรทเพศเมียที่ตัดรังไข่ ตรวจการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ที่ผนังช่องคลอดโดยวิธี vaginal cytology assay และตัดมดลูกมาชั่งน้ำหนัก (uterotropic assay) พบว่า กลุ่มอื่น ๆ ไม่มีผลต่อการเจริญของเซลล์ที่ผนังช่องคลอด ในขณะที่ estradiol valerate และ Pueraria mirifica สามารถกระตุ้นให้เกิดการเจริญของเซลล์ที่ผนังช่องคลอดและการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักมดลูก⁽¹⁶⁾ แสดงถึงผลของกาวเครือที่ช่วยลดอาการช่องคลอดแห้งในสตรีวัยหมดระดู

นอกจากนี้กาวเครือขาวยังมีผลต่ออวัยวะสืบพันธุ์ในหนูขาวที่ตัดรังไข่ เมื่อให้กาวเครือขนาด 25 มก/วัน ติดต่อกัน 14 วัน พบว่าจะช่วยทำให้ปากช่องคลอดขยายใหญ่ขึ้น

[เนื้อเยื่อบุผิวของบริเวณปากช่องคลอดเป็นชนิด stratified squamous epithelium จะมีการเจริญมากขึ้น (hyperplasia)] มดลูกมีขนาดใหญ่และน้ำหนักเพิ่มขึ้น⁽¹⁷⁾ รวมทั้งยังมีผลต่อเนื้อเยื่อทั้งที่บริเวณปากช่องคลอดและท่อปัสสาวะ เมื่อให้กาวาเครือขาวขนาด 100 และ 1000 มก/กก และให้ estradiol ติดต่อกัน 28 วัน ในหนูที่ตัดรังไข่ ก่อนการให้กาวาเครือขาวจะตรวจดูเนื้อเยื่อที่บริเวณปากช่องคลอดและท่อปัสสาวะก่อน 30 วัน เมื่อสิ้นสุดการให้กาวาเครือขาวจะทำการตรวจอีกครั้งพบว่าทั้ง 3 กลุ่ม มีจำนวนของเซลล์ที่ผนังช่องคลอดและท่อปัสสาวะเพิ่มขึ้น และพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของ residual urine (ปัสสาวะค้าง หมายถึง จำนวนปัสสาวะที่ยังคงเหลืออยู่ในกระเพาะปัสสาวะ ภายหลังจากถ่ายปัสสาวะแล้ว) แสดงถึงความสามารถของกล้ามเนื้อผนังกระเพาะปัสสาวะและปัสสาวะในการขับถ่ายปัสสาวะออกได้หมด⁽¹⁸⁾

ส่วนผลของกาวาเครือขาวต่อระดับฮอร์โมนเพศที่ศึกษาในหนูแรททั้ง 2 เพศ โดยการทำให้ gonadectomy (ในหนูเพศผู้จะมีการตัดอัณฑะ และเพศเมียจะตัดรังไข่) ให้กาวาเครือขาวขนาด 10, 100 และ 1000 มก/กก แบ่งการศึกษาเป็น 3 ช่วง คือก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง และหลังการทดลอง แต่ละช่วงมีระยะเวลา 14 วัน ตัวอย่างเลือดถูกวัดสัปดาห์ละครั้ง ระดับของ LH และ FSH จะเพิ่มขึ้นใน 1 สัปดาห์หลังจากการทำ gonadectomy และไม่มีเปลี่ยนแปลงหลังจากการทดลอง ส่วน LH มีการเพิ่มขึ้นในทั้งสองเพศ ในขณะที่ FSH เพิ่มขึ้นเฉพาะในเพศเมีย และจะลดลงหลังจากให้ 1000 มก 1 สัปดาห์ LH ในเพศผู้ที่ลดลงจะน้อยกว่าในเพศเมีย การลดลงของระดับฮอร์โมนเพศจะดีขึ้นใน 1 สัปดาห์สำหรับเพศผู้และ 2 สัปดาห์ในเพศเมีย หลังจากให้การรักษา น้ำหนักมดลูก และการเปลี่ยนแปลงของชนิดเซลล์ของเยื่อบุช่องคลอด (vaginal cornification) กลับมาเพิ่มขึ้นในกลุ่มที่ให้ขนาด 100 และ 1000 มก ในขณะที่น้ำหนักของ epididymis ในเพศผู้ จะเพิ่มเฉพาะที่ให้ขนาด 1000 มก เท่านั้น ผลการศึกษาพบว่ากาวาเครือขาวมีผลต่อระบบสืบพันธุ์ทั้งในเพศผู้และเมีย แต่มีผลในเพศเมียมากกว่า⁽¹⁹⁾

การศึกษาผลของกาวาเครือขาวต่อการสูญเสียมวลกระดูกและการเปลี่ยนแปลงของไขมันในร่างกายจากการขาดฮอร์โมนเอสโตรเจนในวัยหมดระดูในคน

โดยการวัดระดับฮอร์โมนพาราไทรอยด์ ในกระแสเลือด (serum parathyroid hormone; PTH มีหน้าที่กระตุ้น osteoclastic cells ในกระดูก ทำให้มีการนำแคลเซียมและฟอสเฟตออกจากกระดูกเข้าสู่กระแสเลือด) และ Ca^{2+} ในลิวูยหมดระดู ที่ให้กาวาเครือขาวขนาด 10, 100 และ 1000 มก/วัน เก็บตัวอย่างเลือดทุก 5 วัน ภายใน 30, 60 และ 90 วัน ผลคือ

กาวาเครือขาวขนาด 1000 มก/วัน จะลดปริมาณ PTH และ Ca^{2+} ได้มากที่สุด ในขณะที่กาวาเครือขาว 10 มก/วันจะลดได้ในวันที่ 80 และ 75 ส่วนขนาด 100 มก/วัน ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ PTH และ Ca^{2+} ⁽²⁰⁾

รวมทั้งการศึกษาเพื่อเพิ่มคุณภาพชีวิตของสตรีวัยหมดระดูในด้าน การเปลี่ยนแปลงของไขมันในร่างกายซึ่งเป็นผลจากการขาดเอสโตรเจน ได้แก่ การศึกษาเพื่อประเมินผลของกาวาเครือขาวต่อ Lipid profile and biochemical markers of bone turnover rates ให้กาวาเครือขาวขนาด 20, 30 และ 50 มก/วัน ในสตรีวัยหมดประจำเดือน เป็นเวลา 24 สัปดาห์ วัด Lipid profile การตรวจวัดดัชนีการทำงานของเซลล์กระดูก (bone-specific alkaline phosphatase) ประเมินความปลอดภัยของกาวาเครือขาวโดยวัดความหนาตัวของผนังมดลูก (endometrium thickness) เนื้อเยื่อของเต้านม (breast tissue) ลักษณะทางจุลกายวิภาคของผนังมดลูก (endometrial histology) อัลตราซาวด์เต้านม และตรวจความสมบูรณ์ของเลือด (complete blood count; CBC) ทดสอบการทำงานของตับและไต ผลการศึกษาพบว่าทั้งกลุ่มที่ให้กาวาเครือขาวและควบคุม มีค่าไขมันไตรกลีเซอไรด์เพิ่มขึ้นร้อยละ 15 กลุ่มที่ให้กาวาเครือขาวจะมีค่า bone-specific alkaline phosphatase ลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม [ค่า bone-specific alkaline phosphatase biochemical marker of bone turnover จะช่วยในการวินิจฉัยเพื่อดูภาวะการหมุนเวียนของกระดูก (bone turnover) หากมีค่าสูงจะแสดงถึงการมีความเสี่ยงที่จะเป็นโรคกระดูกพรุนได้มาก] หากผลการศึกษา มีค่าลดลงแสดงถึงความปลอดภัยในการใช้กาวาเครือขาว ส่วนความหนาตัวของผนังมดลูก (endometrium thickness) ไม่แตกต่างกันในทั้งสองกลุ่ม รวมทั้งการตรวจทางจุลกายวิภาคของผนังมดลูก การเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเต้านม CBC การทำงานของตับและไตก็ไม่พบการเปลี่ยนแปลงในทั้งสองกลุ่ม⁽²¹⁾

เมื่อศึกษาการให้กาวาเครือขาวขนาด 100 มก/กก/วัน ในกระต่ายที่ตัดรังไข่เป็นเวลา 90 วัน ผลพบว่า กาวาเครือขาวทำงานโดยเพิ่มการทำหน้าที่ของเยื่อบุผิวหลอดเลือด (endothelial function) ผ่าน Nitric oxide - dependent pathway (NO-dependent pathway) และเพิ่มการตอบสนองต่อ 17 – estradiol (E_2) ในขณะที่ความไวต่อฮอร์โมนเอ็นอีเฟริน (NE) ลดลง และไม่พบการเปลี่ยนแปลงของระดับคอเลสเตอรอล LDL, triglyceride และ HDL ในเลือด รวมทั้งไม่ส่งผลต่อเอ็นซีเอ็มในตับ ผลการศึกษาเบื้องต้นนี้กล่าวได้ว่ากาวาเครือขาวสามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือดจากภาวะขาดเอสโตรเจนได้⁽²²⁾

อีกทั้งการศึกษาถึงผลของกาวเครือขาวต่อการชะลอการเกิดกระดูกพรุนในสตรีวัยหมดประจำเดือน เมื่อระดับเอสโตรเจนลดลง เนื้อกระดูกจะมีการสลายมากกว่าการสร้าง ให้กาวเครือขาวขนาด 10, 100 และ 1000 มก/กก เป็นเวลา 90 วัน ในหนูเพศเมียที่ตัดรังไข่ ที่จะสูญเสียมวลกระดูกเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ให้ 17-alpha-ethinylestradiol; EE วัดปริมาณแร่ธาตุ (Bone mineral content; BMC) และความหนาแน่นของกระดูก (Bone mineral density; BMD) พบว่าขนาดของกาวเครือขาว 100 และ 1000 มก/กก จะสามารถป้องกันการสูญเสียมวลกระดูก (bone loss) บริเวณที่เป็นเนื้อกระดูกพรุน (trabecular bone) ทั้งในส่วน BMC และ BMD จึงกล่าวได้ว่าผลของกาวเครือขาวอยู่ในระดับที่เทียบเคียงกับ EE ซึ่งเป็นฮอร์โมนทดแทน⁽²³⁾

การศึกษาฤทธิ์เอสโตรเจนต่อตัวรับของเอสโตรเจน จากฤทธิ์เอสโตรเจนจากพืช พบว่า isoflavones ที่ชอบจับกับ β -estrogen receptor ได้แก่ genistein และ daidzein ที่จับได้มากที่บริเวณระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system; CNS) กระจกตา ผังหลอดเลือดและระบบขับถ่ายปัสสาวะ ซึ่งจะแสดงผลของเอสโตรเจนต่อเนื้อเยื่อหรืออวัยวะนั้นๆ^(24,25) และพบอยู่ในกาวเครือขาว คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาฤทธิ์เอสโตรเจนในกาวเครือขาวต่อ α -estrogen receptor ($ER\alpha$) และ β -estrogen receptor ($ER\beta$) ได้แก่วิจัยผลของกาวเครือขาวในการต้านการเจริญของเนื้อเยื่อของมะเร็งเต้านมโดยให้กาวเครือขาวขนาด 10, 100 และ 1000 มก/กก เป็นเวลา 4 สัปดาห์ จากนั้นเหนี่ยวนำให้หนูเป็นมะเร็งเต้านมโดยการฉีดเพียงครั้งเดียวด้วย 7,12-Dimethylbenz[a]anthracene (7,12-DMBA) จากนั้นวัดขนาดของก้อนเนื้องอกทุก 4 สัปดาห์เป็นเวลา 20 สัปดาห์ และผ่าตัดออกมาสังเกตลักษณะของเนื้อเยื่อ และทำ monoclonal antibody ต่อ $ER\alpha$ and $ER\beta$ พบว่า กาวเครือขนาด 1000 มก/กก จะช่วยลดความรุนแรงและการเจริญของมะเร็งเต้านมที่ดี ด้วยการแย่งจับกับไฟโตเอสโตรเจน ผ่านทาง $ER\alpha$ ⁽²⁶⁾

รวมทั้งการศึกษาที่ให้กาวเครือขนาด 50 มก.ต่อวัน แก่สตรีวัยหมดประจำเดือน ติดต่อกันเป็นเวลา 2 เดือน มีผลช่วยให้ lipid metabolism profile ดีขึ้นโดยเพิ่ม HDL และลด LDL ซึ่งเป็นผลจากการกระตุ้น estrogen receptor ทั้ง 2 subtypes $ER\alpha$, $ER\beta$ ⁽²⁷⁾

การศึกษาความเป็นพิษต่อร่างกาย

เพื่อให้การนำกาวเครือขาวไปใช้ได้อย่างปลอดภัยในระยะยาวต่อไปจึงมีการศึกษาถึงพิษของกาวเครือในสัตว์ทดลอง เช่น การศึกษาความเป็นพิษของกาวเครือขาวพบว่าไม่ทำให้เกิดอาการพิษเฉียบพลันในหนูถีบจักร และขนาดของ

กาวเครือขาวที่ทำให้สัตว์ทดลองตายร้อยละ 50 (LD_{50}) มีค่ามากกว่า 16 กก/น้ำหนักตัว 1 กก ส่วนการทดสอบพิษกึ่งเรื้อรังในหนูโดยป้อนผงกาวเครือขาวขนาด 10, 100 และ 1000 มก/กก/วัน เป็นเวลา 90 วัน พบว่า หนูทั้งสองเพศที่ได้รับกาวเครือขาวขนาด 100 และ 1000 มก เจริญเติบโตช้าและกินอาหารน้อยลง ผลทางโลหิตวิทยาชี้ว่า กาวเครือขาวขนาด 1000 มก มีผลทำให้หนูเกิดภาวะโลหิตจางโดยวัดเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรเม็ดเลือดแดง (hematocrit) และปริมาณฮีโมโกลบิน ลดต่ำลงและมีการตรวจนับปริมาณเม็ดเลือดแดงที่ยังเติบโตไม่สมบูรณ์ (reticulocyte count) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้กลับสู่ภาวะปกติได้เมื่อหยุดให้กาวเครือเป็นเวลา 2 สัปดาห์ในหนูเพศผู้ ส่วนในหนูเพศเมียมี hematocrit และ reticulocyte count เท่านั้นที่กลับสู่ภาวะปกติ และพบว่ากาวเครือขาวขนาด 1000 มก มีผลทำให้จำนวนเม็ดเลือดขาวและเกล็ดเลือดของหนูเพศผู้ลดลง การเปลี่ยนแปลงค่าซีรัมชีวเคมีที่เด่นชัดคือระดับโคเลสเตอรอลลดลงในหนูเพศผู้ที่ได้รับกาวเครือขาวทุกขนาด ส่วนเพศเมียลดลงเฉพาะในกลุ่มที่ให้ 100 และ 1000 มก ในการผ่าซากชันสูตรตรวจพบว่า หนูเพศผู้และเพศเมียที่ให้ขนาดสูงสุดมีน้ำหนักอวัยวะทั้งสองลดลง และตรวจพบมดลูกมีลักษณะบวมเต่ง มีค่าของน้ำหนักที่แท้จริงและน้ำหนักสัมพัทธ์สูงขึ้นในหนูเพศเมีย ผลการตรวจเนื้อเยื่ออวัยวะทางจุลพยาธิวิทยาพบว่าทั้งหนูเพศผู้ที่ให้ขนาดสูงสุด มีอัตราการเกิดภาวะที่มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณเลือดมาเลี้ยงเนื้อเยื่อของอวัยวะ (hyperemia) และ ในหนูเพศเมียที่ได้รับขนาดเดียวกันมีอัตราการเกิด cast ที่ไตสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ จากผลการทดลองพิษกึ่งเรื้อรังครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การให้ผลกาวเครือขาวแก่หนูในขนาด 10 และ 100 มก/กก/วัน ไม่ทำให้เกิดความผิดปกติต่อค่าโลหิตวิทยาและค่าทางชีวเคมี รวมทั้งไม่ทำให้เกิดพยาธิสภาพใด ๆ ของอวัยวะภายในที่บ่งชี้ถึงความเป็นพิษของกาวเครือขาว⁽²⁸⁾

อีกทั้งเมื่อทำการศึกษาต่อเนื่องโดยให้กาวเครือขาวขนาด 10, 50 และ 250 มก/กก/วัน เป็นเวลา 6 เดือน พบว่าหนูทดลองที่ให้ 50 และ 250 มก ทั้งสองเพศมีน้ำหนักตัวลดลง ผลทางโลหิตวิทยาพบว่า กลุ่มที่ให้ 250 มก ทั้งสองเพศมีค่า hematocrit เซลล์เม็ดเลือดแดง และฮีโมโกลบิน ลดลง ส่วนกลุ่มที่ให้ขนาดสูงสุดในเพศเมียมีค่าไตรกลีเซอไรด์สูงขึ้น มีน้ำหนักมดลูกเพิ่มขึ้นและน้ำหนักอวัยวะลดลง รวมทั้งพบก้อนเนื้อในท่อนของหน่วยไตในหนูเพศผู้ในกลุ่มที่ให้กาวเครือขาวขนาดสูงสุด⁽²⁹⁾

ส่วนการศึกษาพิษของกาวเครือขาวต่ออวัยวะสืบพันธุ์ในสุกรเพศเมีย เมื่อให้กาวเครือขาวกับลูกสุกรอายุ

1.5 เดือน กินทุกวันๆ ละ 25, 50 กรัม ติดต่อกันเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่ากวาวเครือขาวสามารถชักนำให้ห้วนมเจริญขึ้น และช่องคลอดใหญ่ขึ้น ภายในสัปดาห์แรกหลังจากถูกสุกรกิน กวาวเครือขาว ต่อมาสามารถชักนำให้จำนวนห้วนมเพิ่มขึ้น จาก 4 เต้าเป็น 6 เต้าและเจริญขึ้นได้ มีการผลิตไขมันที่ขึ้นใหม่ยาว มัน มีการลอกหลุดของผิวหนังโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่บริเวณหัวและลำตัว มีเมือกที่ช่องคลอด โดยพีเอชของช่องคลอดมีฤทธิ์เป็นด่าง เมื่อครบ 8 สัปดาห์ได้สุ่มผ่าตัดลูกสุกร พบว่ากวาวเครือขาวมีผลทำให้น้ำหนักรังไข่ น้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มที่กิน กวาวเครือขาววันละ 25 กรัม แต่มีผลชักนำให้น้ำหนักท่อหน้าไข่และมดลูกมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในกลุ่มที่กินกวาวเครือขาวทั้ง 2 กลุ่มพบว่าสามารถชักนำให้ชั้น adipose tissue จากแผ่นเนื้อหน้าท้องบริเวณที่มีห้วนมหนาตัวขึ้น มีการเจริญของต่อมน้ำนมเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดโดย กวาวเครือขาวไม่ค่อยมีผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ผลของ กวาวเครือขาวต่อลูกสุกรนี้ขึ้นกับปริมาณกวาวเครือขาวที่ได้รับด้วย หลังจากหยุดให้กวาวเครือขาวและติดตามผลของ กวาวเครือขาวต่อไปเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าความยาวของห้วนมยังยาวกว่ากลุ่มควบคุม แต่เส้นผ่าศูนย์กลางของห้วนมไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม ช่องคลอดแม้จะมีขนาดใหญ่กว่ากลุ่มควบคุม แต่ก็เล็กกว่าช่วงที่กินกวาวเครือขาว เมือกที่ช่องคลอดหายไป และ พีเอชของช่องคลอดไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม จากการวิจัยสรุปว่ากวาวเครือขาวสามารถชักนำให้ลูกสุกรมีห้วนมยาวและเต่งตึงขึ้นและช่องคลอดใหญ่ขึ้นโดยกวาวเครือขาวสามารถยับยั้งการเจริญของรังไข่ แต่กระตุ้นการเจริญของท่อหน้าไข่ มดลูก และต่อมน้ำนมของลูกสุกรได้ อีกทั้งยังมีผลทำให้นยยาวและเป็นมันและทำให้ผิวหนังลอกด้วยโดยไม่มีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว เมื่อหยุดให้กวาวเครือขาวห้วนมยังคงยาวอยู่แต่ไม่เต่งตึง ช่องคลอดยังใหญ่อยู่แต่ก็เล็กกว่าเดิม และการหยุดลอกของผิวหนังก็หายไป โดยที่ขนยังคงยาวและเป็นมัน⁽³⁰⁾

ส่วนการศึกษาถึงผลของพิษกวาวเครือขาวที่มีต่อรอบประจำเดือนและฮอร์โมนเพศหญิง เมื่อให้กวาวเครือขาวขนาด 10, 100 และ 1000 มก/วัน ในลิงเพศเมียเป็นเวลา 3 รอบประจำเดือน กลุ่มที่ให้ขนาด 10 และ 100 มก จะมีช่วงระยะเวลาของรอบประจำเดือนยาวนานขึ้น ส่วนกลุ่มที่ให้ 1000 มก ทำให้อรอบประจำเดือนหายไป ฮอร์โมนเพศ เช่น FSH, LH, progesterone และ irinhibin จะลดลงในช่วงที่มีการทดลอง การกลับมาอีกรอบประจำเดือนใหม่จะพบเฉพาะที่ให้ขนาด 10, 100 มก ส่วนขนาดสูงสุดไม่มีรอบประจำเดือนอีกเลย สรุปว่า

กวาวเครือขนาด 1000 มก/วัน มีบทบาทในการยับยั้งการตกไข่และส่งผลต่อระดับฮอร์โมนเพศได้⁽³¹⁾

นอกจากนี้ยังมีการทดสอบพิษของกวาวเครือขาวต่อผิวหนังและตา โดยการศึกษาพิษเฉียบพลันในหนูถีบจักรด้วยวิธีการเพิ่มความเข้มข้น 0.5 เท่าผลการทดสอบโดยการป้อนผงทางปากมีค่า LD₅₀ มากกว่า 2,000 มก/กก การทดสอบผิวหนังกระต่ายด้วยสารสกัดในปริมาณ 1 มล/ตัว ไม่พบอาการระคายเคือง การทดสอบผิวหนังโดยวิธีแตรซ (เป็นวิธีการทดสอบพิษของยาหรือเครื่องสำอาง โดยการทายาหรือเครื่องสำอางที่ต้องการทดสอบในขนาดที่เหมาะสมลงบนเนื้อเยื่อผิวหนังที่อ่อนๆ ของสัตว์ เช่น ไบฮูด้านในทิ้งไว้ช่วงเวลาหนึ่ง จากนั้นสังเกตว่ามีอาการบวมแดง หรือผื่นขึ้นหรือไม่) ควบคุมกับการทดสอบเยื่อตาเป็นเวลา 7 วัน ไม่พบอาการอักเสบ การทดสอบการแพ้ต่อแสงของผิวหนังในหนูตะเภาโดยใช้วิธี The guinea pig maximization test (GPMT) พบว่าผิวหนังไม่แสดงอาการอักเสบภายหลังจากการได้รับแสงยูวี-เอ การทดสอบผิวหนังในอาสาสมัครโดยวิธีแตรซประยุกต์ไม่พบอาการระคายเคือง ผลการศึกษาพบว่าสารสกัดกวาวเครือขาวไม่ก่อให้เกิดพิษต่อผิวหนังและตา อย่างมีนัยสำคัญ⁽³²⁾

ข้อบ่งใช้ของกวาวเครือ

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ยาสามัญประจำบ้านแผนโบราณ เมื่อวันที่ 26 มิถุนายน 2542 กวาวเครือขาวจัดเป็นตัวยาดัวหนึ่งในตำรับยาบำรุงร่างกายสำหรับสรรพคุณในการบรรเทาอาการของสตรีวัยหมดประจำเดือนนั้น อย่างไรก็ตามยังต้องทำการวิจัยในระดับชีวโมเลกุลเพิ่มเติม เพื่อให้มั่นใจในประสิทธิผลและความปลอดภัยก่อน **ขนาดที่ใช้**

จากผลการศึกษาพิษกึ่งเรื้อรังของกวาวเครือขาว โดยกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์จึงแนะนำว่า เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค ขนาดใช้ของผงกวาวเครือขาวในคนไม่ควรเกิน 1-2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน หรือประมาณวันละ 50-100 มิลลิกรัม ซึ่งปัจจุบันสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กำหนดขนาดรับประทานของกวาวเครือขาวไม่เกิน 100 มิลลิกรัม/วัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของหลายคณะวิจัยที่พบว่ากวาวเครือขาวในขนาดไม่เกิน 100 มิลลิกรัม/วัน มีความปลอดภัยต่อในหลายๆ ระบบการทำงานต่างๆ ของร่างกาย

ข้อควรระวัง

ห้ามรับประทานเกินกว่าขนาดที่แนะนำให้ใช้ และไม่ควรรับประทานติดต่อกันนานกว่า 2 ปี เพราะหากได้รับติดต่อกันนานเกินไป จะเป็นสาเหตุให้เกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ และมะเร็งเต้านมได้เช่นกัน

สรุป

ตามที่มีงานวิจัยหลายการศึกษาที่แสดงถึงผลของกวางเครือขาวในการออกฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนที่ได้จากพืช (phytoestrogen) ที่จะบรรเทาอาการของสตรีวัยหมดระดูและเมื่อเปรียบเทียบกับกวางเครือขาวที่มีส่วนประกอบของ phytoestrogen ให้ผลคล้ายคลึงกับ 17-alpha-ethinylestradiol ซึ่งเป็นฮอร์โมนทดแทนในสตรีวัยหมดระดู กวางเครือขาวสามารถช่วยบรรเทาอาการของวัยหมดระดู เช่น อาการร้อนวูบวาบ (hot flashes) ความรู้สึกไม่สบายใจ กระสับกระส่าย (frustration) อาการนอนไม่หลับ ผิวหนังแห้ง และช่วยรักษาการสูญเสียมวลกระดูกจากการขาดฮอร์โมนเอสโตรเจนในวัยหมดระดูได้รวมทั้งการศึกษาเพื่อเพิ่มคุณภาพชีวิตของสตรีวัยหมดระดูในด้านการเปลี่ยนแปลงของไขมันในร่างกายซึ่งเป็นผลจากการขาดเอสโตรเจน ได้แก่ การศึกษาเพื่อประเมินผลของกวางเครือขาวต่อ Lipid profile พบว่าการให้กวางเครือขาวแก่หนูในขนาด 10 และ 100 มก/กก/วัน ไม่ทำให้เกิดความผิดปกติต่อค่าโลหิตวิทยาและค่าทางชีวเคมี และไม่ทำให้เกิดพยาธิสภาพใด ๆ ของอวัยวะภายในที่บ่งชี้ถึงความเป็นพิษของกวางเครือขาวผลของกวางเครือขาวต่อรอบประจำเดือนและฮอร์โมนเพศหญิง ขนาด 10, 100 และ 1000 มก/วัน กลุ่มที่ให้ขนาด 10 และ 100 มก จะมีช่วงระยะเวลาของรอบประจำเดือนยาวนานขึ้น ส่วนกลุ่มที่ให้ 1000 มก ทำให้รอบประจำเดือนหายไป จึงพบว่ากวางเครือขนาด 1000 มก/วัน มีบทบาทในการยับยั้งการตกไข่และส่งผลกระทบต่อระดับฮอร์โมนเพศได้ ส่วนการทดสอบพิษของกวางเครือจะไม่พบอาการระคายเคืองต่อผิวหนังและตา อย่างไรก็ตามผลของกวางเครือยังต้องทำการวิจัยในระดับชีวโมเลกุลเพิ่มเติม เพื่อให้มั่นใจในประสิทธิผลและความปลอดภัย ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค ขนาดใช้ของกวางเครือขาวในคนไม่ควรเกิน 1-2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน หรือประมาณวันละ 50-100 มิลลิกรัม ซึ่งมีความปลอดภัยต่อการทำงานของระบบต่างๆ ในร่างกาย

เอกสารอ้างอิง

1. The Royal Institute. Plant taxonomy. Bangkok: Puaenpim; 1995.
2. ชื่อตรงฟาร์มา. กวางเครือขาว. แหล่งข้อมูล: <http://www.taradplaza.com/acnemelasmaphamaherb> สืบค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2556.
3. Jones HEM, Pope GS. A method for the isolation of miroestrol from Pueraria mirifica. J Endocrinol 1961; 22: 302-12.
4. Tayler NE, Hodgkin DC, Rollet JS. The X-ray crystallographic determination of the structure of bromomi-roestrol. J Chem Soc 1960; 33: 3685.
5. Cain JC. Miroestrol: An oestrogen from the plant *Pueraria mirifica*. Nature 1960; 188: 774-7.
6. Chansakaow S, Ishikawa T, Sekine K, Okada M, Higuchi Y, Kudo M, et al. Identification of Deoxymi-roestrol as the Actual Rejuvenating Principle of "Kwao Keur", Pueraria mirifica the Know Miroestrol May Be an Artifact. J Nat Prod 2000a; 63(2): 174-6.
7. Chansakaow S, Ishikawa T, Sekine K, Okada M, Higuchi Y, Kudo M, et al. Isoflavonoids from Pueraria mirifica and their estrogenic activity. Planta Medica 2000b; 66 : 572-5.
8. Ingham JL, Tahara S, Dziedzic SZ. A chemical investigation of Pueraria mirifica roots. Z Naturforsch Ser C 1986; 41: 403-8.
9. Cherdshewasart W, Krisamai Y, Malaivijitnond S. Evaluation of the Estrogenic Activity of the Wild *Pueraria mirifica* by Vaginal Cornification Assay. J Reprod Dev 2007; 53(2): 385-93
10. Wikipedia. Estrogen. Available from : <http://www.en.wikipedia.org/wiki/Estrogen> Accessed July 25, 2013.
11. Chandeying V, Lamlerkittikul S. Challenges in the conduct of Thai herbal scientific study: efficacy and safety of phytoestrogen, pueraria mirifica (Kwao Keur Kao), phase I, in the alleviation of climacteric symptoms in perimenopausal women. J Med Assoc Thai 2007; 90(7): 1274-80.
12. Lamlerkittikul S, Chandeying V. Efficacy and safety of Pueraria mirifica (Kwao Kruea Khao) for the treatment of vasomotor symptoms in perimenopausal women: Phase II Study. J Med Assoc Thai 2004; 87(1): 33-40.
13. Chandeying V, Sangthavan M. Efficacy comparison of Pueraria mirifica (PM) against conjugated equine estrogen (CEE) with/without medroxyprogesterone acetate (MPA) in the treatment of climacteric symptoms in perimenopausal women: phase III study. J Med Assoc Thai 2007; 90(9): 1720-6.

14. Muangman V, Cherdshewasart W. Clinical Trial of the Phytoestrogen-rich Herb; *Pueraria mirifica* as a Crude Drug in the Treatment of Symptoms in Menopausal Women. *Siriraj Med j* 2001; 53(5): 300-309.
15. Manonai J, Chittacharoen A, Theppisai U, Theppisai H. Effect of *Pueraria mirifica* on vaginal health. *Menopause* 2007; 14(5): 919-24.
16. Malaivijitnond S, Chansri K, Kijkuokul P, Urasopon N, Cherdshewasart W. Using vaginal cytology to assess the estrogenic activity of phytoestrogen-rich herb. *J Ethnopharmacol* 2006; 107: 354–60.
17. Samittasiri Y, Smitasiri T, Boonraeng S, Sritiwong S, Manoruang W. Organic *Pueraria mirifica* tuber : Its potent estrogenic potency and its effects on some organs and vaginal histology of aged female mice. *J. Food Ag-Ind.* 2009; Special Issue: S404-9.
18. Manonai j, Christoph, Georg, Klaus Peter J. The effect of *Pueraria mirifica* on cytologic and urodynamic findings in ovariectomized rats. *Menopause*: 2009; 16(2): 350-56.
19. Malaivijitnond S, Kiatthaipipat P, Cherdshewasart W, Watanabe G, Taya K. Different effects of *Pueraria mirifica*, a herb containing phytoestrogens, on LH and FSH secretion in gonadectomized female and male rats. *J Pharmacol Sci* 2004 ; 96(4): 428-35.
20. Trisomboon H, Malaivijitnond S, Suzaki J, Hamada Y, Watanabe G , Taya K. Long-Term Treatment Effects of *Pueraria Mirifica* Phytoestrogens on Parathyroid Hormone and Calcium Levels in Aged Menopausal Cynomolgus Monkeys. *J Reprod Dev* 2004; 50(6): 639-45.
21. Manonai J, Chittacharoen A, Udomsubpayakul U, Theppisai H, Theppisai U. Effects and safety of *Pueraria mirifica* on lipid profiles and biochemical markers of bone turnover rates in healthy postmenopausal women. *Menopause* 2008; 15(3): 530-5.
22. Wattanapitayakul SK, Chularojmontri L, Srichirat S. Effects of *Pueraria mirifica* on vascular function of ovariectomized rabbits. *J Med Assoc Thai* 2005; 88(Suppl 1): S21-9.
23. Urasopon N , Hamada Y , Cherdshewasart W, Malaivijitnond S. Preventive effects of *Pueraria mirifica* on bone loss in ovariectomized rats. *Maturitas* 2008; 59(2): 137- 48.
24. Baker VL, Leitman D, Jaffe RB. Selective estrogen receptor modulators in reproductive medicine and biology. *Obstet Gynecol Surv* 2000; 55(7 suppl 2): S21-47.
25. Morito K, Aomori T, Hirose T, Kinjo J, Hasegawa J, Ogawa S, et al. Interaction of phytoestrogens with estrogen receptors α and β . *Biol Pharm Bull* 2001; 24: 351-6.
26. Cherdshewasart W, Panriansaen R, Picha P. Pre-treatment with phytoestrogen-rich plant decreases breast tumor incidence and exhibits lower profile of mammary ER α and ER β . *Maturitas* 2007; 58(2): 174- 81.
27. Okamura S, Sawada Y, Satoh T, Sakamoto H, Tohoku J. *Pueraria mirifica* Phytoestrogens Improve dyslipidemia in Postmenopausal Women Probably by Activating Estrogen Receptor Subtypes. *Tohoku J Exp Med* 2008; 216: 341-51.
28. Chivapat S, Chavalittumrong P, Rattanajarasroj S, Anchalee C, Panyamang S. Toxicity study of *Pueraria mirifica* Airy Shaw et Suvatabandhu. *Bull Med Sci* 2000; 42: 202-23.
29. Chivapat S, Chavalittumrong P, Rattanajarasroj S, Punyamung S. Chronic Toxicity of *Pueraria mirifica* in Rats. *Thai J Pharmacol* 2005; 27(2-3): 76- 90.
30. Samittasiri Y. *Pueraria* Thai. *Pueraria mirifica*. Effects of *Pueraria mirifica* on Teat and Reproductive Organs of Immature Female Pigs. Available from: <http://www.puerariathai.com/researches-pueraria-mirifica/pueraria-mirifica.htm> Accessed September 30, 2013.
31. Trisomboon H, Malaivijitnond S, Watanabe G, Taya K. Ovulation block by *Pueraria mirifica*: a study of its endocrinological effect in female monkeys. *Endocrine* 2005; 26(1): 33-9.
32. Cherdshewasart W. Toxicity Tests of a Phytoestrogen-Rich Herb; *Pueraria mirifica*. *J Sci Res Chula Univ* 2003; 28(1): 1-13.

คำแนะนำสำหรับผู้พิมพ์

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำหนดพิมพ์ปีละ 6 ฉบับ ผู้พิมพ์ทุกท่านสามารถส่งเรื่องมาพิมพ์ได้ โดยไม่ต้องเป็นสมาชิก และไม่จำเป็นต้องสังกัดมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผลงานที่ได้รับการพิจารณาในวารสารจะต้องมีสาระที่น่าสนใจ เป็นงานที่ทบทวนความรู้เดิม หรือองค์ความรู้ใหม่ที่ทันสมัย รวมทั้งข้อคิดเห็นทางวิชาการที่เป็นประโยชน์ต่อผู้อ่าน และจะต้องเป็นงานที่ไม่เคยถูกนำไปตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารอื่นมาก่อนและไม่อยู่ในระหว่างพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารใด บทความอาจถูกตัดแปลง แก้ไข เนื้อหา รูปแบบ และสำนวน ตามที่กองบรรณาธิการเห็นสมควร ทั้งนี้เพื่อให้วารสารมีคุณภาพในระดับมาตรฐานสากลและนำไปอ้างอิงได้

การเตรียมต้นฉบับ

1. ต้นฉบับพิมพ์เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้ แต่ละเรื่องจะต้องมีบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ การใช้ภาษาไทยให้ยึดหลักการใช้คำศัพท์การเขียนทับศัพท์ภาษาอังกฤษตามหลักของราชบัณฑิตยสถานให้หลีกเลี่ยงการเขียนภาษาอังกฤษปนภาษาไทยในข้อความ ยกเว้นกรณีจำเป็น เช่น ศัพท์ทางวิชาการที่ไม่มีทางแปล หรือคำที่ใช้แล้วทำให้เข้าใจง่ายขึ้น คำศัพท์ภาษาอังกฤษที่เขียนเป็นภาษาไทยให้ใช้ตัวเล็กทั้งหมด ยกเว้นชื่อเฉพาะ สำหรับต้นฉบับภาษาอังกฤษควรได้รับความตรวจสอบที่ถูกต้องด้านการใช้ภาษาจากผู้เชี่ยวชาญด้านภาษาอังกฤษก่อน

2. ขนาดของต้นฉบับ ใช้กระดาษขนาด A4 (8.5x11 นิ้ว) และพิมพ์โดยเว้นระยะห่างจากขอบกระดาษด้านละ 1 นิ้ว จัดเป็น 2 คอลัมน์ ระยะห่างระหว่างบรรทัดในภาษาที่ใช้ double space ภาษาอังกฤษล้วนให้เป็น single space

3. ชนิดของขนาดตัวอักษร ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษให้ใช้ตัวอักษร Browallia New ชื่อเรื่องให้ใช้อักษรขนาด 18 pt. ตัวหนา ชื่อผู้พิมพ์ใช้อักษรขนาด 16 pt. ตัวปกติ หัวข้อหลักใช้อักษรขนาด 16 pt. ตัวหนา หัวข้อรองใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. ตัวหนา บทคัดย่อและเนื้อเรื่องใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. ตัวหนา เชิงอรรถหน้าแรกที่เป็นชื่อตำแหน่งทางวิชาการ และที่อยู่ของผู้พิมพ์ ใช้อักษรขนาด 12 pt. ตัวหนา

4. การพิมพ์ต้นฉบับ ผู้เสนองานจะต้องพิมพ์ส่งต้นฉบับในรูปแบบของแฟ้มข้อมูลต่อไปนี้ อย่างไม่อย่างหนึ่ง ได้แก่ ".doc" (MS Word) หรือ ".rtf" (Rich Text)

5. จำนวนหน้า ความยาวของบทความไม่ควรเกิน 15 หน้า รวมตาราง รูป ภาพ และเอกสารอ้างอิง

6. จำนวนเอกสารอ้างอิงไม่เกิน 20 หน้า

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

บทความรายงานผลวิจัย ให้เรียงลำดับหัวข้อดังนี้

ชื่อเรื่อง (Title) ควรสั้น กระชับ และสื่อเป้าหมายหลังของงานวิจัย ไม่ใช้คำย่อ ความยาวไม่เกิน 100 ตัวอักษร ชื่อเรื่องให้มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

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

บทคัดย่อ (Abstract) เป็นการย่อเนื้อความงานวิจัยทั้งเรื่องให้สั้น และมีเนื้อหาครบถ้วนตามเรื่องเดิม ความยาวไม่เกิน 250 คำ หรือไม่เกิน 10 บรรทัด และไม่ควรรู้คำย่อ

คำสำคัญ (Keyword) ให้ระบุไว้ท้ายบทคัดย่อของแต่ละภาษาประมาณ 4-5 คำสั้น ๆ

บทนำ (Introduction) เป็นส่วนเริ่มต้นของเนื้อหา ที่บอกความเป็นมา เหตุผล และวัตถุประสงค์ ที่นำไปสู่งานวิจัยนี้ ให้ข้อมูลทางวิชาการที่เกี่ยวข้องจากการตรวจสอบเอกสารประกอบ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา (Materials and Methods) ให้ระบุรายละเอียด วัน เดือน ปีที่ทำทดลอง วัสดุ อุปกรณ์ สิ่งที่น่าสนใจ จำนวน ลักษณะเฉพาะของตัวอย่างที่ศึกษา อธิบายวิธีการศึกษา แผนการทดลองทางสถิติ วิธีการเก็บข้อมูลการวิเคราะห์และการแปลผล

ผลการศึกษา (Results) รายงานผลที่ค้นพบ ตามลำดับขั้นตอนของการวิจัย อย่างชัดเจนได้ใจความ ถ้าผลใหม่ ชับซ้อนและมีตัวเลขไม่มากควรใช้คำบรรยาย แต่ถ้ามีตัวเลข หรือ ตัวแปรมาก ควรใช้ตารางหรือแผนภูมิแทน

วิจารณ์และสรุปผล (Discussion and Conclusion) แสดงให้เห็นว่าผลการศึกษาดตรงกับวัตถุประสงค์และเปรียบเทียบกับสมมติฐานของการวิจัยที่ตั้งไว้ หรือแตกต่างไปจากผลงานที่มีผู้รายงานไว้ก่อนหรือไม่ อย่างไร เหตุผลใดจึงเป็นเช่นนั้น และมีพื้นฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และให้จบด้วยข้อเสนอแนะที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ หรือตั้งประเด็นคำถามการวิจัย ซึ่งเป็นแนวการสำหรับการวิจัยต่อไป

ตาราง รูป ภาพ แผนภูมิ (Table, Figures, and Diagrams) ควรคัดเลือกเฉพาะที่จำเป็น แทรกไว้ในเนื้อเรื่องโดยเรียงลำดับให้สอดคล้องกับคำอธิบายในเนื้อเรื่อง และมีคำอธิบายสั้น ๆ เป็นภาษาอังกฤษ ที่สื่อความหมายได้สาระครบถ้วน กรณีที่เป็นตาราง คำอธิบายอยู่ด้านบน ถ้าเป็นรูป ภาพ แผนภูมิ คำอธิบายอยู่ด้านล่าง

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements) ระบุสั้น ๆ ว่างานวิจัยได้รับงานสนับสนุน และความช่วยเหลือจากองค์กรใดหรือผู้ใดบ้าง

เอกสารอ้างอิง (References) ระบุรายการเอกสารที่นำมาใช้อ้างอิงให้ครบถ้วนไว้ท้ายเรื่อง โดยใช้ Vancouver Style ดังตัวอย่างข้างล่าง และสามารถดูรายละเอียดและตัวอย่างเพิ่มเติมได้ที่ www.journal.msu.ac.th

1. การอ้างอิงหนังสือ

รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. พิมพ์ครั้งที่. สถานที่เมืองพิมพ์: สำนักพิมพ์; ปีที่พิมพ์. p 22-5. (ชื่อชุด; vol 288).

ตัวอย่าง: Getqen,TE. Health economics: Fundamentals of funds. New York: John Wiley & Son; 1997. P. 12-5 (Annals of New York academy of science; voll 288).

ชมพูนุช อ่องจิต. คลื่นไฟฟ้าหัวใจทางคลินิก. พิมพ์ครั้งที่ 5 กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2539

2. การอ้างอิงจากวารสาร

รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่องหรือชื่อบทความ. ชื่อวารสาร. ปีที่พิมพ์ เดือนย่อ 3 ตัวอักษร วันที่;ปีที่ (ฉบับที่): เลขหน้า.

ตัวอย่าง:

ก. วารสารไม่เรียงหน้าต่อเนื่องกันตลอดปี

Russell FK, Coppel AL, Davenport AP. In vitro enzymatic processing of radiolabelled big ET-1 in human Kidney as a food ingredient, Biochem Pharmacol 1998 Mar 1;55(5):697-701

พิจารณ์ เจริญศรี. การปรับความพร้อมเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารก่อนร่นเข้าสู่โลกาวิวัฒน์ครั้งใหม่. นักบริหาร 2547;24(2): 31-6

ข. วารสารเรียงหน้าต่อเนื่องกันตลอดปี

Russell FD, Coppel AL Davenport AP. In vitro enzymatic processing of radiolabelled big ET-1 in human Kidney as a food ingredient, Biochem Pharmacol 1998;55:697-701

พิจารณ์ เจริญศรี. การปรับความพร้อมเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารก่อนร่นเข้าสู่โลกาวิวัฒน์ครั้งใหม่. นักบริหาร 2547;24(2): 31-6

3. รายงานจากการประชุมวิชาการ

รูปแบบ : ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. ใน: ชื่อคณะบรรณาธิการ, editors. ชื่อเอกสารรายงานการสัมมนา เดือน (ย่อ 3 ตัว) วันที่; เมืองที่สัมมนา, ประเทศ. เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์; ปีที่พิมพ์. P.1561-5

ตัวอย่าง: Bengtsson S, solheim BG. Enforcement of data protection, privacy and security and security in medical infomatics. Ln: Lun KC, Degoulet P, Piemme TE, Reinhoff O, editors. MEDINFO 92. Proceedings of the 7th World Congress on Medical Informatics; 1992 Sep 6-10; Geneva, Switzerland, Amsterdam: North Holland; 1992. P.1561-5.

พิทักษ์ พุทธวรชัย, กิตติ บุญเลิศรินทร์ ทะนงศักดิ์ มณีวรรณ, พงาม เดชคำรณ, นภา ชันสุภา. การใช้เอทีฟอนกระตุ้นการสุกของพริก. ใน: เอกสารการประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 15. สถาบันวิจัยและพัฒนา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. กรุงเทพฯ; 2541. หน้า 142-9

4. การอ้างอิงจากพจนานุกรม

รูปแบบ: ชื่อพจนานุกรม. พิมพ์ครั้งที่. เมืองหรือสถานที่พิมพ์; ปีที่พิมพ์. หน้า.

ตัวอย่าง: Stedmin's medical dictionary. 26th ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1995. Apraxia; p. 119-20.

พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คพับลิเคชันส์; 2546. หน้า 1488

5. การอ้างอิงจากหนังสือพิมพ์

รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. ชื่อหนังสือพิมพ์ ปี เดือน วัน; Sect.: sohk 15.

ตัวอย่าง: Lee G. Hospitalizations tied to ozone pollution: study estimates 50,000 admissions annually. The Washington Post 1996 Jun 21; Sect. A: 3(col.5).

พรพรณี รุ่งรัตน์ สทศ ตั้งทีมพัฒนาข้อสอบระดับชาติมันใจคุณภาพ. เดลินิวส์ 12 พฤษภาคม 2548.

6. อ้างอิงจากหนังสืออิเล็กทรอนิกส์

รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. ชื่อวารสารอิเล็กทรอนิกส์ [หรือ serial online] ปีที่พิมพ์เอกสาร ถ้าจำเป็นระบุเดือนด้วย; Vol no (ฉบับที่): [จำนวนหน้าจากการสืบค้น]. ได้จาก: URL: <http://www.edc.gov/neidoc/EID/eid.htm> วันที่ เดือน ปีที่ทำการสืบค้น (เขียนเต็ม)

ตัวอย่าง: More SS. Factors in the emergence of infectious disease, Emerh Infect Dis [serial online] 1995 Jan-Mar; (1): [24 screene]. Available from: RL: <http://www.edc.gov/neidoc/EID/eid.htm> Accessed 25, 1999.

ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ. นาโนเทคโนโลยีความเป็นไปได้และทิศทางในอนาคต. วารสารเทคโนโลยีวัสดุ ตุลาคม-ธันวาคม (17): 2542 ได้จาก: <http://www.nanotech.sc.mahidol.ac.th/index.html> May 13 2005.

Instruction for Authors

Research manuscripts relevant to subject matters outlined in the objectives are accepted from all institutions and private parties provided they have not been preprinted elsewhere. The context of the papers may be revised as appropriate to the standard.

Preparation of manuscripts:

1. Manuscripts can be written in either Thai or English with the abstract in both Thai and English. Papers should be specific, clear, concise, accurate, and consistent. English language manuscripts should be checked by an English language editor prior to submission.
2. Manuscripts should be typed in MS word ".doc" or ".rtf" (Rich Text) on standard size paper, A4 or 8.5x11 inches, and arranged in two columns: single space for English, double space for Thai language.
3. Browsers font type is required with font size as follows:
 - Title the article: 18 pt. Bold
 - Name(s) of the authors: 16 pt.
 - Main Heading: 16 pt. Bold
 - Sub-heading: 14 pt. Bold
 - Body of the text: 14 pt
 - Footnotes for authors and their affiliations: 12pt.
4. The number of pages to 15, including references, tables, graphs, or pictures.
5. Types of manuscripts accepted: research articles and review articles.
6. Organization of research articles.

Title: denoted in both Thai and English, must be concise and specific to the point, normally less than 100 characters. Name(s) of the author(s) and their affiliation must be given in both Thai and English.

Abstract: This section of the paper should follow an informative style, concisely covering all the important findings in the text. Authors should attempt to restrict the abstract to no more than 250 words.

Keywords: Give at least 4-5 concise words.

The body of the text comprises the following headings:

Introduction: A summary of who is doing what, why where, and when?

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

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

Discussion and Conclusion: Discuss how the results are relevant to the objectives or former findings, why? Finally state what recommendations could be drawn.

Tables, figures, diagrams, pictures: should be screened for those important to support the findings, and separated from the text. Captions should be placed above the tables but under the figures.

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

References: listed and referred to in vancouver style.
(<http://www.library.uq.edu.au/training/citation/vancouv.html>)

7. Authors of review articles should follow the typical format style the includes and introduction, the body of content, conclusion, and references.

Submission of manuscripts

Manuscripts can be submitted to the Editorial Board, Department of Research Support and Development, Mahasarakhom University, Khamriang Subdistrict, Kantarawichai District, Maha Sarakham Province, 44150. Tel: 0-43754416 or 0-43754416 ext. 1339. Fax: 0-43754416.

The author should submit the original paper and one copy together with a written disc.

Review of manuscripts:

1. The editorial board will review all manuscripts for format compliance. Manuscripts formatted incorrectly will be returned to the author for correction.
2. Following submission of the corrected manuscript, the Peer Review Committee will review and offer comments
3. Manuscripts receiving the approval of the Peer Review Committee may be returned to the author for revision as advised by the Committee. Manuscripts failing to adopt the Committee's suggestions will not be published.



ใบสมัครเป็นสมาชิกวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ชื่อ-นามสกุล

ที่อยู่ บ้านเลขที่..... หมู่ที่..... ถนน..... แขวง/ตำบล.....

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

โทรศัพท์..... โทรสาร..... E-mail.....

หน่วยงาน.....

ถนน..... แขวง/ตำบล..... อำเภอ.....

จังหวัด..... รหัสไปรษณีย์..... โทรศัพท์.....

- สมัครเป็นสมาชิกหนึ่งปี ค่าสมัคร 400 บาท
- สมัครเป็นสมาชิกสองปีติดต่อกัน ค่าสมัคร 800 บาท

ท่านสามารถส่งจ่ายธนาคณัติหรือตัวแลกเงิน สั่งจ่าย ปณ. โนนศรีสวัสดิ์ ในนาม:

นางฉวีวรรณ อังครระเศษฐัง กองส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150



Membership Application Form

Journal of Science and Technology Mahasarakham University

Date.....

Name (Last).....(First).....

Mailing Address.....

.....

Sub-district..... District.....

Province (City/state)..... Country.....

Postal Code..... E-mail Address.....

Telephone No..... Fax No.....

One-Year membership (400 Baht)

Two Year Membership (800 Baht)

Please send your personal check or money order to the following address:

Mrs.Chaweewan Akkasesthang, Division of Research Supprt and Development, Boromarachakumaree
Building, Khamriang Sub-district, Kantharawichai District, Maha Sarakham Province 44150



Volume 34 Number 2 March - April 2015

ISSN : 1686-9664

Journal of

SCIENCE and **TECHNOLOGY**

MAHASARAKHAM UNIVERSITY

www.journal.msu.ac.th