กลุ่มย่อยที่ 3

วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี (1)

การเปรียบเทียบสถิติทดสอบไม่อิงพารามิเตอร์และวิธีบูตสแทร็ปสำหรับการทดสอบค่าเฉลี่ยประชากร 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน

A COMPARISON OF NONPARAMETRIC STATISTICS AND BOOTSTRAP METHODS FOR TESTING TWO INDEPENDENT POPULATIONS

กัณฑิมา สดรุ่ง

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail: kantima.so@ku.th

อำไพ ทองธีรภาพ

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail: fsciamu@ku.ac.th

วันดี วณิชย์ศักดิ์พงศ์

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail: fsciwdw@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบไม่อิงพารามิเตอร์และวิธีบูตสแทร็ปที่ใช้สำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประชากร 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน ได้แก่ สถิติทดสอบยูนเวลช์ (YW), สถิติทดสอบแรงค์เวลช์ (RW), สถิติทดสอบบรุนเนอร์-มุนเซล (BM), สถิติทดสอบบูตสแทร็ปยูนเวลช์ (BYW), สถิติทดสอบบูตสแทร็ปแรงค์เวลช์ (BRW) และสถิติทดสอบบูตสแทร็ปบรุนเนอร์-มุนเซล (BBM) โดยศึกษาภายใต้ข้อมูลที่มีการแจกแจงลอจิสติก และการแจกแจงแกมมา ทั้งกรณีขนาดตัวอย่างเท่ากันและขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน กำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ 0.05 กำหนดจำนวนรอบของการสุ่มซ้ำของบูตสแตรปเท่ากับ 1,000 รอบ และทำการจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอลติคาร์โล และโปรแกรม R ในแต่ละสถานการณ์จำนวน 5,000 ครั้ง ผลการวิจัยพบว่า ภายใต้ข้อมูลที่มีการแจกแจงลอจิสติก และการแจกแจงแกมมา สถิติทดสอบทั้ง 6 วิธี สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley และพบว่าสถิติทดสอบบรุนเนอร์-มุนเซล (BM) มีค่ากำลังการทดสอบสูงที่สุดในกรณีขนาดตัวอย่างใหญ่ และสถิติทดสอบบูตสแทร็ปยูนเวลช์ (BYW) มีค่ากำลังการทดสอบสูงที่สุดเมื่อขนาดตัวอย่างเล็ก

คำสำคัญ: วิธีบูตสแทร็ป, สถิติทดสอบไม่อิงพารามิเตอร์, สถิติทดสอบบรุนเนอร์-มุนเซล

ABSTRACT

The purpose of this research is to compare the efficiency of nonparametric statistics and bootstrap methods for testing the mean different between two independent populations. They are Yuen-Welch Test (YW), Rank Welch Test (RW), Brunner-Munzel Test (BM), Bootstrap Yuen-Welch Test (BYW), Bootstrap Rank Welch Test (BRW) and Bootstrap Brunner-Munzel Test (BBM). The population distributions of this study are logistic and gamma distributions. In this study both equal and unequal sample size are considered. The significance level of test is 0.05. The number of bootstrap is 1,000 replications. The Monte Carlo technique is used to simulated data for each situation 5,000 times by R programming. The results showed that under Logistic and Gamma distributions, the probability of type l error of all six test statistics can be controlled for all cases. The Brunner-Munzel test (BM) have the highest power and the best efficiency in case of large sample size. The Bootstrap Yuen-Welch Test (BYW) have the highest power, when the sample size is small.

Keywords: Bootstrap method, Nonparametric Statistics, Brunner-Munzel Test

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ในการทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน สถิติทดสอบที่นิยมใช้คือ สถิติทดสอบที (t-test) ซึ่งเป็นสถิติอิงพารามิเตอร์โดยมีข้อกำหนดเบื้องต้นคือ ประชากร 2 กลุ่มมีการแจกแจงปรกติและความแปรปรวนเท่ากัน (Fagerland และ Sandvik, 2009) ในทางปฏิบัติข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์อาจไม่ได้มาจากประชากรที่มีการแจกแจงปรกติ ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพของสถิติทดสอบ สถิติทดสอบไม่อิงพารามิเตอร์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะนำมาใช้ในเมื่อข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้น สถิติไม่อิงพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบค่าเฉลี่ยประชากร 2 กลุ่มที่ได้รับความนิยม ได้แก่ สถิติทดสอบยูน-เวลช์ (Yuen, 1974) สถิติทดสอบแรงค์เวลช์ (Zimmerman และ Zumbo, 1993a) และสถิติทดสอบบรุนเนอร์-มุนเซล (Brunner และ Munzel, 2000)

นอกจากนี้มีการนำวิธีบูตสแทร็ปร่วมกับสถิติทดสอบไม่อิงพารามิเตอร์โดยใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบคืนที่ (Efron และ Tibshirani, 1993) โดยการศึกษาของนพดล และชินนะพงษ์ (2553) ได้ศึกษาเปรียบเทียบสถิติทดสอบบรุนเนอร์-มุนเซล (BM) สถิติทดสอบบูตสแทร็ปบรุนเนอร์-มุนเซล (BBM) และสถิติทดสอบบูตสแทร็ปแรงค์เวลช์ (BRW) ภายใต้การแจกแจงล็อกนอร์มอลเมื่อความแปรปรวนไม่เท่ากัน ต่อมา Dwivedi และคณะ (2017) พบว่า Nonparametric Bootstrap t test มีกำลังการทดสอบสูงกว่าหรือเท่ากับสถิติทดสอบที (t-test) สถิติทดสอบเวลซ์ที (welch t test) สถิติทดสอบวิลคอกซันแรงค์ซัม (Wilcoxon rank sum test) และ Permutation test และสามารถควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้เกือบทุกกรณี นอกจากนี้ธิดารัตน์ และคณะ (2561) ได้ศึกษาเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ 3 วิธี คือ สถิติทดสอบวิลคอกสัน-แมนวิทนีย์ (WMW) สถิติทดสอบบรุนเนอร์-มุนเซล (BM) และสถิติทดสอบบูตสแทร็ปแรงค์เวลช์ (BRW) เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปรกติ การแจกแจงแกมมา การแจกแจงไคกำลังสอง และการแจกแจงเลขชี้กำลัง

ผู้วิจัยจึงสนใจนำวิธีบูตสแทร็ปมาประยุกต์ร่วมกับสถิติไม่อิงพารามิเตอร์ และทำการศึกษาเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ 6 วิธี คือ สถิติทดสอบยูนเวลช์ (YW) สถิติทดสอบแรงค์เวลช์ (RW) สถิติทดสอบบรุนเนอร์-มุนเซล (BM) สถิติทดสอบบูตสแทร็ปยูนเวลช์ (BYW) สถิติทดสอบบูตสแทร็ปแรงค์เวลช์

(BRW) และสถิติทดสอบบูตสแทร็ปบรุนเนอร์-มุนเซล (BBM) ภายใต้การแจกแจงลอจิสติก และการแจกแจงแกมมา

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบไม่อิงพารามิเตอร์และวิธีบูตสแทร็ปที่ใช้สำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประชากร 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน ได้แก่ สถิติทดสอบยูนเวลช์ (YW) สถิติทดสอบแรงค์เวลช์ (RW) สถิติทดสอบบรุนเนอร์-มุนเซล (BM) สถิติทดสอบบูตสแทร็ปยูนเวลช์ (BYW) สถิติทดสอบบูตสแทร็ปแรงค์เวลช์ (BRW) และสถิติทดสอบบูตสแทร็ปบรุนเนอร์-มุนเซล (BBM) ภายใต้การแจกแจงลอจิสติกและการแจกแจงแกมมา

3. วิธีการทางสถิติ

1. สถิติทดสอบยูนเวลช์ (Yuen Welch Test : YW)

Yuen (1974) ได้เสนอสถิติทดสอบยูน-เวลช์ เป็นสถิติทดสอบที่พัฒนามาจากสถิติทดสอบที โดยคำนวณค่าเฉลี่ยจากการตัดข้อมูลสูงสุดและต่ำสุดข้างละเท่า ๆ กันของข้อมูลที่มีการเรียงลำดับจากน้อยไปหามากตามเปอร์เซ็นต์ที่กำหนดไว้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการตัดข้อมูลต่ำสุดและสูงสุดออกอย่างละ 20 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนข้อมูลที่มี (Fagerland และ Sandvik, 2009)

สถิติทดสอบ

$$YW = \frac{\overline{X}_{\gamma} - \overline{Y}_{\gamma}}{\sqrt{d_X + d_Y}} \tag{1}$$

โดยที่ $d_X = \dfrac{SW_X^2(n_1-1)}{h_X(h_X-1)}$, $d_Y = \dfrac{SW_Y^2(n_2-1)}{h_Y(h_Y-1)}$

องศาเสรี (เลขจำนวนเต็มโดยค่ามากกว่า .5 ให้ปัดขึ้น) คือ

$$df_{YW} = \frac{(d_X + d_Y)^2}{\left(\dfrac{d_X^2}{h_X - 1} + \dfrac{d_Y^2}{h_Y - 1}\right)^2}$$

2. สถิติทดสอบแรงค์เวลช์ (Rank Welch Test : RW)

Zimmerman และ Zumbo (1993a) ได้เสนอสถิติทดสอบแรงค์เวลช์ เป็นสถิติทดสอบที่ปรับปรุงมาจากสถิติทดสอบเวลช์ที ซึ่งมีหลักการคือ นำค่าสังเกตจากตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มมาให้ค่าลำดับร่วมกันโดยเรียงจากน้อยไปมาก จากนั้นนำค่าลำดับที่ได้จากตัวอย่างในแต่ละกลุ่มมาคำนวณค่าเฉลี่ย $(\bar{R}_1, \bar{R}_2)$ (Reiczigel และคณะ, 2005)

สถิติทดสอบ

$$RW = \frac{\bar{R}_2 - \bar{R}_1}{\sqrt{\dfrac{S_1^2}{n_1} + \dfrac{S_2^2}{n_2}}} \tag{2}$$

องศาเสรี (เลขจำนวนเต็มโดยค่ามากกว่า .5 ให้ปัดขึ้น) คือ

$$df_{RW} = \frac{\left(n_2 S_1^2 + n_1 S_2^2\right)^2}{\frac{\left(n_2 S_1^2\right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(n_1 S_2^2\right)^2}{n_2 - 1}}$$

3. สถิติทดสอบบรุนเนอร์-มุนเซล (Brunner-Munzel Test : BM)

Brunner และ Munzel (2000) ได้เสนอสถิติทดสอบบรุนเนอร์-มุนเซล เป็นตัวสถิติที่ใช้ลำดับในการคำนวณ ซึ่งได้ปรับปรุงมาจากสถิติทดสอบของวิลคอกสัน-แมน-วิทนีย์ โดยใช้ค่าความแปรปรวนของตัวอย่างเป็นตัวปรับ และใช้องศาเสรีที่เสนอโดยแซทเทอร์เวท-สมิธ-เวลซ์

สถิติทดสอบ

$$BM = \frac{n_1 n_2 \left(\overline{R}_2 - \overline{R}_1\right)}{\left(n_1 + n_2\right)\sqrt{n_1 s_1^2 + n_2 s_2^2}} \tag{3}$$

การแจกแจงของสถิติทดสอบบรุนเนอร์-มุนเซล สามารถประมาณได้ด้วยการแจกแจงทีที่องศาเสรี

$$df_{BM} = \frac{\left(n_1 s_1^2 + n_2 s_2^2\right)^2}{\frac{\left(n_1 s_1^2\right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(n_2 s_2^2\right)^2}{n_2 - 1}}$$

4. วิธีบูตสแทร็ป (Bootstrap method) เป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยอาศัยหลักการสุ่มซ้ำ (Resampling) ในการสร้างตัวอย่างชุดใหม่จากตัวอย่างสุ่มที่มีเพียงชุดเดียว กล่าวคือ ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบใส่คืน (Resampling with Replacement) (Efron และ Tibshirani, 1993) ในงานวิจัยนี้นำวิธีบูตสแทร็ปร่วมกับสถิติไม่อิงพารามิเตอร์ 3 วิธี ดังนี้

4.1 วิธีบูตสแทร็ปยูนเวลช์ (Bootstrap Yuen Welch Test : BYW)

1. กำหนดให้ $X = X_1, X_2, ..., X_{n_1}$ คือค่าสังเกตจากตัวอย่างที่ 1 ขนาด n_1 และ $Y = Y_1, Y_2, ..., Y_{n_2}$ คือ ค่าสังเกตจากตัวอย่างที่ 2 ขนาด n_2

2. คำนวณค่า YW ดังสมการที่ (1)

3. สุ่มตัวอย่างแบบคืนที่จาก X และ Y ขนาด n_1 และ n_2 เขียนแทนด้วย X^* และ Y^* ตามลำดับ

4. คำนวณค่า YW^* ดังนี้

$$YW^* = \frac{\overline{X}_\gamma^* - \overline{Y}_\gamma^*}{\sqrt{d_X^* + d_Y^*}} \tag{4}$$

5. ทำซ้ำขั้นที่ 3 และ 4 จำนวน 1,000 ครั้ง

6. คำนวณ $p - value = \frac{\text{จำนวนครั้งที่}\left(\left|YW^*\right| \geq \left|YW\right|\right)}{1,000}$

4.2 วิธีบูตสแทร็ปแรงค์เวลซ์ (Bootstarp Rank Welch Test : BRW)

1. กำหนดให้ $X = X_1, X_2, ..., X_{n_1}$ คือค่าสังเกตจากตัวอย่างที่ 1 ขนาด n_1 และ $Y = Y_1, Y_2, ..., Y_{n_2}$ คือค่าสังเกตจากตัวอย่างที่ 2 ขนาด n_2

2. คำนวณค่า RW ดังสมการที่ (2)

3. สุ่มตัวอย่างแบบคืนที่จาก X และ Y ขนาด n_1 และ n_2 เขียนแทนด้วย X^* และ Y^* ตามลำดับ

4. คำนวณค่า RW^* ดังนี้

$$RW^* = \frac{\bar{R}_2^* - \bar{R}_1^*}{\sqrt{\frac{S_1^{2*}}{n_1^*} + \frac{S_2^{2*}}{n_2^*}}} \tag{5}$$

5. ทำซ้ำขั้นที่ 3 และ 4 จำนวน 1,000 ครั้ง

6. คำนวณ $p-value = \frac{\text{จำนวนครั้งที่}\left(|RW^*| \geq |RW|\right)}{1,000}$

4.3 วิธีบูตสแทร็ปบรุนเนอร์-มุลเซล (Bootstarp Bunner-Munzel Test : BBM)

1. กำหนดให้ $X = X_1, X_2, ..., X_{n_1}$ คือค่าสังเกตจากตัวอย่างที่ 1 ขนาด n_1 และ $Y = Y_1, Y_2, ..., Y_{n_2}$ คือ ค่าสังเกตจากตัวอย่างที่ 2 ขนาด n_2

2. คำนวณค่า BM ดังสมการที่ (3)

3. สุ่มตัวอย่างแบบคืนที่จาก X และ Y ขนาด n_1 และ n_2 เขียนแทนด้วย X^* และ Y^* ตามลำดับ

4. คำนวณค่า BM^* ดังนี้

$$BM^* = \frac{n_1^* n_2^* \left(\bar{R}_2^* - \bar{R}_1^*\right)}{\left(n_1^* + n_2^*\right)\sqrt{n_1^* S_1^{2*} + n_2^* S_2^{2*}}} \tag{6}$$

5. ทำซ้ำขั้นที่ 3 และ 4 จำนวน 1,000 ครั้ง

6. คำนวณหาค่า $p-value = \frac{\text{จำนวนครั้งที่}\left(|BM^*| \geq |BM|\right)}{1,000}$

โดยกำหนดสัญลักษณ์ข้างต้น ดังนี้

เมื่อ	γ	คือ จำนวนการตัดออก
	$\bar{X}_\gamma, \bar{Y}_\gamma$	คือ ค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้วของตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และ 2 ตามลำดับ
	d_X, d_Y	คือ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานกำลังสองของตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ
	h_X, h_Y	คือ จำนวนค่าสังเกตที่เหลือหลังการตัดออกของตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ
	SW_X^2, SW_Y^2	คือ ความแปรปรวนวินเซอร์ไรซ์ของตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ
	$\bar{R}_1, \bar{R}_2$	คือ ค่าเฉลี่ยของลำดับในตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ
	n_1, n_2	คือ ขนาดตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ

S_1^2, S_2^2 คือ ความแปรปรวนของลำดับของตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ

$\overline{R}_1^*, \overline{R}_2^*$ คือ ค่าเฉลี่ยของลำดับในตัวอย่างสุ่มแบบคืนที่กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ

S_1^{2*}, S_2^{2*} คือ ความแปรปรวนของลำดับของตัวอย่างสุ่มแบบคืนที่กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ

$\overline{X}_\gamma^*, \overline{Y}_\gamma^*$ คือ ค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้วของตัวอย่างสุ่มแบบคืนที่กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ

d_X^*, d_Y^* คือ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานกำลังสองของตัวอย่างสุ่มแบบคืนที่กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ

4. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาด้วยการจำลองข้อมูลโดยใช้โปรแกรม R เพื่อเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติทดสอบ 6 วิธี สำหรับทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน ภายใต้ขอบเขตการศึกษาดังนี้

1. ประชากรทั้ง 2 กลุ่มเป็นอิสระกัน โดยมีการแจกแจงลอจิสติก และการแจกแจงแกมมา
2. กำหนดขนาดตัวอย่าง ดังนี้
   2.1 กรณีขนาดตัวอย่างเท่ากัน มีค่าดังนี้ (10,10), (20,20), (30,30), (50,50) และ (100,100)
   2.2 กรณีขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน มีค่าดังนี้ (10,15), (10,20), (30,40), (45,50) และ (50,100)
3. กำหนดระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05
4. กำหนดค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่ม ดังนี้
   4.1 ค่าเฉลี่ยของประชากรทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกันสำหรับการคำนวณค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1
   4.2 ค่าเฉลี่ยของประชากรทั้ง 2 กลุ่มแตกต่างกัน โดยกำหนดสัดส่วนค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มที่ 1 ต่อกลุ่มที่ 2 เท่ากับ 1.5:1 และ 2:1 สำหรับการคำนวณค่ากำลังการทดสอบ
5. กำหนดค่าความแปรปรวนเท่ากับ 3
6. กำหนดจำนวนรอบของบูตสแทร็ปเท่ากับ 1,000 รอบ และทำการทดลองซ้ำในแต่ละสถานการณ์จำนวน 5,000 ครั้ง
7. พิจารณาความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดแบบที่ 1 โดยใช้เกณฑ์ของ Bradley (1978) ที่ระดับ นัยสำคัญ 0.05 สถิติทดสอบใดที่มีค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ระหว่าง [0.025 - 0.075] ถือว่ามีความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้
8. คำนวณค่าประมาณกำลังการทดสอบเฉพาะสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมการเกิดความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้เท่านั้น สถิติทดสอบที่มีค่าประมาณกำลังการทดสอบสูงที่สุดจะถือว่ามีประสิทธิภาพดีที่สุด

5. ผลการวิจัย

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประชากร 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกันด้วยสถิติทดสอบ 6 วิธี คือ สถิติทดสอบยูนเวลช์ (YW), สถิติทดสอบแรงค์เวลช์ (RW), สถิติทดสอบบรุนเนอร์-มุนเซล (BM), สถิติทดสอบบูตสแทร็ปยูนเวลช์ (BYW), สถิติทดสอบบูตสแทร็ปแรงค์เวลช์ (BRW) และสถิติทดสอบบูตสแทร็ปบรุนเนอร์-มุนเซล (BBM) ภายใต้การแจกแจงลอจิสติก และการแจกแจงแกมมา โดยพิจารณาจากค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 และค่าประมาณกำลังการทดสอบ มีรายละเอียด ดังนี้

1. ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1

เมื่อประชากรมีการแจกแจงลอจิสติก พบว่าสถิติทดสอบทั้ง 6 วิธีสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทั้งขนาดตัวอย่างเท่ากันและไม่เท่ากัน แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบทั้ง 6 วิธี สำหรับการแจกแจงลอจิสติก

ขนาดตัวอย่าง		ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1					
		สถิติทดสอบ			Bootstrap		
		RW	BM	YW	BRW	BBM	BYW
เท่ากัน	(10,10)	0.0478	0.0432	0.0538	0.0404	0.0326	0.0486
	(20,20)	0.0452	0.0460	0.0508	0.0374	0.0364	0.0430
	(30,30)	0.0602	0.0596	0.0616	0.0350	0.0392	0.0444
	(50,50)	0.0466	0.0488	0.0530	0.0356	0.0368	0.0350
	(100,100)	0.0524	0.0504	0.0508	0.0332	0.0330	0.0354
ไม่เท่ากัน	(10,15)	0.0436	0.0436	0.0504	0.0358	0.0418	0.0424
	(10,20)	0.0454	0.0504	0.0520	0.0310	0.0376	0.0326
	(30,40)	0.0488	0.0472	0.0472	0.0368	0.0398	0.0370
	(45,50)	0.0496	0.0492	0.0482	0.0364	0.0318	0.0424
	(50,100)	0.0506	0.0452	0.0496	0.0352	0.0398	0.0368

เมื่อประชากรมีการแจกแจงแกมมา พบว่าสถิติทดสอบทั้ง 6 วิธีสามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ทั้งกรณีที่ขนาดตัวอย่างเท่ากันและไม่เท่ากัน แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ของสถิติทดสอบทั้ง 6 วิธี สำหรับการแจกแจงแกมมา

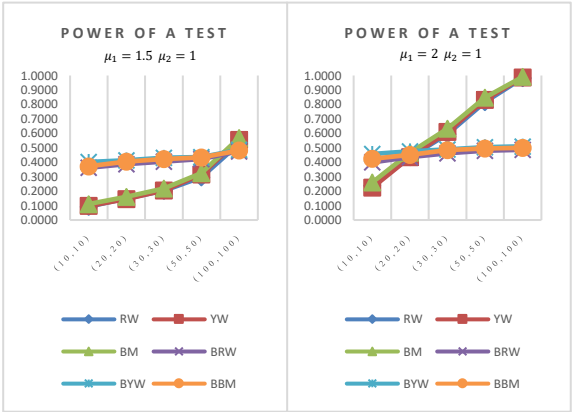
ขนาดตัวอย่าง		ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1					
		สถิติทดสอบ			Bootstrap		
		RW	BM	YW	BRW	BBM	BYW
เท่ากัน	(10,10)	0.0344	0.0328	0.0516	0.0342	0.0316	0.0434
	(20,20)	0.0458	0.0430	0.0510	0.0344	0.0358	0.0382
	(30,30)	0.0458	0.0488	0.0542	0.0284	0.0448	0.0394
	(50,50)	0.0488	0.0496	0.0490	0.0392	0.0402	0.0392
	(100,100)	0.0514	0.0556	0.0546	0.0338	0.0316	0.0300
ไม่เท่ากัน	(10,15)	0.0424	0.0422	0.0556	0.0344	0.0360	0.0402
	(10,20)	0.0544	0.0476	0.0568	0.0362	0.0428	0.0358
	(30,40)	0.0496	0.0470	0.0556	0.0396	0.0504	0.0436
	(45,50)	0.0518	0.0502	0.0520	0.0350	0.0388	0.0380
	(50,100)	0.0510	0.0476	0.0520	0.0362	0.0400	0.0382

2. ค่าประมาณกำลังการทดสอบ

นำสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 มาเปรียบเทียบกำลังการทดสอบ รายละเอียดมีดังนี้

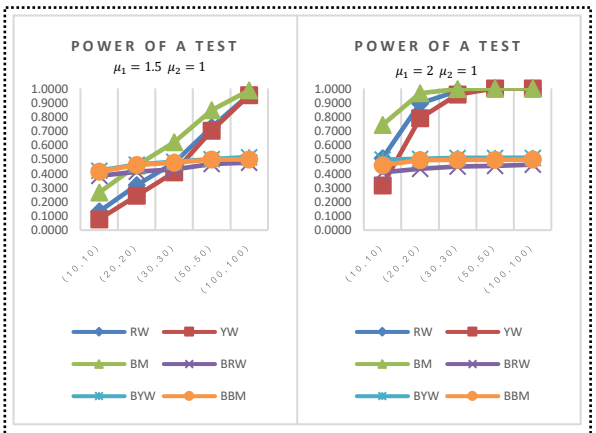
2.1 เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากัน

2.1.1 ภายใต้การแจกแจงลอจิสติก พบว่า เมื่อสัดส่วนค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มที่ 1 ต่อกลุ่มที่ 2 เท่ากับ 1.5:1 สถิติทดสอบบูตสแทร็ปยูนเวลช์ (BYW) มีค่าประมาณกำลังการทดสอบสูงที่สุด และเมื่อสัดส่วนค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มที่ 1 ต่อกลุ่มที่ 2 เท่ากับ 2:1 สถิติทดสอบบรุนเนอร์-มุนเซล (BM) มีค่าประมาณกำลังการทดสอบสูงที่สุด ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่าง เท่ากับ (10,10), (20,20) สถิติทดสอบบูตสแทร็ปยูนเวลช์ (BYW) มีค่าประมาณกำลังการทดสอบสูงที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ค่าประมาณกำลังการทดสอบเมื่อกำหนดค่าเฉลี่ย 1.5:1 และ 2:1 สำหรับการแจกแจงลอจิสติกในขนาดตัวอย่างเท่ากัน

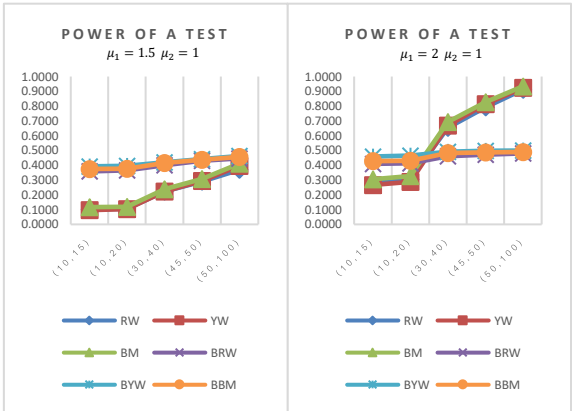
2.1.2 ภายใต้การแจกแจงแกมมา พบว่า สถิติทดสอบบรุนเนอร์-มุนเซล (BM) มีค่าประมาณกำลังการทดสอบสูงที่สุด ยกเว้นเมื่อสัดส่วนค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มที่ 1 ต่อกลุ่มที่ 2 เท่ากับ 1.5:1 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ (10,10), (20,20) สถิติทดสอบบูตสแทร็ปยูนเวลช์ (BYW) มีค่าประมาณกำลังการทดสอบสูงที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ค่าประมาณกำลังการทดสอบเมื่อกำหนดค่าเฉลี่ย 1.5:1 และ 2:1 สำหรับการแจกแจงแกมมาในขนาดตัวอย่างเท่ากัน

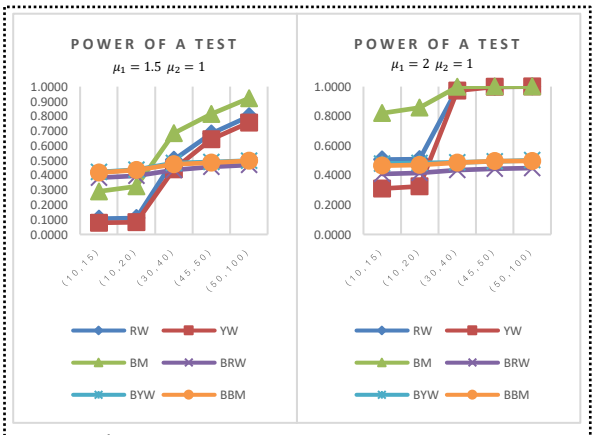
2.2 เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน

2.2.1 ภายใต้การแจกแจงลอจิสติก พบว่า เมื่อสัดส่วนค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มที่ 1 ต่อกลุ่มที่ 2 เท่ากับ 1.5:1 สถิติทดสอบบูตสแทร็ปยูนเวลช์ (BYW) มีค่าประมาณกำลังการทดสอบสูงที่สุด และเมื่อสัดส่วนค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มที่ 1 ต่อกลุ่มที่ 2 เท่ากับ 2:1 สถิติทดสอบบรุนเนอร์-มุนเซล (BM) มีค่าประมาณกำลังการทดสอบสูงที่สุด ยกเว้นที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ (10,15), (10,20) สถิติทดสอบบูตสแทร็ปยูนเวลช์ (BYW) มีค่าประมาณกำลังการทดสอบสูงที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ค่าประมาณกำลังการทดสอบเมื่อกำหนดค่าเฉลี่ย 1.5:1 และ 2:1 สำหรับการแจกแจงลอจิสติกในขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน

2.2.2 ภายใต้การแจกแจงแกมมา พบว่า สถิติทดสอบบรุนเนอร์-มุนเซล (BM) มีค่าประมาณกำลังการทดสอบสูงที่สุด ยกเว้นเมื่อสัดส่วนค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มที่ 1 ต่อกลุ่มที่ 2 เท่ากับ 1.5:1 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ (10,15), (10,20) สถิติทดสอบบูตสแทร็ปยูนเวลช์ (BYW) มีค่าประมาณกำลังการทดสอบสูงที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ค่าประมาณกำลังการทดสอบเมื่อกำหนดค่าเฉลี่ย 1.5:1 และ 2:1 สำหรับการแจกแจงแกมมาในขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน

นอกจากนี้พบว่า สถิติทดสอบทั้ง 6 วิธี มีค่าประมาณกำลังการทดสอบสูงขึ้น เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น

6. อภิปรายผลและสรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้สามารถอภิปรายผลและสรุปผลการวิจัยโดยมีรายละเอียด ดังนี้

6.1 ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 พบว่า ภายใต้การแจกแจงลอจิสติกและแกมมา กรณีขนาดตัวอย่างเท่ากันและไม่เท่ากัน สถิติทดสอบทั้ง 6 วิธี สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้ตามเกณฑ์ของ Bradley ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนพดล และชินนะพงษ์ (2553), อาภา และคณะ (2558)

6.2 ค่ากำลังการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 6 วิธี

- ภายใต้การแจกแจงลอจิสติกซึ่งเป็นการแจกแจงสมมาตรทั้งกรณีขนาดตัวอย่างเท่ากันและไม่เท่ากัน สถิติทดสอบบูตสแทร็ปยูนเวลช์ (BYW) ให้ค่ากำลังการทดสอบสูงที่สุดเกือบทุกสถานการณ์ ยกเว้นเมื่อค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น และ $n_1, n_2 > 20$ สถิติทดสอบบรุนเนอร์-มุนเซล (BM) จะมีค่ากำลังการทดสอบสูงสุด

- ภายใต้การแจกแจงแกมมาซึ่งเป็นการแจกแจงแบบเบ้ทั้งกรณีขนาดตัวอย่างเท่ากันและไม่เท่ากัน สถิติทดสอบบรุนเนอร์-มุนเซล (BM) ให้ค่ากำลังการทดสอบสูงที่สุดเกือบทุกสถานการณ์ ยกเว้นเมื่อค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยน้อยลงและ $n_1, n_2 < 20$ สถิติทดสอบบูตสแทร็ปยูนเวลช์ (BYW) มีค่ากำลังการทดสอบสูงสุด

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอาภา และคณะ (2558) ที่กล่าวคือ สถิติทดสอบบรุนเนอร์-มุนเซล (BM) มีค่ากำลังการทดสอบสูงที่สุด สถิติทดสอบบูตสแทร็ปยูนเวลช์ (BYW) เป็นวิธีที่มีรากฐานจากสถิติทดสอบยูนเวลช์ (YW) ซึ่งใช้เทคนิคการตัดข้อมูลต่ำสุดและสูงสุดร้อยละ 20 ทำให้ข้อมูลที่ผิดปกติถูกขจัดออกไป เมื่อนำมาร่วมกับวิธีบูตสแทร็ปทำให้มีค่ากำลังการทดสอบสูงสุดเกือบทุกสถานการณ์ภายใต้การแจกแจงแบบสมมาตร สอดคล้องกับ Dwivedi และคณะ (2017) ขณะที่ Fagerland และ Sandvik (2009) พบว่าสถิติทดสอบยูนเวลช์ (YW) เหมาะสมกับข้อมูลที่มีการแจกแจงเบ้ขวา งานวิจัยนี้วิธีบูตสแทร็ปยูนเวลช์ (BYW) มีค่ากำลังการทดสอบสูงที่สุดในการแจกแจงแบบเบ้ขวาเมื่อความแตกต่างของค่าเฉลี่ยน้อย และขนาดตัวอย่างน้อยกว่า 20 และเมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ความเบ้ของข้อมูลน้อยลง สถิติทดสอบบรุนเนอร์-มุนเซล (BM) จะมีค่ากำลังการทดสอบที่สูงกว่าสถิติทดสอบบูตสแทร็ปยูนเวลช์ (BYW) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Fagerland และ Sandvik (2009)

7. ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพค่าเฉลี่ยสำหรับประชากรหลายกลุ่ม เช่น 3-4 กลุ่ม และข้อมูลมีการแจกแจงอื่นๆ เช่น การแจกแจงไวบูลล์ (Weibull Distribution) เป็นต้น

2. ผู้ที่สนใจศึกษาเพิ่มเติมอาจศึกษาในกรณีที่ความแปรปรวนไม่เท่ากัน หรือกำหนดสัดส่วนค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1 ต่อกลุ่มที่ 2 เพิ่มขึ้น

8. เอกสารอ้างอิง

ณัฐชา ชุ่มสุนทร อภิญญา หิรัญวงษ์ และบุญอ้อม โฉมที. (2561). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างประชากรสองกลุ่มที่อิสระกัน กรณีความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน. *การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิชาการระดับชาติ UTCC Academic Day ครั้งที่ 2*, กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 1728-1741.

ธิดารัตน์ สมฤทธิ์, ปรียา อยู่เล่ห์, รติวัฒน์ สิทธิบุตร์, วีรยุทธ รักษาธรรม และสายชล สินสมบูรณ์ทอง. (2561). การเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบไม่อิงพารามิเตอร์สำหรับการทดสอบค่าเฉลี่ยระหว่างประชากร 2 กลุ่ม ที่เป็นอิสระกัน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 26*(5), 739-752.

นพดล วันชนะชัย และ ชินนะพงษ์ บำรุงทรัพย์. (2553). การเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบไม่อิงพารามิเตอร์ระหว่างประชากร 2 กลุ่ม เมื่อความแปรปรวนไม่เท่ากัน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, *18*(3), 60-69.

มนตรี สังข์ทอง. (2563). วิธีบูตสแทร็ปไม่อิงพารามิเตอร์เพื่อทดสอบตำแหน่งระหว่างประชากรสองกลุ่มเมื่อไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 25(3), 864-879.

อาภา วงศ์จินดา. (2558). *การเปรียบเทียบสถิติทดสอบไม่อิงพารามิเตอร์สำหรับการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างประชากรสองกลุ่มที่เป็นอิสระกัน เมื่อขนาดตัวอย่างเล็ก.* วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Bradley, J. V. (1978). Robustness?. *Journal of Mathematical and Statistical Psychology, 31*, 145-152.

Brunner, E., Munzel, U. (2000). *The Nonparametric Behrens-Fisher Problem: Asymptotic Theory and a Small Sample Approximation Biometrical J.,* 42, 17-25.

Dwivedi, A. K., Mallawaarachchi, I., & Alvarado, L. A. (2017). Analysis of small sample size studies using nonparametric bootstrap test with pooled resampling method. *Statistics in Medicine, 36*, 2187-2205.

Efron, B., & Tibshirani, R. J. (1993). *An Introduction to the Bootstrap.* New York: Chapman & Hall.

Fagerland M.W. and L. Sandvik. (2009). Performance of five two-sample location tests for Skewed distributions with unequal variances. *Contemporary clinical trials, 30*(5), 490-496.

Reiczigel, J., Zakarias, I., & Rozsa, L. (2005). A bootstrap test of stochastic equality of two populations. *The American Statistician, 59*(2), 1-6.

Yuen, K. K. (1974). The two-sample trimmed t for unequal population variances. *Biometrika, 61*, 165-170.

Zimmerman, D. W., & Zumbo, B. D. (1993). Rank transformations and the power of the Student t test and Welch t test non-normal populations with unequal variances. *Canadian Journal of Experimental Psychology, 47*, 523-539.

สมการไดโอแฟนไทน์ $41^x + 59^y = z^2$ และ $47^x + 53^y = z^2$

ON DIOPHANTINE EQUATIONS $41^x + 59^y = z^2$ AND $47^x + 53^y = z^2$

นายโกมล ไพศาล

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

E-mail: komon.pa@ssru.ac.th

นางสาวไพลิน ชยาภัม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

E-mail: pailin.ch@ssru.ac.th

บทคัดย่อ

ในบทความวิจัยนี้ผู้วิจัยได้แสดงว่าสมการไดโอแฟนไทน์ $41^x + 59^y = z^2$ and $47^x + 53^y = z^2$ มีผลเฉลย (x,y,z) เพียงค่าเดียว คือ (1,1,10)

คำสำคัญ: สมการไดโอแฟนไทน์ ผลเฉลยไม่เป็นจำนวนเต็มลบ

ABSTRACT

In this paper, we show that the Diophantine equations $41^x + 59^y = z^2$ and $47^x + 53^y = z^2$ have exactly unique solution (x,y,z) in non – negative integers. The solution is (1,1,10).

Keywords: Diophantine Equations, Non-Negative Integers Solution.

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ที่ผ่านมามีนักวิจัยได้ศึกษาสมการไดโอแฟนไทน์โดยวิธีการที่หลากหลาย อย่างเช่น Julius Rabago (2013) ได้แสดงว่าสมการไดโอแฟนไทน์ $17^x + 19^y = z^2$ and $71^x + 73^y = z^2$ มีผลเฉลย (x,y,z) คือ (1,1,6) และ (1,1,12) ตามลำดับ เมื่อ x,y และ z เป็นจำนวนเต็มไม่เป็นลบ Banyay Sroysang (2014) ได้แสดงว่าสมการไดโอแฟนไทน์ $143^x + 145^y = z^2$ มีผลเฉลย (x,y,z) คือ (1,0,12) เมื่อ x,y และ z เป็นจำนวนเต็มไม่เป็นลบ Al – Amin Khan and others (2016) ได้แสดงว่าสมการไดโอแฟนไทน์ $3^x + 9^y = z^2$ มีผลเฉลย (x,y,z) เป็นจำนวนอนันต์ซึ่งอยู่ในรูป $(2m+1, m, 2 \cdot 3^m)$ เมื่อ m,x,y และ z เป็นจำนวนเต็มไม่เป็นลบ และได้แสดงว่า $13^x + 9^y = z^2$ ไม่มีผลเฉลยที่เป็นจำนวนเต็มไม่เป็นลบ Asthana and Singh (2020) ได้แสดงว่าสมการไดโอแฟนไทน์ $3^x + 117^y = z^2$ มีผลเฉลย (x,y,z) ซึ่ง (x,y,z) เป็นสมาชิกของเซต { (1,0,2),(3,1,12),(7,1,48),(7,2,126) } เมื่อ x,y และ z เป็นจำนวนเต็มไม่เป็นลบ ในปีเดียวกัน Sudhanshu Aggarwal and others (2020) ได้แสดงว่าสมการไดโอแฟนไทน์ $223^x + 241^y = z^2$ ไม่มีผลเฉลย เมื่อ x,y และ z เป็นจำนวนเต็มไม่เป็นลบ

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ายังไม่มีนักวิจัยได้ศึกษาสมการไดโอแฟนไทน์รูปแบบ $p^x + q^y = z^2$ เมื่อ p และ q เป็นจำนวนเฉพาะ ซึ่ง $p + q = 100$ ในบทความวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้สนใจสมการรูปแบบดังกล่าว เพื่อแสดงว่าสมการไดโอแฟนไทน์ $41^x + 59^y = z^2$ และ $47^x + 53^y = z^2$ มีผลเฉลย (x,y,z) คือ (1,1,10) เมื่อ x,y และ z เป็นจำนวนเต็มไม่เป็นลบ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อหาผลเฉลยที่ไม่เป็นจำนวนเต็มลบของสมการไดโอแฟนไทน์เลขยกกำลัง $41^x + 59^y = z^2$ และ $47^x + 53^y = z^2$

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทความวิจัยนี้เริ่มด้วยการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยสัจพจน์ และบทตั้ง ดังนี้

สัจพจน์ที่ 1 Paul Mihailescu (2004) ข้อความคาดการณ์ของคาร์ทาลาน กล่าวว่าสมการไดโอแฟนไทน์ $a^x - b^y = 1$ เมื่อ a,b,x และ y เป็นจำนวนเต็มที่มากกว่า 1 จะมีผลเฉลยเพียงหนึ่งเดียวก็คือ (a,b,x,y) = (3,2,2,3)

บทตั้งที่ 1 สมการไดโอแฟนไทน์ $1 + 59^y = z^2$ เมื่อ y และ z เป็นจำนวนเต็มไม่เป็นลบ จะไม่มีผลเฉลย

พิสูจน์ สมมติว่ามี y และ z เป็นผลเฉลยของสมการไดโอแฟนไทน์ $1 + 59^y = z^2$ ถ้า $y = 0$ จะได้ว่า $z^2 = 2$

ซึ่งเป็นไปไม่ได้ ถ้า $y \geq 1$ จะได้ว่า $z^2 = 1 + 59^y \geq 1 + 59 = 60$ นั่นคือ $z \geq 8$ จัดรูปสมการใหม่เป็น $z^2 - 59^y = 1$ โดยสัจพจน์ที่ 1 จึงเกิดข้อขัดแย้ง

บทตั้งที่ 2 สมการไดโอแฟนไทน์ $41^x + 1 = z^2$ เมื่อ x และ z เป็นจำนวนเต็มไม่เป็นลบ จะไม่มีผลเฉลยพิสูจน์ สมมติว่ามี x และ z เป็นผลเฉลยของสมการไดโอแฟนไทน์ $41^x + 1 = z^2$ ถ้า $x = 0$ จะได้ว่า $z^2 = 2$

ซึ่งเป็นไปไม่ได้ ถ้า $x \geq 1$ จะได้ว่า $z^2 = 1 + 41^x \geq 1 + 41 = 42$ นั่นคือ $z \geq 7$ จัดรูปสมการใหม่เป็น $z^2 - 41^x = 1$ โดยสัจพจน์ที่ 1 จึงเกิดข้อขัดแย้ง

บทตั้งที่ 3 สมการไดโอแฟนไทน์ $1 + 53^y = z^2$ เมื่อ y และ z เป็นจำนวนเต็มไม่เป็นลบ จะไม่มีผลเฉลยพิสูจน์ สมมติว่ามี y และ z เป็นผลเฉลยของสมการไดโอแฟนไทน์ $1 + 53^y = z^2$ ถ้า $y = 0$ จะได้ว่า $z^2 = 2$

ซึ่งเป็นไปไม่ได้ ถ้า $y \geq 1$ จะได้ว่า $z^2 = 1 + 53^y \geq 1 + 53 = 54$ นั่นคือ $z \geq 8$ จัดรูปสมการใหม่เป็น $z^2 - 53^y = 1$ โดยสัจพจน์ที่ 1 จึงเกิดข้อขัดแย้ง

บทตั้งที่ 4 สมการไดโอแฟนไทน์ $47^x + 1 = z^2$ เมื่อ x และ z เป็นจำนวนเต็มไม่เป็นลบ จะไม่มีผลเฉลยพิสูจน์ สมมติว่ามี x และ z เป็นผลเฉลยของสมการไดโอแฟนไทน์ $47^x + 1 = z^2$ ถ้า $x = 0$ จะได้ว่า $z^2 = 2$

ซึ่งเป็นไปไม่ได้ ถ้า $x \geq 1$ จะได้ว่า $z^2 = 1 + 47^x \geq 1 + 47 = 48$ นั่นคือ $z \geq 7$ จัดรูปสมการใหม่เป็น $z^2 - 47^x = 1$ โดยสัจพจน์ที่ 1 จึงเกิดข้อขัดแย้ง

4. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งการวิจัยออกเป็นทฤษฎีบท 2 บท ดังนี้

ทฤษฎีบทที่ 1 สมการไดโอแฟนไทน์ $41^x + 59^y = z^2$ มีผลเฉลย (x,y,z) คือ (1,1,10) เมื่อ x,y และ z เป็นจำนวนเต็มไม่เป็นลบ

พิสูจน์ กำหนดให้ x,y และ z เป็นจำนวนเต็มไม่เป็นลบ และพิจารณากรณีจำนวนใดจำนวนหนึ่งในสามจำนวนนั้น ก็คือ x,y และ z เป็นศูนย์ นั่นคือ จากสมการไดโอแฟนไทน์ $41^x + 59^y = z^2$ กรณีที่ $z = 0$ เห็นชัดเจนว่า

เป็นไปไม่ได้ และกรณีที่ $x = 0$ หรือ $y = 0$ โดยบทตั้งที่ 1 และบทตั้งที่ 2 ตามลำดับ ทำให้สมการไดโอแฟนไทน์ $41^x + 59^y = z^2$ ไม่มีผลเฉลย จึงเป็นการเพียงพอที่จะพิจารณาผลเฉลย x,y และ $z > 0$ เนื่องจาก $41^x + 59^y$ เป็นจำนวนคู่ ดังนั้น z^2 เป็นจำนวนคู่ จะได้ว่า z เป็นจำนวนคู่ด้วย จึงกำหนดให้ $z = 2k$ สำหรับ k บางตัวที่เป็นจำนวนเต็มไม่เป็นลบใดๆ เนื่องจาก $z^2 \equiv 0 \pmod 4$ และ $41^x \equiv 1 \pmod 4$ ผลที่ตามมาทำให้ $59^y \equiv 3 \pmod 4$

จะได้ y เป็นจำนวนคี่ กำหนดให้ $y = 2m+1$ สำหรับ m บางตัวที่เป็นจำนวนเต็มไม่เป็นลบใดๆ จึงพิจารณา x ออกเป็น 2 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 ให้ x เป็นจำนวนคู่ กำหนดให้ $x = 2t$ สำหรับ t บางตัวที่เป็นจำนวนเต็มไม่เป็นลบใดๆ จะได้สมการไดโอแฟนไทน์ในรูป $41^{2t} + 59^y = z^2$ จะได้ $59^y = z^2 - 41^{2t}$ ให้ $u + v = y$ และ $u > v$ ดังนั้น $(z-41^t)(z+41^t) = 59^y$ ผลที่ตามมาจะได้ $2 \cdot 41^t = 59^u - 59^v = 59^v(59^{u-v} - 1)$ ซึ่งเป็นไปได้เมื่อกำหนดให้ $v = 0$ และ $2 \cdot 41^t = 59^y - 1$ แต่เนื่องจาก $2 \cdot 41^t \equiv 2 \pmod 5$ และ $59^y - 1 \equiv 3 \pmod 5$ ซึ่งขัดแย้งกัน ดังนั้น $41^{2t} + 59^y = z^2$ ไม่มีผลเฉลย เมื่อ x เป็นจำนวนคู่

กรณีที่ 2 ให้ x เป็นจำนวนคี่ กำหนดให้ $x = 2t + 1$ สำหรับ t บางตัวที่เป็นจำนวนเต็มไม่เป็นลบใดๆ จะได้สมการไดโอแฟนไทน์ในรูป $41^{2t+1} + 59^{2m+1} = (2k)^2$ จะได้ $41 \cdot 41^{2t} + 59 \cdot 59^{2m} = 4k^2$ นั่นคือ $41 \cdot 41^{2t} + 123 \cdot 59^{2m} = 4k^2 + 64 \cdot 59^{2m}$ ดังนั้น $41(41^{2t} + 3 \cdot 59^{2m}) = 4(k^2 + 16 \cdot 59^{2m})$ ผลที่ตามมา $k^2 + 16 \cdot 59^{2m} = 41$ และ $41^{2t} + 3 \cdot 59^{2m} = 4$ เป็นไปได้เมื่อกำหนดให้ $m = 0$, $k = 5$ และ $t = 0$ ดังนั้น สมการไดโอแฟนไทน์ $41^x + 59^y = z^2$ มีผลเฉลย (x,y,z) คือ $(1,1,10)$ เมื่อ x,y และ z เป็นจำนวนเต็มไม่เป็นลบ

ทฤษฎีบทที่ 2 สมการไดโอแฟนไทน์ $47^x + 53^y = z^2$ มีผลเฉลย (x,y,z) คือ $(1,1,10)$ เมื่อ x,y และ z เป็นจำนวนเต็มไม่เป็นลบ

พิสูจน์ กำหนดให้ x,y และ z เป็นจำนวนเต็มไม่เป็นลบ และพิจารณากรณีจำนวนใดจำนวนหนึ่งในสามจำนวนนั้น ก็คือ x,y และ z เป็นศูนย์ นั่นคือ จากสมการไดโอแฟนไทน์ $47^x + 53^y = z^2$ กรณีที่ $z = 0$ เห็นชัดเจนว่าเป็นไปไม่ได้ และกรณีที่ $x = 0$ หรือ $y = 0$ โดยบทตั้งที่ 1 และ บทตั้งที่ 2 ตามลำดับ ทำให้สมการไดโอแฟนไทน์ $47^x + 53^y = z^2$ ไม่มีผลเฉลย จึงเป็นการเพียงพอที่จะพิจารณาผลเฉลย x,y และ $z > 0$ เนื่องจาก $47^x + 53^y$ เป็นจำนวนคู่ ดังนั้น z^2 เป็นจำนวนคู่ จะได้ว่า z เป็นจำนวนคู่ด้วย จึงกำหนดให้ $z = 2k$ สำหรับ k บางตัวที่เป็นจำนวนเต็มไม่เป็นลบใดๆ เนื่องจาก $z^2 \equiv 0 \pmod 4$ และ $53^y \equiv 1 \pmod 4$ ผลที่ตามมาทำให้ $47^x \equiv 3 \pmod 4$

จะได้ x เป็นจำนวนคี่ กำหนดให้ $x = 2m+1$ สำหรับ m บางตัวที่เป็นจำนวนเต็มไม่เป็นลบใดๆ จึงพิจารณา y ออกเป็น 2 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 ให้ y เป็นจำนวนคู่ กำหนดให้ $y = 2t$ สำหรับ t บางตัวที่เป็นจำนวนเต็มไม่เป็นลบใดๆ จะได้สมการไดโอแฟนไทน์ในรูป $47^x + 53^{2t} = z^2$ จะได้ $z^2 - 53^{2t} = 47^x$ ให้ $u + v = x$ และ $u > v$ ดังนั้น $(z-53^t)(z+53^t) = 47^{u+v}$ ผลที่ตามมาจะได้ $2 \cdot 53^t = 47^u - 47^v = 47^v(47^{u-v} - 1)$ ซึ่งเป็นไปได้เมื่อกำหนดให้ $v = 0$ และ $2 \cdot 53^t = 47^y - 1$ แต่เนื่องจาก $2 \cdot 53^t \equiv 2 \pmod{13}$ และ $47^y - 1 \equiv 4,7 \pmod{13}$ ซึ่งขัดแย้งกัน ดังนั้น $47^x + 53^y = z^2$ ไม่มีผลเฉลย เมื่อ y เป็นจำนวนคู่

กรณีที่ 2 ให้ y เป็นจำนวนคี่ กำหนดให้ $y = 2t + 1$ สำหรับ t บางตัวที่เป็นจำนวนเต็มไม่เป็นลบใดๆ จะได้สมการไดโอแฟนไทน์ในรูป $47^{2m+1} + 53^{2t+1} = (2k)^2$ จะได้ $47 \cdot 47^{2m} + 53 \cdot 53^{2t} = 4k^2$ นั่นคือ $47 \cdot 47^{2m} + 141 \cdot 53^{2t} = 4k^2 + 88 \cdot 53^{2t}$ ดังนั้น $47(47^{2m} + 3 \cdot 53^{2t}) = 4(k^2 + 22 \cdot 53^{2t})$ ผลที่ตามมา $k^2 + 22 \cdot 53^{2t} = 47$ และ $47^{2m} + 3 \cdot 53^{2t} = 4$ เป็นไปได้เมื่อกำหนดให้ $t = 0$, $k = 5$ และ $m = 0$ ดังนั้น สมการไดโอแฟนไทน์ $47^x + 53^y = z^2$ มีผลเฉลย (x,y,z) คือ $(1,1,10)$ เมื่อ x,y และ z เป็นจำนวนเต็มไม่เป็นลบ

5. ผลการวิจัย

จากการวิจัยพบว่าสมการไดโอแฟนไทน์ $41^x + 59^y = z^2$ และ $47^x + 53^y = z^2$ มีผลเฉลย (x,y,z) ที่ไม่เป็นจำนวนเต็มลบ คือ (1,1,10)

6. อภิปรายผล

สมการไดโอแฟนไทน์รูปแบบ $p^x + q^y = z^2$ เมื่อ p และ q เป็นจำนวนเฉพาะจะมีผลเฉลยหรือไม่มีผลเฉลยที่เป็นจำนวนจำนวนเต็มไม่เป็นลบก็ได้ขึ้นอยู่กับ p และ q เช่น $2^x + 3^y = z^2$ มีผลเฉลย (x,y,z) คือ (0,1,2) (3,0,3) และ (4,2,5) แต่ $223^x + 241^y = z^2$ ไม่มีผลเฉลยที่เป็นจำนวนเต็มไม่เป็นลบ

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

การหาผลเฉลยของสมการไดโอแฟนไทน์สามารถใช้ความรู้เกี่ยวกับการแยกตัวประกอบและสมบัติของการสมภาคกันมาช่วย

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

(1) ควรศึกษาสมการไดโอแฟนไทน์ที่มี 4 ตัวแปร หรือมากกว่า เช่น $14^x + 8^y + 19^z = w^2$

(2) ควรศึกษาสมการไดโอแฟนไทน์ที่กำหนดเงื่อนไขเพิ่มขึ้น เช่น $p^x + (q+3)^y = z^2$ เมื่อ p, q เป็นจำนวนเฉพาะ และ $z \equiv 2 \pmod 5$

8. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาที่สนับสนุนและให้โอกาสในการทำวิจัยครั้งนี้

9. เอกสารอ้างอิง

Bunyat Sroysang. (2014). On the Diophantine equation $143^x + 145^y = z^2$, *International Journal of pure and applied Mathematics*, *91*(2), 265–268.

Julius Fergy Tiongson Rabago. (2013). A note on two Diophantine equation $17^x + 19^y = z^2$ and $71^x + 73^y = z^2$, *Mathematical Journal of Interdisciplinary Science*, *2*(1), 19–24.

Md.Al - Amin Khan and others. (2016). Solutions of two Diophantine equation $3^x + 9^y = z^2$ and $13^x + 9^y = z^2$, *International Journal of scientific & Engineering Research*, *7*(1), 867– 869.

Paul Mihailescu. (2004). Primary cycolotomic units and a proof of Catalan's conjecture. *Journal für die Reine und Angewandte Mathematik, 27*, 167–195.

Shivangi Asthana and Madan Mohan Singh.(2020). On the Diophantine equation $3^x + 117^y = z^2$, *GANITA*, *70*(2), 43 - 47.

Sudhanshu Aggarwal and others. (2020). On the Diophantine equation $223^x + 241^y = z^2$, *International Journal of Research and Innovation in Applied Science*, *5*(8), 155–156.

การพยากรณ์การเติบโตของธุรกิจประกันชีวิตในประเทศไทย โดยใช้ตัวแบบการแยกส่วนประกอบร่วมกับ SARIMAX

FORECASTING THE GROWTH OF LIFE INSURANCE BUSINESS IN THAILAND USING DECOMPOSITION WITH SARIMAX MODEL

นิฉา แก้วหาวงษ์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
E-mail: nicha@mathstat.sci.tu.ac.th
กฤตธน ประทีปะวณิช
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
E-mail: kritthana.pr@gmail.com
ปฏิภาณ จำปาแดง
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
E-mail: champadaeng.p@gmail.com
พิมพ์รพี สิงห์ชุมพร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
E-mail: pimrapee.ps@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์อนุกรมเวลา 3 ตัวแบบ คือ 1) ตัวแบบการแยกส่วนประกอบ 2) ตัวแบบ SARIMAX และ 3) ตัวแบบการแยกส่วนประกอบร่วมกับ SARIMAX ในการศึกษาใช้ข้อมูลจำนวนเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของประกันชีวิตในประเทศไทยตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2546 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2563 โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (MAPE) และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Squared) จากการศึกษาพบว่าตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ข้อมูลจำนวนเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของประกันชีวิตคือตัวแบบการแยกส่วนประกอบร่วมกับ SARIMAX โดยตัวแบบที่ได้มีค่า MAPE ต่ำที่สุดเท่ากับ 4.3371% และมีค่า R-Squared มากที่สุดเท่ากับ 99.9802% ค่าพยากรณ์ข้อมูลจำนวนเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของประกันชีวิต ปี พ.ศ. 2564 และปี พ.ศ. 2565 มีจำนวน 622,886,544 พันบาท และ 627,046,285 พันบาท ตามลำดับ โดยจำนวนเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของประกันชีวิตปี พ.ศ. 2564 มีการเติบโตคิดเป็น 1.6787% เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2563 และปี พ.ศ. 2565 จำนวนเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของประกันชีวิตมีการเติบโตคิดเป็น 2.3577% เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2563

คำสำคัญ: เบี้ยประกันภัยรับโดยตรง, การแยกส่วนประกอบ, SARIMAX, การแยกส่วนประกอบร่วมกับ SARIMAX

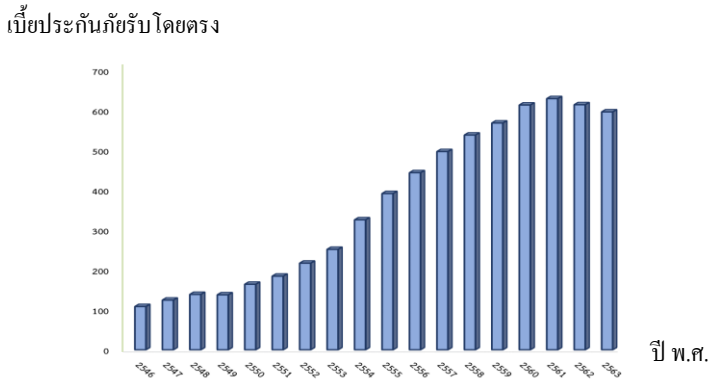
ABSTRACT

The objectives of this research were to study and compare three models of forecasting time series, namely 1) Decomposition model 2) Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variable model (SARIMAX) and 3) Decomposition with SARIMAX model. In this study, we used monthly time series data of direct premium of life insurance in Thailand. The data was the monthly time series data from January of 2003 to December of 2020. The Mean Absolute Percentage Error (MAPE) and R-Squared were used as the comparative criteria. The results showed that the Decomposition with SARIMAX model was the most suitable model for forecasting the data of direct premium of life insurance. The Decomposition with SARIMAX model had the lowest MAPE of 4.3371% and the highest R-Squared of 99.9802%. The predicted direct premium of life insurance in 2021 and 2022 were 622,886,544 thousand baht and 627,046,285 thousand baht, respectively. The direct premium of life insurance in 2021 was predicted to increase 1.6787% from 2020 and in 2022 the direct premium of life insurance was predicted to increase 2.3577% from 2020.

Keywords: Direct premium, Decomposition, SARIMAX, Decomposition with SARIMAX

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ในปัจจุบันประชาชนมีความเสี่ยงในการดำรงชีวิตมากขึ้น ทำให้ประชาชนให้ความสำคัญในการทำประกันชีวิตมากขึ้น เพราะธุรกิจประกันชีวิตจะสามารถกระจายความเสี่ยงที่เกิดขึ้นได้ โดยธุรกิจประกันชีวิตจะเก็บเบี้ยประกันจากผู้ที่ต้องการทำประกันและเริ่มคุ้มครองหลังจากได้รับเบี้ยประกัน การประกันชีวิตมี 3 ประเภท คือ 1) กรมธรรม์ประกันชีวิตประเภทสามัญ คือ กรมธรรม์ประกันชีวิตรายบุคคลที่มีจำนวนเงินเอาประกันภัยค่อนข้างสูงเหมาะสำหรับผู้มีรายได้ปานกลางถึงรายได้สูง 2) กรมธรรม์ประกันชีวิตประเภทอุตสาหกรรม คือ กรมธรรม์ประกันชีวิตที่มีจำนวนเงินเอาประกันค่อนข้างต่ำเหมาะสำหรับผู้มีรายได้ปานกลางถึงรายได้ต่ำ และ 3) กรมธรรม์ประกันชีวิตประเภทกลุ่ม คือ กรมธรรม์ที่มีผู้เอาประกันชีวิตร่วมกันตั้งแต่ 3 คนขึ้นไป ส่วนมากเป็นกลุ่มพนักงานของบริษัท ส่วนรูปแบบการประกันชีวิตสามารถแบ่งได้ 5 รูปแบบ คือ 1) การประกันชีวิตแบบชั่วระยะเวลา 2) การประกันชีวิตแบบตลอดชีพ 3) การประกันชีวิตแบบสะสมทรัพย์ 4) การประกันชีวิตแบบบำนาญ และ 5) การประกันชีวิตแบบควบการลงทุน โดยรายได้ส่วนใหญ่ของธุรกิจประกันชีวิตมาจากการได้รับเบี้ยประกัน ดังนั้นเบี้ยประกันสามารถบ่งบอกได้ถึงการเติบโตของธุรกิจประกันชีวิต แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 เบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของธุรกิจประกันชีวิตในประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 ถึง พ.ศ. 2563

จากภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่ากราฟแสดงเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของธุรกิจประกันชีวิตในประเทศไทย ตั้งแต่ พ.ศ. 2546 ถึง พ.ศ. 2563 มีแนวโน้มการเติบโตสูงขึ้นค่อนข้างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปี พ.ศ. 2563 เบี้ยประกันภัยรับโดยตรงมีมากถึง 595.454 พันล้านบาท ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2546 ซึ่งมีเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงเพียง 108.206 พันล้านบาท โดยจำนวนเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงมีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 25.02 ต่อปี ทางคณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของธุรกิจประกันชีวิต และหาสาเหตุของการเพิ่มขึ้นของเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของธุรกิจประกันชีวิต เพื่อคาดการณ์เบี้ยประกันภัยรับโดยตรงในอนาคตและคาดการณ์การฟื้นตัวของธุรกิจประกันชีวิตหลังการแพร่ระบาดของโควิด-19 เพื่อเป็นแนวทางในการประมาณรายได้ของบริษัท การวางแผน ปรับปรุงการดำเนินงานภายในอนาคตหลังเกิดการแพร่ระบาดของโควิด-19 เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจลงทุนในธุรกิจประกันชีวิต และเพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนการพัฒนาธุรกิจในอนาคต

การคาดการณ์จำนวนเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของธุรกิจประกันชีวิตรายเดือนในประเทศไทยจึงเป็นเรื่องที่สำคัญ หากนำเทคนิคการพยากรณ์อนุกรมเวลามาช่วยพยากรณ์จำนวนเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของธุรกิจประกันชีวิตรายเดือนในประเทศไทยได้ก็จะทำให้ทราบแนวโน้มในอนาคต และทราบได้ว่าช่วงเวลาใดธุรกิจประกันชีวิตจะเติบโต โดยมีงานวิจัยที่ศึกษาการพยากรณ์จำนวนเบี้ยประกันภัยของประกันชีวิต เช่น งานวิจัยของวิวัฒน์ (2554) ได้ศึกษาปัจจัยทางเศรษฐกิจที่มีอิทธิพลต่อจำนวนเงินเบี้ยประกันชีวิตรวมประเภทสามัญ โดยใช้ตัวแปรอิสระ 4 ตัวคือดัชนีราคาผู้บริโภค, ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ, ดัชนีราคาตลาดหลักทรัพย์ และอัตราผลตอบแทนพันธบัตรรัฐบาล 5 ปี ส่วนตัวแปรตาม คือ จำนวนเงินเบี้ยประกันชีวิตรวมประเภทสามัญ ผลการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศมีความสัมพันธ์กับจำนวนเงินเบี้ยประกันชีวิตรวมประเภทสามัญมากที่สุด ต่อมาเป็นงานวิจัยของ Bortner และคณะ (2013) ได้ศึกษาตัวแบบที่เหมาะสมในการพยากรณ์เบี้ยประกันภัยรับโดยตรงใน 18 รัฐของประเทศสหรัฐอเมริกาโดยใช้วิธีพยากรณ์ 3 วิธีคือ 1) วิธีการวิเคราะห์ถดถอยแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ 2) วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล และ 3) ตัวแบบ ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบ ARIMA เป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด ส่วน Namawejje และ Geofrey (2020) ได้ศึกษาตัวแบบพยากรณ์เบี้ยประกันภัยของธุรกิจประกันชีวิตในประเทศยูกันดา ผลการศึกษาพบว่า ตัวแบบที่เหมาะสมคือ ARIMA(0,1,0) โดยจำนวนเบี้ยประกันภัยของธุรกิจประกันชีวิตประเภทรายบุคคลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ขณะที่ประกันชีวิตประเภทกลุ่มและประกันชีวิตสำหรับการเกษียณอายุมีแนวโน้มคงที่ ในส่วนของอัตราการเข้าถึงประกันชีวิตยังคงเพิ่มขึ้นแต่อยู่ในอัตราที่ต่ำกว่า 1.19% และงานวิจัยของ Nontapa และคณะ (2020) ได้นำเสนอวิธีใหม่ในการพยากรณ์อนุกรมเวลาคือวิธีแยกส่วนประกอบร่วมกับตัวแบบ SARIMAX โดยข้อมูลที่ใช้ศึกษาคือปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย, จำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติที่มาท่องเที่ยวในประเทศไทย, อัตราแลกเปลี่ยนสกุลเงินดอลลาร์สหรัฐต่อเงินบาท และดัชนีราคาหุ้นของไทย โดยเปรียบเทียบ 4 ตัวแบบคือ 1) ตัวแบบ ARIMA ที่มีฤดูกาล 2) ตัวแบบ SARIMAX 3) วิธีแยกส่วนประกอบร่วมกับตัวแบบ ARIMA ที่มีฤดูกาล และ 4) วิธีแยกส่วนประกอบร่วมกับ SARIMAX ผลการศึกษาพบว่าวิธีแยกส่วนประกอบร่วมกับตัวแบบ SARIMAX เป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงสนใจและต้องการเปรียบเทียบตัวแบบ 3 ตัวแบบ คือ ตัวแบบการแยกส่วนประกอบซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์ที่แยกแต่ละส่วนประกอบของอนุกรมเวลาออกจากกัน ซึ่งแต่ละส่วนประกอบที่แยกออกมานั้นจะทำให้ทราบถึงลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา และสามารถนำไปสร้างสมการพยากรณ์ต่อไป ตัวแบบ SARIMAX เป็นวิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่ใช้การถดถอยพหุคูณที่มีตัวแปรตาม (Y) และมีปัจจัย

ภายนอกเข้ามาคิดร่วมด้วย แต่เนื่องจากความคลาดเคลื่อนสุ่มมีสหสัมพันธ์ในตัวเอง ดังนั้นจึงกำหนดตัวแบบ SARIMA ให้กับความคลาดเคลื่อนสุ่ม และทำการวิเคราะห์ร่วมกันกับตัวแบบการถดถอยพหุคูณ และตัวแบบการแยกส่วนประกอบร่วมกับ SARIMAX เป็นวิธีพยากรณ์อนุกรมเวลาที่มีการแยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลาออกเป็น TCI และ S จากนั้นนำ TCI ไปประมาณค่าด้วยตัวแบบ SARIMAX และนำค่าประมาณที่ได้ไปคูณกับดัชนีฤดูกาลจะทำให้ได้ค่าพยากรณ์ของอนุกรมเวลา Y ในอนาคต

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบตัวแบบ 3 ตัวแบบคือ 1) ตัวแบบการแยกส่วนประกอบ 2) ตัวแบบ SARIMAX และ 3) ตัวแบบการแยกส่วนประกอบร่วมกับ SARIMAX

(2) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเติบโตของธุรกิจประกันชีวิตในประเทศไทย

(3) เพื่อวิเคราะห์และคัดเลือกตัวแบบที่เหมาะสมและมีความแม่นยำมากที่สุดในการพยากรณ์การเติบโตของธุรกิจประกันชีวิตในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2564 และ พ.ศ. 2565

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลทุติยภูมิของจำนวนเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของธุรกิจประกันชีวิตรายเดือนและตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2546 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2563 โดยกำหนดตัวแปรดังนี้

ตัวแปรตาม (Dependent Variable) คือ

Y_t แทน จำนวนเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของธุรกิจประกันชีวิตในประเทศไทย (พันบาท) ณ เดือนที่ t

ตัวแปรภายนอก (Exogenous Variables) มีจำนวน 12 ตัว คือ

$X_{1,t}$ แทน อัตราดอกเบี้ยนโยบาย (เปอร์เซ็นต์) ณ เดือนที่ t

$X_{2,t}$ แทน จำนวนเงินเอาประกันชีวิต (พันบาท) ณ เดือนที่ t

$X_{3,t}$ แทน จำนวนบริษัทประกันชีวิต (บริษัท) ณ เดือนที่ t

$X_{4,t}$ แทน จำนวนกรมธรรม์ประกันชีวิต (ราย) ณ เดือนที่ t

$X_{5,t}$ แทน ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (พันล้านบาท) ณ เดือนที่ t

$X_{6,t}$ แทน ค่าใช้จ่ายในการโฆษณาของบริษัทประกันชีวิต (พันบาท) ณ เดือนที่ t

$X_{7,t}$ แทน จำนวนเบี้ยประกันภัยปีแรกของกรมธรรม์ประกันชีวิตประเภทสามัญ (พันบาท) ณ เดือนที่ t

$X_{8,t}$ แทน จำนวนเบี้ยประกันภัยปีแรกของกรมธรรม์ประกันชีวิตประเภทอุตสาหกรรม (พันบาท) ณ เดือนที่ t

$X_{9,t}$ แทน จำนวนเบี้ยประกันภัยปีแรกของกรมธรรม์ประกันชีวิตประเภทกลุ่ม (พันบาท) ณ เดือนที่ t

$X_{10,t}$ แทน จำนวนเบี้ยประกันภัยปีต่อไปของกรมธรรม์ประกันชีวิตประเภทสามัญ (พันบาท) ณ เดือนที่ t

$X_{11,t}$ แทน จำนวนเบี้ยประกันภัยปีต่อไปของกรมธรรม์ประกันชีวิตประเภทอุตสาหกรรม (พันบาท) ณ เดือนที่ t

$X_{12,t}$ แทน จำนวนเบี้ยประกันภัยปีต่อไปของกรมธรรม์ประกันชีวิตประเภทกลุ่ม (พันบาท) ณ เดือนที่ t

3.2 วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 ตัวแบบการแยกส่วนประกอบ

เป็นวิธีการพยากรณ์ที่แยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลาแต่ละส่วนออกจากกันและทำการพยากรณ์ โดยนำส่วนประกอบของแนวโน้มที่พยากรณ์ได้โดยใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ได้แก่ 1) ตัวแบบแนวโน้มเชิงเส้น 2) ตัวแบบแนวโน้มควอดราติก 3) ตัวแบบแนวโน้มคิวบิก และ 4) ตัวแบบแนวโน้มเอ็กซ์โปเนนเชียล ไปคูณกับค่าดัชนีฤดูกาลจะได้ค่าพยากรณ์ของ Y_t ในอนาคต สำหรับตัวแบบการแยกส่วนประกอบแบบคูณมีสมการดังนี้

$$Y_t = T_t \times S_t \times C_t \times I_t \tag{1}$$

สมการพยากรณ์ของตัวแบบการแยกส่วนประกอบแบบคูณ มีสมการดังนี้

$$\hat{Y}_t = \hat{T}_t \times \hat{S}_t \times \hat{C}_t \times \hat{I}_t \tag{2}$$

โดยที่ $\hat{Y}_t$ คือ ค่าพยากรณ์ ณ เวลาที่ t

$\hat{T}_t$ คือ ค่าประมาณส่วนประกอบของแนวโน้ม ณ เวลาที่ t

$\hat{S}_t$ คือ ค่าประมาณส่วนประกอบของความแปรผันเนื่องจากฤดูกาล หรือเรียกว่า ดัชนีฤดูกาล (Seasonal Index) ณ เวลาที่ t

$\hat{C}_t$ คือ ค่าประมาณส่วนประกอบของความแปรผันเนื่องจากวัฏจักร ณ เวลาที่ t

$\hat{I}_t$ คือ ค่าประมาณส่วนประกอบของความแปรผันเนื่องจากเหตุการณ์ผิดปกติ ณ เวลาที่ t

3.2.2 ตัวแบบ SARIMAX

เป็นวิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่ใช้การถดถอยพหุคูณที่มีตัวแปรตาม (Y) และมีปัจจัยภายนอกเข้ามาคิดร่วมด้วย แต่เนื่องจากความคลาดเคลื่อนสุ่มมีสหสัมพันธ์ในตัวเอง และสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย ดังนั้นจึงกำหนดตัวแบบ SARIMA ให้กับความคลาดเคลื่อนสุ่ม และทำการวิเคราะห์ร่วมกับตัวแบบการถดถอยพหุคูณ จะได้ตัวแบบ $SARIMAX(p,d,q)(P,D,Q)$ มีสมการดังนี้

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1,t} + \beta_2 X_{2,t} + \ldots + \beta_k X_{k,t} + \frac{\theta_q(\mathrm{B})\Theta_Q(\mathrm{B}^S)}{\phi_p(\mathrm{B})\Phi_P(\mathrm{B}^S)(1-\mathrm{B})^d(1-\mathrm{B}^S)^D}\varepsilon_t \tag{3}$$

โดยที่ Y_t คือ ข้อมูล ณ เวลาที่ t

ε_t คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random Error) ณ เวลาที่ t

$X_{i,t}$ คือ ค่าของตัวแปรอิสระตัวที่ i ณ เวลาที่ t โดยที่ i = 1,2,…,k

β_0 คือ พารามิเตอร์แสดงค่าคงที่ของการถดถอย

$\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_k$ คือ พารามิเตอร์แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย

$\phi_1, \phi_2, \ldots, \phi_p$ คือ พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การถดถอยในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาล

$\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_q$ คือ พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาล

$\Phi_1, \Phi_2, \ldots, \Phi_P$ คือ พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาล

$\Theta_1, \Theta_2, \ldots, \Theta_Q$ คือ พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาล

3.2.3 ตัวแบบการแยกส่วนประกอบร่วมกับ SARIMAX

ในปี ค.ศ. 2020 Nontapa และคณะได้นำเสนอตัวแบบการแยกส่วนประกอบร่วมกับ SARIMAX ซึ่งเป็นวิธีพยากรณ์อนุกรมเวลาที่มีการแยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลาออกเป็น TCI และ S จากนั้นนำ TCI ไปประมาณค่าด้วยตัวแบบ SARIMAX และนำค่าประมาณที่ได้ไปคูณกับดัชนีฤดูกาลจะทำให้ได้ค่าพยากรณ์ของอนุกรมเวลา Y_t ในอนาคต ซึ่งตัวแบบการแยกส่วนประกอบร่วมกับตัวแบบ SARIMAX มีสมการดังนี้

$$Y_t = (\mathrm{T}\times \mathrm{C}\times \mathrm{I})_{t,SARIMAX} \times S_t + \varepsilon_t \tag{4}$$

โดยที่ Y_t คือ ข้อมูล ณ เวลาที่ t

$(\mathrm{T}\times \mathrm{C}\times \mathrm{I})_{t,SARIMAX}$ คือ ส่วนประกอบของแนวโน้ม-วัฏจักร-เหตุการณ์ผิดปกติ ณ เวลาที่ t

S_t คือ ส่วนประกอบของความแปรผันเนื่องจากฤดูกาล ณ เวลาที่ t

ε_t คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random Error) ณ เวลาที่ t

3.2.4 ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percentage Error)

เป็นค่าที่ใช้วัดความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์อนุกรมเวลา โดยตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดที่จะถูกนำไปใช้ในการพยากรณ์จะต้องมีค่า MAPE ต่ำที่สุด โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$MAPE(\%) = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t}\right| \times 100 \tag{5}$$

โดยที่ Y_t คือ ข้อมูล ณ เวลาที่ t, $\hat{Y}_t$ คือ ค่าพยากรณ์ของข้อมูล ณ เวลาที่ t, n คือ จำนวนข้อมูลตัวอย่าง

3.2.5 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination)

เป็นค่าสถิติที่ใช้วัดประสิทธิภาพของสมการพยากรณ์โดยค่า R-Squared มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 และไม่มีหน่วย นิยมวัดในรูปเปอร์เซ็นต์ ถ้า R-Squared มีค่าใกล้ 100% แสดงว่าสมการพยากรณ์ที่ได้มีประสิทธิภาพสูง ถ้า R-Squared มีค่าใกล้ 0% แสดงว่าสมการพยากรณ์ที่ได้มีประสิทธิภาพต่ำ โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$R-Squared(\%) = \left(1 - \frac{\sum_{t=1}^{n}(Y_t - \hat{Y}_t)^2}{\sum_{t=1}^{n}(Y_t - \bar{Y})^2}\right) \times 100 \tag{6}$$

โดยที่ Y_t คือ ข้อมูล ณ เวลาที่ t, $\hat{Y}_t$ คือ ค่าพยากรณ์ของข้อมูล ณ เวลาที่ t, $\bar{Y}$ คือ ค่าเฉลี่ยตัวอย่าง

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคำนวณค่าพยากรณ์ทั้ง 3 ตัวแบบ โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

<u>ส่วนที่ 1</u> ใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2546 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2562 จำนวน 204 เดือน คิดเป็น 94% ของจำนวนข้อมูลตัวอย่างทั้งหมด เพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมในแต่ละตัวแบบพยากรณ์

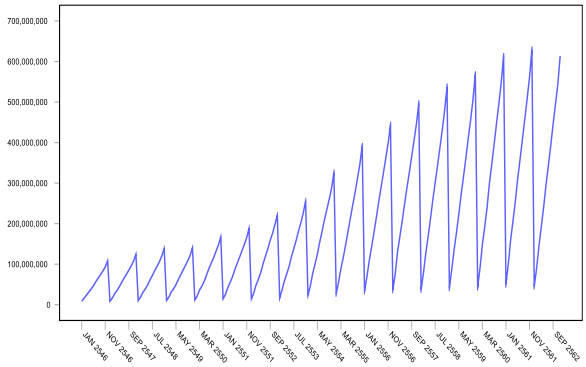
<u>ส่วนที่ 2</u> ใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2563 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2563 จำนวน 12 เดือน คิดเป็น 6% ของจำนวนข้อมูลตัวอย่างทั้งหมด เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์ล่วงหน้าที่ได้ในแต่ละตัวแบบ และจะเลือกตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดที่ให้ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (MAPE) น้อยที่สุด

4. ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ประมวลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม IBM® SPSS® Statistics Version 26 ได้ผลการวิจัยดังนี้

4.1 การพยากรณ์ด้วยตัวแบบการแยกส่วนประกอบ

ในเบื้องต้นได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของธุรกิจประกันชีวิตรายเดือนในประเทศไทยตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2546 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2562 แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ข้อมูลจำนวนเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของธุรกิจประกันชีวิตในประเทศไทย ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2546 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2562

จากภาพที่ 2 พบว่า ข้อมูลจำนวนเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของธุรกิจประกันชีวิตรายเดือนในประเทศไทยมีแนวโน้มและมีฤดูกาลเชิงคูณเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงทำการแยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลาได้เป็น TCI และความแปรผันเนื่องจากฤดูกาล (S) ซึ่งจะประมาณค่าด้วยดัชนีฤดูกาล ($\hat{S}_t$) และนำ TCI ที่ได้ไปประมาณค่าด้วยสมการพยากรณ์แนวโน้มที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจะได้ตัวแบบแนวโน้มคิวบิก (Cubic Trend Model) และนำสมการพยากรณ์ด้วยตัวแบบแนวโน้มคิวบิกไปคูณกับดัชนีฤดูกาลได้สมการพยากรณ์ คือ

$$\hat{Y}_t = \hat{T}_{t,Cubic} \times \hat{S}_t \tag{7}$$

$$= (b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + b_3 t^3) \times \hat{S}_t \tag{8}$$

$$= (72,910,709.14322 - 1,544,529.29854t + 35,065.87517t^2 - 104.85395t^3) \times \hat{S}_t \tag{9}$$

โดยที่ $\hat{Y}_t$ คือ ค่าพยากรณ์เบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของธุรกิจประกันชีวิต ณ เดือนที่ t

$\hat{T}_{t,Cubic}$ คือ ค่าพยากรณ์ส่วนประกอบแนวโน้มของเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของธุรกิจประกันชีวิต ณ เดือนที่ t

$\hat{S}_t$ คือ ดัชนีฤดูกาลของเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของธุรกิจประกันชีวิต ณ เดือนที่ t

t คือ เวลา ; $t = 1, 2, \ldots$

4.2 การพยากรณ์ด้วยตัวแบบ SARIMAX

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยตัวแบบ SARIMAX ในเบื้องต้นทำการสร้างสมการถดถอยระหว่างตัวแปรตาม (Y) ร่วมกับตัวแปรภายนอกโดยทำการคัดเลือกตัวแปรเข้าสมการถดถอยโดยวิธี Stepwise พบว่ามีเพียง X_{11} ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามมากที่สุด ($r_{Y.X_{11}} = 0.921$) มีสมการคือ $\hat{Y}_t$=41,734,701.46064+37.20685 $X_{11,t}$ และพบว่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากสมการถดถอยไม่สเตชันนารีจึงต้องหาผลต่างอันดับที่ 1 แบบ Nonseasonal (d=1) และหาผลต่างอันดับที่ 1 แบบ Seasonal (D=1) เพื่อทำให้อนุกรมเวลามีค่าเฉลี่ยคงที่อยู่ในระดับเดียวกัน และนำข้อมูลที่ได้ไปเขียนกราฟแสดงค่าฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองและฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อยเพื่อใช้

ในการกำหนดอันดับที่ p, P, q และ Q ในตัวแบบ SARIMAX พบว่า อนุกรมเวลาของความคลาดเคลื่อนที่มีการหาผลต่าง d=1 และ D=1 มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง ณ Lag ที่ 1, 11, 12, 24, 25 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย ณ Lag ที่ 1, 12, 13, 24, 35, 47 ตามลำดับ ดังนั้นจะได้ตัวแบบ SARIMAX ของตัวแปรตาม (Y) ที่เหมาะสมที่สุด คือ SARIMAX(0,1,(1,35))(0,1,1) with X_{11} กรณีไม่มีพจน์ค่าคงที่ มีสมการพยากรณ์ คือ

$$\hat{Y}_t = \hat{\beta}_{11}X_{11,t} + \hat{\omega}_{t-12} + \hat{\omega}_{t-1} - \hat{\omega}_{t-13} - \hat{\theta}_1 e_{t-1} - \hat{\theta}_{35}e_{t-35} - \hat{\Theta}_1 e_{t-12} + \hat{\theta}_1\hat{\Theta}_1 e_{t-13} + \hat{\theta}_{35}\hat{\Theta}_1 e_{t-47} \quad (10)$$

และทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดได้ค่าดังนี้

$\hat{\beta}_{11}$ = 12.86944 (t = 2.488, p-value = 0.01372), $\hat{\theta}_1$ = 0.24824 (t = 3.570, p-value = 0.00045)

$\hat{\theta}_{35}$ = -0.22376 (t =-2.910, p-value = 0.00405), $\hat{\Theta}_1$ = 0.64236 (t = 10.376,p-value = 0.00000)

4.3 การพยากรณ์ด้วยตัวแบบการแยกส่วนประกอบร่วมกับ SARIMAX

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยตัวแบบการแยกส่วนประกอบร่วมกับ SARIMAX เป็นวิธีผสมระหว่างตัวแบบการแยกส่วนประกอบกับตัวแบบ SARIMAX ในเบื้องต้นจะนำส่วนประกอบแนวโน้ม-วัฏจักรและความผันแปรแบบผิดปกติ (TCI) ที่แยกส่วนประกอบได้ในข้อ 4.1 มาสร้างสมการถดถอยร่วมกับตัวแปรภายนอก โดยทำการคัดเลือกตัวแปรเข้าสมการถดถอยโดยวิธี Stepwise พบว่ามีเพียง X_9 ที่มีความสัมพันธ์กับ TCI มากที่สุด ($r_{TCI.X_9}$ = 0.982) มีสมการคือ TCI_t =93,522,607.37496+30.73985 $X_{9,t}$ และพบว่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากสมการถดถอยมีสหสัมพันธ์ในตัวเอง ณ Lag ที่ 1, 9, 12, 17 และ 49 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย ณ Lag ที่ 1, 12, 17 และ 24 ตามลำดับ ดังนั้นจะได้ตัวแบบ SARIMAX ของ TCI_t ที่เหมาะสมที่สุด คือ SARIMAX(0,1,(49))(0,1,1) with X_9 และนำค่าพยากรณ์ของ TCI_t จากตัวแบบ SARIMAX ที่ได้ไปคูณกับดัชนีฤดูกาลจะได้ตัวแบบการแยกส่วนประกอบร่วมกับ SARIMAX กรณีไม่มีพจน์ค่าคงที่ มีสมการพยากรณ์ คือ

$$\hat{Y}_t = (\hat{\beta}_9 X_{9,t} + \hat{\omega}_{t-1} + \hat{\omega}_{t-12} - \hat{\omega}_{t-13} - \hat{\theta}_{49}e_{t-49} - \hat{\Theta}_1 e_{t-12} + \hat{\theta}_{49}\hat{\Theta}_1 e_{t-61}) \times \hat{S}_t \quad (11)$$

โดยที่ $\hat{\beta}_9$ = 2.87291 (t = 3.969, p-value = 0.00010), $\hat{\theta}_{49}$ = -0.21418 (t = -2.353, p-value = 0.01968)

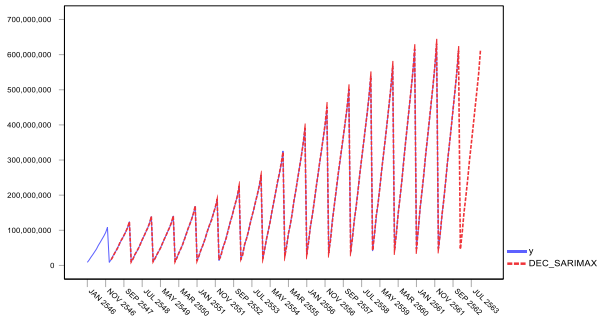
$\hat{\Theta}_1$ = 0.70728 (t = 12.282, p-value = 0.00001)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่า MAPE และค่า R-Squared ของตัวแบบทั้ง 3 ตัวแบบ

เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ	ตัวแบบการแยกส่วนประกอบ	ตัวแบบ SARIMAX	ตัวแบบการแยกส่วนประกอบร่วมกับ SARIMAX
1. MAPE (%) (คิดจากข้อมูลในอดีต 204 เดือน)	6.4074	1.7498	1.6558*
2. MAPE (%) (คิดจากข้อมูลล่วงหน้า 12 เดือน)	4.8107	6.6032	4.3371*
3. R-Squared (%)	99.6108	99.9519	99.9802**

<u>หมายเหตุ</u> * หมายถึง ตัวแบบที่ให้ค่า MAPE ต่ำที่สุด และ ** หมายถึง ตัวแบบที่ให้ค่า R-Squared มากที่สุด

จากตารางที่ 1 พบว่าตัวแบบการพยากรณ์ข้อมูลเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของธุรกิจประกันชีวิตรายเดือนในประเทศไทยที่เหมาะสมที่สุด คือ ตัวแบบการแยกส่วนประกอบร่วมกับ SARIMAX เนื่องจากให้ค่า MAPE ต่ำที่สุดเท่ากับ 4.3371% สำหรับการพยากรณ์ข้อมูลล่วงหน้า 12 เดือน และมีค่า R-Squared มากที่สุดเท่ากับ 99.9802% และกราฟเปรียบเทียบค่าที่แท้จริงกับค่าพยากรณ์แสดงดังภาพที่ 3 และคำนวณค่าพยากรณ์ข้อมูลเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของธุรกิจประกันชีวิตรายเดือนในประเทศไทยตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 แสดงดังตารางที่ 2



ภาพที่ 3 ค่าที่แท้จริงและค่าพยากรณ์เบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของธุรกิจประกันชีวิตรายเดือนในประเทศไทยด้วยตัวแบบการแยกส่วนประกอบร่วมกับ SARIMAX

ตารางที่ 2 ค่าพยากรณ์ข้อมูลเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงสะสมของธุรกิจประกันชีวิตรายเดือนในประเทศไทยตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 ด้วยตัวแบบการแยกส่วนประกอบร่วมกับ SARIMAX

เดือน	พ.ศ.2563	พ.ศ.2564	พ.ศ.2565
มกราคม	46,328,179	46,975,282	47,781,546
กุมภาพันธ์	92,638,390	93,607,060	96,853,061
มีนาคม	150,418,026	151,525,986	155,415,378
เมษายน	195,426,251	197,798,839	201,738,939
พฤษภาคม	244,130,395	246,292,642	250,398,461
มิถุนายน	299,107,525	301,727,884	306,046,780
กรกฎาคม	347,081,486	352,352,278	355,682,695
สิงหาคม	395,570,778	401,946,316	405,411,000
กันยายน	445,766,228	452,761,702	456,588,538
ตุลาคม	494,922,581	502,879,539	506,352,63
พฤศจิกายน	545,266,081	554,166,107	558,305,747
ธันวาคม	612,602,935	622,886,544	627,046,285

5. อภิปรายผล

จากภาพที่ 3 พบว่าค่าที่แท้จริงของข้อมูลจำนวนเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของธุรกิจประกันชีวิตในประเทศไทย (เส้นสีน้ำเงิน) กับค่าพยากรณ์ที่ได้จากตัวแบบการแยกส่วนประกอบร่วมกับ SARIMAX (เส้นปะสีแดง) มีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ข้อมูลในอดีตจำนวน 204 เดือน และการพยากรณ์ล่วงหน้าจำนวน 12 เดือน มีค่า MAPE ต่ำที่สุดเท่ากับ 1.6558% และ 4.3371% ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 1 การที่ตัวแบบการแยกส่วนประกอบร่วมกับ SARIMAX เป็นตัวแบบพยากรณ์ที่ให้ความแม่นยำมากกว่าตัวแบบอื่นที่นำมาเปรียบเทียบ เนื่องจากในเบื้องต้นมีการแยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลา Y ก่อน และนำค่า TCI ที่ได้ไปพยากรณ์ด้วยตัวแบบ SARIMAX แล้วจึงนำมาคูณกับดัชนีฤดูกาล ซึ่งตัวแบบดังกล่าวจะให้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าตัวแบบอื่นที่นำมาเปรียบเทียบ โดยผลการวิจัยที่ได้สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Nontapa และคณะ (2020) ที่ว่าตัวแบบการแยกส่วนประกอบร่วมกับตัวแบบ SARIMAX เป็นตัวแบบที่เหมาะสม

ที่สุด ดังนั้นจึงทำการพยากรณ์เบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของธุรกิจประกันชีวิตโดยใช้ตัวแบบการแยกส่วนประกอบร่วมกับ SARIMAX ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าจำนวนเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของธุรกิจประกันชีวิตมีแนวโน้มเติบโตขึ้นเรื่อยๆ โดยค่าพยากรณ์เบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของธุรกิจประกันชีวิต ณ สิ้นเดือนธันวาคม พ.ศ. 2564 และ พ.ศ. 2565 มีจำนวน 622,886,544 พันบาท และ 627,046,285 พันบาท ตามลำดับ หรือกล่าวได้ว่าปี พ.ศ. 2564 และปี พ.ศ. 2565 จำนวนเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของธุรกิจประกันชีวิตมีการเติบโตคิดเป็น 1.6787% และ 2.3577% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2563 โดยสามารถคาดการณ์ได้ว่าปี พ.ศ. 2565 จะมีจำนวนเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงมากกว่า 627,046,285 พันบาท

6. สรุปผลการวิจัย

การพยากรณ์ข้อมูลจำนวนเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของธุรกิจประกันชีวิตรายเดือนในประเทศไทย โดยเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์อนุกรมเวลา 3 ตัวแบบ คือ 1) ตัวแบบการแยกส่วนประกอบ 2) ตัวแบบ SARIMAX และ 3) ตัวแบบการแยกส่วนประกอบร่วมกับ SARIMAX โดยพิจารณาจากความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ข้อมูลล่วงหน้าจำนวน 12 เดือน สรุปได้ว่าตัวแบบการแยกส่วนประกอบร่วมกับ SARIMAX เป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์จำนวนเบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของธุรกิจประกันชีวิตรายเดือนในประเทศไทย เพราะให้ค่า MAPE ต่ำที่สุดเท่ากับ 4.3371% และมีค่า R-Squared มากที่สุดเท่ากับ 99.9802%

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

(1) สามารถนำค่าพยากรณ์เบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของธุรกิจประกันชีวิตในประเทศไทยที่ได้มาประเมินและวิเคราะห์แนวโน้มอนาคตของธุรกิจประกันชีวิตในประเทศไทยได้

(2) สามารถนำค่าพยากรณ์เบี้ยประกันภัยรับโดยตรงของธุรกิจประกันชีวิตในประเทศไทยมาใช้ในการพัฒนาธุรกิจประกันชีวิตให้เติบโต เช่น การวางแผนและกำหนดจำนวนเบี้ยประกันภัยของผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ได้

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

(1) ในการศึกษาครั้งต่อไปอาจนำตัวแปรภายนอกอื่นๆ มาพิจารณาเพิ่มเติมในงานวิจัยด้วย เช่น อัตราการมรณะ อัตราการว่างงาน

(2) ในการศึกษาครั้งต่อไปอาจนำตัวแบบการแยกส่วนประกอบร่วมกับ SARIMAX ไปเปรียบเทียบกับตัวแบบอื่นๆ ซึ่งอาจให้ค่าพยากรณ์ที่แม่นยำมากกว่า เช่น ตัวแบบ Holt-Winters และตัวแบบผสม Pegels-ARIMA

8. เอกสารอ้างอิง

วิวัฒน์ ศักดิ์พิชัยมงคล. (2554). *ปัจจัยทางเศรษฐกิจที่มีผลต่อจำนวนเงินเบี้ยประกันชีวิตรวมประเภทสามัญ*. (บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยกรุงเทพ, ปทุมธานี.

สำนักงานคณะกรรมการกำกับและส่งเสริมการประกอบธุรกิจประกันภัย. (2564). *ข้อมูลสถิติธุรกิจประกันชีวิต*. [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 20 มกราคม 2564, จาก: https://www.oic.or.th/th/industry/statistic/data/

Bortner, D., Pulliam C. & Yam, W. (2013). *Trend analysis for quarterly insurance time series*. (Unpublished master's thesis). University of California Santa Barbara, USA.

Namawejje, H. & Geofrey, K. (2020). Forecasting life insurance premiums and insurance penetration rate in Uganda. *International Journal of Scientific and Research Publications*, *10*(5), 708-718.

Nontapa, C., Kesamoon C., Kaewhawong, N. & Intrapaiboon, P. (2020). A New time series forecasting using decomposition method with SARIMAX model. *The 27th International Conference Neural Information Processing 2020 (ICONIP2020)*. 743-751.

แนวทางปรับปรุงกระบวนการผลิตน้ำผึ้งตามมาตรฐานการผลิตอาหารขั้นต้นเพื่อความเข้มแข็งของการผลิตในระดับวิสาหกิจชุมชน กรณีกลุ่มเพาะเลี้ยงชันโรงบ้านคลองต่อ

HONEY PRODUCTION PROCESS IMPROVEMENT GUIDELINES TOWARD PRIMARY GMP STANDARD IN SUPPORT OF COMMUNITY ENTERPRISE PRODUCTION CAPABILITY STRENGTHENING - A CASE OF BAN KLONG TOR STINGLESS BEE HUSBANDRY COMMUNITY ENTERPRISE

ดร.กาญจพรรณ จันทรถาวรพงศ์

คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

E-mail: karnjapan.j@psu.ac.th

บทคัดย่อ

การที่ผู้ผลิตอาหารในระดับวิสาหกิจชุมชนสามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตอาหารให้สอดคล้องกับมาตรฐานอาหารที่เกี่ยวข้องจะช่วยยกระดับความน่าเชื่อถือด้านคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ นำไปสู่การเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน ลดโอกาสการเกิดความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนเพาะเลี้ยงชันโรงบ้านคลองต่อมีความต้องการที่จะยกระดับกระบวนการผลิตน้ำผึ้งชันโรงให้เป็นไปตามมาตรฐานการผลิตอาหารขั้นต้นเพื่อรักษาฐานลูกค้าเดิมและขยายตลาดใหม่ จากการสำรวจพบว่ากระบวนการผลิตยังคงเป็นแบบภายในครัวเรือนโครงสร้างพื้นฐานที่สนับสนุนระบบจัดการทางด้านสุขลักษณะยังไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ในเบื้องต้นจึงต้องเริ่มจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ถูกสุขลักษณะ การตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นในน้ำผึ้งพบการปนเปื้อนของยีสต์และราในน้ำผึ้งชันโรงตัวอย่างสูงกว่าค่าเกณฑ์มาตรฐาน (10 CFU/ml) ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นบนพื้นผิวอุปกรณ์เครื่องมือที่เกี่ยวข้องตลอดกระบวนการผลิต ไม่พบการปนเปื้อนของ *Salmonella* spp., Fecal coliform, *S. aureus* แต่พบการปนเปื้อนของยีสต์และราบนมือของผู้ปฏิบัติงาน ปริมาณน้ำในอาหาร (Aw) ในน้ำผึ้งชันโรงจากรังและที่บรรจุขวดพบว่าอยู่ในช่วง 0.7-0.8 ซึ่งมีโอกาสเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ที่อาจปนเปื้อนได้ และค่า Aw มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา ข้อมูลจากการสำรวจใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตและออกแบบสถานที่ผลิตน้ำผึ้งชันโรงได้อย่างถูกสุขลักษณะ

คำสำคัญ: กระบวนผลิตน้ำผึ้งชันโรง มาตรฐานการผลิตอาหารขั้นต้น วิสาหกิจชุมชน แนวทางปรับปรุงกระบวนการผลิต สุขลักษณะในการปฏิบัติงาน

ABSTRACT

The capability of a community based food enterprise to improve its production process and facility so as to comply with relevant standards increases customer trust in terms of product quality and safety. This will create a competitive advantage and decrease potential economic inequality. Ban Klong Tor stingless bee husbandry community enterprise has aimed to improve its production process that conforms to primary Good

Manufacturing Practices (primary GMP) standard in order to keep its current customers and attract the new ones. The survey indicated that the production facility was still a small scale home based manufacturing type. There was an insufficiency in supporting infrastructure for hygienic system management. Therefore, production process improvement was required in the first place. Microbiological analyses indicated the contamination of yeasts and molds in honey samples with count values exceeded the allowance limit of 10 CFU/ml. Initial microbial load on all swabbed surface samples of utensils and equipment concerning production process were determined. There was no contamination of *Salmonella* spp., Fecal coliform, *S. aureus* but the contamination of yeasts and molds on workers' hands was recorded. Water activity (Aw) values of honey directly harvested from honeycomb and bottled honey were between 0.7-0.8 which put honey quality and safety at risk from microbial spoilage. Aw values tend to increase according to shelf life. These data from the survey can be utilized as guidelines for hygienic honey production process improvement and facility design.

Keywords: Stingless Bee Honey Production Process; Primary GMP; Community Enterprise; Production Capability Strengthening; Hygienic Practices

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

อาหารที่ได้รับการรับรองว่ามาจากแหล่งผลิตที่ปลอดภัยเป็นสิ่งที่สังคมและผู้บริโภคในปัจจุบันให้ความสนใจและเป็นปัจจัยต้นๆ ในการพิจารณาเลือกซื้อ ผู้ผลิตอาหารจึงจำเป็นที่จะต้องให้ความสำคัญต่อการมีกระบวนการผลิตอาหารที่สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานทางสุขลักษณะที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างความน่าเชื่อถือให้กับผลิตภัณฑ์ สำหรับผู้ประกอบการรายย่อยหรือผู้ผลิตระดับชุมชน การวิเคราะห์และปรับปรุงเพื่อให้กระบวนการผลิตอาหารเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องนอกจากจะช่วยลดการปนเปื้อนของอาหารนั้นจากอันตรายอันไม่พึงประสงค์แล้วยังนำไปสู่การเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของผู้ผลิตอาหาร สร้างรายได้และลดโอกาสการเกิดความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจ

กลุ่มเกษตรกรจากวิสาหกิจชุมชนเพาะเลี้ยงชันโรงบ้านคลองต่อ ต. กำแพงเพชร อ. รัตภูมิ จ. สงขลา มีอาชีพหลัก คือ การทำสวนยางพาราและเพาะเลี้ยงชันโรงเป็นรายได้เสริม โดยจะเก็บรวบรวมน้ำผึ้งชันโรงไว้บริโภคเองและจำหน่ายส่วนเกินให้แก่ลูกค้า ปัจจุบันมีสมาชิกในกลุ่มจำนวน 14 ครัวเรือน ทำหน้าที่เพาะเลี้ยงและเก็บเกี่ยวน้ำผึ้งชันโรงที่ผลิตได้ โดยประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนจะเป็นผู้รับซื้อและรวบรวม ทำการบรรจุในภาชนะ ปิดฉลาก และส่งจำหน่าย ในแต่ละปีสามารถขายน้ำผึ้งชันโรงได้ในปริมาณเฉลี่ยกว่า 100 กิโลกรัม นอกจากจำหน่ายในรูปของผลิตภัณฑ์น้ำผึ้งชันโรงเป็นสินค้าหลักแล้ว ทางกลุ่มฯ ยังได้จำหน่ายตัวชันโรงพร้อมรังและจำหน่ายรังเปล่าสำหรับเพาะเลี้ยงชันโรงด้วย มีช่องทางการจัดจำหน่ายทั้งการออกร้านตามโอกาสต่างๆ และประกาศขายสินค้าบนเครือข่ายโซเชียล อย่างไรก็ตามปัจจุบันมีเกษตรกรทั่วไปที่หันมาให้ความสนใจเพาะเลี้ยงชันโรงเพื่อผลิตน้ำผึ้งชันโรงเพิ่มมากขึ้น ประกอบกับความต้องการบริโภคน้ำผึ้งชันโรงที่สูงขึ้นเพราะมีงานวิจัยที่บ่งชี้ถึงคุณสมบัติทางโภชนาการและทางยาที่เหนือกว่าน้ำผึ้งทั่วไป การที่จะรักษาฐานลูกค้าเดิมและขยายตลาดใหม่ของผลิตภัณฑ์น้ำผึ้งชันโรงจากกลุ่มฯ นั้นจำเป็นต้องมีการยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ สร้างความน่าเชื่อถือในตัวผลิตภัณฑ์และแหล่งผลิตให้กับผู้บริโภค เนื่องจากการผลิตน้ำผึ้งชันโรงภายในกลุ่มฯ ยังเป็นการผลิตที่ใช้สถานที่ภายในครัวเรือน ไม่มีระบบการจัดการทางด้านสุขลักษณะตามหลักการด้านมาตรฐานที่กำหนดโดยภาครัฐ

รวมไปถึงโครงสร้างพื้นฐานสนับสนุนที่จำเป็น ในเบื้องต้นจึงต้องการเริ่มจากการยกระดับมาตรฐานด้านสุขลักษณะของกระบวนการผลิต ทั้งนี้ กระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดให้ผลิตภัณฑ์อาหารประเภทน้ำผึ้งจะต้องได้รับการรับรองมาตรฐานการผลิตขั้นต้น (primary GMP) ในชั้นแรกก่อนที่จะได้รับเลขทะเบียนอาหารและยา แล้วจึงจะสามารถขอยกระดับมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ตามเกณฑ์มาตรฐานประเภทอื่นๆ ได้ต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) สำรวจสภาพของการดำเนินงานและกระบวนการผลิตน้ำผึ้งชันโรง

(2) เสนอแนวทางปรับปรุงกระบวนการผลิตน้ำผึ้งชันโรงตามเกณฑ์มาตรฐาน primary GMP

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ทบทวนวรรณกรรม

การปฏิบัติที่ดีในกระบวนการผลิต หรือ Good Manufacturing Practices (GMP) เป็นระบบมาตรฐานที่ช่วยรับประกันคุณภาพและความปลอดภัยของกระบวนการผลิตสินค้า ณ แหล่งผลิต ใช้ในการควบคุมผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหลากหลายประเภท เช่น เครื่องสำอางค์ ยา อาหาร โดยมีเป้าหมายเพื่อผลิตสินค้าอาหารที่มีคุณภาพเนื่องจากปนเปื้อนเชื้อก่อโรคในอาหารน้อยและมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค มาตรฐาน GMP ตั้งอยู่บนหลักพื้นฐาน 4 ประการได้แก่ การแยกให้เป็นสัดส่วน การกำจัดสิ่งไม่พึงประสงค์หรือวัตถุแปลกปลอม การยับยั้ง และ การทำลายจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ มาตรฐาน GMP มีเนื้อหาของเกณฑ์ครอบคลุมองค์ประกอบต่อไปนี้ 1) อาคารสถานที่ผลิตและบริเวณโดยรอบ 2) ผู้ปฏิบัติงาน 3) กระบวนการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อโรค 4) อุปกรณ์และเครื่องมือ 5) ขั้นตอนกระบวนการและการควบคุม 6) การเก็บรักษาและการกระจายผลิตภัณฑ์ (De Oliveira et al., 2016)

การจัดการสุขลักษณะความปลอดภัยในห่วงโซ่การผลิตอาหารพร้อมบริโภคของผู้ผลิตรายย่อยส่วนใหญ่ยังคงต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยอาหาร ส่วนใหญ่จะไม่ล้างมือภายหลังการหยิบจับเงินหรือหลังการเข้าห้องน้ำ ไม่มีการใช้น้ำแข็งเพื่อลดอุณหภูมิขณะเก็บอาหารที่เน่าเสียได้ง่าย อีกทั้งไม่เคยได้รับการอบรมความรู้ด้านสุขลักษณะที่ดีสำหรับผู้ผลิตอาหาร (Cortese et al., 2016)

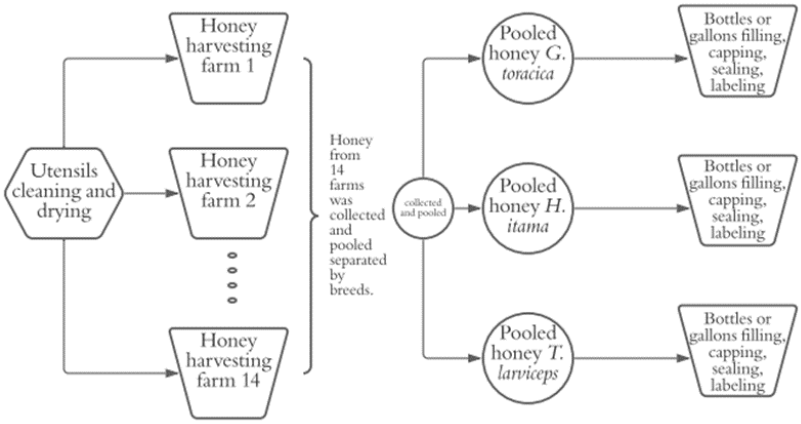
การจัดการเพื่อความปลอดภัยของกระบวนการเตรียมและผลิตอาหารในระดับครัวเรือนโดยผู้บริโภคยังไม่ได้ถูกกำหนดเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับเป็นข้อแนะนำแก่สาธารณชนในวงกว้าง นอกจากนี้ความรู้และการตระหนักรู้เกี่ยวกับความเสี่ยงด้านอันตรายที่จะได้รับจากการบริโภคอาหารยังมีไม่เพียงพอ การรับรู้และความเชื่อที่ว่าการจัดการความปลอดภัยอาหารเป็นหน้าที่ของหน่วยงานภาครัฐที่ทำหน้าที่กำกับดูและผู้ผลิตเท่านั้นผนวกกับการขาดมุมมองทางด้านสุขอนามัยและจุลินทรีย์ก่อโรค ส่งผลให้ผู้บริโภคละเลยความรับผิดชอบในการปฏิบัติเพื่อให้การผลิตอาหารในครัวเรือนปลอดภัย มาตรการที่จะช่วยควบคุมความเสี่ยงด้านจุลินทรีย์ในอาหาร ได้แก่ การป้องกันการเกิดปนเปื้อนข้ามขณะปรุงอาหารในครัว การรักษาอุณหภูมิในการเก็บอาหารที่เหมาะสมรวมไปถึงการใช้ระดับอุณหภูมิในการประกอบอาหารและระยะเวลาที่นานเพียงพอที่จะสามารถทำลายเชื้อก่อโรคในอาหารได้ มีการทำความสะอาดและ/หรือมีการฆ่าเชื้ออย่างเพียงพอสำหรับอุปกรณ์เครื่องใช้ในครัว ได้แก่ ภาชนะสัมผัสอาหาร มีด พื้นผิวที่ปรุงอาหารและที่สัมผัสอาหาร เช่น โต๊ะ เขียง มือผู้ประกอบอาหารและเครื่องใช้ที่สัมผัสมือ เช่น ผ้าเช็ดมือ ฟองน้ำสำหรับล้างอุปกรณ์ต่างๆ (Tache and Carpentier, 2014) ทั้งนี้ พฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมขณะปฏิบัติงานของผู้ผลิตอาหารจะทำให้เกิดการแพร่กระจายของเชื้อก่อโรคทางเดินอาหารภายในสถานที่ผลิต

อาหาร เช่น ครัว ก๊อกน้ำ มีสาเหตุที่สำคัญของการแพร่กระจายจากมือของผู้ปฏิบัติงานที่ไม่ผ่านการล้างทำความสะอาดอย่างทั่วถึง นอกจากการปนเปื้อนของมือแล้ว การปนเปื้อนเชื้อก่อโรคของอุปกรณ์ที่ใช้สัมผัสอาหารพร้อมบริโภค เช่น มีด เขียง จาน จัดเป็นสาเหตุสำคัญของความเสี่ยงเจ็บป่วยจากการบริโภคอาหารด้วย (Kennedy et al., 2011)

3.2 สภาพปัจจุบันของกระบวนการผลิตและมาตรฐานการผลิตขั้นต้น

สายพันธุ์ของชันโรงที่มีการเพาะเลี้ยงโดยกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเพาะเลี้ยงชันโรงบ้านคลองต่อมี 3 สายพันธุ์ ได้แก่ *Geniotrigona thoracica, Heterotrigona itama, Tetragonula larviceps* โดยจะเพาะเลี้ยงในกล่องรังชันโรงทำจากไม้กระถินเทพาที่เจาะรูสำหรับเป็นทางเข้าออกรัง ด้านบนกล่องมีการปิดสนิทด้วยแผ่นฟิล์มใสก่อนปิดฝากล่องรัง

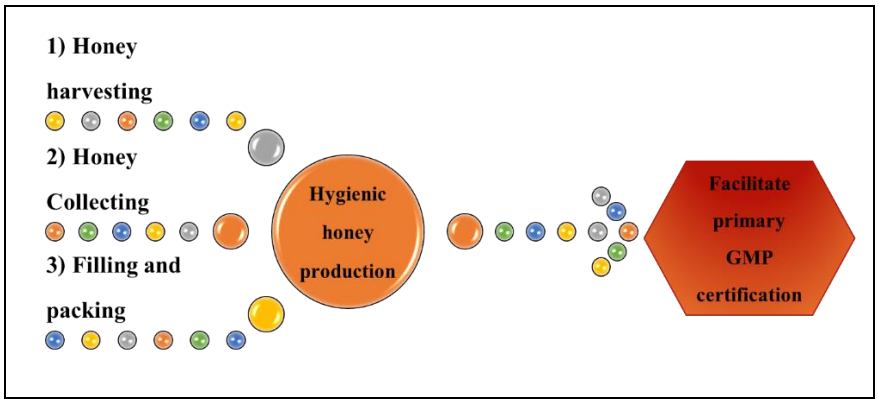
ด้วยแผ่นไม้หรือแผ่นกระเบื้อง เมื่อถึงเวลาเก็บเกี่ยวน้ำผึ้งชันโรงเกษตรกรจะสวมชุดป้องกันชันโรง สวมถุงมือแล้วใช้อุปกรณ์ที่ดัดแปลงสำหรับดูดน้ำผึ้งชันโรง ประกอบไปด้วยเข็มและไซริงค์พลาสติกแบบปลอดเชื้อต่อเข้ากับท่อซิลิโคนใส (food grade) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.7 เซนติเมตร ณ ปลายอีกด้านของท่อต่อเข้ากับปั๊มสำหรับช่วยดูดน้ำผึ้ง ทั้งนี้ปลายเข็มจะเจาะที่รังชันโรงแล้วดูดน้ำผึ้งออกจากรังโดยตรงเข้าสู่ภาชนะรองรับ จากนั้นจะทำการรวบรวมน้ำผึ้งแยกตามสายพันธุ์นำไปกรองผ่านผ้าขาวบางเพื่อใส่ในภาชนะบรรจุที่ใหญ่ขึ้น แล้วนำมาบรรจุใส่ในขวดที่ผ่านการเป่าลมร้อน ปิดฝาและฟิล์มยืด ติดฉลาก ดังแผนภาพที่ 1



แผนภาพที่ 1 กระบวนการผลิตน้ำผึ้งชันโรงของกลุ่มฯ

มาตรฐานการผลิตขั้นต้น (primary GMP) ว่าด้วยหลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิตอาหารแปรรูปที่บรรจุในภาชนะพร้อมจำหน่าย เพื่อลดและขจัดความเสี่ยงจากอันตรายที่อาจเกิดจากกระบวนการผลิต โดยหลักเกณฑ์จะครอบคลุมตั้งแต่อาคาร สถานที่ผลิต อุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิต การคัดสรรวัตถุดิบ กระบวนการผลิต บุคลากร การจัดเก็บผลิตภัณฑ์จนกระทั่งการขนส่งผลิตภัณฑ์อาหารถึงมือผู้บริโภค โดยมีหลักสำคัญ 3 ประการได้แก่ 1. ป้องกันการปนเปื้อนในขั้นการเตรียม 2. ลด ยับยั้ง ทำลายจุลินทรีย์ก่อโรค 3. ป้องกันการปนเปื้อนซ้ำหลังการแปรรูป ผู้ประกอบการอาหารแปรรูปที่ควรปฏิบัติตามเกณฑ์ primary GMP ได้แก่ ผู้ผลิตผลิตภัณฑ์อาหารประเภทของกิน ของฝาก กลุ่มเกษตรกรในชุมชน วิสาหกิจชุมชน ที่ไม่เข้าข่ายโรงงาน กล่าวคือ มีกำลังการผลิตรวมไม่เกิน 5 แรงม้า (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2556)

3.3 กรอบแนวคิดในการวิจัย



แผนภาพที่ 2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 แบบแผนการวิจัย

มีลักษณะเป็นการวิจัยเชิงสำรวจ ประกอบด้วย 1) การสัมภาษณ์เชิงลึกวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเพาะเลี้ยงชันโรงบ้านคลองต่อในด้านการบริหารจัดการและการดำเนินการผลิต 2) การสำรวจปริมาณน้ำในอาหาร (Aw) ของน้ำผึ้งชันโรง 3) การสำรวจสภาพการปนเปื้อนทางจุลินทรีย์ของกระบวนการปฏิบัติงาน แล้วทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน primary GMP เพื่อหาจุดที่ควรปรับปรุงและเสนอแนวทางปรับปรุงการทำงาน

4.2 ประชากรและตัวอย่าง

วิสาหกิจชุมชนกลุ่มเพาะเลี้ยงชันโรงบ้านคลองต่อเป็นตัวแทนรูปแบบของกระบวนการผลิตน้ำผึ้งชันโรงประเภทวิสาหกิจชุมชนในพื้นที่จังหวัดสงขลา ที่มีศักยภาพและมีความต้องการพัฒนายกระดับสินค้า OTOP ด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม ทำการเก็บข้อมูลพื้นฐานการดำเนินงานของกลุ่มฯ เช่น ที่มาและรูปแบบของการดำเนินงานของกลุ่ม ผลิตภัณฑ์ที่จำหน่าย กลุ่มลูกค้า และกระบวนการที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในห่วงโซ่การผลิตน้ำผึ้งชันโรง

การเก็บตัวอย่างสำหรับทดสอบวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการประกอบด้วยตัวอย่างน้ำผึ้งจากรังชันโรงทั้ง 3 สายพันธุ์ได้แก่ *Geniotrigona thoracica, Heterotrigona itama, Tetragonula larviceps* โดยมีการเลือกสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำผึ้ง 1 รังต่อหนึ่งสายพันธุ์ต่อหนึ่งฟาร์มจากสมาชิกซึ่งเป็นผู้ผลิตน้ำผึ้งชันโรงปริมาณสูงที่สุดของกลุ่ม จำนวน 3 ราย ซึ่งแต่ละฟาร์มที่เลือกเก็บตัวอย่างมีการเพาะเลี้ยงชันโรงครบทั้งสามสายพันธุ์

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่

1) การสัมภาษณ์เชิงลึกเกี่ยวกับการดำเนินงานและกระบวนการที่เกี่ยวข้องในห่วงโซ่การผลิตน้ำผึ้งชันโรง

2) การสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำผึ้งชันโรง เพื่อตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ ทดสอบ เพื่อตรวจวิเคราะห์ค่า Aw และเก็บตัวอย่างน้ำผึ้งชันโรงรวมไปถึงสว็อป (swab) พื้นผิวตัวอย่างที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตน้ำผึ้งชันโรง ได้แก่ มือผู้ปฏิบัติงาน ท่อซิลิโคน และส่วนปลายของหลอดแก้วสำหรับดูดน้ำผึ้งจากรังชันโรง ภาชนะบรรจุน้ำผึ้งชันโรงซึ่งรวม ขวด แกลลอน ฝาสำหรับปิด เพื่อวิเคราะห์โอกาสที่จะเกิดการปนเปื้อนจุลินทรีย์

ก่อโรค ได้แก่ yeasts and molds, *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, Fecal coliform โดยจะทำการ swab ซ้ำ 3 ครั้งสำหรับพื้นผิวจากตัวอย่างประเภทขวด แกลลอน และฝาสำหรับปิด

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ตัวอย่างน้ำผึ้งและสว็อปจากพื้นผิวในกระบวนการผลิตจะส่งตรวจวิเคราะห์ค่าทางจุลินทรีย์อ้างอิงวิธีการตาม FDA 2001 Bacteriological Analysis Manual, US. FDA, APHA (WATER) 2005 โดยห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

5. ผลการวิจัย

การสำรวจสถานที่ผลิตน้ำผึ้งชันโรงเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานการผลิตอาหารขั้นต้น (แผนภาพที่ 3) พบว่าผู้ผลิตมีการจัดการด้านสุขลักษณะของอุปกรณ์ เครื่องมือ ที่ค่อนข้างดี แต่การขาดโรงเรือนผลิตที่แยกเป็นสัดส่วนจากที่พักอาศัยเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ไม่เป็นไปตามมาตรฐานฯ

สถานที่ตั้งและอาคารผลิต	• ขาดโรงเรือนผลิตที่แยกเป็นสัดส่วนจากที่พักอาศัย
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต	• อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บเกี่ยว รวบรวม และบรรจุน้ำผึ้งส่วนใหญ่เหมาะสำหรับใช้กับอาหาร แต่มีบางส่วนต้องเปลี่ยนให้เหมาะสม
การควบคุมกระบวนการผลิต	• มีการควบคุมการเคลื่อนย้ายน้ำผึ้งที่เก็บเกี่ยว และภาชนะบรรจุโดยไม่ให้เกิดการปนเปื้อนข้าม • ควรควบคุมระยะเวลาการเป่าลมร้อนขวดแก้วก่อนนำมาบรรจุน้ำผึ้งชันโรง
การสุขาภิบาล	• ขาดโรงเรือนผลิตจึงไม่มีการจัดการด้านสุขาภิบาลที่สอดคล้องกับเกณฑ์ส่วนใหญ่ของข้อนี้
การบำรุงรักษาและทำความสะอาด	• มีการทำความสะอาดอุปกรณ์ เครื่องมือในการเก็บเกี่ยวน้ำผึ้งก่อนและหลังการใช้งาน และมีการเก็บรักษาที่ป้องกันการปนเปื้อนข้าม
สุขลักษณะของผู้ปฏิบัติงาน	• ผู้ปฏิบัติงานควรสวมถุงมือและผ้ากันเปื้อนขณะทำการรวบรวมและบรรจุน้ำผึ้งชันโรง

แผนภาพที่ 3 การดำเนินการผลิตเปรียบเทียบกับมาตรฐานการผลิตอาหารขั้นต้น

ตารางที่ 1 ค่าปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นของตัวอย่างน้ำผึ้งชันโรงจากรัง

ตัวอย่าง	Yeast and mold (CFU/ml)	*Salmonella* spp. /10ml	*S. aureus* (CFU/ml)
G. thoracica	0	Not detected	Not detected
H. itama	24	Not detected	Not detected
T. larviceps	170±137.4	Not detected	Not detected

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ

ตารางที่ 2 ค่าปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นของภาชนะบรรจุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต

ตัวอย่าง swab	*S. aureus* (CFU/ml)	*Salmonella* spp. (CFU/ml)	Fecal coliform (CFU/ml)	Yeasts and molds (CFU/ml)
1. เหยือกพลาสติกต่อจากปั๊ม	Not detected	Not detected	Not detected	1
2. ปลายสายพลาสติก	Not detected	Not detected	Not detected	1
3. ปลายหลอดแก้วดูดน้ำผึ้งเข้าสู่เหยือกพลาสติก	Not detected	Not detected	Not detected	2
4. ขวดแก้วขนาด 75 ml. (ก่อนเป่าลมร้อน)	Not detected	Not detected	Not detected	2
5. ขวดแก้วขนาด 100 ml. (ก่อนเป่าลมร้อน)	Not detected	Not detected	Not detected	Not detected
6. ขวดแก้วขนาด 250 ml. (ก่อนเป่าลมร้อน)	Not detected	Not detected	Not detected	Not detected
7. ฝาขวดแก้วขนาด 75 ml.	Not detected	Not detected	Not detected	1
8. ฝาขวดแก้วขนาด 100ml.	Not detected	Not detected	Not detected	Not detected
9. ฝาขวดแก้วขนาด 250ml.	Not detected	Not detected	Not detected	Not detected
10. แกลลอนพลาสติก	Not detected	Not detected	Not detected	Not detected
11. มือของผู้ปฏิบัติงาน	Not detected	Not detected	Not detected	$6.1*10^2$
12. ท่อพลาสติกปั๊ม	Not detected	Not detected	Not detected	5
13. ปลายเปิดของโถบรรจุรวมน้ำผึ้งชันโรง	Not detected	Not detected	Not detected	4
14. ผ้าขาวบางสำหรับกรอง	Not detected	Not detected	Not detected	Not detected

หมายเหตุ ค่าตรวจวิเคราะห์สำหรับภาชนะบรรจุที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ

ตารางที่ 3 ค่าปริมาณน้ำในอาหาร (Aw) ของตัวอย่างน้ำผึ้งชันโรง

ตัวอย่างน้ำผึ้ง	A_w	อุณหภูมิ (°C)
น้ำผึ้งชันโรงเก็บจากรัง		
G. thoracica	0.784±0.001	25.8±0.5
H. itama	0.723±0.003	25.8±0.4
T. larviceps	0.671±0.002	25.7±0.3
น้ำผึ้งชันโรงบรรจุขวด 2 เดือน		
G. thoracica	0.827±0.001	25.3±0.2
H. itama	0.767±0.001	25.3±0.3
T. larviceps	0.684±0.001	25.3±0.4

6. อภิปรายผล

การที่ผู้ผลิตอาหารในระดับวิสาหกิจชุมชนสามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตอาหารให้สอดคล้องกับมาตรฐานอาหารที่เกี่ยวข้องจะช่วยยกระดับความน่าเชื่อถือด้านคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ นำไปสู่การเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน จากการสำรวจกระบวนการผลิตน้ำผึ้งชันโรงบรรจุขวดของวิสาหกิจชุมชนเพาะเลี้ยงชันโรงบ้านคลองต่อประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนหลักที่จำเป็นต้องมีการจัดการอย่างถูกสุขลักษณะเพื่อให้เกิดความปลอดภัยจากการปนเปื้อนเชื้อก่อโรคทางเดินอาหาร ได้แก่ การเก็บเกี่ยว การรวบรวม และการบรรจุน้ำผึ้งชันโรง ซึ่งขั้นตอนเหล่านี้มีโอกาสที่จะเกิดการปนเปื้อนข้ามได้ถ้าหากว่าอุปกรณ์ เครื่องใช้ที่เกี่ยวข้องได้แก่ ปลายหลอดแก้วสำหรับดูดน้ำผึ้ง ท่อซิลิโคน และภาชนะบรรจุต่างๆ ที่ใช้ในการรวบรวมและแยกบรรจุน้ำผึ้งชันโรง ไม่ได้ผ่านการทำความสะอาดและมีการทำลายเชื้อก่อโรคทางเดินอาหารอย่างเพียงพอ นอกจากนี้มือของผู้ปฏิบัติงานในขั้นตอนต่างๆ ก็จำเป็นต้องมีการรักษาความสะอาดหรือมีการป้องกันการปนเปื้อนข้ามจากการใช้มือที่ไม่สะอาดสัมผัสอุปกรณ์ เครื่องใช้ ในขณะปฏิบัติงานด้วย จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ไม่พบการปนเปื้อนของแบคทีเรียก่อโรคในน้ำผึ้งที่ดูดจากรังชันโรง แต่กลับพบราและยีสต์ที่ปนเปื้อนโดยธรรมชาติในน้ำผึ้งบางตัวอย่างซึ่งมีปริมาณสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 211 พ.ศ. 2543 เรื่อง น้ำผึ้ง และมาตรฐานสินค้าเกษตร(มกษ. 8003-2556) ที่กำหนดให้พบได้ในตัวอย่างไม่เกิน 10 CFU/ml หรือ 10 CFU/g จึงควรที่จะเพิ่มกระบวนการให้ความร้อน เช่น การพาสเจอร์ไรส์ หรือการลดปริมาณความชื้นในน้ำผึ้งเพื่อลดปริมาณน้ำในอาหารและช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของยีสต์และรา เพราะหากมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จะทำลายคุณภาพของน้ำผึ้งชันโรง

ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ไม่พบการปนเปื้อนของแบคทีเรียก่อโรคในอุปกรณ์สำหรับการรวบรวมและบรรจุขวดของน้ำผึ้งชันโรง พบราและยีสต์ที่ปนเปื้อนในอุปกรณ์บางชนิดแต่ปริมาณยังไม่เกินค่ามาตรฐานการปนเปื้อนที่ยอมให้พบได้ตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุขและมาตรฐานสินค้าเกษตร (ตารางที่ 2) มีการตรวจพบการปนเปื้อนราและยีสต์จำนวนมากที่มือของผู้ปฏิบัติงานซึ่งปฏิบัติงานในฟาร์มเพาะเลี้ยงชันโรงด้วย ซึ่งการปนเปื้อนของเชื้อก่อโรคบนมือของผู้ปฏิบัติงานจัดเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนข้ามในกระบวนการผลิตอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งจุลินทรีย์ที่พบได้บ่อยบนมือผู้ปฏิบัติงาน ได้แก่ *E.coli*, *S. aureus* (Lambrechts et al., 2014) จึงจำเป็นต้องมีการรักษาความสะอาดของมือและสวมถุงมือขณะปฏิบัติงานเพื่อป้องกันการปนเปื้อนข้าม

ค่าปริมาณน้ำในอาหารที่จุลินทรีย์นำไปใช้ได้ (Aw) จากตารางที่ 3 ที่ตรวจวัดได้ในตัวอย่างน้ำผึ้งชันโรงทั้งที่เก็บใหม่จากรังและที่บรรจุในขวดแล้วเป็นเวลาสองเดือน พบว่ามีค่า Aw ที่ค่อนข้างสูง อายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มที่จะทำให้ค่า Aw เพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่าตัวอย่างน้ำผึ้งที่บรรจุในขวดเป็นเวลานาน 2 เดือนมีค่า Aw สูงกว่าน้ำผึ้งที่เก็บใหม่จากรัง ซึ่งค่า Aw ที่ระดับ 0.7-0.8 นี้ ยังจัดว่าไม่ปลอดภัย มีโอกาสที่จุลินทรีย์บางชนิด เช่น halophilic bacteria, yeast และเชื้อราต่างๆ ที่อาจปนเปื้อนและเจริญเติบโตได้ โดยเฉพาะ osmophilic yeast ที่มักพบในน้ำผึ้ง (Jermini et al., 1987) จึงควรทดลองหาแนวทางที่เหมาะสมในการลดปริมาณน้ำในอาหารหรือค่า Aw ในผลิตภัณฑ์ เช่น การระเหยน้ำบางส่วนโดยการแลกเปลี่ยนความร้อนจากอากาศหรือน้ำอุณหภูมิช่วง 30-40 °C หรือใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์หรือไมโครเวฟ (Singh and Singh, 2018) เพื่อให้ค่า Aw ในน้ำผึ้งอยู่ในระดับที่จะมั่นใจว่ายีสต์และราไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ซึ่งจะอยู่ที่ระดับค่า Aw ประมาณ 0.6

จากผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์เริ่มต้นและปริมาณน้ำในอาหารของวัตถุดิบน้ำผึ้งชันโรงและค่าปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นของอุปกรณ์และเครื่องใช้สำหรับกระบวนการบรรจุขวดพบว่าขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ในปัจจุบันของกลุ่มฯ มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนจุลินทรีย์ก่อโรคน้อย แต่มียังมีโอกาสเกิดการปนเปื้อนข้ามของยีสต์และราในธรรมชาติจากน้ำผึ้งในฟาร์ม ซึ่งหากสะสมในผลิตภัณฑ์มากขึ้นจะทำให้น้ำผึ้งเกิดเป็นฟองและมีกลิ่นหมัก ทำให้สูญเสียคุณลักษณะที่ดีของน้ำผึ้ง แนวทางปฏิบัติเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและความปลอดภัยเพิ่มขึ้น ได้แก่ การป้องกันการปนเปื้อนข้ามของยีสต์และราโดยการสวมถุงมือที่ปลอดเชื้อขณะปฏิบัติงานตั้งแต่กระบวนการเก็บเกี่ยว การรวบรวม และการบรรจุขวด นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องมีกระบวนการที่ช่วยลดค่า Aw ของน้ำผึ้งชันโรงที่ได้ซึ่งยังสูงกว่าระดับที่ปลอดภัยต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย สามารถทำได้โดยออกแบบระบบการให้ความร้อนจากพลังงานน้ำที่ช่วงอุณหภูมิ 30-40 °C หรือ พลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งจะช่วยลดปริมาณยีสต์และราเริ่มต้นในน้ำผึ้งวัตถุดิบได้ทำให้ช่วยรักษาคุณภาพยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

(1) ผลการสำรวจค่าปริมาณน้ำในอาหารของน้ำผึ้งชันโรงและการปนเปื้อนทางจุลินทรีย์ของอุปกรณ์และส่วนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเก็บรวบรวมและบรรจุน้ำผึ้งชันโรง เป็นองค์ความรู้ที่ใช้สำหรับการออกแบบกระบวนการผลิตและสถานที่ผลิตน้ำผึ้งชันโรงอย่างถูกสุขลักษณะ

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

(1) การศึกษาวิจัยด้านอายุการเก็บรักษาของน้ำผึ้งชันโรงส่วนที่ผ่านกระบวนการบรรจุโดยไม่ผ่านกระบวนการแปรรูป เช่น การลดความชื้น การพาสเจอร์ไรส์ และน้ำผึ้งส่วนที่ผ่านกระบวนการแปรรูปขั้นต้นจะช่วยยืนยันความจำเป็นของกระบวนการเหล่านั้นต่อการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำผึ้งชันโรง

8. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณวิสาหกิจชุมชนเพาะเลี้ยงชันโรงบ้านคลองต่อสำหรับการเปิดเผยข้อมูลอันเป็นประโยชน์ งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการพัฒนามาตรฐาน primary GMP ของสถานที่ผลิตน้ำผึ้งชันโรงจากวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเพาะเลี้ยงชันโรงบ้านคลองต่อ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 สนับสนุนงบประมาณโดยสำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

9. เอกสารอ้างอิง

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2556). *คู่มือการปฏิบัติสำหรับ primary GMP.* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 6 กันยายน 2564, จาก: https://www.fda.moph.go.th/sites/logistics/Shared%20Documents/Other/KSKPS/PrimaryGMP_final.pdf.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2543). *ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 211) พ.ศ. 2543 เรื่อง น้ำผึ้ง.* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 6 กันยายน 2564, จาก: http://food.fda.moph.go.th/law/data/announ_moph/P211.pdf.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. (2556). *มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 8003-2556 เรื่อง น้ำผึ้ง.* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 6 กันยายน 2564, จาก: https://www.acfs.go.th/standard/download/HONEY.pdf

Cortese, R.D.M., Veirosa, M.B., Feldman, C., Cavalli, S.B. (2016). Foodsafety and hygiene practices of vendors during the chain of street food production in Florianopolis, Brazil: A cross-sectional study. *Food Control, 62*,178–186.

De Oliveira, C.A.F., Da Cruz, A.G., Tavolaro, P., Corassin, C.H. (2016). Food Safety: Good Manufacturing Practices (GMP), Sanitation Standard Operating Procedures (SSOP), Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP). In J. Barros-Velázquez (Ed.). *Antimicrobial Food Packaging* (1st ed., pp. 129-139). Academic Press: Publishers.

Jermini, M.F.G., Geiges, O., Schmidt-Lorenz, W. (1987). Detection, Isolation and Identification of Osmotolerant Yeasts from High-Sugar Products. *Journal of Food Protection, 50*(6), 468-472.

Kennedy, J., Nolan, A., Gibney, S., O'Brien, S., McMahon, M.A.S., McKenzie, K., Healy, B., McDowell, D., Fanning, S., Wall, P.G. (2011). Deteminants of cross-contamination during home food preparation. *British Food Journal, 113*(2), 280-297.

Lambrechts, AA., Human, IS., Doughari, JH., Lues, JFR (2014). Bacterial contamination of the hands of food handlers as indicator of hand washing efficacy in some convenient food industries. *Pak J Med Sci, 30*(4), 755-758.

Singh, I., Singh, S. (2018). Honey moisture reduction and its quality. *J Food Sci Technol, 55*(10), 3861–3871.

Taché, J., Carpentier, B. (2014). Hygiene in the home kitchen: Changes in behaviour and impact of key microbiological hazard control measures. *Food Control, 35*, 392-400.

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ส่งผลกระทบต่อจริยธรรมและความมั่นคงปลอดภัย

THE APPLICATION OF INFORMATION TECHNOLOGY THAT IMPACT TO THE ETHICS AND SECURITY

สุพล พรหมมาพันธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
E-mail: supon.ph@spu.ac.th
อำนาจ วังจีน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สำนักวิชาศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยศรีปทุม
E-mail: amnart.va@spu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อศึกษาระดับปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อจริยธรรมและความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ (2) เพื่อศึกษาระดับจริยธรรมและความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และ (3) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจริยธรรมและความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ กลุ่มตัวอย่างได้แก่ ผู้บริหาร คณาจารย์ พนักงาน และนักศึกษา มหาวิทยาลัยของรัฐบาล (จำกัดจำนวนรับ) มหาวิทยาลัยราชภัฏ มหาวิทยาลัยราชมงคล และ มหาวิทยาลัยเอกชน จำนวน 1,000 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือวิจัย คือ แบบสอบถาม การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ

ผลการวิจัยพบว่า (1) ภาพรวมของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อจริยธรรมและความความมั่นคงปลอดภัยทางเทคโนโลยีสารสนเทศ อยู่ในระดับมาก ด้านที่มีค่าเฉลี่ยระดับมาก ได้แก่ พฤติกรรมการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสังคมออนไลน์ รองลงมา คือ ด้านสังคม (2) ภาพรวมของจริยธรรมและความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ อยู่ในระดับมาก ด้านจริยธรรมเรื่องที่มีค่าเฉลี่ยระดับมาก ได้แก่ การโกหกหลอกลวงทางอินเทอร์เน็ต และการเข้าถึงภาพลามกอนาจาร ส่วนด้านความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่มีค่าเฉลี่ยระดับมาก ได้แก่ อินเทอร์เน็ตและสื่อสังคมออนไลน์เป็นแหล่งก่ออาชญากรรมทางคอมพิวเตอร์ และภาครัฐต้องเข้มงวดด้านนโยบายความมั่นคงปลอดภัยของเทคโนโลยีสารสนเทศให้มากขึ้น และ (3) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจริยธรรมและความมั่นคงปลอดภัยทางเทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เรียงตามลำดับ ได้แก่ ด้านพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์และสื่อสังคมออนไลน์ ด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคม และด้านความรู้ความเข้าใจเทคโนโลยีสารสนเทศ ส่วนด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพระราชบัญญัติ ไม่มีอิทธิพลต่อจริยธรรม และความความมั่นคงปลอดภัยทางเทคโนโลยีสารสนเทศ

คำสำคัญ : จริยธรรม เทคโนโลยีสารสนเทศ พระราชบัญญัติ ความมั่นคงปลอดภัย

ABSTRACT

The objectives of this research were (1) to study the level of factors affecting ethics and security in information technology, (2) to study the level of ethics and security in information technology and (3) to study the factors influencing ethics and security in information technology. The samples consisted of 1,000 administrators, lecturers, employees, and students from government university (limited number of receiving), Rajabhat University, Rajamangala University and private universities, obtain by multi state random sampling. The instrument was a questionnaire. The data were analyzed using the frequency, percentage, mean, standard deviation and multiple regression analysis.

The results showed that (1) the overview of the factors that have an impact on Ethics and Information technology security at a high level. The areas with high averages were behavior using computer and social media next was the social aspect. (2) overview of ethics and security in Information technology at a high level. The areas with high averages were internet scams and access to pornography.

As for information technology security with high averages were the internet and social media which were the source of computer crimes and the government must be more strict in the security policy of information technology. (3) factors influencing the ethics and security of information technology with statistical significance at the 0.05 level, respectively, were: the behavior of using computers and social media, economic, social and knowledge and understanding of information technology, the knowledge and understanding of the Act no ethical influence and information technology security.

Keywords: Ethics, Information Technology, Act, Security

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ปัจจุบัน เทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น ผู้ใช้อินเทอร์เน็ตและเครือข่ายสังคมออนไลน์ เช่น Facebook Line Twitter YouTube และ Instagram เป็นต้น ได้เพิ่มจำนวนมากขึ้นอย่างรวดเร็ว เพราะว่ามีอุปกรณ์ที่ผู้ใช้สามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตได้หลากหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นโน้ตบุ๊ค คอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต แล็บท็อป เป็นต้น และสามารถเข้าถึงได้ทุกที่ทุกเวลา ประกอบกับนโยบายของรัฐบาลที่มุ่งเน้นการพัฒนาประเทศไปสู่ประเทศไทย 4.0 (Thailand 4.0) นั่นคือ การขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยการนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยในการสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ เพื่อเป็นการช่วยยกระดับรายได้ของประชากรของประเทศไทยจากประเทศที่มีรายได้ปานกลางไปสู่ประเทศที่มีรายได้สูง ในขณะเดียวกันก็ต้องเผชิญกับความท้าทายต่าง ๆ อย่างมากมาย โดยเฉพาะเรื่องเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ส่งผลกระทบต่อจริยธรรมและความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ได้แก่ (1) การใช้งานคอมพิวเตอร์อย่างขาดความรับผิดชอบ (2) การละเมิดความเป็นส่วนตัว (3) การขโมยอัตลักษณ์ (4) การเจาะระบบ การทำลายข้อมูล การล้วงความลับส่วนบุคคลและองค์กร (5) การโจมตีด้วยไวรัสประเภทต่าง ๆ (6) การละเมิดลิขสิทธิ์ (7) การส่งอีเมลที่ไม่ได้รับเชิญ (8) การใช้ Facebook Like ถ่ายทอดสดในเรื่องที่ไม่เหมาะสม เช่น การเปลื้องผ้าโชว์สัดส่วนลามกอนาจาร (9) การก่ออาชญากรรมคอมพิวเตอร์ในลักษณะต่างๆ เช่น การปลอมแปลง การโจมตีด้วยไวรัส

การกรรโชกข่มขู่ การใช้ความรุนแรง การหลอกหลวงทางอินเทอร์เน็ต ทำให้ผู้ใช้คอมพิวเตอร์ทั่วไปเกิดความรู้สึกไม่ปลอดภัยอีกต่อไป

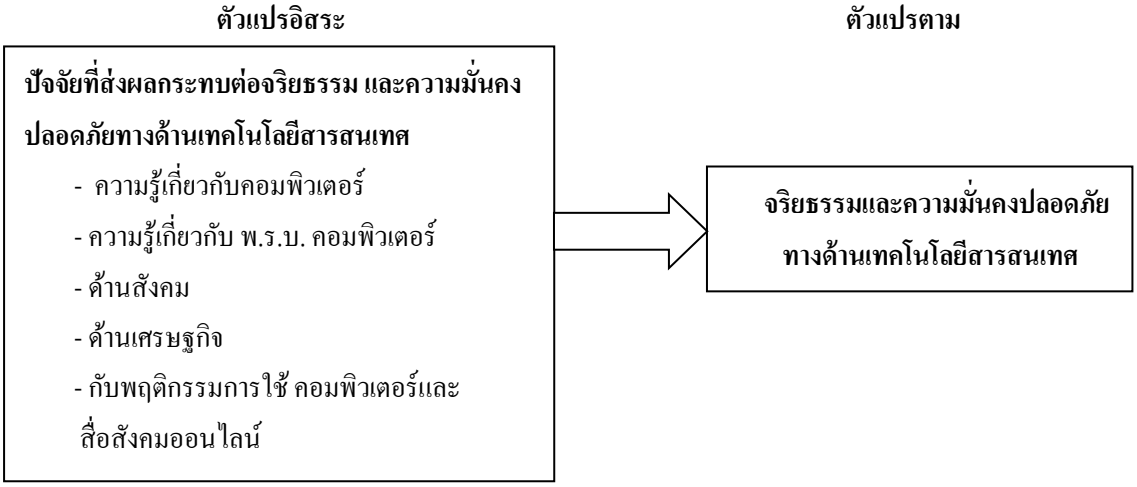
ส่วนผลกระทบของเทคโนโลยีสารสนเทศ มีทั้งด้านบวก และด้านลบ สอดคล้องกับบทความวิจัยของ ปรานอม หยวกทอง (2564) รายงานว่า (1) ผลกระทบทางบวก ได้แก่ ทำให้คุณภาพชีวิตได้รับความสะดวกสบายและรวดเร็วในการสื่อสารและทำงาน ช่วยในการตัดสินใจและการกระจายข้อมูลข่าวสารไปได้ทั่วทุกแห่งซึ่งจะก่อให้เกิดความเสมอภาคเท่าเทียมกันในสังคม ทำให้เกิดชุมชนเสมือน ซึ่งเป็นกลุ่มคนที่มีความสนใจเรื่องเดียวกันสามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ความรู้ซึ่งกันและกันได้ ด้านการเรียนการสอน ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาของบทเรียนได้อย่างชัดเจน เช่น การจำลองสภาวะสิ่งแวดล้อม จำลองการขับเครื่องบิน จำลองการขับรถยนต์ เป็นต้น รวมถึงทำให้เกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิต ได้อย่างมีประสิทธิภาพ กล่าวคือ ทำให้มนุษย์ต้องขวนขวายพัฒนาตนเองและปรับตนเองให้ก้าวทันความเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ โดยการเรียนรู้ด้วยตนเองจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ทั่วโลก (2) ผลกระทบทางลบ ได้แก่ ด้านคุณภาพชีวิต ทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพกายและสุขภาพจิต เช่น โรคอันเกิดจากการใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นเวลานาน ได้แก่ อาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อบริเวณข้อมือเนื่องจากจับเมาส์หรือใช้แป้นพิมพ์เป็นเวลานาน อาการปวดคอ ไหล่ และหลัง การเกิดปัญหาด้านสายตาเนื่องจากเพ่งมองที่หน้าจอคอมพิวเตอร์เป็นเวลานานติดต่อกัน เป็นต้น โรคทนรอไม่ได้ (Hurry Sickness) เกิดกับผู้ที่ใช้งานอินเทอร์เน็ต ซึ่งทำให้ผู้ใช้เป็นคนขี้เบื่อ หงุดหงิดง่าย ใจร้อน เครียดง่าย ความอดทนลดลง ทนรอเครื่องดาวน์โหลดนานๆ ไม่ได้จะกระวนกระวาย ซึ่งจะเป็นพฤติกรรมติดตัวไปใช้ในการดำเนินกิจกรรมในชีวิตประจำวันด้วย หากมีอาการมากๆ อาจจะเข้าข่ายโรคประสาทได้ส่วนด้านสังคม ทำให้เกิดการขาดทักษะทางสังคม เนื่องจากอินเทอร์เน็ตทำให้เกิดการสื่อสารกันได้โดยไม่ต้องพบเจอกัน เช่น Social Network อย่าง Facebook ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่าบุคคลในสังคมน้อยลง ไม่ว่าจะเป็นทักษะการพูด การฟัง การทำงานร่วมกัน ทำให้เกิดอาชญากรรมคอมพิวเตอร์มากขึ้นและรุนแรงขึ้น เช่น การขโมยข้อมูลของบริษัทและนำไปเปิดเผยกับบริษัทคู่แข่ง การเจาะระบบของธนาคารและเปลี่ยนแปลงข้อมูลเงินในบัญชีธนาคารให้สูงขึ้น การล่อลวงผู้ที่เล่นอินเทอร์เน็ตและก่อคดีล่วงละเมิดทางเพศ การเผยแพร่ข้อมูลที่ไม่ชอบด้วยกฎหมายในแง่มุมต่างๆ ทั้งภาพลามกอนาจาร การพนันออนไลน์ การจำหน่ายของผิดกฎหมาย หรือเผยแพร่ข้อมูลที่มีเนื้อหาแอบแฝงแนวคิด ก้าวร้าว รุนแรง การส่งไวรัสเข้าไปทำลายข้อมูลของผู้อื่น เป็นต้น ตลอดจนด้านการเรียนการสอน ผู้สอนปล่อยให้ผู้เรียนศึกษาและเรียนรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนที่มีประสบการณ์น้อยอาจตีความได้ไม่ถูกต้อง รวมถึงการใช้อินเทอร์เน็ตในทางที่ผิด ดังนั้น ผู้สอนจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเรียนรู้การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศกับการเรียนการสอน รวมทั้งให้คำแนะนำ อบรมสั่งสอนด้านคุณธรรม จริยธรรมควบคู่ไปกับการใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ต

จากที่กล่าวมาทั้งหมดผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาถึงผลกระทบจากการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ ได้แก่ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ ความรู้เกี่ยวกับพระราชบัญญัติ (พ.ร.บ.) ด้านสังคม ด้านเศรษฐกิจ ด้านพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ และสื่อสังคมออนไลน์ ส่วนด้านใดบ้างที่จะส่งผลต่อจริยธรรมและความมั่นคงปลอดภัยของเทคโนโลยีสารสนเทศและประชาชนทั่วไป โดยขั้นแรกของการศึกษาในครั้งนี้ คือ ศึกษาในกลุ่มบุคลากรและนักศึกษาในสถาบันอุดมศึกษาในเขตกรุงเทพและปริมณฑล

2. กรอบแนวคิดและทฤษฎี

สำหรับกรอบแนวคิดและทฤษฎีของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยอ้างอิงจากหนังสือของ Jame A. O'Brien (2021) ที่ได้อธิบายมาตรฐานความประพฤติสำหรับผู้ที่เป็นมืออาชีพ โดยสมาคมผู้เป็นมืออาชีพทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ (Association of Information Technology Professional : AITP) ที่ได้ใคร่ครวญร่วมกันพิจารณาและได้ให้แนวทางเป็นเครื่องชี้นำว่า ผู้เป็นมืออาชีพในทางธุรกิจ และเทคโนโลยีสารสนเทศ จำต้องมีเครื่องชี้นำด้านจริยธรรมความประพฤติที่ดีมีความซื่อสัตย์สุจริตและรักษาความเป็นส่วนตัว ส่วนงานวิจัยนี้สามารถแยกแยะออกเป็น 4 ด้าน คือ **(1) ด้านคุณธรรมจริยธรรม** พระราชวรมุนี : ประยุทธ์ ปยุตโต (2562) ให้ทรรศนะว่า จริยธรรมหมายถึง การดำเนินชีวิตความเป็นอยู่ การคลองชีวิตการใช้ชีวิตการเคลื่อนไหวของชีวิตทุกด้านทุกระดับ ทั้งทางกาย ทางวาจา ทางใจ การปฏิบัติกรรมฐานเจริญสมาธิ บำเพ็ญสมถะ เจริญวิปัสสนา **(2) ด้านความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ** Gary B. Shelly (2020) ได้เขียนเกี่ยวกับการรักษาความมั่นคงปลอดภัยทางเทคโนโลยีสารสนเทศที่เรียกว่า เทคโนโลยีชีวมาตร (Biometrics Technologies) คือ เทคโนโลยีที่ใช้ยืนยันตัวบุคคล โดยการผสมผสานเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีด้านชีวภาพทางการแพทย์มาบูรณาการร่วมกัน เพื่อใช้กำหนดหรือระบุคุณลักษณะเฉพาะส่วนบุคคลทั้งด้านกายภาพ และพฤติกรรม ได้แก่ ลายพิมพ์นิ้วมือ ฝ่ามือ ม่านตา ใบหน้า เสียงพูด ลายเซ็น ดีเอ็นเอ เป็นต้น **(3) ด้านระบบการควบคุมและตรวจสอบ (System Controls and Audits)** James A.O'Brien (2021) ได้อธิบายว่า การควบคุมระบบสารสนเทศ และการตรวจสอบความปลอดภัยด้านเทคโนโลยีสารสนเทศเกี่ยวข้องกับทฤษฎีความพยายามที่จะทำให้ข้อมูลสารสนเทศมีความถูกต้อง ไม่มีข้อผิดพลาด การควบคุมระบบสารสนเทศ จำเป็นต้องพัฒนาระบบขึ้นมา ส่วนการตรวจสอบความปลอดภัย ได้แก่การตรวจสอบภายในโดยพนักงานและผู้บริหาร และมีการตรวจสอบภายนอก ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นผู้ทรงวุฒิจากภายนอก เช่น ระบบการตรวจสอบด้านบัญชี ในส่วนของเทคโนโลยีสารสนเทศ จะมีการตรวจสอบโดยการใช้ซอฟต์แวร์เข้ามาตรวจสอบที่เรียกว่า ตรวจสอบการประมวลผลข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Data Processing : EDP) **(4) ด้านการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ** ลัดดา โกรส (2564) ได้ให้ทรรศนะว่า สามารถจำแนกเป็นกลยุทธ์การจัดการที่สำคัญ 3 ด้าน คือ กลยุทธ์ระบบสารสนเทศ กลยุทธ์เทคโนโลยีสารสนเทศ และกลยุทธ์ระบบการจัดการสารสนเทศ ซึ่งกลยุทธ์ทั้ง 3 นี้ ต้องสัมพันธ์และสอดคล้องกับนโยบาย กลยุทธ์ วัตถุประสงค์ แผนงานขององค์การรวมทั้งวิธีการดำเนินงานด้วย

สำหรับกรอบแนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับเรื่องที่วิจัยประกอบด้วย ใน**ตอนที่ 1** คือ ตัวแปรอิสระประกอบด้วย (1) อายุ (2) เพศ (3) ระดับการศึกษา (4) ประสบการณ์ในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ **ตอนที่ 2** ปัจจัย ประกอบด้วย (1) ปัจจัยลักษณะประชากร คือ ผู้บริหาร คณาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษา (2) ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อจริยธรรมและความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ได้แก่ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ ความรู้เกี่ยวกับ พ.ร.บ. คอมพิวเตอร์ และกฎหมายอื่นๆ ปัจจัยทางด้านสังคม ปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจ ปัจจัยเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ และสื่อสังคมออนไลน์ส่วนตัวแปรตามประกอบด้วย (1) จริยธรรมและความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ



รูปภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อจริยธรรม และความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ
2. เพื่อศึกษาระดับจริยธรรม และความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ
3. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจริยธรรมและความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ

4. สมมุติฐานการวิจัย

ปัจจัยที่น่าจะส่งผลกระทบต่อจริยธรรมทั่วไปและความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ได้แก่ (1) ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ (2) ความรู้เกี่ยวกับพระราชบัญญัติว่าด้วยการกระทำความผิดทางคอมพิวเตอร์ และกฎหมายที่เกี่ยวข้องอื่นๆ (3) ปัจจัยทางสังคม (4) ปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจ (5) ปัจจัยทางด้านพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์และสื่อสังคมออนไลน์ที่มีอิทธิพลต่อจริยธรรมและความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ

5. วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ระเบียบแบบแผนวิธีวิจัยวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

ประชากรและตัวอย่าง

ประชากร คือ ผู้บริหาร คณาจารย์ พนักงาน นักศึกษา จากสถาบันอุดมศึกษาในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลรวม 61 สถาบัน จำแนกออกเป็น 4 กลุ่ม ตามลักษณะของมหาวิทยาลัย ได้แก่ (1) มหาวิทยาลัยของรัฐบาล (จำกัดจำนวนรับ) (2) มหาวิทยาลัยราชภัฏ (3) มหาวิทยาลัยราชมงคล และ (4) มหาวิทยาลัยเอกชน บุคลากรทั้งสิ้น 38,591 คน และนักศึกษารวมทั้งสิ้น 696,796 คน ใช้ตัวอย่างจำนวน 1,000 คน โดยกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยวิธีการของ ทอมสัน (Thompson, S.K.2002) ที่ระดับความคลาดเคลื่อน 0.05 สัมประสิทธิ์ความผันแปร 0.5 ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอนโดยดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สุ่มมหาวิทยาลัยเป็นตัวอย่างจำนวน 10 สถาบันด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิได้แก่ มหาวิทยาลัยเอกชน จำนวน 6 สถาบัน มหาวิทยาลัยของรัฐบาล จำนวน 2 สถาบัน มหาวิทยาลัยราชภัฏและมหาวิทยาลัยราชมงคล อย่างละ 1 สถาบัน

ขั้นตอนที่ 2 สุ่มตัวอย่าง ผู้บริหาร คณาจารย์ พนักงาน และนักศึกษาจำนวน 1,000 คนจาก 10 สถาบัน ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย

แหล่งข้อมูล

แหล่งข้อมูลการวิจัย คือ ผู้บริหาร คณาจารย์ พนักงาน และนักศึกษา ในสถาบันอุดมศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล จำนวน 10 สถาบัน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม สาเหตุที่เก็บข้อมูลเพียงบุคลากรทางการศึกษา เพราะว่าเป็นข้อมูลที่สามารถค้นคว้าหาได้ง่ายกว่าคนในสายอาชีพอื่น

เครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วยแบบสอบถามแบบประเมินค่า 5 ระดับในเรื่องปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อจริยธรรม และความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และการละเมิดจริยธรรมและภัยคุกคามความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 1 ชุด จำนวน 67 ข้อ และลักษณะทางประชากร จำนวน 4 ข้อ

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. ตรวจสอบความเที่ยงตามเนื้อหาของแบบสอบถาม (Content Validity) โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ได้ค่า IOC มากกว่า 0.5 ทุกข้อ

2. การทดสอบความเชื่อมั่น ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.982 มากกว่า 0.70 (กัลยา วานิชยปัญญา, 2558)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการขอความอนุเคราะห์จากสถาบันการศึกษาทั้ง 10 แห่งในเขตกรุงเทพและปริมณฑล

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ใช้การจำแนกความถี่ (Frequency) การหาค่าร้อยละ (Percentage) ในการแจงนับจำนวนและหาค่าร้อยละอธิบายลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้บริหาร คณาจารย์ พนักงาน และนักศึกษา

2. ใช้หาค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ในการอธิบายระดับปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อจริยธรรม และความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศทั้ง 5 ด้าน

4. ใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ศึกษาอิทธิพลที่ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อจริยธรรม และความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศทั้ง 5 ด้าน

5. การใช้สถิติเชิงอนุมานทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

6. ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีเนื้อหาครอบคลุมถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อจริยธรรม และความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ ด้านความรู้เกี่ยวกับ พ.ร.บ. คอมพิวเตอร์ ด้านสังคม ด้านเศรษฐกิจ และด้านพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์และสื่อสังคมออนไลน์

7. ผลการวิจัย

จากการสำรวจกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษามีระดับการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี จนถึงระดับปริญญาเอก เป็นเพศชายมากกว่าเพศหญิง ส่วนใหญ่เป็นเยาวชนคนรุ่นใหม่ มีอายุ 20 – 25 ปี รองลงมาเป็น อายุต่ำกว่า 20 ปี ส่วนใหญ่จบการศึกษาสูงสุดระดับปริญญาตรีมีประสบการณ์ในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอยู่ในระดับมากและระดับปานกลาง ผลการศึกษาพบว่า

(1) ภาพรวมของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อจริยธรรม และความความมั่นคงปลอดภัยทางเทคโนโลยีสารสนเทศ อยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.72 ด้านที่มีค่าเฉลี่ยระดับมาก ได้แก่ พฤติกรรมการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และสื่อสังคมออนไลน์ รองลงมา ได้แก่ ด้านสังคม ด้านเศรษฐกิจ และ ด้านความรู้ความเข้าใจเรื่องเทคโนโลยีสารสนเทศ ส่วนด้านที่มีค่าเฉลี่ยปานกลาง คือความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพระราชบัญญัติ (พ.ร.บ.) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ภาพรวมปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อจริยธรรมและความมั่นคงปลอดภัยทางเทคโนโลยีสารสนเทศ

ด้าน	$\overline{X}$	S. D.	ความหมาย
1. ความรู้ความเข้าใจเรื่องเทคโนโลยีสารสนเทศ	3.72	.66	มาก
2. ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพระราชบัญญัติ (พ.ร.บ.)	3.14	.91	ปานกลาง
3. ทางสังคม	3.96	.65	มาก
4. เศรษฐกิจ	3.85	.68	มาก
5. พฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์และสื่อสังคมออนไลน์	3.98	.70	มาก
รวม	3.72	.56	มาก

1.1 ระดับความรู้ความเข้าในเรื่องเทคโนโลยีสารสนเทศ พบว่าค่าเฉลี่ยระดับมาก ได้แก่ ความรู้เรื่องเว็บเครือข่ายสังคมออนไลน์ เช่น Facebook Line Twitter YouTube Instagram รองลงมาคือความรู้เรื่องการจัดเก็บข้อมูล เช่น การสร้างโฟลเดอร์ (Folder) การจัดการแฟ้มข้อมูล (File) การสำรองข้อมูล (Backup) และความรู้เรื่องข้อมูล เช่น การจัดการข้อมูล และฐานข้อมูล (Database) ตามลำดับ

1.2 ระดับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพระราชบัญญัติ (พ.ร.บ.) เรื่องที่มีค่าเฉลี่ยระดับปานกลาง ได้แก่ พระราชบัญญัติว่าด้วยการกระทำความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ ปี พ.ศ. 2550 รองลงมาเป็นเรื่องพระราชบัญญัติว่าด้วยการกระทำความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ ปี พ.ศ. 2550 แก้ไขเพิ่มเติม ปี พ.ศ. 2560 และความรู้เรื่องพระราชบัญญัติลิทธิบัตร ปี พ.ศ. 2522 แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2542 ตามลำดับ

1.3 ระดับปัจจัยด้านสังคม เรื่องที่มีค่าเฉลี่ยระดับมาก ได้แก่ เรื่องบันเทิงคนดูภาพยนตร์และโทรทัศน์ลดลง เพราะหันมาดูทางออนไลน์มากขึ้น เช่น YouTube รองลงมาเป็นเรื่องสื่อสังคมออนไลน์มีผลกระทบต่อสังคมในด้านลบ เช่น มีการหลอกลวงทางอินเทอร์เน็ต การปลอมแปลงเฟซบุ๊ก การละเมิดความเป็นส่วนตัว การโพสต์ภาพลามกอนาจารการค้ายาเสพติด ตลอดจนการเล่นพนันออนไลน์ และสื่อสังคมออนไลน์มีผลกระทบต่อสังคมในด้านบวก เช่น ช่วยลดความเหลื่อมล้ำทางสังคม การมีโน้ตบุ๊คคอมพิวเตอร์ และสมาร์ทโฟนมีราคาถูกลง ตามลำดับ

1.4 ระดับปัจจัยด้านเศรษฐกิจ เรื่องที่มีค่าเฉลี่ยระดับมาก ได้แก่ เกิดธุรกิจบริการใหม่ๆ เช่น การรับส่งสินค้าพัสดุแบบรีบด่วน เช่น Kerry Express ฯลฯ รองลงมาเป็นเรื่อง เกิดธุรกิจประเภทตัวแทนทางด้าน

การเงินในการจัดซื้อสินค้าทางออนไลน์ และการจ้างงานของภาคธุรกิจบางกลุ่มลดลง เช่น ธนาคาร ห้างสรรพสินค้า ร้าน จำหน่ายสินค้า ตามลำดับ

1.5 ระดับปัจจัยด้านพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์และสื่อสังคมออนไลน์ เรื่องที่มีค่าเฉลี่ยระดับมาก ได้แก่ พฤติกรรมการเรียนรู้ของเยาวชนเปลี่ยนแปลงไป โดยหันมาศึกษาเรียนรู้จากอินเทอร์เน็ตและสื่อสังคมออนไลน์มากขึ้นเป็นลำดับ เช่น Google Facebook Line YouTube เป็นเวลานานมากขึ้น รองลงมาเป็นเรื่องพฤติกรรมการซื้อขายสินค้าเปลี่ยนไป โดยผู้ซื้อ และผู้ขาย หันมาใช้บริการทางออนไลน์มากขึ้น และเกิดพฤติกรรมหลงไหลการติดเกม และการพนันออนไลน์เพิ่มมากขึ้น ตามลำดับ

(2) ภาพรวมของจริยธรรมและความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ มีค่าเฉลี่ย อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายละเอียดทั้งสองด้านพบว่า ด้านจริยธรรมเรื่องที่มีค่าเฉลี่ยระดับมาก ได้แก่ ปัญหาเรื่องการโกหกหลอกลวงทางอินเทอร์เน็ต รองลงมาเป็นเรื่องการเข้าถึงภาพลามกอนาจาร ความรุนแรง และความน่ากลัวมีขึ้น และความมีวินัยเรียนรู้ในการทำงานลดลงตามลำดับ ส่วนด้านความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ เรื่องที่มีค่าเฉลี่ยระดับมาก ได้แก่ อินเทอร์เน็ตและสื่อสังคมออนไลน์ เป็นแหล่งการก่ออาชญากรรมทางคอมพิวเตอร์ รองลงมาเป็นเรื่องของภาครัฐต้องเข้มงวดด้านนโยบายความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศให้สูงขึ้น มีการข่มขู่ กรรโชก ทางอีเมล และสื่อสังคมออนไลน์ และ มีการแก้ไขกฎหมาย และเพิ่มโทษมากขึ้น เช่น พ.ร.บ คอมพิวเตอร์ ปี 2550 แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ.2560 ตามลำดับ

(3) ปัจจัยด้านความรู้ความเข้าใจเรื่องเทคโนโลยีสารสนเทศ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ พ.ร.บ. สังคม เศรษฐกิจ และพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ สามารถอธิบายความผันแปรของจริยธรรมและความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 (F = 317.239) ปัจจัยทั้ง 5 มีความสัมพันธ์ และสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของจริยธรรมและความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ได้ร้อยละ 61.50 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจริยธรรมและความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 เรียงตามลำดับได้แก่ ได้แก่ ด้านพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์และสื่อสังคมออนไลน์ ด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคม และด้านความรู้ความเข้าใจเทคโนโลยีสารสนเทศ ด้วยขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.504 0.140 0.117 และ 0.084 ส่วนด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ พ.ร.บ. ไม่มีอิทธิพล ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจริยธรรมความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ

รายละเอียด	สัมประสิทธิ์ของสมการถดถอย			สถิติทดสอบ t	P-value (Sig.)
	Unstandardized		Standardized		
	B	Std. Error	Beta		
ค่าคงที่	0.503	0.091		5.509	0.000
ความรู้ความเข้าใจเรื่องเทคโนโลยีสารสนเทศ	0.084	0.030	0.082	2.818*	0.005
ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ พ.ร.บ.	0.011	0.018	0.015	0.623	0.534
สังคม	0.117	0.033	0.113	3.495*	0.000*
เศรษฐกิจ	0.140	0.032	0.142	4.387*	0.000*
พฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ฯ	0.504	0.031	0.529	16.228*	0.000*
F = 317.239*, R = 0.784, R^2 = 0.615, Std. Error of the Estimate = 0.418, Durbin-Watson = 1.866					

8. อภิปรายผล

ผลจากการวิจัยพบว่าระดับปัจจัยที่ส่งผลกระทบด้านความรู้ความเข้าใจเรื่องเทคโนโลยีสารสนเทศ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพระราชบัญญัติ (พ.ร.บ.) ด้านสังคม ด้านเศรษฐกิจและ ด้านพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ และด้านสื่อสังคมออนไลน์ทั้ง 5 ด้าน นั้นมีภาพรวมค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่ามีความสำคัญมาก โดยเฉพาะด้านพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์และสื่อสังคมออนไลน์ และด้านสังคม แต่ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพระราชบัญญัติ (พ.ร.บ.) มีค่าเฉลี่ยปานกลาง น่าจะเป็นประเด็นปัญหาที่ควรจะมีการวางแผนเพื่อเพิ่มความสำคัญให้สูงขึ้นในทุกด้าน หากปล่อยประละเลยอาจจะมีปัญหาด้านกฎหมายต่อไป

ส่วนระดับจริยธรรม และความมั่นคงปลอดภัย ภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก โดยด้านจริยธรรมมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าด้านความมั่นคงปลอดภัย ซึ่งอาจจะเป็นตัวชี้วัดในทางสังคมได้ประการหนึ่งว่า ประชนชนให้ความสำคัญหรือรับรู้ถึงจริยธรรมและความมั่นคงปลอดภัยในระดับมากและยังมองว่าเรื่องจริยธรรมมีความสำคัญที่สุดในเรื่องของเทคโนโลยี เมื่อศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับจริยธรรมและความมั่นคงปลอดภัย ได้องค์ความรู้ว่าปัจจัย มี 5 ปัจจัยได้แก่ ด้านความรู้ความเข้าใจเรื่องเทคโนโลยีสารสนเทศ สังคม เศรษฐกิจ และ ด้านพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ ส่วนด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพระราชบัญญัติ (พ.ร.บ.) น่าจะเป็นเรื่องที่ควรทบทวน เพราะอาจจะเกิดจากการละเลยข้อกฎหมายของกลุ่มตัวอย่างไม่เห็นความสำคัญ หรือให้ความสำคัญว่าเป็นหลักปฏิบัติอันดีของประชาชนอยู่แล้วไม่จำเป็นต้องบังคับเราก็ปฏิบัติดีปฏิบัติชอบอยู่ในบทบาทที่ถูกต้องจึงให้ความสำคัญน้อยไปให้ความสำคัญทางด้านพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ และ ด้านเศรษฐกิจ มากกว่า

สำหรับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อจริยธรรมและความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ได้แก่ (1) ความรู้เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ (2) ความรู้เกี่ยวกับพระราชบัญญัติว่าด้วยการกระทำความผิดทางคอมพิวเตอร์และกฎหมายที่เกี่ยวข้องอื่นๆ (3) ปัจจัยทางสังคม (4) ปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจ (5) ปัจจัยทางด้านพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์ จากการวิจัยพบว่า ปัจจัยด้านความรู้ความเข้าใจเรื่องเทคโนโลยีสารสนเทศ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ พ.ร.บ. สังคม เศรษฐกิจ และพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์และสื่อสังคมออนไลน์ที่ส่งผลกระทบต่อจริยธรรมและความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศพบว่า ตัวแปรอิสระทั้ง 5 ได้แก่ ความรู้ความเข้าใจเรื่องเทคโนโลยีสารสนเทศ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพระราชบัญญัติ (พ.ร.บ.) ด้านสังคม เศรษฐกิจ และพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์และสื่อสังคมออนไลน์ สามารถอธิบายความผันแปรของจริยธรรมและความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ($F = 317.239$) ตัวแปรอิสระทั้ง 5 มีความสัมพันธ์กับจริยธรรมและความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ร้อยละ 78.4 และสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของจริยธรรมและความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ได้ร้อยละ 61.50 เมื่อพิจารณาอิทธิพลพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจริยธรรมและความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้แก่ ความรู้ความเข้าใจเรื่องเทคโนโลยีสารสนเทศ ปัจจัยทางสังคม ปัจจัยเศรษฐกิจ และพฤติกรรม ด้วยขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.504 0.140 0.117 และ 0.084 ประเด็นนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชาญวิทย์ พรนภดล. (2561) เรื่อง “เปิดวิจัย Cyberbullying เยาวชนไทยกับความเสี่ยงยุค 4.0” เกี่ยวกับพฤติกรรมเสี่ยง คือ เยาวชนไทย 55.9% รับคนที่ไม่รู้จักเป็นเพื่อน กว่า 30% เคยแกล้ง-ถูกแกล้ง 39.1% เคยแชร์หรือกดไลก์เวลาเห็นข้อความ รูปภาพ หรือคลิปของเพื่อนที่กำลังถูกแกล้งบนโลกไซเบอร์ (Bystander) โดยชาญวิทย์ย้ำว่า การใช้งานอินเทอร์เน็ตอย่างปลอดภัยมีผลสัมพันธ์กับความเสี่ยงที่จะถูกกลั่นแกล้งบนโลกออนไลน์อย่างมาก การเปิดเผยข้อมูลส่วนตัวมากยิ่งเป็นความเสี่ยง ทั้งการรับคนอื่นที่ไม่รู้จักมาเป็นเพื่อน การแชตหรือการออกไปพบคนแปลกหน้า ใช้รูปจริงเป็นรูปโปรไฟล์ การไม่ตั้งค่าความเป็นส่วนตัวในการใช้งาน

การปล่อยให้ผู้อื่นรู้รหัสการใช้งาน รวมถึงไม่ Logout ออกจากระบบ เมื่อใช้งานเสร็จหรือให้ผู้อื่นยืมใช้โทรศัพท์ "การแก้ปัญหาอย่างยั่งยืนจะต้องมองไปถึงต้นตอของปัญหา นั่นคือการสร้างวัฒนธรรมการใช้อินเทอร์เน็ตอย่างปลอดภัยและสร้างสรรค์ ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือระหว่างภาครัฐเอกชน และประชาคม ในการร่วมกันแก้ปัญหาและปลูกฝังวัฒนธรรมนี้" และสอดคล้องกับทรรศนะของ พิเชษฐ ดุรงคเวโรจน์. (2561) ที่กล่าวว่า "ผลกระทบจากการใช้อินเทอร์เน็ตในกลุ่มเด็กและเยาวชน" เริ่มเห็นปัญหาได้ชัดขึ้น จึงได้บริการให้คำปรึกษาผ่าน "Stop Bullying Chat Line" ทั้งจะประสานกับกองบังคับการปราบปรามการกระทำความผิดเกี่ยวกับอาชญากรรมทางเทคโนโลยี (ปอท.) เพื่อให้เข้ามาให้คำปรึกษาเบื้องต้นทางเทคนิคสำหรับการส่งต่อกรณีที่มีการกลั่นแกล้งรังแกในโลกออนไลน์ ในช่วงเวลา 16.00-22.00 น. ของทุกวัน รวมถึงจัดกิจกรรมอบรมการใช้อินเทอร์เน็ตอย่างปลอดภัยผ่านศูนย์ดิจิทัลชุมชนด้วย

9. ข้อเสนอแนะเพื่อดำเนินการ

1. จากผลการวิจัยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษามีพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์และสื่อสังคมออนไลน์อยู่ในระดับมากแต่มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวพระราชบัญญัติ (พ.ร.บ.) ในระดับปานกลาง ดังนั้น สถาบันการศึกษาต่างๆ ควรให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวพระราชบัญญัติ (พ.ร.บ.) แก่บุคลากรและนักศึกษาในรูปแบบการอบรมและ/หรือการปรับปรุงหลักสูตร

2. ควรนำผลการศึกษานี้ไปใช้ในการวางแผนเพิ่มระดับจริยธรรมและความมั่นคงปลอดภัยของเทคโนโลยีสารสนเทศ รวมถึงบุคลากรและประชาชนทั่วไป ในการเพิ่ม (1) ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ (2) ความรู้เกี่ยวกับพระราชบัญญัติว่าด้วยการกระทำความผิดทางคอมพิวเตอร์ และกฎหมายที่เกี่ยวข้องอื่นๆ (3) ปัจจัยทางสังคม (4) ปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจ (5) ปัจจัยทางด้านพฤติกรรมการใช้คอมพิวเตอร์และสื่อสังคมออนไลน์ ให้สูงขึ้น

10. ข้อเสนอแนะเพื่อการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการวิจัยต่อยอดงานวิจัยชิ้นนี้เพื่อแสวงหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาผลกระทบต่อจริยธรรมและความมั่นคงปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศในโอกาสต่อไป

2. ควรมีการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อจริยธรรมและความมั่นคงปลอดภัยในครั้งต่อไป โดยการเพิ่มปัจจัยทางด้านอื่นๆ ด้วย เช่น ด้านการเมือง ด้านการระบาดของโรคอุบัติใหม่ เป็นต้น

11. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ สัมฤทธิ์ผลลงได้ ด้วยความอนุเคราะห์อย่างดีจากทุนอุดหนุนงานวิจัยสำหรับบุคลากรมหาวิทยาลัยศรีปทุม คณะกรรมการพัฒนาวิจัย สำนักวิจัย อันประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร.สุบิน ยุระรัช ผู้อำนวยการสำนักส่งเสริมและพัฒนางานวิจัย, นางสาวอรกัญญา สุขแก้ว เจ้าหน้าที่ประจำศูนย์สำนักวิจัย และผู้ทรงคุณวุฒิอื่นๆ ซึ่งประกอบไปด้วย ศ.น.อ.ดร.สัลยุทธ์ สว่างวรรณ, รศ.ดร.บุญศรี พรหมมาพันธุ์ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ตรวจทานงานวิจัย ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะวิจารณ์งานวิจัย ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง

12. เอกสารอ้างอิง

กัลยา วานิชยปัญญา. (2558). "วิธีดำเนินการวิจัย" [ออนไลน์]. ค้นเมื่อวันที่ 21 กันยายน 2564, จาก file:///C:/Users/Admin/Downloads/Fulltext%236_331706%20(1).pdf

ชาญวิทย์ พรนภดล. (2561). "เปิดวิจัย Cyberbullying เยาวชนไทยกับความเสี่ยงยุค 4.0" *หนังสือพิมพ์ประชาชาติธุรกิจ*: 21.

ณัฐนันท์ ศิริเจริญ. (2558). "รูปแบบการสื่อสารเพื่อการรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศจากสื่ออินเทอร์เน็ตของเยาวชนไทย" *วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับมนุษยศาสตร์และสังคมศาตสร์, 15*(1), 52-53.

ปรานอม หยวกทอง. (2564). *"ผลกระทบของเทคโนโลยีสารสนเทศ"* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อวันที่ 21 กันยายน 2564, จาก https://sites.google.com/site/kroonom/phlk-ra-thb-khxng-thekhnoloyi-sarsnthes

พระราชวรมุนี (ประยุทธ์ ปยุตโต). (2562). *"ความหมายของจริยธรรม"*. [ออนไลน์]. ค้นเมื่อวันที่ 24 กันยายน 2564, จาก www.baanjomyut.com

พิเชษฐ ดุรงคเวโรจน์. (2561). *"ผลกระทบจากการใช้อินเทอร์เน็ตในกลุ่มเด็กและเยาวชน"* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อวันที่ 7 ตุลาคม 2564, จาก https://thainews.prd.go.th/th/news/detail/TNRPT6101090010002

ลัดดา โกรส. (2564). *"แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ"*. [ออนไลน์]. ค้นเมื่อวันที่ 12 กันยายน 2564, จาก http://www.mua.go.th

ศุกรีย์ ศรีสารคาม. (2557). *"ปัจจัยที่มีผลต่อคุณธรรม จริยธรรมในการใช้อินเทอร์เน็ต"*. [ออนไลน์]. ค้นเมื่อวันที่ 21 กันยายน 2564, จาก www.repository.rmutt.ac.th/bitstream/.../RMUTT-106601.pdf?

สาวตรี สุขศรี และคณะ. (2555). *"ผลกระทบจากพระราชบัญญัติว่าด้วยการกระทำความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ พ.ศ.2550 และนโยบายของรัฐกับสิทธิเสรีภาพในการแสดงความคิดเห็น"* โรงพิมพ์ภาพพิมพ์, 261-262.

สุพิชญา อาชวิรดา. (2559). "ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับการรักษาความมั่นคงปลอดภัยของระบบสารสนเทศในองค์กร", *วารสารระบบสารสนเทศด้านธุรกิจ (JISB), 2*(2), 78. [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 21 มกราคม 2562, จาก www.jisb.tbs.tu.ac.th/wp-content/uploads/2018/02/Jisb2559Vol2No2_5Supitchaya.pdf

Gary B. Shelly. (2020). *"Discovering Computers 2020: A Gateway to Information, Web Enhanced Introductory"* Thomson Course Technology.

Jame A. O'Brien. (2021). *"Management Information Systems"* 10th Edition, McGraw-Hill Irwin.

การพัฒนาแอปพลิเคชันแชทบอทให้ข้อมูลและตอบคำถามเกี่ยวกับกองทุนกู้ยืมเพื่อการศึกษา กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา

THE DEVELOPMENT OF CHATBOT APPLICATION TO PROVIDE INFORMATION AND ANSWER QUESTIONS ABOUT STUDENT LOAN FUNDS: A CASE STUDY OF UNIVERSITY OF PHAYAO

จีระศักดิ์ หมูตัน
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา
E-mail: jeerasak0658840482@gmail.com
สหัสวรรษ แซ่เลื่อง
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา
E-mail: sahatsawat391@gmail.com
ยืนยง กันทะเนตร
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา
E-mail: Yeunyong.ka@up.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันแชทบอทให้ข้อมูลและตอบคำถามเกี่ยวกับกองทุนกู้ยืมเพื่อการศึกษา กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา กลุ่มตัวอย่างเป็นบุคลากรทั่วไป จำนวน 180 คน และเจ้าหน้าที่กองทุนเงินให้กู้ยืมเพื่อการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 10 คน ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาได้แก่ ฟลัทเทอะ (Flutter) ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับแอนดรอยด์ แอนดรอยด์สตูดิโอ (Android Studio) ใช้ในการจำลองระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และไดอะล็อกโฟล (Dialog flow) ใช้สำหรับสร้างแชทบอทตอบคำถามตามความต้องการของผู้ใช้งาน เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลเป็นแบบสอบถามการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน โดยใช้หลักการทางสถิติ การหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า ภาพรวมจากการประเมินความพึงพอใจ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.45 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.38 ซึ่งมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: แอปพลิเคชัน, แอนดรอยด์, แชทบอท

ABSTRACT

The purpose of this research is to develop a chatbot application aiming to provide information and answer related to student loan funds in a case study at the University of Phayao. The sample group of this research is one hundred and eighty general personnel and ten student loan fund officers. Whereas the main methods applying towards this research are Flutter, which is a framework for implementing android applications, Android Studio, an open-source program for android emulators, and Dialogflow, which is used to develop the chatbot supporting users' requirements. For statistical principles, this research is using average and standard deviation that is used to evaluate the users' satisfaction. According to the result of this study, It was found the overall users' satisfaction was at 4.45 on average, and the standard deviation was at 0.38, showing a high level of satisfaction.

Keywords: Application, Android, Chatbot

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

วสิริทิพย์ ฉลอง (2561) AI (Artificial Intelligence) หรือปัญญาประดิษฐ์คือ ระบบประมวลผลที่มีต้นแบบมาจากโครงข่ายประสาทของมนุษย์ (Neural Networks) สามารถเรียนรู้และเพิ่มประสิทธิภาพการประมวลผลได้ตามจำนวนข้อมูลที่เพิ่มขึ้นผ่านกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Machine Learning)ซึ่งสามารถจดจำ คิดวิเคราะห์ เรียนรู้และเชื่อมโยงข้อมูลต่างๆที่ซับซ้อนได้อย่างรวดเร็ว (Deep Learning) เสมือนระบบสมองของมนุษย์ จึงอาจเรียกได้ว่า “สมองกลอัจฉริยะ”AI จึงถือเป็นเทคโนโลยีที่ร้อนแรงที่สุดในปัจจุบันและเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการใช้ชีวิต การทำงานรวมถึงนำมาใช้ในการเสริมศักยภาพทางธุรกิจ/อุตสาหกรรม ซึ่งจะสามารถส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจอย่างยั่งยืนของประเทศ โดยปัจจุบันภาคธุรกิจอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ต่างๆ ได้นำ AI มาใช้ในกระบวนการทำงานที่สำคัญๆ ขององค์กรอย่างกว้างขวาง

ในปัจจุบันการนำ โซเชียลมีเดีย เข้ามาใช้ในการติดต่อสื่อสารถือเป็นเรื่องปกติทั่วไปเช่นเดียวกับองค์กรภาครัฐเองก็มีการนำ โซเชียลมีเดีย เข้าเป็นส่วนหนึ่งในการใช้ติดต่อสอบถาม/พูดคุยถึงปัญหาต่างๆ ในการพัฒนาครั้งนี้จะเจาะจงที่องค์กรกองทุนเงินให้กู้ยืมเพื่อการศึกษา ซึ่งมีช่องทางการติดต่อหลักในปัจจุบันได้แก่ เพจเฟซบุ๊ก และในส่วนของเว็บไซต์กยศ.ก็นำเอา API Facebook Messenger มาใช้เช่นกันเพื่ออำนวยความสะดวกแก่นักเรียน นิสิต นักศึกษา แต่ในบางกรณี เช่น การประชาสัมพันธ์ที่ไม่ชัดเจนจนทำให้นักเรียน นิสิต นักศึกษาเกิดข้อสงสัยเป็นจำนวนมากก็จะทำให้เกิดความล่าช้าในการดำเนินการได้ แม้จะมีเทคโนโลยีที่เข้ามาช่วยแต่หากมีเพียงช่องทางเดียวก็อาจจะไม่สามารถอำนวยความสะดวกได้อย่างทั่วถึง

จากที่กล่าวข้างต้น คณะผู้จัดทำได้เห็นถึงปัญหาในด้านการติดต่อสื่อสารระหว่างนิสิตกับหน่วยงานในมหาวิทยาลัยพะเยา มีการติดต่อที่ ล่าช้า และไม่ตรงประเด็นทำให้นิสิตหลายๆ คนไม่สามารถดำเนินการตามขั้นตอนได้ตรงเวลาที่กำหนด คณะผู้จัดทำจึงได้สร้างระบบปฏิบัติการ แชทบอท ขึ้นมา เพื่อให้นิสิตได้มีทางเลือกในการสอบถาม ผ่านแอปพลิเคชันแชทบอทให้ข้อมูลและตอบคำถามเกี่ยวกับกองทุนกู้ยืมเพื่อการศึกษา ทำให้สามารถสอบถามได้ทุกที่ทุกเวลา และยังเข้าถึงรายละเอียดหรือขั้นตอนปฏิบัติต่างๆได้ด้วยตนเองในอีกทางก็สามารถแบ่งเบาภาระของบุคลากรได้เช่นกัน

2. วัตถุประสงค์ของการพัฒนา

เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันแชทบอทให้ข้อมูลและตอบคำถามเกี่ยวกับกองทุนกู้ยืมเพื่อการศึกษา กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษา เรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชันแชทบอทให้ข้อมูลและตอบคำถามเกี่ยวกับกองทุนกู้ยืมเพื่อการศึกษา กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา ผู้พัฒนาได้รวบรวมแนวคิดทฤษฎีและหลักการต่างๆ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

3.1.1 ทฤษฎีและการทำงานของ แชทบอท/AI

Khaled Shaalan (2020) Rule-Based approach คือ แนวทางการพัฒนาแชทบอท ที่จะโต้ตอบกับผู้ใช้ผ่านเงื่อนไข หรือกฎที่กำหนดเอาไว้ การพัฒนาบอทนี้จำเป็นต้องวางเงื่อนไขให้ครอบคลุม เพราะถ้ากำหนดเงื่อนไขได้ไม่ครอบคลุม เมื่อผู้ใช้งานตอบ หรือ ถามอะไรนอกเหนือจากเงื่อนไขที่เรากำหนดเอาไว้ แชทบอทจะไม่เข้าใจสิ่งที่ผู้ใช้งานสื่อมาทันทีแชทบอทที่ใช้ Rule-Based approach ใช้ในรูปแบบการทำฟอร์มรับสมัคร หรือแบบสอบถาม เพราะสามารถพัฒนาได้ง่าย ตัวอย่างที่น่าสนใจหลายอัน เช่น แชทบอทสำหรับประเมินความเสี่ยงในการลงทุนผ่านไลน์เป็นต้น AI-Based approach คือ แนวทางการพัฒนาแชทบอท ที่ให้ความสำคัญกับความตั้งใจ (Intent) และบริบท (Context) ซึ่งจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยี National Language Processing เข้ามาช่วย เพื่อให้แชทบอทเข้าใจว่า ผู้ใช้กำลังจะสื่อเรื่องอะไร

ไดอะล็อกโฟล คือ แพลตฟอร์ม สำหรับสร้างแชทบอทของกูเกิลที่ใช้การเรียนรู้ของเครื่องด้าน Natural Language Processing (NLP) มาช่วยในทำความเข้าใจถึงความต้องการ (intent) และสิ่งที่ต้องการ (entity) ในประโยคสนทนาของผู้ใช้งาน และตอบคำถามตามความต้องการของผู้ใช้งานตามกฎที่ผู้พัฒนาวางเอาไว้ ซึ่ง ไดอะล็อกโฟล จะช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของประโยคที่แชทบอทรับมา

3.1.2 โปรแกรมและภาษาที่ใช้ในการพัฒนาเทคโนโลยี

แอนดรอยด์ สตูดิโอ (Android Studio) เป็นไอดีอี ของกูเกิลไว้พัฒนาแอนดรอยด์สำหรับแอนดรอยด์ สตูดิโอเป็นไอดีอี ทูล ล่าสุดจากกูเกิลไว้พัฒนาโปรแกรมแอนดรอยด์โดยเฉพาะ คล้ายๆ กับการทำงานของ (Eclipse) และ Android ADT Plugin) โดย วัตถุประสงค์ของ แอนดรอยด์ สตูดิโอคือต้องการพัฒนาเครื่องมือไอดีอีที่สามารถพัฒนาแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งด้านการออกแบบจียูไอที่ช่วยให้สามารถ พรีวิวตัวแอป มุมมองที่แตกต่างกันบนสมาร์ตโฟนแต่ละรุ่นสามารถแสดงผลบางอย่างได้ทันทีโดยไม่ต้องทำการรันแอปพลิเคชันบน อิมูเลเตอร์รวมทั้งยังแก้ไขปรับปรุงในเรื่องของความเร็วของอินเลเดอร์ที่ยังเจอปัญหากันอยู่ในปัจจุบัน : สืบค้นเมื่อ 26 กันยายน 2564

3.1.2.1 Flutter (software)

ฟลัทเทอะ เป็นชุดพัฒนาซอฟต์แวร์ แบบซอฟต์แวร์ฟรี ที่กูเกิล สร้างขึ้นใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับ Android, iOS, Linux, Mac, Windows, Google Fuchsia และ เว็บจากฐานรหัสฟลัทเทอะ เวอร์ชันแรกเป็นที่รู้จักในชื่อรหัส "Sky" และทำงานบนระบบปฏิบัติการ Android ได้รับการเปิดเผยในการประชุมสุดยอดนักพัฒนา Dart ปี 2015 โดยมีเจตนาที่ระบุไว้ว่าจะสามารถแสดงผลได้อย่างสม่ำเสมอที่ 120 เฟรมต่อวินาที

3.1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จิรันดร บู๊ฮวดใช้ (2560) ผู้พัฒนาได้พัฒนาต้นแบบแชทบอทด้วย LINE API ร่วมกับภาษา PHP โดยประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายของ HEROKU ที่ให้ใช้งานได้ฟรี ซึ่งต้นแบบแชทบอทที่พัฒนาขึ้นนี้ ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงและนำไปใช้งานได้จริง ผู้พัฒนาจึงมีความมั่นใจว่าหากนำแชทบอทที่พัฒนาขึ้นนี้ไปใช้งานจริง จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในองค์กรได้เป็นอย่างดี

ณัฐพร เพ็ชรพงษ์และคณะ (2563) ผู้พัฒนาจึงได้นำ แอปพลิเคชันแชทบอท มาช่วยในการตอบคำถามแทนพนักงาน ซึ่ง แชทบอท คือ โปรแกรมอย่างหนึ่งที่ถูกสร้างมาเพื่ออำนวยความสะดวกในการช่วยตอบ คือ จะช่วยตอบข้อความ ตอบคำถาม ให้ข้อมูล ให้ความช่วยเหลือ ให้ความบันเทิง และอื่นๆ อีกมากมาย ซึ่งขึ้นอยู่กับการตั้งค่าของผู้พัฒนาว่าต้องการให้ทำสิ่งใดได้บ้างแชทบอท จะทำให้การทำงานสะดวกสบายมากขึ้น

ทิพย์วรรณ ฟูเฟื่อง และคณะ (2564) ปัจจุบันเทคโนโลยีมีการพัฒนาและปรับเปลี่ยนอย่างรวดเร็ว จากการเกิดขึ้นของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) เทคโนโลยีการใช้ทรัพยากรร่วมกันบนอินเทอร์เน็ต (Cloud) และอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things) ส่งผลให้การดำเนินชีวิตและพฤติกรรมการใช้ชีวิตเปลี่ยนแปลงไปอินเทอร์เน็ตช่วยให้เราเข้าถึงข้อมูลได้มากขึ้นเร็วขึ้น ทำให้วิธีการเรียนรู้เปลี่ยนไปจากเดิม การพัฒนาปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลง

พิชชาพร คาทา และคณะ (2564) ผู้พัฒนาได้จัดทำแชทบอทสำหรับการบริการข้อมูลด้านสุขภาพของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร มีให้บริการความรู้เกี่ยวกับโรคต่างๆรวมไปถึงการแนะนำการปฏิบัติตนเองเบื้องต้นและการบริการต่าง ๆ ของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรกล่าวคือ มีองค์ประกอบ 3 ด้านด้วยกัน ได้แก่ การให้ความรู้ (Health Education) การป้องกัน (Health Prevention) และการให้ภูมิคุ้มกันด้านสุขภาพ (Health Protection)

4. วิธีดำเนินการพัฒนา

4.1) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการศึกษาครั้งนี้ คือ ประชากรที่เป็นบุคลากรทั่วไป จำนวน 180 คน และประชากรที่เป็นเจ้าหน้าที่กองทุนเงินให้กู้ยืมเพื่อการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 10 คน เพื่อให้ข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางการตอบคำถามที่ผู้ใช้สอบถามเข้ามา

กลุ่มตัวอย่างที่จะใช้ในครั้งนี้ คือ นิสิตนักศึกษา ของมหาวิทยาลัย จำนวน 180 คน โดยวิธีการสุ่มเลือก และใช้กับแบบทดสอบความพึงพอใจทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านตรงตามความต้องการ ด้านสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ ด้านความง่ายต่อการใช้งาน และด้านประสิทธิภาพ แล้วหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\overline{X}$ และ SD.)

4.2) เครื่องมือวิจัย

1) เครื่องมือสำหรับพัฒนาแอปพลิเคชันแชทบอทให้ข้อมูลและตอบคำถามเกี่ยวกับกองทุนกู้ยืมเพื่อการศึกษา ได้แก่ โปรแกรม Visual Studio Code รุ่น 1.60 ใช้สำหรับพัฒนาแอปพลิเคชัน โปรแกรม Android Studio รุ่น 4.1 ใช้สำหรับการสร้างอีมูเลเตอร์เพื่อใช้ในการทดสอบการทำงานของแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ไดอะล็อกโฟล รุ่น 1 ใช้ในการทำความเข้าใจถึงความต้องการ (intent) และสิ่งที่ต้องการ (entity) ในประโยคสนทนาของผู้ใช้งาน และตอบคำถามตามความต้องการของผู้ใช้งาน ตามกฎที่ผู้พัฒนาวางเอาไว้

2) แบบประเมินความพึงพอใจแอปพลิเคชันแชทบอทให้ข้อมูลและตอบคำถามเกี่ยวกับกองทุนกู้ยืมเพื่อการศึกษา กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา ในการรวบรวมข้อมูล ผู้พัฒนาได้ไปติดต่อกับเจ้าหน้าที่กองทุนเงินให้กู้ยืม เพื่อเข้าไปสัมภาษณ์ และสอบถามเกี่ยวกับประเด็นคำถามที่นิสิตและบุคคลส่วนใหญ่สอบถามเข้ามาบ่อยๆ เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันแชทบอทให้ข้อมูลและตอบคำถามเกี่ยวกับกองทุนกู้ยืมเพื่อการศึกษา กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา

4.3) การวางแผน (Planning)

ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ผู้พัฒนาเข้าไปศึกษาและทำความเข้าใจปัญหาวิจัย รวมทั้งศึกษาความเป็นไปได้ในด้านต่าง ๆ ดังนี้ กำหนดปัญหา (Define the problem) จากการได้ศึกษาระบบงานเดิมและขั้นตอนต่างๆ มีปัญหาที่เกิดขึ้นสามารถสรุปได้ดังนี้ ปัญหาด้านการตอบคำถาม เนื่องจากมีผู้เข้าไปถามคำถามในเพจ หรือสื่อต่างๆ ของกองทุนให้กู้ยืมเพื่อการศึกษาจำนวนมาก จึงมีการตอบคำถามที่ค่อนข้างล่าช้า และตอบไม่ตรงประเด็น

4.4) การวิเคราะห์ (Analysis)

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติพื้นฐาน คือ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า 1) ผลการตรวจสอบหาประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้แอปพลิเคชันมีองค์ประกอบครบถ้วนสมบูรณ์ สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ นั่นคือ มีระบบแสดงรายการเมนูที่หน้าจออย่างเหมาะสม ผู้ใช้ได้คำตอบรวดเร็วและตรงตามความต้องการของผู้ใช้ 2) ผู้ใช้มีความพึงพอใจระดับมาก

4.5) การออกแบบ (Design)

ในขั้นตอนนี้ผู้พัฒนาได้ออกแบบระบบที่จะพัฒนาให้สอดคล้องกับความต้องการ ดังนี้ 1) การจัดหาระบบ ผู้พัฒนาได้เลือกใช้โปรแกรม Android studio ซึ่งเป็นโปรแกรมจำลองโทรศัพท์มือถือเพื่อใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันที่รันบนแอนดรอยด์ และ ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาจะเป็นภาษา Dart ซึ่งเป็นภาษาที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการแอปพลิเคชันได้โดยตรง และ ใช้ ไดอะล็อกโฟล สร้าง แชทบอท ของ Google ที่ใช้ machine learning ด้าน Natural Language Processing (NLP) มาช่วยในทำความเข้าใจถึงความต้องการ (intent) และสิ่งที่ต้องการ (entity) ในประโยคสนทนาของผู้ใช้งาน และตอบคำถามตามความต้องการของผู้ใช้งาน

4.6) การพัฒนาระบบ (Construction)

การพัฒนาระบบนี้เป็นขั้นตอนการเขียนโปรแกรม ซึ่งโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้จะเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Dart ซึ่งเราจะต้องเขียนโปรแกรมให้สามารถทำงานตามที่เราได้ทำการออกแบบไว้ โดยโครงสร้างของฐานข้อมูลของระบบคือ ระบบฐานข้อมูล MySQL ในการออกแบบระบบแสดงข้อมูลคำถาม-คำตอบทั้งหมด ได้มีการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบทั้งหมดตามที่ได้วิเคราะห์ไว้แล้วข้างต้น และได้มีการแบ่งผู้ที่ใช้ระบบเป็น 2 กลุ่มด้วยกันคือ กลุ่มผู้ใช้งานทั่วไป นิสิต/นักศึกษา และ กลุ่มผู้ดูแลระบบ

4.7) การทดสอบระบบ (Testing)

กลุ่มตัวอย่างทดสอบระบบพร้อมทั้งใช้แบบสอบถามในการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ แล้วนำข้อมูลจากการประเมินผลประสิทธิภาพของโปรแกรมมาวิเคราะห์หาค่าทางสถิติของค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.8) ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน

โดยประเมินกับกลุ่มตัวอย่างคือเจ้าหน้าที่กองทุนเงินให้กู้ยืมเพื่อการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 10 คน และ ประชากรที่เป็นบุคลากรทั่วไป จำนวน 180 คน ซึ่งแบ่งหัวข้อการประเมินเป็น 4 ส่วนได้แก่ ส่วนของด้านตรงตามความต้องการ ส่วนของด้านการทำงานได้ตามหน้าที่ ส่วนของด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability) และ ส่วนของด้านประสิทธิภาพ (Performance) จากนั้นผู้พัฒนาจึงรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์หาผลสรุปของความพึงพอใจและคุณภาพด้วยการหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละด้าน โดยใช้เกณฑ์ประเมิน 5 ระดับ ซึ่งมีการแปลผล ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับน้อย

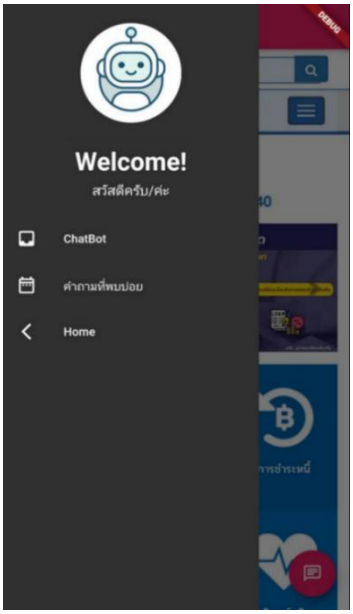
ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับน้อยที่สุด

5. ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ผู้พัฒนาได้ทำการพัฒนาแอปพลิเคชันแชทบอทให้ข้อมูลและตอบคำถามเกี่ยวกับกองทุนกู้ยืมเพื่อการศึกษา กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา โดยมีผลการพัฒนาดังต่อไปนี้

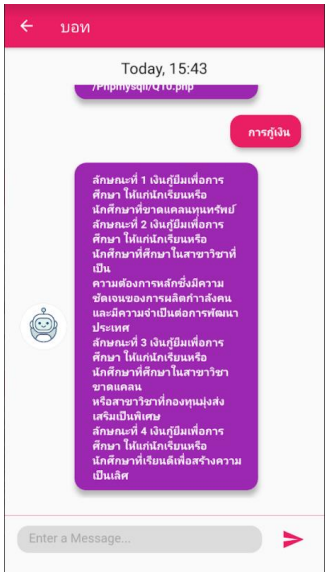
1) ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันแชทบอทให้ข้อมูลและตอบคำถามเกี่ยวกับกองทุนกู้ยืมเพื่อการศึกษา กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา

ภาพที่ 1 หน้าเมนูหลัก



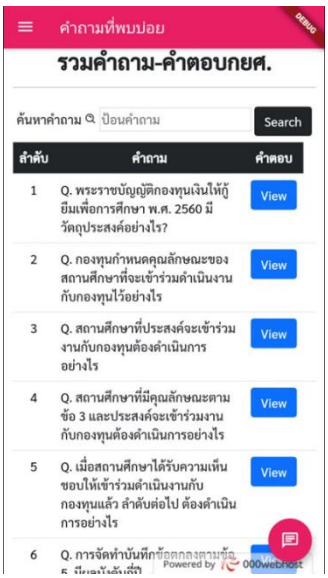
ภาพที่ 2 หน้าฟังก์ชันการทำงาน

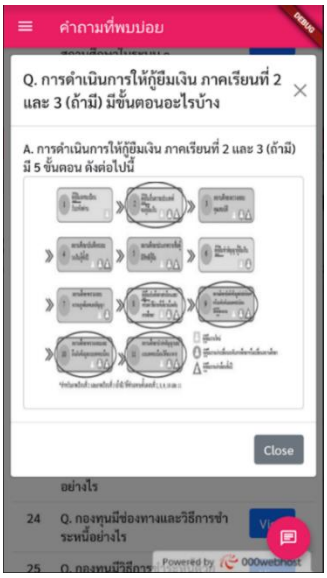
จากภาพที่ 1 แสดงหน้าเมนูหลักหรือเมนูเริ่มต้น และ ภาพที่ 2 แสดงหน้าฟังก์ชันต่างๆ เพื่อให้ผู้ใช้เลือกฟังก์ชันที่ต้องการใช้งานตามความต้องการของผู้ใช้



ภาพที่ 3 หน้าแสดงผลการทำงานแชทบอท **ภาพที่ 4** หน้าแสดงผลการทำงานแชทบอทเพิ่มเติม

จากภาพที่ 3 และภาพที่ 4 แสดงหน้าแชทบอทเพื่อให้ผู้ใช้สามารถแชทเพื่อถามคำถามที่ผู้ใช้ต้องการทราบเกี่ยวกับกองทุนเงินให้กู้ยืมเพื่อการศึกษาได้





ภาพที่ 5 หน้ารวมคำถามที่พบบ่อย **ภาพที่ 6** หน้าแสดงผลเมื่อคลิก View

จากภาพที่ 5 แสดงหน้ารวมคำถามที่พบบ่อย โดยผู้ใช้สามารถกดที่ View ข้างหลังคำถามที่ผู้ใช้ต้องการทราบคำตอบของคำถามนั้น เพื่อแสดงคำตอบของคำถามนั้น ภาพที่ 6 หน้าแสดงคำตอบเมื่อผู้ใช้กดที่ View และผู้ใช้สามารถค้นหาคำถามต่างๆ ได้โดยการกรอกคำถามที่ช่องค้นหาคำถาม แล้ว กด Search เพื่อค้นหาคำถามนั้น

2) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อการใช้งานแอปพลิเคชันแชทบอทให้ข้อมูลและตอบคำถามเกี่ยวกับกองทุนกู้ยืมเพื่อการศึกษา กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา หลังจากดำเนินการทดลองใช้งานแอปพลิเคชัน

แชทบอทให้ข้อมูลและตอบคำถามเกี่ยวกับกองทุนกู้ยืมเพื่อการศึกษา กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยาผู้พัฒนาได้ทำการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบประเมินผลความพึงพอใจ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน

ข้อที่	ข้อคำถาม	$\bar{X}$	SD.	แปลผล
	ด้านตรงตามความต้องการ (Function Requirement)			
1	ความสามารถของระบบในการตอบคำถาม	3.86	0.59	มาก
2	ความสามารถของระบบในการวิเคราะห์ข้อมูลคำถาม-คำตอบ	4.55	0.78	มากที่สุด
	ความสามารถของระบบในการนำเสนอข้อมูล			
3	**รวม**	4.36	0.72	มาก
	ด้านการทำงานได้ตามหน้าที่ (Function)	**4.26**	**0.70**	**มาก**
	ความถูกต้องของการทำงานระบบในภาพรวม			
1	ความถูกต้องของระบบในการจัดประเภทของข้อมูล	4.04	0.20	มาก
2	ความถูกต้องของระบบในการนำเสนอข้อมูล	4.01	0.23	มาก
3	**รวม**	4.90	0.30	มากที่สุด
	ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability)	**4.32**	**0.24**	**มาก**
	ความง่ายในการเรียกใช้ระบบ			
1	ความเหมาะสมในการออกแบบหน้าจอโดยภาพรวม	4.87	0.39	มากที่สุด
2	ความชัดเจนของข้อความที่แสดงบนจอภาพ	4.01	0.23	มาก
3	ความสะดวกในการเข้าใช้ระบบ	4.85	0.44	มากที่สุด
4	ความน่าใช้ของระบบในภาพรวม	4.88	0.32	มากที่สุด
5	**รวม**	4.90	0.30	มากที่สุด
	ด้านประสิทธิภาพ (Performance)	**4.70**	**0.34**	**มากที่สุด**
	ความเร็วในการแสดงผล			
1	ความเร็วในการนำเสนอข้อมูล	4.07	0.26	มาก
2	ความเร็วในการทำงานของระบบในภาพรวม	4.04	0.20	มาก
3	**รวม**	4.91	0.28	มากที่สุด
		4.34	**0.25**	**มาก**
รวมทั้งหมด		**4.45**	**0.38**	**มาก**

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอปพลิเคชันแชทบอทให้ข้อมูลและตอบคำถามเกี่ยวกับกองทุนกู้ยืมเพื่อการศึกษา ผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.45, SD. = 0.38) พบว่าในส่วนที่ 1 ตรงตามความต้องการ (Function Requirement) ด้านความสามารถของระบบในการวิเคราะห์ข้อมูลคำถาม-คำตอบ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.55, SD. = 0.78) มีผลรวมของด้านอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.26, SD. = 0.70) ในส่วนที่ 2 การทำงานได้ตามหน้าที่ (Function) ความถูกต้องของระบบในการนำเสนอข้อมูล อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.90, SD. = 0.30) มีผลรวมของด้านอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.32, SD. = 0.24) ในส่วนที่ 3 ความง่ายต่อการใช้งาน (Usability) โดยรวมของด้านอยู่ในระดับมากที่สุดโดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.70 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.34 และ ในส่วนที่ 4 ประสิทธิภาพ (Performance) ความเร็วในการทำงานของระบบในภาพรวม อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.91, SD. = 0.28) และ มีผลรวมของด้านอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.34, SD. = 0.25)

6. อภิปรายผล

จากผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งานพบว่ามีผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับมาก โดย ผู้ใช้มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดในการใช้งานแชทบอทในหัวข้อต่อไปนี้ คือ ความสามารถของระบบในการวิเคราะห์ข้อมูลคำถาม-คำตอบ ความถูกต้องของระบบในการนำเสนอข้อมูล ความง่ายในการเรียกใช้ระบบทางผู้พัฒนาได้สรุปผลการประเมินความพึงพอใจและหาแนวทางในการปรับปรุงในเรื่องต่าง ๆ คือ 1) การตอบกลับล่าช้า ซึ่งเกิดจากการให้บริการของเครื่องแม่ข่ายของเว็บเอพีไอทำให้การส่งผลตอบกลับช้าโดยเฉพาะในคำถาม แรก ดังนั้นในการใช้งานระบบจริงจะต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของเครื่องแม่ข่ายที่ให้บริการเพื่อลดปัญหาดังกล่าว 2) การออกแบบ การใช้สีควรมีการใช้สีที่สวยงามและเข้าใจง่าย ซึ่งสามารถปรับปรุงโดยการ เลือกใช้สีที่เหมาะสมและอ่านง่ายโดยเฉพาะบนอุปกรณ์มือถือ

จากการศึกษานี้ได้แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนในการศึกษาและพัฒนาแชทบอทสำหรับกองทุนกู้ยืมเพื่อการศึกษา ซึ่งทำให้เห็นถึงแนวทางในการพัฒนาระบบในรูปแบบแชทบอทที่มีความนิยมมากขึ้นในปัจจุบัน และจากผลการประเมิน จะเป็นแนวทางให้ผู้พัฒนาระบบแชทบอทได้เห็นถึงสิ่งที่ต้องพิจารณาในการพัฒนาแชทบอทและแนวทางในการ ปรับปรุงแชทบอทให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้นต่อไป

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาครั้งต่อไป

1) ควรศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของแอปพลิเคชันแชทบอทให้ข้อมูลและตอบคำถามเกี่ยวกับกองทุนกู้ยืมเพื่อการศึกษา กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา และ ศึกษาเกี่ยวกับการตอบคำถามของระบบอัตโนมัติเพื่อช่วยเพิ่มความฉลาดให้กับบอทมากยิ่งขึ้น

2) ควรมีการใช้เครื่องมือที่หลากหลายในการเก็บรวบรวมข้อมูลเช่น แบบสอบถาม การสนทนากลุ่ม หรือการสัมภาษณ์เชิงลึกแบบเป็นบุคคล

8. กิตติกรรมประกาศ

ผู้พัฒนาขอขอบคุณ อาจารย์ที่ปรึกษา คณาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ให้คำปรึกษาแนะนำ และช่วยให้ความอนุเคราะห์จนทำงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

9. เอกสารอ้างอิง

จิรันดร บู๊ฮวดใช้. (2560). *แนวทางการพัฒนาต้นแบบแชทบอทสำหรับให้คำแนะนำระบบขอทุนอุดหนุนการวิจัย* งบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. ภาคนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

ณัฐพร เพ็ชรพงษ์และคณะ. (2563). *การพัฒนาแอปพลิเคชัน แชทบอท สำหรับงานบริการนักศึกษา กรณีศึกษา กองพัฒนานักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.* ภาคนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาระบบสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

ทิพย์วรรณ ฟูเฟื่องและคณะ. (2564). *การพัฒนาแชทบอทให้ความรู้ด้านดิจิทัลสาหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี*. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ครั้งที่ 4 ประจำปี 2564, วันที่ 22 พฤษภาคม 2564 ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม, 29-37.

พิชชาพร คาทาและคณะ. (2564). *แชทบอทสำหรับการบริการข้อมูลด้านสุขภาพ. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม* ครั้งที่ 4, วันที่ 22 พฤษภาคม 2564 ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม, 39-44.

วสิริทิพย์ ฉลอง (2561). *AI นวัตกรรมใหม่กับธุรกิจธนาคาร*. ศูนย์วิจัยเศรษฐกิจ ธุรกิจและเศรษฐกิจฐานราก. ธนาคารออมสิน.

Khaled Shaalan (2010). Rule-based Approach in Arabic Natural Language Processing. *International Journal on Information and Communication Technologies*, *3*(3), 11-19.

ระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้ง กรณีศึกษา สมหวังฟาร์ม

SHRIMP FARM MANAGEMENT SYSTEM: A CASE STUDY OF SOMWANG FARM

พชรพล กูแบ่ง
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา
E-mail: tae.pacharapon17180@gmail.com
กิตติศักดิ์ สายคำ
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา
E-mail: taoruntao36196@gmail.com
ยืนยง กันทะเนตร
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา
E-mail: Yeunyong.ka@up.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา วิเคราะห์ ออกแบบและพัฒนาระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้ง กรณีศึกษา สมหวังฟาร์ม โดยแบ่งขั้นตอนการศึกษาออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) เก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นความต้องการของระบบ 2) การวิเคราะห์ ออกแบบระบบโดยใช้ภาษายูเอ็มเอล พัฒนาระบบโดยใช้ภาษาพีเอชพี และระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์โดยใช้มายเอสคิวเอล 3) การประเมินผลใช้แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งานระบบ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นบุคคลทั่วไป จำนวน 45 คน และเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง 15 คน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษา พบว่า ความพึงพอใจในภาพรวมของระบบ ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.59 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.57 ซึ่งมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก

คำสำคัญ : ระบบบริหารจัดการฟาร์ม, พัฒนาระบบ, กุ้ง

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze, design, and develop a shrimp farm management Somwang farm case study. The study is divided into 3 steps 1) collecting the required data for the system 2) analyzing and designing the system using UML, developing the system using PHP, and using MySQL as a database management system 3) evaluating the system by using a customer satisfaction survey which has 45 ordinary people and 15 farmers as the sample of the survey. For data analysis statistics, the researcher used the frequency value, percentage value, and standard deviation. According to the result of this study, It was found that the satisfaction

level is 4.59 on average and 0.57 standard deviation which can lead to the highest satisfaction level for the overall value.

Keywords: Farm Management System, System Development, Shrimp

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ภาคการเกษตรนับว่ามีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทย ซึ่งผลิตภัณฑ์ทางด้านการเกษตรมีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ ทั้งในรูปแบบการเกษตรโดยตรงและการอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร ภาคการเกษตรนอกจากจะก่อให้เกิดรายได้จากการผลิตและอุตสาหกรรมแล้วประชากรส่วนใหญ่ของประเทศยังมีอาชีพที่เกี่ยวข้องกับการทำการเกษตรและประมงโดยคิดเป็นร้อยละ 29.5 ของอัตราการจ้างงานทั้งประเทศ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ,2560) นอกจากนี้ จากข้อมูลการส่งออกปี 2560 พบว่าการส่งออกกุ้งและผลิตภัณฑ์จากกุ้งมีมูลค่าการส่งออกสูงสุดในสินค้าประเภทประมง การผลิตและส่งออกกุ้งของไทยสะท้อนให้เห็นถึงการที่เกษตรกรต้องหันมาให้ความสำคัญกับการบริหารจัดการฟาร์ม ตลอดจนการรู้จักใช้เทคโนโลยีและการรู้จักนำข้อมูลและระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยในการสนับสนุนการตัดสินใจและแก้ปัญหาการดำเนินการเกษตรในปัจจุบัน ผลผลิตทางด้านการเกษตรขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ที่ดิน แรงงาน ทุน และความสามารถในการจัดการ ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้สามารถปรับปรุงพัฒนาได้ถ้าหากเกษตรกรมีการจัดการระบบสารสนเทศที่ดีได้ กรณีศึกษา สมหวังฟาร์ม ดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับการเลี้ยงกุ้ง ในจังหวัดนครปฐม ผู้ประกอบการยังทำกันโดยไม่มีการวางแผน และการรองรับการขยายของโครงการในอนาคต และยังต้องมีการวางแผน การซื้ออุปกรณ์สิ่งของ และค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการเลี้ยงกุ้งอีกด้วย ซึ่งการจัดการเกี่ยวกับเอกสารการบันทึกการขาย และ ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง จึงเป็นปัญหาในการจัดเก็บและค้นหา

การเก็บข้อมูลรายละเอียดการเลี้ยงกุ้งในแต่ละครั้งนั้น ซับซ้อนหลายขั้นตอน ทำให้แต่ละครั้งผู้ดูแลฟาร์ม สมหวังฟาร์มเกิดปัญหา ด้านการจัดการเกี่ยวกับเอกสารการบันทึกการขาย และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง โดยจะใช้วิธีเก็บเป็นเอกสาร ซึ่งพบปัญหา เอกสารหาย เมื่อต้องการใช้ข้อมูล ต้องใช้เวลามากในค้นหาและรวบรวมเอกสาร

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้จัดทำระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้ง เพื่อให้การบริหารจัดการข้อมูลในฟาร์มกุ้งนั้นมีความเป็นระบบ สามารถเรียกดูข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว และยังสามารถตรวจสอบข้อมูลรายละเอียดของการเลี้ยงกุ้งได้ตลอดเวลา ทำให้ไม่เสียเวลาต่อการจัดเก็บและค้นหาข้อมูล

2. วัตถุประสงค์

(1) เพื่อพัฒนาระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้ง กรณีศึกษา สมหวังฟาร์ม

(2) เพื่อนำข้อมูลจากระบบสารสนเทศไปใช้ในการวางแผนการลงทุนในครั้งต่อไป มีข้อมูลช่วยสนับสนุนการตัดสินใจการลงทุนได้

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรกวี ศรีอินทร์ (2559) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งขาวในระบบปิดในพื้นที่ อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งและประสิทธิภาพของร่องน้ำทิ้ง จากฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ที่ใช้ระบบการเลี้ยงแบบปิด โดยศึกษา จำนวน 3 บ่อเลี้ยง เป็นระยะเวลา

5 เดือน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559 แบ่งเป็น 3 ช่วงการศึกษา คือ ก่อนเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ระหว่างการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม และช่วงระบายน้ำทิ้งก่อนจับกุ้ง เพื่อจำหน่าย โดยเก็บและนำตัวอย่าง จากบ่อเลี้ยงที่ระยะต่างๆ ของแต่ละรอบการเลี้ยงมา วิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ พีเอช บีโอดี สารแขวนลอย แอมโมเนียไนโตรเจน ไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสรวม แล้วนำผลการวิเคราะห์เทียบกับมาตรฐานการระบายน้ำทิ้งจากการ เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งของกรมประมง รวมถึงเก็บตัวอย่างน้ำจากร่องน้ำทิ้งรอบบ่อเลี้ยงที่ใช้ทำหน้าที่พัก และบำบัดน้ำทิ้งตามธรรมชาติ

จิราภรณ์ พลสนอ และคณะ (2563) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การประเมินผล การออกแบบระบบบริหารจัดการฟาร์มสุกร กรณีศึกษามานพฟาร์ม งานวิจัยครั้งนี้มีกลุ่มเป้าหมายคือ ครู-อาจารย์ จำนวน 8 คน นักศึกษา 78 คน เจ้าของฟาร์ม 14 คน รวม 100 คน ผลการวิเคราะห์และออกแบบ ระบบบริหารจัดการฟาร์มสุกร กรณีมานพฟาร์ม สามารถนำเสนอผลการวิจัยได้ดังนี้ จากการศึกษาการดำเนินเนินการวิเคราะห์และออกแบบระบบบริหารจัดการฟาร์มสุกร กรณีมานพฟาร์ม เป็นการ ออกแบบจอภาพ โดยมีแนวทางการออกแบบที่เน้นความสะดวกในการใช้งาน ไม่ซับซ้อนและสามารถ สื่อให้เข้าใจได้ง่าย รวมทั้งรายละเอียดต่างๆ ที่แสดงออกมามีความถูกต้องสมบูรณ์

อินทิรา ทวีบุตร และคณะ (2561) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ระบบสารสนเทศการจัดการฟาร์มเห็ดทวีฟาร์ม โดยนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยในการบริหารจัดการฟาร์มเห็ด เพื่อให้เกิดความสะดวกต่อการ ตรวจสอบและการนำไปใช้งานได้เทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยในการบริหารจัดการรวมถึงการจัดเก็บข้อมูลต่างๆ ขององค์กรอีกด้วย ไม่ว่าจะเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลการคำนวณรายได้รายจ่ายของ หน่วยงานรวมไปถึงการควบคุมการตรวจสอบกระบวนการในการทำงานให้ทราบว่าพัสดุในคลังมี จำนวนเท่าใดและข้อมูลรายงานต่างๆ เป็นต้น

ทาริกา แย้มขะมัง และคณะ (2563) ได้ศึกษเกี่ยวกับ แนวทางการจัดการต้นทุนการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในบ่อดินของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง ตำบลห้วยม่วง อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลทั่วไปต้นทุนและผลตอบแทนการเลี้ยงกุ้งก้ามกราม เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุน และผลตอบแทนการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในบ่อดินจากพันธุ์กุ้งขนาด 3 เดือน และ 6 เดือน และเพื่อหาแนวทางการจัดการลดต้นทุนการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในบ่อดิน ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งใน ตำบลห้วยม่วง วิธีการดำเนินการวิจัย คือ การเก็บ รวบรวมข้อมูลใช้วิธีสังเกต และ การสัมภาษณ์ปลายเปิดเจาะลึกเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมไมโครซอฟต์ เอ็กเซล ผลการวิจัยพบว่า พื้นที่ต้องมีแหล่งน้ำรูปแบบบ่อสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความลึก 1.50 เมตร ลงทุนเริ่มแรก 2,357,240 บาทต่อไร่ ต้นทุน คงที่เท่ากับ 11,580 บาทต่อปี ต้นทุนผันแปรต่อไร่ต่อรุ่น พบว่า การเลี้ยงกุ้งขนาด 3 เดือน มีต้นทุนค่าอาหารสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 57.48 รองลงมาต้นทุนค่าพันธุ์กุ้งคิดเป็นร้อยละ 27.50 มีระยะเวลาคืนทุน 6 ปี มูลค่าปัจจุบันสุทธิ ระยะเวลา 10 ปี เท่ากับ 126,784.10 บาท อัตราผลตอบแทนภายในร้อยละ 10.22 และการเลี้ยงกุ้งขนาด 6 เดือน ต้นทุนค่าพันธุ์ลูกกุ้งสูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 48.18 รองลงมา ค่าอาหารคิดเป็นร้อยละ 35.75 ระยะเวลาคืนทุน 4 ปี 1 เดือน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ ระยะเวลา 10 ปี เท่ากับ 1,227,412.39 บาท อัตรา ผลตอบแทนภายในร้อยละ 19.86 แนวทางการจัดการต้นทุนเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งควรใช้พันธุ์ขนาด 6 เดือนทำให้ลดต้นทุนลงและผลตอบแทน เพิ่มขึ้น

4. วิธีดำเนินการ

4. 1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการพัฒนาระบบ เป็นแบบคำถามสัมภาษณ์ปลายเปิด เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการ ลดต้นทุน สภาพแวดล้อม ปัญหาอุปสรรคในการเลี้ยงกุ้ง และผลตอบแทนการเลี้ยงกุ้ง จากการนำข้อมูลที่ เก็บรวบรวมได้จากเอกสารต่างๆ ตำรา วารสาร ผลการวิจัย ที่เกี่ยวข้องต่างๆ มาศึกษาและวิเคราะห์ในการพัฒนาระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้ง

4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการเก็บรวมรวมข้อมูลโดยใช้วิธีสังเกต และการสัมภาษณ์เชิงลึกเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง กรณีศึกษา สมหวังฟาร์ม

4.3 การวิเคราะห์ระบบงาน

4.3.1 การวิเคราะห์ระบบงานเดิม

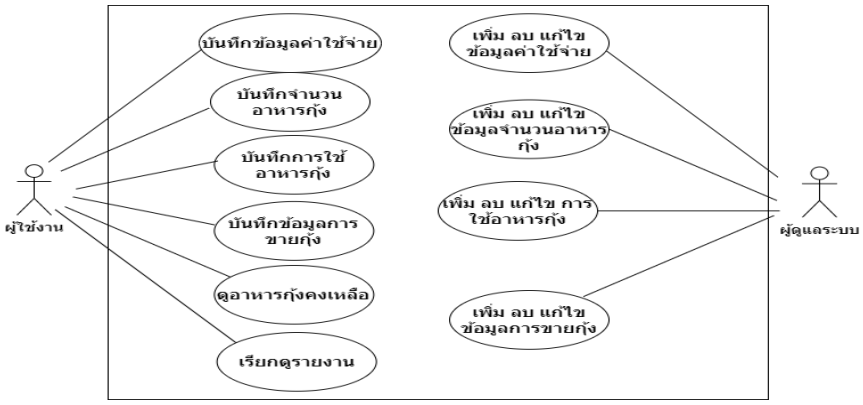
จากการศึกษาพบปัญหาการเก็บข้อมูลต่างๆ เช่น ข้อมูลค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงกุ้ง ข้อมูลการขายกุ้ง ยังอยู่ในรูปแบบของเอกสาร ซึ่งมี จำนวนมากขึ้นทุกวัน ทำให้เกิดความเสี่ยงในการสูญหาย ชำรุด และความล่าช้าในการสืบค้นข้อมูล

4.3.2 การวิเคราะห์ระบบงานใหม่

การพัฒนาและออกแบบระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้ง กรณีศึกษา สมหวังฟาร์ม เป็นการพัฒนาขึ้นมาเพื่อตอบสนองความต้องการของเจ้าของกิจการและแก้ไขปัญหา จากระบบงานเดิม โดยนำระบบสารสนเทศเข้ามาช่วยในการดำเนินการและจัดเก็บข้อมูลต่างๆ ที่สำคัญลงบนฐานข้อมูล จึงสามารถวิเคราะห์และออกแบบระบบได้ดังนี้ ผู้ใช้งานสามารถบันทึกรายละเอียดข้อมูลค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับการเลี้ยงกุ้งทั้งหมดได้ ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูรายงานข้อมูลรายละเอียดย้อนหลัง ของข้อมูลค่าใช้จ่ายต่างๆได้ ผู้ใช้สามารถดูข้อมูล รายได้โดยรวมทั้งหมด ค่าใช้จ่ายโดยรวม กำไร อาหารกุ้งที่เหลือในคลังได้

4.4 การออกแบบระบบ

ยูสเคส ไดอะแกรม เป็นรายการหรือขั้นตอนที่อธิบายการโต้ตอบระหว่างผู้ใช้งานและระบบเพื่อบรรลุเป้าหมายใดเป้าหมายหนึ่ง จัดระเบียบข้อกำหนดการทำงานของระบบ จำลองเป้าหมายการโต้ตอบของผู้ใช้กับระบบ อธิบายการไหลของเหตุการณ์ เหตุการณ์ฉากหลักๆ



ภาพที่ 1 ยูสเคส ไดอะแกรม ระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้ง

จากภาพที่ 1 จะแสดงกระบวนการทำงานของระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้ง ดังนี้

(1) การจัดการข้อมูลค่าใช้จ่าย ผู้ใช้งานสามารถบันทึกข้อมูลค่าใช้จ่ายได้ เช่น ค่าอุปกรณ์ ค่าสารเคมี ค่าน้ำมัน เป็นต้น และผู้ดูแลระบบสามารถ เพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลค่าใช้จ่ายได้

(2) การจัดการข้อมูลอาหารกุ้ง ผู้ใช้งานสามารถบันทึกข้อมูลอาหารกุ้งได้ และผู้ดูแลระบบสามารถ เพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูล อาหารกุ้ง ได้

(3) การจัดการข้อมูลการใช้อาหารกุ้ง ผู้ใช้งานสามารถบันทึกข้อมูลการใช้อาหารกุ้งในแต่ละครั้งได้ และผู้ดูแลระบบสามารถ เพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลการใช้อาหารกุ้งได้

(4) การจัดการข้อมูลการขายกุ้ง ผู้ใช้งานสามารถบันทึกข้อมูลในการขายกุ้งได้ และผู้ดูแลระบบสามารถ เพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลการขายกุ้งได้

(5) การคำนวณอาหาร ตัดสต๊อก ผู้ใช้งานสามารถรู้รายละเอียดอาหารคงเหลือ จากการคำนวณอาหาร ตัดสต๊อก ได้

(6) การจัดการการออกรายงาน ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูรายงานทั้งหมดได้ เช่น รายงานค่าอาหาร เป็นต้น

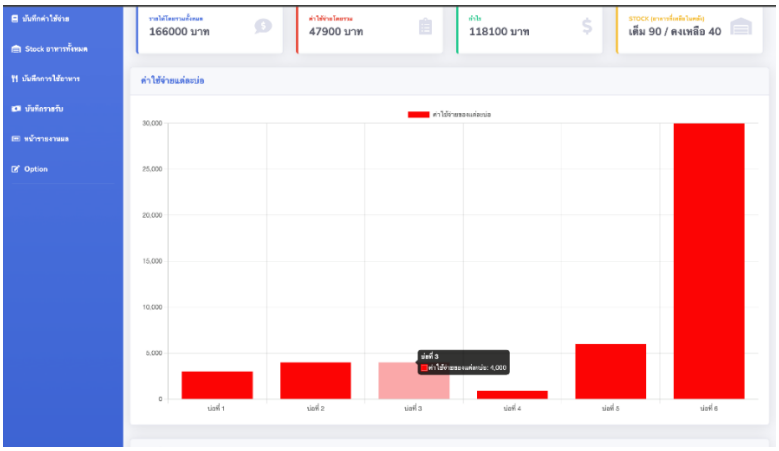
4.5 การพัฒนาระบบ

คณะผู้พัฒนาระบบได้ใช้เครื่องมือในการพัฒนาระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้ง กรณีศึกษา สมหวังฟาร์ม โดย ได้ใช้ภาษา ซีเอเอส (CSS) ใช้พัฒนาลักษณะรูปแบบ ใส่พื้นหลัง หรือเพิ่มกรอบข้อความ ของหน้าเว็บ เพื่อเพิ่มความสวยงาม ด้วย bootstrap framework และ ภาษา พีเอชพี (PHP) เพื่อใช้ในการบริหารจัดการฐานข้อมูล มายเอสคิวเอล (My SQL) และ Chart.js ซึ่งเป็น javascript library สำหรับ สร้างรายงาน กราฟ ในรูปแบบต่างๆ

5. ผลการวิจัย

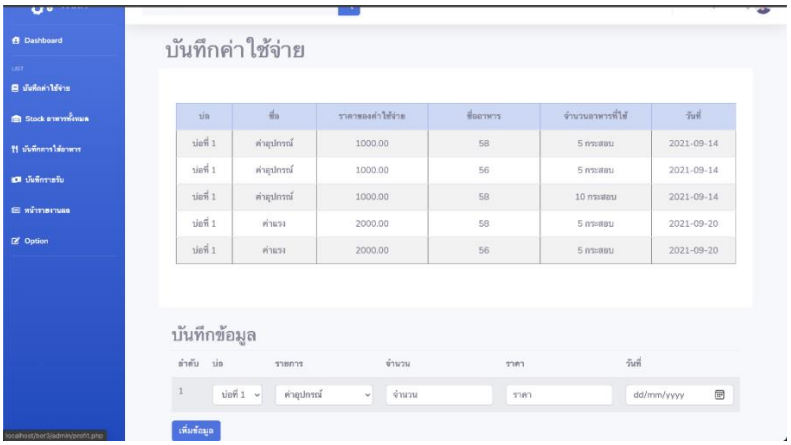
5.1 ผลการดำเนินงานตามวัตถุประสงค์

ผลของการดำเนินงานหลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์และออกแบบระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้ง คณะผู้พัฒนาได้ดำเนินการสร้างและออกแบบ โดยมีผลการดำเนินงานดังนี้



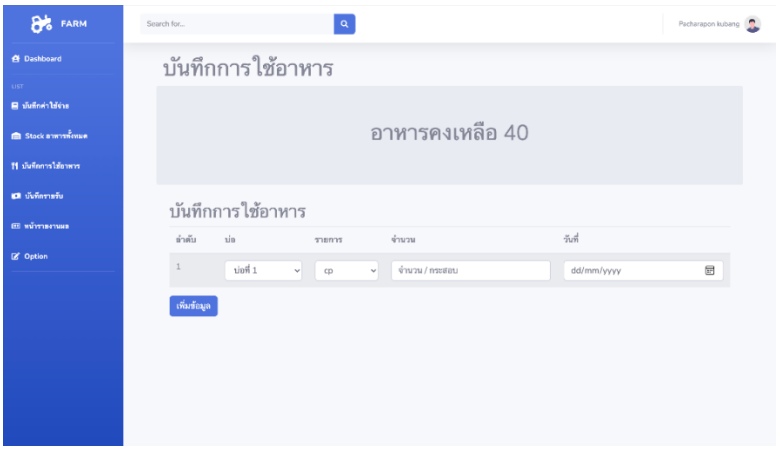
ภาพที่ 1 แสดงหน้าแรกระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้ง

จากภาพที่ 1 เป็นหน้าแรกของระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้ง ผู้ใช้สามารถดูข้อมูล รายได้โดยรวมทั้งหมด ค่าใช้จ่ายโดยรวม กำไร อาหารกุ้งที่เหลือในคลัง และ ค่าใช้จ่ายแต่ละบ่อ ผลกำไรแต่ละบ่อ จำนวนอาหารกุ้งทั้งหมดที่มีในสต๊อก โดยแสดงเป็นกราฟแผนภูมิรูปแท่ง



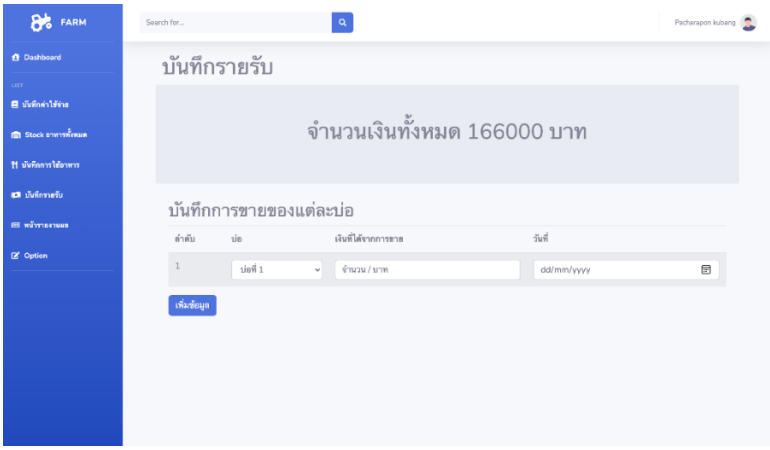
ภาพที่ 2 แสดงหน้าบันทึกค่าใช้จ่าย ของระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้ง

จากภาพที่ 2 เป็นหน้าบักทึกค่าใช้จ่าย ผู้ใช้งานสามารถบันทึกรายละเอียดข้อมูลค่าใช้จ่ายได้ เช่น ค่าอุปกรณ์ ค่าน้ำมัน เป็นต้น



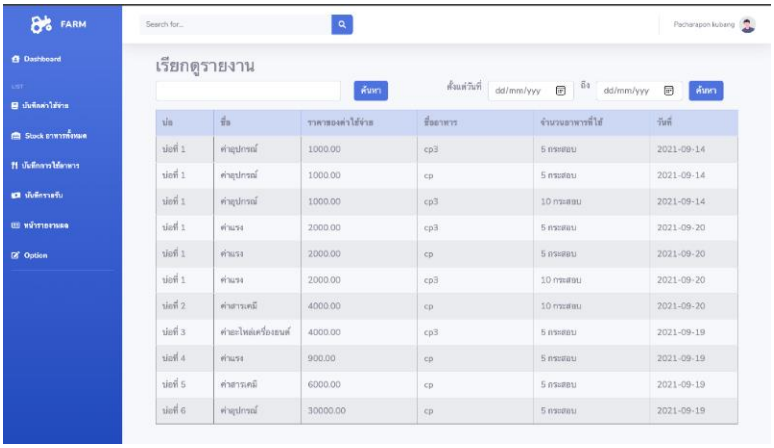
ภาพที่ 3 แสดงหน้าบันทึกการใช้อาหารกุ้ง ของระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้ง

จากภาพที่ 3 หน้าบันทึกการใช้อาหารกุ้ง ผู้ใช้งานสามารถบันทึกรายละเอียดข้อมูลการใช้อาหารกุ้งในแต่ละครั้ง เพื่อไปตัดสต๊อกในคลังข้อมูลอาหารกุ้ง และทราบยอดอาหารกุ้งคงเหลือได้



ภาพที่ 4 แสดงหน้าบันทึกรายรับ ของระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้ง

จากภาพที่ 4 หน้าบันทึกรายรับ ผู้ใช้งานสามารถบันทึกข้อมูลรายละเอียดการขายกุ้งได้



ภาพที่ 5 แสดงหน้าเรียกดูรายงาน ของระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้ง

จากภาพที่ 5 หน้าเรียกดูรายงาน ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูรายงานข้อมูลรายละเอียดย้อนหลัง ของข้อมูลค่าใช้จ่ายต่างๆได้ เช่น ค่าอุปกรณ์ ค่าแรง เป็นต้น

5.2 ผลการประเมินความพึงพอใจ ระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้ง กรณีศึกษา สมหวังฟาร์ม

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลผลการประเมินความพึงพอใจ ระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้ง กรณีศึกษา สมหวังฟาร์ม ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 60 คน โดยเก็บข้อมูลจากบุคคลทั่วไป และเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง โดยต้องเก็บผลประเมินความพึงพอใจจากบุคคลทั่วไปด้วยว่าระบบนี้มีประสิทธิภาพความเหมาะสมของระบบ จากมุมมองของบุคคลทั่วไปนอกเหนือจากเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อที่	ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1	เพศ		
	ชาย	55	91.7
	หญิง	5	8.3
2	ประเภทผู้ใช้บริการ		
	บุคคลทั่วไป	45	75
	เกษรตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง	15	25
3	อายุ		
	ต่ำกว่า 19 ปี	1	1.7
	19 – 24 ปี	41	69.5
	25 – 40 ปี	2	3.4
	40 ปีขึ้นไป	15	25.4
รวม		60	100

จากตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย 55 คน คิดเป็นร้อยละ 91.7 เป็นบุคคลทั่วไป 45 คน คิดเป็นร้อยละ 75 และอายุ 19 – 24 ปี คิดเป็นร้อยละ 69.5

ตารางที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบด้านรูปแบบหน้าจอระบบ (User Interface)

ข้อที่	ด้านรูปแบบหน้าจอระบบ (User Interface)	$\bar{X}$	SD	ความพึงพอใจ
1	ความเหมาะสมในการเลือกใช้ชนิด ขนาด สีอักษรบนระบบ	4.90	0.30	มากที่สุด
2	ความเหมาะสมในการใช้ข้อความเพื่ออธิบายสื่อความหมายบนระบบ	4.07	0.37	มาก
3	ความเหมาะสมในการใช้รูปภาพหรือสัญลักษณ์ในการสื่อความหมาย	4.66	0.51	มากที่สุด
4	ความเหมาะสมในการวางตำแหน่งของส่วนประกอบและเมนูต่างๆ ของระบบ	4.32	0.51	มาก
รวม		4.49	0.53	มาก

จากตารางที่ 2 ด้านรูปแบบหน้าจอระบบ (User Interface) พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.53 อยู่ในระดับ มาก

ตารางที่ 3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบด้านสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ (Function)

ข้อที่	ด้านสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ (Function)	$\bar{X}$	SD	ความพึงพอใจ
1	ความถูกต้องของการทำงานระบบในภาพรวม	4.31	0.65	มาก
2	ความถูกต้องของระบบในการจัดประเภทของข้อมูล	4.64	0.48	มากที่สุด
3	ความถูกต้องของระบบในการนำเสนอข้อมูล	4.36	0.48	มาก
รวม		4.44	0.56	มาก

จากตารางที่ 3 ด้านสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ (Function) พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.53 อยู่ในระดับ มาก

ตารางที่ 4 ความคิดเห็นเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบด้านการใช้งานของระบบ (Usability)

ข้อที่	ด้านการใช้งานของระบบ (Usability)	$\bar{X}$	SD	ความพึงพอใจ
1	ความง่ายในการเรียกใช้ระบบ	4.73	0.45	มากที่สุด
2	ความเหมาะสมในการออกแบบหน้าจอโดยภาพรวม	4.37	0.49	มาก
3	ความชัดเจนของข้อความที่แสดงบนจอภาพ	4.64	0.66	มากที่สุด
4	ความสะดวกในการเข้าใช้ระบบ	4.31	0.65	มาก
5	ความน่าใช้ของระบบในภาพรวม	4.90	0.30	มากที่สุด
รวม		4.59	0.57	มากที่สุด

จากตารางที่ 4 ด้านการใช้งานของระบบ (Usability) พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.57 อยู่ในระดับ ดีมาก

6. การอภิปรายผล

จากผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งานพบว่ามีผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับ ดีมาก โดยผู้ใช้มีความพึงพอใจในระดับ มากที่สุดในการใช้งานระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้ง กรณีศึกษา สมหวังฟาร์มในหัวข้อ ต่อไปนั่นคือ ความเหมาะสมในการเลือกใช้ชนิด ขนาด สีอักษรบนระบบ ความเหมาะสมในการใช้รูปภาพ หรือสัญลักษณ์ในการสื่อความหมาย ความถูกต้องของระบบในการจัดประเภทของข้อมูล ความง่ายในการเรียกใช้ระบบ ความชัดเจนของข้อความที่แสดงบนจอภาพ ความน่าใช้ของระบบในภาพรวม ทางผู้พัฒนาได้สรุปผลการประเมินความพึงพอใจและหาแนวทางในการปรับปรุงในเรื่องต่างๆ คือ ควรทำความเข้าใจความต้องการของผู้ที่ต้องการใช้ให้มากขึ้น และพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพกว่าเดิม เพราะว่าจะได้นำความต้องการมาวิเคราะห์และออกแบบ เพื่อจะได้เข้าใจรายละเอียดของ ระบบงานมากขึ้น

จากการศึกษานี้ได้แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนในการศึกษา และพัฒนาระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้ง กรณีศึกษา สมหวังฟาร์ม ซึ่งทำให้เห็นสิ่งที่ต้องพิจารณาในการพัฒนาระบบ และแนวทางในการปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นต่อไป

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

(1) นักวิจัยและผู้สนใจงานวิจัยสามารถนำผลการวิจัยนี้ไปใช้ประโยชน์การวางแผนดำเนินการวิจัยได้

(2) ผู้ที่สนใจสามารถนำผลการวิจัยนี้ไปใช้งานและพัฒนา เพื่อประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไปได้

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

(1) พัฒนาระบบ ที่สามารถรองรับการทำงานบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ต่างๆ ได้เพื่อให้ผู้ใช้งาน มีความสะดวกในการเข้าถึงระบบ มากขึ้น

8. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่องระบบบริหารจัดการฟาร์มกุ้ง กรณีศึกษา สมหวังฟาร์ม ได้รับความอนุเคราะห์ และสนับสนุนเป็นอย่างดียิ่งจาก อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย คณะอาจารย์ ในสาขา เทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ความรู้ ข้อคิด ข้อแนะนำ และปรับปรุงแก้ไข ข้อบกพร่องต่างๆ จนกระทั่งการวิจัยครั้งนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดี คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

9. เอกสารอ้างอิง

กรกวี ศรีอินทร์. (2559). *การศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งขาวในระบบปิดในพื้นที่ อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี*. ภาคนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

จิราภรณ์ พลสนอ และคณะ. (2563). *การประเมินผลการออกแบบระบบบริหารจัดการฟาร์มสุกร กรณีศึกษามานพฟาร์ม*. ภาคนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ. คณะวิทยาการจัดการ. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

ทาริกา แย้มขะมัง และคณะ. (2563). แนวทางการจัดการต้นทุนการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามในบ่อดินของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง ตำบลห้วยม่วง อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม*, *10*(3), 49-57.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2560). *สำรวจเศรษกิจ สาขาเกษตรและประมง* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 26 กันยายน พ.ศ. 2564 จาก : http://www.nso.go.th/sites/2014/Pages/สำรวจ/ด้านเศรษฐกิจ/เกษตร%20ประมง/การเพาะเลี้ยงกุ้ง.aspx

อินทิรา ทวีบุตร และคณะ.(2561). *ระบบสารสนเทศการจัดการ ฟาร์มเห็ดทวีฟาร์ม*. ภาคนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจการปลูกพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสม

DEVELOPMENT A PROTOTYPE OF WEB GIS APPLICATIONS FOR SUPPORTING DECISION OF SUITABILITY ECONOMIC CROPS

ศักรินทร์ อุ่นทานนท์

ภาควิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

E-mail: sukkarin.auntanon@g.swu.ac.th

อสมาภรณ์ สิทธิ

ภาควิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

E-mail: asamaporn@g.swu.ac.th

สถาพร มนต์ประภัสสร

ภาควิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

E-mail: sathaporn@swu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจการปลูกพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสมจังหวัดตรัง โดยมีการพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลเชิงพื้นที่ด้านการเกษตร และพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูลในการสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจ โดยใช้ซอฟแวร์รหัสเปิด ซึ่งสามารถทำงานบนเว็บเบราว์เซอร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เว็บแอปพลิเคชันต้นแบบประกอบด้วยสถาปัตยกรรม 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ส่วนผู้ใช้งาน (client) ส่วนเว็บเซิร์ฟเวอร์(web server) ส่วนเซิร์ฟเวอร์แผนที่ (map server) และส่วนฐานข้อมูล (database server) ร่วมกับจาวาสคริปต์ไลบรารี่ (JavaScript library) ได้แก่ Leaflet.js และ Node.js เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันต้นแบบ ผู้ใช้งานสามารถสืบค้นข้อมูลเชิงพื้นที่ ด้วยการเลือกข้อมูลตามเงื่อนไขที่ต้องการสืบค้น และสามารถระบุพื้นที่ขอบเขตแปลงเกษตรกรรม พร้อมทั้งระบุชนิดของพืชเศรษฐกิจที่ระดับความเหมาะสมต่างๆ ในการเพาะปลูก เพื่อแสดงผลลัพธ์เป็นพื้นที่ระดับความเหมาะสมบนแผนที่ และข้อมูลสถิติต่างๆ ผลการศึกษาพบว่า เว็บแอปพลิเคชันต้นแบบที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถนำไปใช้สนับสนุนการตัดสินใจการปลูกพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้โดยง่าย โดยที่ผู้ใช้งานไม่ต้องมีความเชี่ยวชาญทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นเครื่องมือช่วยเจ้าหน้าที่ ที่ทำงานด้านการส่งเสริมการเกษตร รวมถึงเกษตรกร ได้ใช้ในการตรวจสอบความเหมาะสมของพื้นที่ในการปลูกพืชเศรษฐกิจ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเกี่ยวกับการปลูกพืชเศรษฐกิจที่มีความเหมาะสมได้

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์, เว็บแอปพลิเคชัน, ซอฟแวร์รหัสเปิด, ระบบฐานข้อมูล, พืชเศรษฐกิจ

ABSTRACT

This research aims to develop a prototype of Geographic Information System web application for supporting decision of suitability economic crops in Trang province, Thailand. We implemented spatial database management system of agricultural extension using opensource software. Four system architectures including client, web server, map server and database server were applied gathered with JavaScript library plugins such as Leaflet.js and node.js to create web-service application. The prototype of web application was developed to provide several functions for user to define their crop plot bounding box to query specify crop information (features, areas and attributes) in order to analyze suitability zones for economic crops. Users can visualize a particular crop suitability maps and area charts. The result showed that user preferred to use service in the prototype of WebGIS applications for supporting decision of suitability economic crops effectively. The system does not require expertise to analyze complex of spatial data. Hence, this WebGIS application can help agricultural extension official users and farmers to analysis the suitability of the area for crops, to supporting decision of suitability economic crops for area.

Keywords: Web-Based GIS, Open Source Software, Geographic Information System, Database System

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

การดำเนินงานส่งเสริมการเกษตรเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจไทย ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศที่มีภาคเกษตรกรรมเป็นหลัก (สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) จึงนับได้ว่าภาคเกษตรมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก จังหวัดตรังมีสภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ ได้แก่ ปาล์มน้ำมัน ยางพารา มะพร้าว และทุเรียน ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่าจังหวัดตรังประสบปัญหาในแต่ละพื้นที่ของจังหวัดที่แตกต่างกันไป ทำให้เกษตรกรมักประสบปัญหารายได้ต่ำ ขาดความมั่นคงในอาชีพเกษตรกรรม มีคุณภาพชีวิตไม่ดีและก่อให้เกิดมลภาวะต่อสภาพแวดล้อมมากมาย (ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรตรัง, 2556)

กล่าวคือการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจให้มีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องมีเครื่องมือที่ช่วยให้เกษตรกร และเจ้าหน้าที่ตัดสินใจทำการเพาะปลูกพืชที่เหมาะสมกับพื้นที่ เพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีมีคุณภาพ การนำข้อมูลจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้งานในเวลาที่ผ่านมานั้น ยังไม่สามารถทำได้เต็มประสิทธิภาพ เนื่องจากซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นซอฟต์แวร์เฉพาะด้าน กับกระบวนการมีความซับซ้อนหลายขั้นตอน จึงต้องใช้ระยะเวลาในการดำเนินงานมาก (วราภรณ์ เพชรปฐมชล, 2561) ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์บนเว็บนับว่ามีความสะดวกต่อการใช้งาน ลดเวลาในการดำเนินงาน และสามารถช่วยสนับสนุนการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เนื่องจากผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้โดยง่ายผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์และการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต เป็นประโยชน์ต่อการสนับสนุนการตัดสินใจต่อผู้ใช้งาน

จากประเด็นดังกล่าว การศึกษานี้พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจการปลูกพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสมในพื้นที่จังหวัดตรังเป็นกรณีศึกษา เพื่อเป็นเครื่องมือประกอบการตัดสินใจในการเพาะปลูกพืชแก่เกษตรกร เจ้าหน้าที่ด้านการส่งเสริมการเกษตร รวมถึงผู้ใช้งานทั่วไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายหลักเพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจการปลูกพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสมในพื้นที่จังหวัดตรัง แบ่งเป็นวัตถุประสงค์ย่อย ดังนี้

(1) เพื่อพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลขอบเขตของแปลงเกษตรกรรมพืชเศรษฐกิจ

(2) เพื่อพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูลที่สามารถวาดขอบเขตแปลงเกษตรกรรมเพื่อการวิเคราะห์ซ้อนทับร่วมกับข้อมูลเขตความเหมาะสมสำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจ

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

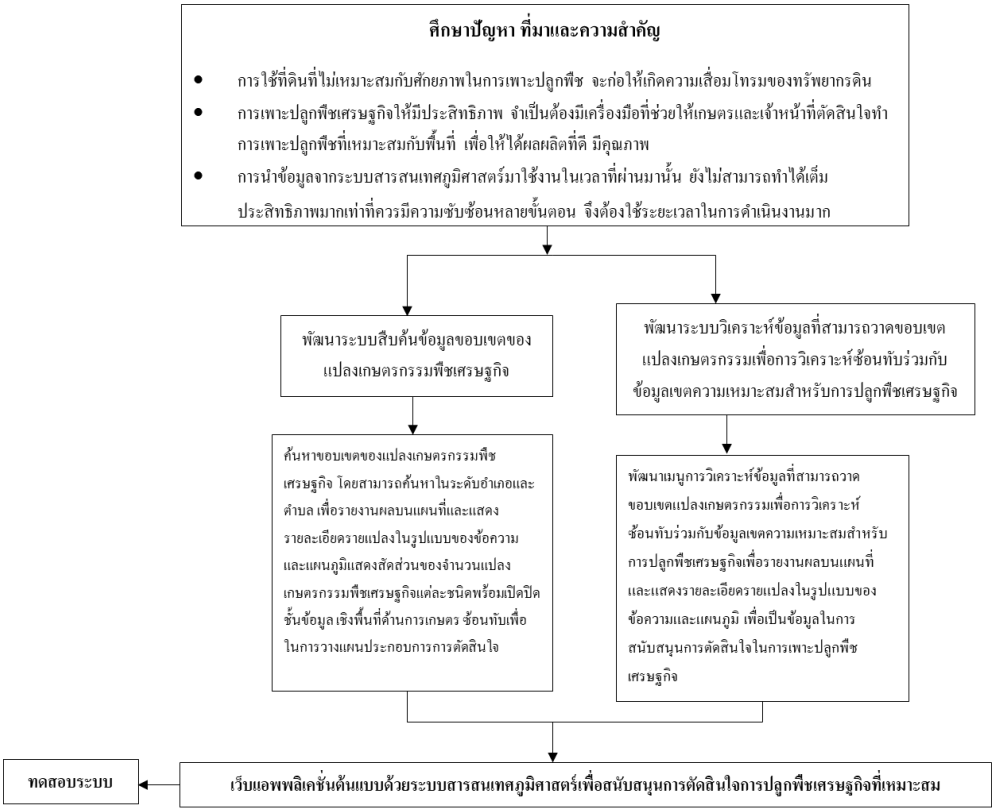
3.1 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจการปลูกพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสม กรณีศึกษาจังหวัดตรัง ได้ศึกษาข้อมูลแนวคิด ทฤษฎีเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ (Web-based GIS) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคที่เรียกว่า Web 2.0 ซึ่งเป็นยุคที่มีการพัฒนาเว็บให้ผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับระบบได้ เป็นการกระตุ้นการมีส่วนร่วมของผู้ใช้ ข้อมูลเชิงพื้นที่ได้รับการถ่ายทอดและมีการเผยแพร่อย่างแพร่หลาย ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนอินเทอร์เน็ต หมายถึง ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ให้บริการผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ได้แก่แอปพลิเคชันแผนที่ที่พัฒนาบนระบบแอนดรอยด์ และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ แต่เนื่องจาก World Wide Web (WWW) ซึ่งใช้งานผ่านเว็บเบราว์เซอร์เป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลายบนอินเตอร์เน็ต ทำให้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ จึงเป็นรูปแบบที่แพร่หลายมากที่สุดของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนอินเทอร์เน็ต

รูปแบบสถาปัตยกรรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ ประกอบด้วยอย่างน้อย 2 ส่วน คือ ส่วนลูกข่าย (client) และส่วนแม่ข่าย (web server) ส่วนลูกข่ายและส่วนแม่ข่าย จะติดต่อสื่อสารกันผ่าน HTTP ซึ่งเป็นโปรโตคอลหลักที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างกัน โดยที่ลูกข่ายจะใช้ HTTP เพื่อส่งคำขอไปยังแม่ข่าย และแม่ข่ายจะทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ไปยังลูกข่ายอีกครั้งผ่านทาง HTTP เช่นกัน โดยส่วนมากรูปแบบสถาปัตยกรรมของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บจะมีส่วนของฐานข้อมูลเป็นองค์ประกอบเพิ่มขึ้นมาด้วย (Fu P. and Sun J., 2011)

3.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจการปลูกพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสมในพื้นที่จังหวัดตรัง มีการศึกษาปัญหา ที่มา และความสำคัญ โดยมีกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ข้อมูลและการจัดทำฐานข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

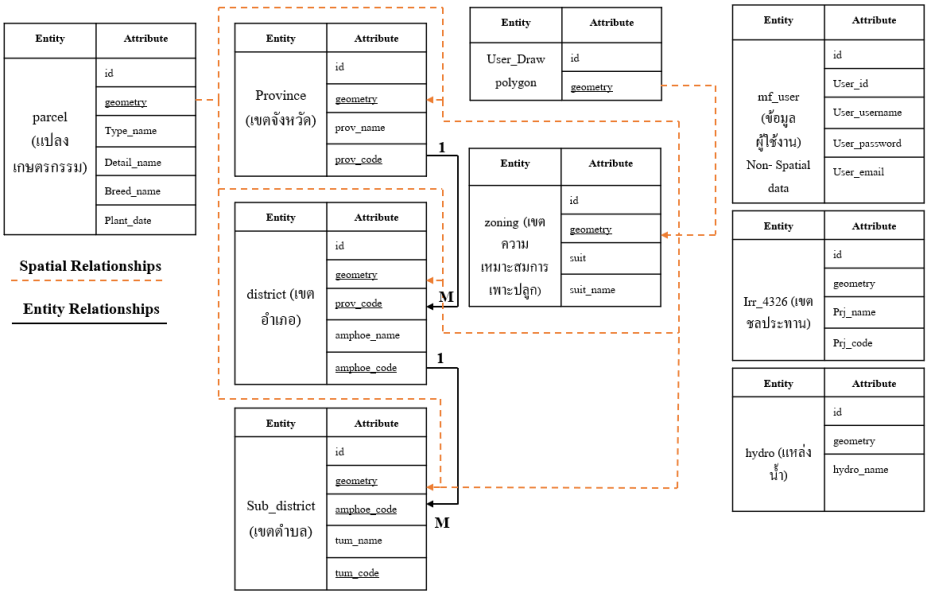
4.1.1 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการปลูกพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสม และได้รวบรวมข้อมูลที่ได้ขอความอนุเคราะห์จากหน่วยงานต่างๆ ซึ่งต้องนำมาจัดทำเป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบของข้อมูลเวกเตอร์ประกอบด้วยชั้นข้อมูลข้อมูลขอบเขตแปลงเกษตรกรรมพืชเศรษฐกิจในพื้นที่จังหวัดตรัง จำนวน 4 ชนิดพืช ได้แก่ ปาล์มน้ำมัน ยางพารา มะพร้าว และทุเรียน จากกรมส่งเสริมการเกษตร ข้อมูลเขตความเหมาะสมในการปลูกพืชเศรษฐกิจในพื้นที่จังหวัดตรัง จำนวน 4 ชนิดพืช ได้แก่ ปาล์มน้ำมัน ยางพารา มะพร้าว และทุเรียน ข้อมูลเขตการปกครอง จากกรมพัฒนาที่ดิน ข้อมูลแหล่งน้ำ ข้อมูลพื้นที่ชลประทาน จากกรมชลประทาน รวมทั้งข้อมูลผู้ใช้งานระบบ และข้อมูลแปลงเกษตรกรรมวิเคราะห์กับเขตความเหมาะสมพืชเศรษฐกิจ เพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในงานวิจัยนี้

4.1.2 การจัดทำฐานข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

การจัดทำฐานข้อมูลสำหรับการพัฒนาระบบ มีการออกแบบชั้นข้อมูลต่างๆที่ใช้ในการดำเนินการศึกษาจำนวน 9 ชั้นข้อมูล ตามรายการข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย เพื่อแสดงผลในรูปแบบรายการข้อมูลในรูปแบบตารางคุณลักษณะ (Feature tables) และการแสดงผลบนแผนที่ ซึ่งจะถูกเก็บไว้ในฟิลด์ Geometry โดยจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูล PostgreSQL ประกอบด้วยข้อมูล 2 รูปแบบ คือข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) โดยฐานข้อมูลได้รับการออกแบบเป็นฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational database) โดยออกแบบให้มีความสัมพันธ์กันระหว่างองค์ประกอบของข้อมูลเชิงพื้นที่ เช่น ข้อมูลแปลงเกษตรกรรม ข้อมูลเขตความเหมาะการเพาะปลูกพืช เป็นต้น

และข้อมูลที่ไม่อยู่ในเชิงพื้นที่ (Non- Spatial data) ได้แก่ ข้อมูลผู้สมัครเข้าใช้งานระบบ ส่วนข้อมูลชลประทานและข้อมูลแหล่งน้ำจะเป็นอิสระต่อกันกับชั้นข้อมูลอื่น ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แบบจำลองความสัมพันธ์ของข้อมูล

4.2 การพัฒนาระบบ

4.2.1 การวิเคราะห์ระบบ (system analysis)

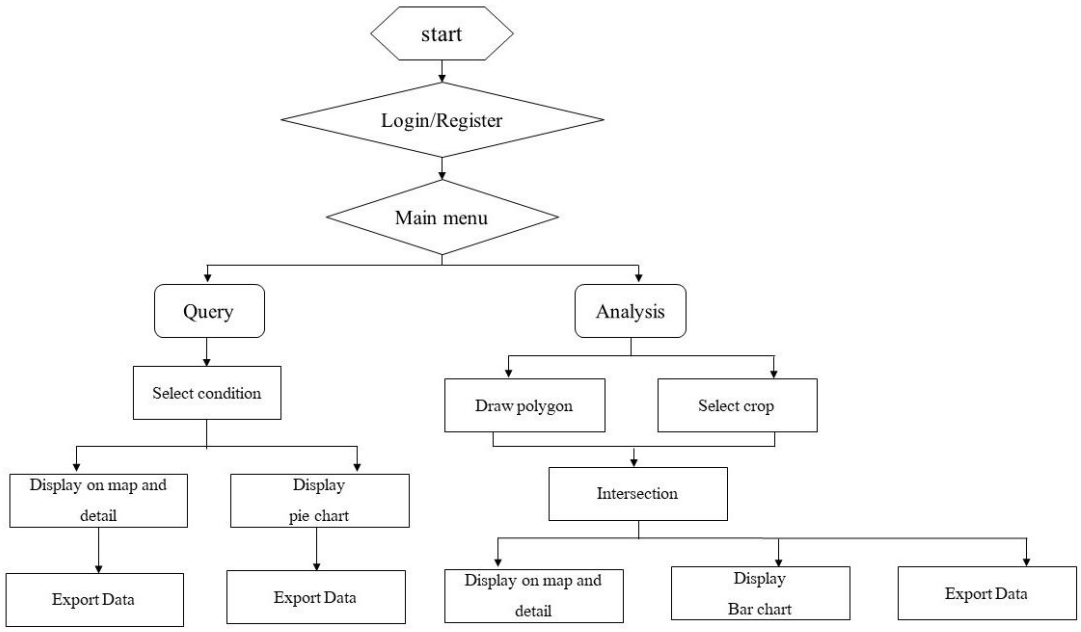
การศึกษานี้เป็นการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจการปลูกพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสมในพื้นที่จังหวัดตรังเป็นกรณีศึกษา ได้เลือกใช้ใช้ซอฟต์แวร์รหัสเปิดในการพัฒนาระบบ มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

- จัดทำฐานข้อมูลที่ใช้สำหรับพัฒนาระบบ
- พัฒนาระบบสืบค้นเชิงพื้นที่สำหรับข้อมูลขอบเขตแปลงเกษตรกรรมพืชเศรษฐกิจในพื้นที่จังหวัดตรัง ที่จัดทำเป็นฐานข้อมูลไว้ เพื่อเรียกมาแสดงผลบนแผนที่ โดยสืบค้นได้ในระดับอำเภอ และระดับตำบล โดยมีการแสดงผลตำแหน่งที่ตั้งขอบแปลงเกษตรกรรมที่ผู้ใช้งานกำหนดบนแผนที่ทั้งในระดับอำเภอ และระดับตำบล สามารถเรียกดูรายละเอียดของข้อมูลได้ และยังสามารถแสดงข้อมูลเชิงสถิติในลักษณะแผนภูมิสัดส่วน รวมทั้งสามารถดาวน์โหลดข้อมูลขอบเขตแปลงเกษตรที่สืบค้นได้
- พัฒนาเมนูการวิเคราะห์ข้อมูลที่สามารถวาดขอบเขตแปลงเกษตรกรรมเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลซ้อนทับร่วมกับข้อมูลเขตความเหมาะสมสำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจเพื่อรายงานผลบนแผนที่ออนไลน์

4.2.2 การออกแบบเว็บแอปพลิเคชัน

- โครงสร้างการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบ

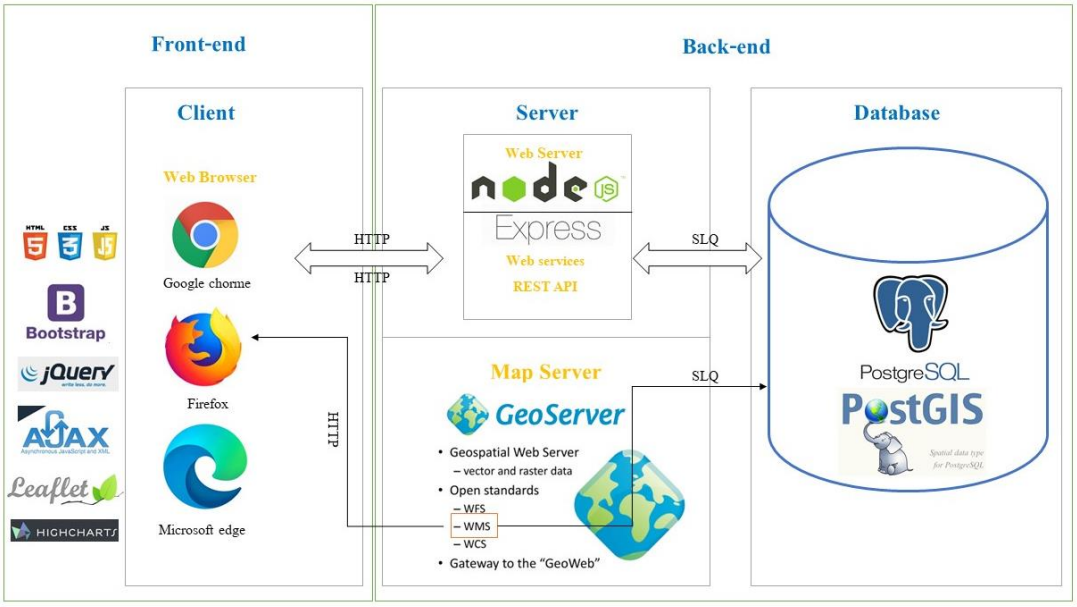
เริ่มต้นจะเป็นการสมัครและเข้าใช้งานระบบ จากนั้นจะเข้าสู่หน้าหลัก ที่มี 2 เมนู ได้แก่ ระบบสืบค้นเชิงพื้นที่สำหรับข้อมูลขอบเขตแปลงเกษตรกรรมพืชเศรษฐกิจ และระบบวิเคราะห์ข้อมูลที่สามารถวาดขอบเขตแปลงเกษตรกรรมเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลซ้อนทับร่วมกับข้อมูลเขตความเหมาะสมสำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 โครงสร้างการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบ

สถาปัตยกรรมการทำงานของระบบ

การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนผู้ใช้งาน (client) ส่วนเว็บเซิร์ฟเวอร์(web server) ส่วนเซิร์ฟเวอร์แผนที่ (map server) และส่วนฐานข้อมูล (database server)โดยส่วนผู้ใช้งาน (client) เป็นส่วนต่อประสานผู้ใช้ ซึ่งเรียกใช้งานผ่านเว็บบราว์เซอร์ เพื่อส่งคำร้องขอข้อมูลผ่าน HTTP ไปยังส่วนที่ 2 คือ ส่วนเว็บเซิร์ฟเวอร์(web server) ที่ทำหน้าที่ให้บริการ ประมวลผลข้อมูลในรูปแบบการส่งข้อมูลในลักษณะ Representational State Transfer API ซึ่งเป็นรูปแบบการส่งข้อมูลระหว่าง Server กับ Client รูปแบบหนึ่ง เป็นการสร้าง Web Service เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกันผ่านเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้ Express ซึ่งสร้างบนพื้นฐานของ Node.js โดยทำเป็น Framework เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน และแสดงข้อมูลผ่านเว็บบราว์เซอร์ ส่วนที่ 3 คือการจัดการคำร้องขอของผู้ใช้งานไปยังส่วนเซิร์ฟเวอร์แผนที่ (map server) ซึ่งเป็นส่วนสร้างภาพแผนที่โดยใช้ซอฟต์แวร์ Geoserver เพื่อส่งคำร้องขอข้อมูลผ่าน HTTP ไปแสดงผลผ่านเว็บบราว์เซอร์ และทั้งเว็บเซิร์ฟเวอร์(web server) และเซิร์ฟเวอร์แผนที่ (map server) จะเชื่อมต่อกับส่วนที่ 4 คือ ส่วนฐานข้อมูล (database server) ซึ่งเป็นส่วนที่จัดเก็บข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์และข้อมูลสารสนเทศอื่นๆที่ใช้ในการพัฒนาระบบโดยใช้ซอฟต์แวร์ PostgreSQL และ PostGIS รวมทั้งใช้ Node.js สำหรับเป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์เพื่อเปิดการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบ และในการติดต่อและเข้าถึงฐานข้อมูลที่จัดเก็บในระบบจะใช้ภาษา Structured Query Language (SLQ) ซึ่งเป็นภาษามาตรฐานในการเข้าถึงฐานข้อมูล โดยในการพัฒนาระบบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนสำคัญ คือ การพัฒนาระบบจัดการเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบ (Back-end) และการพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้ (User interface) ของเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบ (Front-end) ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 สถาปัตยกรรมการทำงานของระบบของเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบ

4.2.3 การพัฒนาระบบจัดการเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบ (Back-end)

เป็นการพัฒนาระบบจัดการเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบโดยทำหน้าที่เป็นแหล่งข้อมูลของฐานข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้งานในแอปพลิเคชันต้นแบบ โดยระบบจัดการเว็บฯ (Back-end) จะทำหน้าที่เชื่อมต่อในการสื่อสารระหว่างเครื่องลูกข่าย (client) หรือส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User interface) ไปยังฝั่งเซิร์ฟเวอร์ (Server) และเซิร์ฟเวอร์ (Server) ไปยังเครื่องลูกข่าย (client) โดยผ่านภาษาที่ใช้ในการจัดการฐานข้อมูลนั้นคือ Structured Query Language (SLQ) โดยประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ คือ เซิร์ฟเวอร์ ฐานข้อมูลและเครื่องลูกข่าย โดยในส่วนของเซิร์ฟเวอร์จะใช้ Node.js เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ ทำให้สามารถสร้างเว็บเซิร์ฟเวอร์ที่สมบูรณ์ได้อย่างง่ายและรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ

ในส่วนของการสร้าง Web Service จะจัดทำในลักษณะ REST (Representational State Transfer) เรียกใช้ผ่านทาง HTTP Method GETกับPOST และส่งข้อมูลออกมาในรูปของ JSON เป็นการเรียกผ่าน HTTP Protocol ที่ใช้ในการเรียกใช้เว็บไซต์ การทำงานของ REST นั้นจะอาศัย URL ของ Request เพื่อเป็นตัวค้นหาและประมวลผลแล้วตอบกลับโดย Response โดยรูปแบบการส่งข้อมูลของ REST ระหว่าง Server กับ Client เป็นการสร้าง Web Service เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกันผ่านเว็บแอปพลิเคชัน งานวิจัยนี้ใช้รูปแบบ JSON เพราะเหมาะกับงานด้านการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่โดยเรียกใช้งานข้อมูลในรูปแบบ GEOJSON ที่ถูกจัดเก็บอยู่ในฐานข้อมูลซึ่งจะถูกเก็บไว้ในฟิลด์ Geometry เพื่อให้สามารถแสดงผลบนแผนที่ออนไลน์ได้ ได้แก่ ข้อมูลขอบเขตแปลงเกษตรกรรมพืชเศรษฐกิจ และข้อมูลเขตความเหมาะสมในการปลูกพืชเศรษฐกิจ โดยข้อมูลทั้ง 2 ชนิดจะถูกนำมาจัดทำในรูปแบบของ GEOJSON โดยจะถูกเรียกใช้งานผ่าน Web Service บนพื้นฐานของ HTTP Protocol ผ่านเว็บบราว์เซอร์

นอกจากนี้ ยังมีการใช้งาน Geoserver ทำหน้าที่สำหรับให้บริการข้อมูลเชิงพื้นที่ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยจัดทำเป็นในลักษณะ Web Map Service (WMS) ได้แก่ ข้อมูลขอบเขตการปกครอง (จังหวัด อำเภอ ตำบล) ข้อมูลชลประทาน ข้อมูลแหล่งน้ำ และข้อมูลเขตความเหมาะสมในการปลูกพืชเศรษฐกิจ คุณลักษณะที่สำคัญของโปรแกรม Geoserver คือ สามารถสนับสนุนการใช้งานข้อมูลเวกเตอร์ของโปรแกรม

PostGIS ซึ่งเป็นส่วนขยายเพิ่มเติม (extensions) ที่ทำให้ระบบ PostgreSQL สามารถรองรับและบริหารจัดการข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้

4.2.4 การพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้ (User interface) ของเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบ (Front-end)

การพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้ (User interface) ใช้เทคนิคของภาษา HTML และCSS ในการสร้างหน้าเว็บแอปพลิเคชันและตกแต่งความสวยงามของเว็บแอปพลิเคชัน และภาษา JavaScript โดยการใช้จาวาสคริปต์ไลบรารี่ (JavaScript library) ต่างๆ ได้แก่ การใช้ Jquery ในการลดความซับซ้อนของโค้ดจาวาสคริปต์ที่มีขนาดใหญ่ รวมถึงการใช้ Ajax ในการรับส่งข้อมูลระหว่างเว็บเบราว์เซอร์และเซิร์ฟเวอร์ หรือการเรียกใช้งาน API จากฝั่ง Back-end ส่วนการแสดงผลด้านแผนที่ใช้ Leaflet ซึ่งเป็นจาวาสคริปต์ไลบรารี่แบบ Open source สำหรับการพัฒนาแผนที่บนระบบอินเทอร์เน็ตเชิงโต้ตอบ สามารถเรียกใช้งานใช้เลเยอร์ต่างๆ ได้แก่ การเรียกใช้งาน Web Map Service (WMS) จากโปรแกรม Geoserver และGEOJSON ในรูปแบบWeb Service ที่ถูกจัดทำในลักษณะ REST API โดยเรียกใช้ผ่านทาง HTTP Method GET และPOST จากฝั่งเซิร์ฟเวอร์มาแสดงผลบนแผนที่ออนไลน์ นอกจากนี้ Leaflet ยังมี Library ในการสร้างรูปหลายเหลี่ยม(Polygon) เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลได้ นอกจากนี้ยังใช้ Highcharts ซึ่งเป็นจาวาสคริปต์ไลบรารี่ สำหรับสร้างกราฟบนหน้าเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูข้อมูลในเชิงสถิติได้ ซึ่งสามารถสร้างกราฟได้หลายรูปแบบ โดยงานวิจัยนี้ได้ออกแบบให้หน้าจอสามารถแสดงผลการใช้งานได้ในรูปแบบที่หลากหลาย รองรับการแสดงผลบน Desktop และ Tablet โดยการใช้ Bootstrap 4 ซึ่งเป็น Front-end Framework ที่ใช้ในการพัฒนาเว็บไซต์ส่วนการแสดงผลกับผู้ใช้งาน ทำให้เว็บไซต์สามารถแสดงผลได้อย่างเหมาะสมบนอุปกรณ์ที่แตกต่างกันในการแสดงผลข้อมูลและติดต่อกับผู้ใช้งาน

5. ผลการวิจัย

การทำงานวิจัยครั้งนี้ เป็นการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจการปลูกพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสมในลักษณะของโปรแกรมประยุกต์เว็บ (Web Application) เพื่อใช้วางแผนประกอบการตัดสินใจ สามารถใช้ดูแนวโน้มการการปลูกพืชและความหมาะสมในการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจได้ อีกทั้งได้ทำการวัดผลการประเมินผลความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบจากผู้ใช้งานหลัก ดังนี้

5.1 การแสดงผลบนเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจการปลูกพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสม

การแสดงผลการใช้งานประกอบด้วย ส่วนต่างๆ ดังนี้ ดังรูปที่ 5

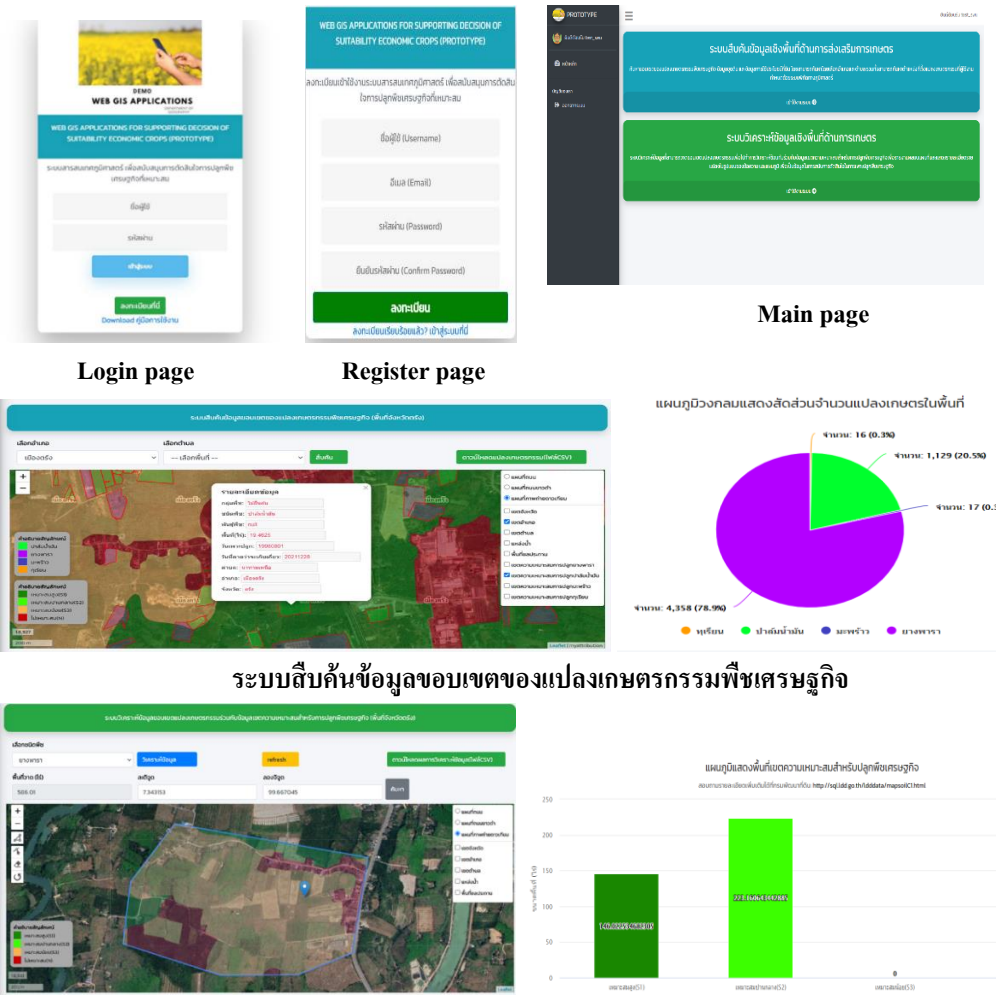
<u>การสมัครเข้าใช้งานระบบ (Register page)</u> เป็นการให้ผู้ใช้งานทำการกรอกข้อมูลชื่อผู้ใช้ อีเมลล์ รหัสผ่าน เพื่อลงทะเบียนเข้าใช้งานเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบ

<u>การเข้าใช้งานระบบ (Login page)</u> เป็นการให้ผู้ใช้งานทำการกรอกข้อมูลชื่อผู้ใช้ และรหัสผ่านที่ได้ทำการลงทะเบียนไว้เพื่อเข้าใช้งานเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบ

<u>หน้าหลัก (Main page)</u> เป็นหน้าเว็บเพจที่แสดงเมนูฟังก์ชั่นหลักของเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบ คือ ระบบสืบค้นข้อมูลขอบเขตของแปลงเกษตรกรรมพืชเศรษฐกิจ และระบบวิเคราะห์ข้อมูลที่สามารถวาดขอบเขตแปลงเกษตรกรรมเพื่อการวิเคราะห์ซ้อนทับร่วมกับข้อมูลเขตความเหมาะสมสำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจ

<u>ระบบสืบค้นข้อมูลขอบเขตของแปลงเกษตรกรรมพืชเศรษฐกิจ</u> ในระบบสืบค้นข้อมูลผู้ใช้งานสามารถสืบค้นข้อมูลขอบเขตของแปลงเกษตรกรรมพืชเศรษฐกิจได้ โดยการเลือกสืบค้นในระดับตำบลและอำเภอ สามารถคลิกดูข้อมูลเชิงคุณลักษณะได้ เพื่อเปิดชั้นข้อมูลเขตความเหมาะสมสำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจซ้อนทับ และชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่อื่นๆ เพื่อดูภาพรวมความเหมาะในการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจในพื้นที่ และยังแสดงข้อมูลเชิงสถิติในรูปแบบของแผนภูมิวงกลมแสดงสัดส่วนจำนวนแปลงเกษตรกรรมในพื้นที่ พร้อมทั้งดาวน์โหลดข้อมูลในรูปแบบไฟล์ Comma Separated Value (CSV) ออกไปใช้งานได้

<u>ระบบวิเคราะห์ข้อมูลขอบเขตแปลงเกษตรกรรมร่วมกับข้อมูลเขตความเหมาะสมสำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจ</u> ในระบบวิเคราะห์ข้อมูล ผู้ใช้งานสามารถระบุพิกัดภูมิศาสตร์เพื่อทำการแสดงผลไปยังพื้นที่ที่ต้องการวิเคราะห์ จากนั้นใช้เครื่องมือวาดขอบเขตแปลงเกษตรกรรมบนแผนออนไลน์ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน จากนั้นทำการเลือกชนิดพืชที่จะทำการวิเคราะห์ พร้อมทั้งระบุชนิดของพืชเศรษฐกิจที่ต้องการทราบความเหมาะสมในการเพาะปลูก ระบบจะแสดงผลลัพธ์เป็นพื้นที่ระดับความเหมาะสมการเพาะปลูกบนแผนที่ รวมทั้งแผนภูมิสัดส่วนพื้นที่ในแต่ระดับความเหมาะสมพร้อมทั้งดาวน์โหลดข้อมูลในรูปแบบไฟล์ Comma Separated Value (CSV) ออกไปใช้งานได้ สามารถนำไปใช้สนับสนุนการตัดสินใจการปลูกพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสมได้



รูปที่ 5 การแสดงผลฟังก์ชั่นการใช้งานต่างๆ บนเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบ

5.2 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจการปลูกพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสม

การประเมินผลความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจการปลูกพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสม ซึ่งได้แก่เกษตรกรและผู้ใช้งานทั่วไป จำนวน 10 คน และเจ้าหน้าที่ด้านส่งเสริมการเกษตรจำนวน 5 คน

ผลการประเมินความพึงพอใจ พบว่า ผู้ประเมินมีความพึงพอใจต่อเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบในระดับดีมาก ได้แก่ ด้านความสวยงาม ทันสมัย น่าสนใจของหน้าเว็บ เรื่องความสะดวกในการใช้งาน สามารถใช้งานได้ง่าย การนำไปใช้ประโยชน์ในหน่วยงาน และ ความพึงพอใจเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบในภาพรวม ส่วนรายการที่ได้รับความพึงพอใจในระดับดี ได้แก่ ความรวดเร็วในการทำงานของระบบ สรุปค่าเฉลี่ยความพึงพอใจรวมมีค่าเท่ากับ 4.62 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก

6. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจการปลูกพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสมในพื้นที่จังหวัดตรัง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลขอบเขตของแปลงเกษตรกรรมพืชเศรษฐกิจ และเพื่อพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูลที่สามารถวาดขอบเขตแปลงเกษตรกรรมเพื่อการวิเคราะห์ซ้อนทับร่วมกับข้อมูลเขตความเหมาะสมสำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจ โดยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

การแสดงผลบนเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจการปลูกพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสม ผู้ใช้งานสามารถสมัครและเข้าใช้งานเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบได้ทั้ง 2 ฟังก์ชั่นหลัก คือ ระบบสืบค้นข้อมูลขอบเขตของแปลงเกษตรกรรมพืชเศรษฐกิจ และระบบวิเคราะห์ข้อมูลที่สามารถวาดขอบเขตแปลงเกษตรกรรมเพื่อการวิเคราะห์ซ้อนทับร่วมกับข้อมูลเขตความเหมาะสมสำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจ ทั้งการแสดงผลในรูปแบบของแผนที่ออนไลน์ และข้อมูลเชิงสถิติ สามารถนำไปใช้สนับสนุนการตัดสินใจการปลูกพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสมได้ ในส่วนของการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบ พบว่าผู้ประเมินมีความพึงพอใจต่อเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบอยู่ในระดับดีมาก

เว็บแอปพลิเคชันต้นแบบที่พัฒนาขึ้นนี้ สามารถนำไปใช้สนับสนุนการตัดสินใจการปลูกพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้โดยง่าย โดยที่ผู้ใช้งานไม่ต้องมีความเชี่ยวชาญทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และช่วยให้เจ้าหน้าที่ด้านการส่งเสริมการเกษตร รวมถึงเกษตรกร และผู้ใช้งานทั่วไปสามารถตรวจสอบความเหมาะสมของพื้นที่ในการปลูกพืชเศรษฐกิจเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจการปลูกพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสมได้ โดยในส่วนของเกษตรกรและผู้ใช้งานทั่วไปสามารถใช้ดูแนวโน้มการการปลูกพืชและความหมาะสมในการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจได้ ส่วนเจ้าหน้าที่ด้านการส่งเสริมการเกษตรสามารถใช้ประกอบการตัดสินใจในการวางแผนส่งเสริม และวางนโนบายเสนอต่อผู้บริหารในการวางแผนการจัดการทรัพยากรเพื่อการส่งเสริมด้านเกษตรต่อไป

7. ข้อเสนอแนะ

(1) หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการพัฒนาต่อยอดระบบให้มีการใช้งานครอบคลุมพื้นที่อื่นๆ

(2) ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมข้อมูลที่นำมาใช้ในการพัฒนาระบบ เพื่อผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่แม่นยำ

(3) สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นแอปพลิเคชัน เพื่อเพิ่มความหลากหลายทางด้านใช้งาน

(4) สามารถเพิ่มข้อมูลและฟังก์ชั่นการใช้งานให้หลากหลายมากยิ่งขึ้น เช่น การเพิ่มชนิดของพืชเศษฐกิจ หรือการพัฒนาฟังก์ชั่นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบอื่นๆที่ซับซ้อนมากยิ่งขึ้น

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณหน่วยงานต่างๆ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการทำวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ กรมส่งเสริมการเกษตร กรมพัฒนาที่ดิน และกรมชลประทาน และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรและเกษตรกรที่ให้ความร่วมมือในประเมินความพึงพอใจในการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันต้นแบบนี้

9. เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. (2558). *การบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรม (*Zoning). [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 23 มีนาคม 2564, จาก http: webapp.ldd.go.th/lpd/zoning.php

คณะวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาเขตสารสนเทศพะเยา. (2561). *Decision Support System.* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 23 มีนาคม 2564, จากhttps://www.ict.up.ac.th/supan/Chapter8_Decision%20 Support%20System.pdf

วราภรณ์ เพชรปฐมชล. (2561). *การพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลการจัดการลดน้ำสูญเสียของการประปาส่วนภูมิภาคด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ.* (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรตรัง. (2556). *สำรวจและวิเคราะห์ระบบการผลิตพืชภายใต้ระบบเกษตรตามแนวเศรษฐกิจพอเพียงในจังหวัดตรัง.*

สำนักเศรษฐกิจการเกษตร. (2562). *เนื้อที่การใช้ประโยชน์ทางการเกษตร* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 23 มีนาคม 2564, จาก http://www.oae.go.th/view/1/

หน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบจัดการแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2555). *คู่มือการใช้งานโปรแกรม Quantum GIS.* ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Fu P. and Sun J. (2011). *Web GIS principles and applications*. United States of America: ESRI Press.

Leafletjs. (2021). *Leaflet Tutorials*. [Online]. (10 April 2021) Available: https://leafletjs.com/examples.html

w3schools. (2021). *Node.js Introduction.* [Online]. (12 April 2021) Available: https://www.w3schools.com/nodejs/nodejs_intro.asp

การพัฒนาแอปพลิเคชันแชทบอทเพื่อให้ข้อมูลและตอบคำถามเกี่ยวกับโรคออฟฟิศซินโดรม

THE DEVELOPMENT OF CHATBOT APPLICATION TO PROVIDE INFORMATION AND ANSWER QUESTIONS ABOUT OFFICE SYNDROME

ศุภวิชญ์ เขียวงาม
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา
E-mail: supawit.kaewngma210442@gmail.com
ธนภัทร พันธ์แก้ว
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา
E-mail: thanapat2648@gmail.com
ยืนยง กันทะเนตร
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา
E-mail: Yeunyong.ka@up.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันแชทบอทเพื่อให้ข้อมูลและตอบคำถามเกี่ยวกับโรคออฟฟิศซินโดรมจากกลุ่มตัวอย่างจากบุคคลทั่วไป จำนวน 51 คน และประชากรที่เป็นเจ้าหน้าที่คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 20 คน เพื่อให้ข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางการตอบคำถามที่ผู้ใช้สอบถามเข้ามา ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนา ฟลัทเทอะ (Flutter) ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับแอนดรอยด์ แอนดรอยด์สตูดิโอ (Android Studio) ใช้ในการจำลองระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และไดอะล็อกโฟล (Dialog flow) ใช้สำหรับสร้างแชทบอทตอบคำถามตามความต้องการของผู้ใช้งาน เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลแบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน โดยใช้หลักการทางสถิติ การหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลจากการวิจัยพบว่า ภาพรวมจากการประเมินความพึงพอใจอยู่ที่ 3.51 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.76 ซึ่งระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: แอปพลิเคชัน, ออฟฟิศซินโดรม, ฟลัทเทอะ, ไดอะล็อกโฟล

ABSTRACT

The purpose of this research is to develop an answering chatbot application for office syndrome. For the sample of this research, the researcher selected 51 ordinary people and 20 officers from Information and Communication Technology, the University of Phayao for giving the information about the answers to the questions. The researcher chose Flutter for developing the application on Android, Android Studio for emulating

the android operation, and Dialogflow for creating the chatbot application. Calculating the average value and standard deviation were used as the tools for evaluating the satisfaction of the application. For the result of this research, It was found the overall users' satisfaction was at 3.51 on average, and the standard deviation was at 0.76, showing a high level of satisfaction.

Keywords: Application, Office Syndrome, Flutter, DialogFlow

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

โดยผู้วิจัยคำนึงถึงวิธีการให้ความรู้แก่ผู้ที่ประสบปัญหาเกี่ยวกับโรคออฟฟิศซินโดรมและผู้ที่สนใจที่จะศึกษาเกี่ยวโรคออฟฟิศซินโดรมเพราะบทความของนพ.ปรมินทร์ ชัยวิบูลย์ผล (2564) ได้กล่าวว่ายุคสมัยนี้โรคออฟฟิศซินโดรมดูจะเป็นโรคที่คนยุคใหม่เป็นกันมากพอสมควร ด้วยพฤติกรรมการทำงานและการใช้ชีวิตที่เปลี่ยนไป เราไม่ค่อยเน้นการยืน เดิน เคลื่อนไหว หรือออกแรงเหมือนแต่ก่อน กลายเป็นการนั่งหน้าคอมพิวเตอร์หรือก้มดูมือถือนานๆ แทน โดยแต่เดิมการที่เราจะหาคำตอบนั้น เราต้องเดินทางไปพบหรือปรึกษาแพทย์เพื่อที่จะแก้ข้อสงสัยที่เรานั้นต้องการที่จะได้รับข้อมูลแต่ในปัจจุบันในวงการต่างๆ ได้มีการนำเทคโนโลยีอย่างแชทบอทนั้นเข้ามาใช้ให้ข้อมูลต่างๆ แทนตัวบุคคลที่ต้องมาตอบคำถามแบบเดิมซ้ำมากๆ เพื่อให้ข้อมูลแก่ผู้ที่ถามเข้ามา

โดยทางผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงการพัฒนาแอปพลิเคชันแชทบอทเพื่อให้ความรู้และตอบคำถามผู้ที่ประสบปัญหาและผู้ที่ต้องการได้รับความรู้ เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการป้องกันและรักษาอาการตามความเหมาะสมกับอาการที่เกิดขึ้น ถ้าหากมีพฤติกรรมการทำงานที่ไม่เหมาะสม ผู้วิจัยจึงได้ทำการพัฒนาแอปพลิเคชันแชทบอทเพื่อให้ข้อมูลและตอบคำถามเกี่ยวกับโรคออฟฟิศซินโดรมแก่ผู้ใช้งาน เพื่อรับข้อมูลเกี่ยวกับโรคออฟฟิศซินโดรม

โดยการศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากบทความ จากผู้ที่เคยประสบปัญหาและงานวิจัยต่าง ๆ เพื่อที่จะนำมาทำการพัฒนาแอปพลิเคชันแชทบอท เพื่อให้ข้อมูลและตอบคำถามเกี่ยวกับโรคออฟฟิศซินโดรม โดยการใช้ ไดอะล็อกโฟล เพื่อพัฒนาบอทสำหรับตอบคำถามและให้ข้อมูลอัตโนมัติร่วมกับ ฟลัทเทอะ เพื่อใช้ในการพัฒนาในส่วนของอินเตอร์เฟซของแอปพลิเคชันโดยพัฒนาเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) เพื่อการศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแอปพลิเคชันแชทบอทเพื่อให้ข้อมูลและตอบคำถามเกี่ยวกับโรคออฟฟิศซินโดรม เพื่อช่วยตอบคำถาม และให้ข้อมูลเกี่ยวกับโรคออฟฟิศซินโดรม

(2) เพื่อวิเคราะห์และออกแบบแอปพลิเคชันแชทบอทเพื่อให้ข้อมูลและตอบคำถามเกี่ยวกับโรคออฟฟิศซินโดรม เพื่อช่วยตอบคำถาม และให้ข้อมูลเกี่ยวกับโรคออฟฟิศซินโดรม

(3) เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันแชทบอทเพื่อให้ข้อมูลและตอบคำถามเกี่ยวกับโรคออฟฟิศซินโดรมเพื่อช่วยตอบคำถาม และให้ข้อมูลเกี่ยวกับโรคออฟฟิศซินโดรม

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ดวงมณี แสนมั่น และคณะ (2564) กล่าวว่าการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแชทบอทเพื่อตอบคำถามอัตโนมัติผ่าน ไลน์ แอปพลิเคชัน โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อตอบข้อสงสัยเกี่ยวกับนักเทคนิคการแพทย์ และ

เพื่อประเมินความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชันแชทบอท เพื่อตอบข้อสงสัยเกี่ยวกับนักเทคนิคการแพทย์ โดยใช้แพลตฟอร์มจากกูเกิลร่วมกับเทคนิค ไดอะล็อกโฟล เป็นเครื่องมือในการพัฒนาซึ่งแชทบอทผลจากการประเมินพบว่าแชทบอทนี้สามารถให้ความรู้และข้อมูลเกี่ยวกับนักเทคนิคการแพทย์ได้เป็นอย่างดีนอกจากนี้ยังพบว่า เป็นแอปพลิเคชันนี้เป็นโปรแกรมสนทนาอัตโนมัติชนิดแรกที่เป็นเสมือนตัวแทนวิชาชีพสุขภาพที่สามารถส่งผลลัพธ์เกี่ยวกับการปฏิบัติงานของนักเทคนิค การแพทย์ในช่วงโควิด-19 ไปยังผู้ใช้ได้อย่างรวดเร็ว

มัสรา เลาะแม (2562) กล่าวว่า ปัจจุบันประชาชนให้ความสนใจในด้านสุขภาพเพิ่มขึ้น การบริการทางการแพทย์ของโรงพยาบาลจึงได้เปลี่ยนจากการมุ่งเน้นการรักษาเพื่อการป้องกันมาเป็นการดูแลและการจัดการสุขภาพ และมีการใช้สารสนเทศทางการแพทย์มากขึ้น ดังนั้นแนวคิดของบริการสุขภาพจึงกลายเป็นประเด็นสำคัญแชทบอทเป็นแพลตฟอร์มการสนทนาอัจฉริยะที่โต้ตอบกับผู้ใช้ผ่านอินเทอร์เฟซการแชท โดยการเชื่อมโยงกับผู้ให้บริการเครือข่ายสังคมหลัก ผู้ใช้ทั่วไปสามารถเข้าถึงและรับบริการสุขภาพต่างๆ ได้อย่างง่ายดาย การศึกษาครั้งนี้เป็นการนำเสนอบริการด้านการดูแลสุขภาพที่ใช้แชทบอท ได้แก่ แชทบอทสำหรับการวินิจฉัยโรคด้วยตนเอง และแชทบอทการบริการด้านการดูแลสุขภาพบริการสุขภาพเคลื่อนที่ในรูปแบบของแชทบอทเพื่อให้การรักษาอย่างรวดเร็วต่ออุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน รวมถึงผู้ป่วยที่เป็นโรคเรื้อรัง ซึ่งจะทำให้การให้บริการข้อมูลสุขภาพเน้นเรื่องที่สะดวกรวดเร็วตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ในยุคดิจิทัล

ทิพย์วรรณ ฟูเฟื่อง และ คณะ (2564) กล่าวว่าการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแชทบอทให้ความรู้ด้านดิจิทัลสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี 2) ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้แชทบอทให้ความรู้ด้านดิจิทัลสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีกลุ่มตัวอย่างคือนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่กำลังศึกษาอยู่ในมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีจำนวน 47 คน เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย แชทบอทให้ความรู้ด้านดิจิทัลสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่สร้างด้วยแพลตฟอร์ม Chatfuel และแบบประเมินความพึงพอใจ การพัฒนาแชทบอทให้ความรู้ด้านดิจิทัลสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีใช้หลักการพัฒนาแบบถูกกำหนดด้วยกฎที่ชัดเจน (Rule-Based approach) สามารถเข้าถึงได้ง่ายผ่านเฟซบุ๊กเมสเซนเจอร์ (Facebook Messenger) มีบุคลิกลักษณะและการใช้ภาษาคล้ายกับวัยของผู้เรียน ทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยในการทบทวนความรู้ (Online Tutor)

พิชชาพร คำทำ และคณะ (2564) กล่าวว่าการวิจัยครั้งนี้วัตถุประสงค์เพื่อออกแบบขั้นตอนวิธีการนำข้อมูลสังคมออนไลน์ (แชทบอท) มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการบริการข้อมูลด้านสุขภาพของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยนำข้อมูลที่ได้มาใช้เพื่อออกแบบและพัฒนาแชทบอทเพื่อให้ผู้ที่มาใช้บริการเกิดความสะดวกในการสอบถามข้อมูลที่เกี่ยวกับโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรและการให้ความรู้เกี่ยวกับโรคต่างๆ รวมไปถึงการแนะนำการปฏิบัติตนเองเบื้องต้นทั้งนี้ยังมีการลงทะเบียนผู้ป่วยใหม่และสามารถแสดงบัตรผู้ป่วยออนไลน์ได้อีกด้วยผลจากการประเมินความพึงพอใจหลังจากผู้ใช้ได้ทดลองใช้แชทบอทสำหรับการบริการข้อมูลด้านสุขภาพแล้วพบว่าความพึงพอใจโดยรวมของการใช้งานแชทบอทอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.77, S.D. = 0.57)

นพ.ปรมินทร์ ชัยวิบูลย์ผล (2564) ได้กล่าวว่ายุคสมัยนี้ โรคออฟฟิศซินโดรม (office syndrome) ดูจะเป็นโรคที่คนยุคใหม่เป็นกันมากพอสมควร ด้วยพฤติกรรมการทำงานและการใช้ชีวิตที่เปลี่ยนไป เราไม่ค่อยเน้นการยืน เดิน เคลื่อนไหว หรือออกแรงเหมือนแต่ก่อน กลายเป็นการนั่งหน้าคอมพิวเตอร์ หรือก้มดูมือถือนานๆ แทนอาการออฟฟิศซินโดรม เริ่มแรกคือ รู้สึกปวดเมื่อยคอ บ่า ไหล่ สะบัก และบริเวณหลัง การนวดอาจจะช่วยให้ดีขึ้นได้ แต่ผ่านไปสักระยะหนึ่งก็จะกลับมาเป็นอีก และเป็นเรื้อรังมากขึ้น หากปล่อยทิ้งไว้ โดยไม่ตรวจหาสาเหตุและทำการรักษา อาจลุกลามจนเป็นโรคไมเกรน หรืออาจเกิดโรคทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่รุนแรงขึ้น

ตามมาได้ บทความนี้จะพาเราเจาะลึกโรคยอดฮิตชนิดนี้ ไม่ว่าจะเป็นสาเหตุ อาการ พร้อมแนวทางการรักษาอย่างถูกต้อง ทั้งในระยะสั้น และระยะยาว ตั้งแต่แนวทางปรับเปลี่ยนสิ่งแวดล้อมและพฤติกรรมให้เหมาะสมการออกกำลังกาย ไปจนถึงการทำกายภาพบำบัด

Witchapong Daroontham (2561) ได้กล่าวถึงการสร้าง ไลน์ แชทบอท ด้วย ไดอะล็อกโฟล จาก แพลตฟอร์มสำหรับสร้าง แชทบอท ของ กูเกิล ที่ใช้ machine learning ด้าน Natural Language Processing (NLP) มาช่วยในทำความเข้าใจถึงความต้องการ (intent) และสิ่งที่ต้องการ (entity) ในประโยคสนทนาของผู้ใช้งาน และตอบคำถามตามความต้องการของผู้ใช้งาน ตามกฎ หรือ flow ที่ผู้พัฒนาวางเอาไว้ ซึ่ง ไดอะล็อกโฟล จะช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของประโยคที่ แชทบอท รับมา ว่าไม่จำเป็นต้องตรงตามเงื่อนไข แบบ rule based ก็สามารถเข้าใจถึงความต้องการของผู้ใช้งานได้

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ประชากรและตัวอย่าง

ประชากรในการศึกษาครั้งนี้ คือ ประชากรที่เป็นบุคคลทั่วไป จำนวน 51 คน และประชากรที่เป็นเจ้าหน้าที่คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 20 คน เพื่อให้ข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางการตอบคำถามที่ผู้ใช้สอบถามเข้ามา

กลุ่มตัวอย่างที่จะใช้ในครั้งนี้ คือ นิสิตนักศึกษา ของมหาวิทยาลัย และ บุคคลทั่วไป จำนวน 51 คน โดยวิธีการสุ่มเลือก และใช้กับแบบทดสอบความพึงพอใจทั้ง 4 ด้านคือ ด้านตรงตามความต้องการ (Function Requirement) ด้านสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ (Function) ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability) และด้านประสิทธิภาพ (Performance) แล้วหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (μ และ σ)

4.2 เครื่องมือวิจัย

1) เครื่องมือสำหรับพัฒนาแอปพลิเคชันแชทบอทเพื่อให้ข้อมูลและตอบคำถามเกี่ยวกับโรคออฟฟิศซินโดรมเพื่อให้คำปรึกษาเกี่ยวกับปัญหาโรคออฟฟิศซินโดรมได้แก่ โปรแกรม Visual Studio Code ใช้สำหรับพัฒนาแอปพลิเคชัน โปรแกรม Android Studio ใช้สำหรับการสร้างอีมูเลเตอร์เพื่อใช้ในการทดสอบการทำงานของแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

2) แบบประเมินความพึงพอใจการพัฒนาแอปพลิเคชันแชทบอทเพื่อให้ข้อมูลและตอบคำถามเกี่ยวกับโรคออฟฟิศซินโดรมเพื่อให้ข้อมูลและตอบคำถามเกี่ยวกับโรคออฟฟิศซินโดรม โดยใช้เกณฑ์ประเมิน 5 ระดับซึ่งมีการแปลผล ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

ในการรวบรวมข้อมูลทางผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์จากกลุ่มประชากรจำนวน 51 คน รวมถึงเก็บข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับออฟฟิศซินโดรมจากงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

4.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ในขั้นตอนการดำเนินการวิจัย มีดังนี้

1) เก็บรวบรวมข้อมูลทางผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่เคยประสบและกำลังเจอกับปัญหาของโรคออฟฟิศซินโดรม เพื่อใช้เป็นข้อมูลและแนวทางในการพัฒนาแอปพลิเคชัน

2) วิเคราะห์ข้อมูล ทางผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาและจากการสอบถามจากกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ตามขอบเขตของแอปพลิเคชันโดยมีเนื้อหาดังนี้ขอบเขตด้านข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับโรคออฟฟิศซินโดรม และขอบเขตด้านขอคำปรึกษาโดยแชทบอท

3) การพัฒนาแอปพลิเคชัน ผู้วิจัยได้พัฒนาสร้างแอปพลิเคชันโดยใช้โปรแกรม Visual Studio Code ในการพัฒนา และ ไดอะล็อกโฟล ในการสร้างแชทบอทสำหรับให้คำปรึกษาแก่ผู้ใช้งาน

4) การทดสอบแอปพลิเคชัน หลังจากผ่านขั้นตอนการพัฒนาแอปพลิเคชัน ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบในส่วนต่าง ๆ เพื่อให้แอปพลิเคชันพร้อมใช้งานอย่างสมบูรณ์ ตามขอบเขตที่ได้กำหนดไว้และนำแอปพลิเคชันมาทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อทำการประเมินความพึงพอใจและคุณภาพของแอปพลิเคชัน

5. ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาแอปพลิเคชันแชทบอทเพื่อให้ข้อมูลและตอบคำถามเกี่ยวกับโรคออฟฟิศซินโดรม โดยมีผลการพัฒนาดังต่อไปนี้

ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันแชทบอทเพื่อให้ข้อมูลและตอบคำถามเกี่ยวกับโรคออฟฟิศซินโดรม

ภาพที่ 1 หน้าเมนูหลัก

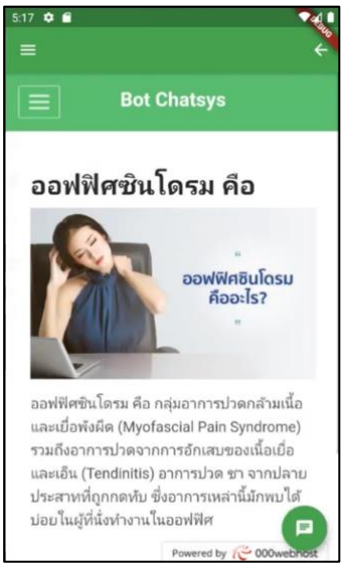
ภาพที่ 2 หน้าฟังก์ชันการทำงาน

จากภาพที่ 1 เป็นหน้าหลักของแอปพลิเคชันซึ่งแสดงข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับโรคออฟฟิศซินโดรม ส่วนในภาพที่ 2 จะเป็นส่วนของฟังก์ชันของแอปพลิเคชันซึ่งจะมีในส่วนของข้อมูล คุยกับบอทเพื่อขอคำปรึกษา และส่วนของปุ่มออกจากแอปพลิเคชัน

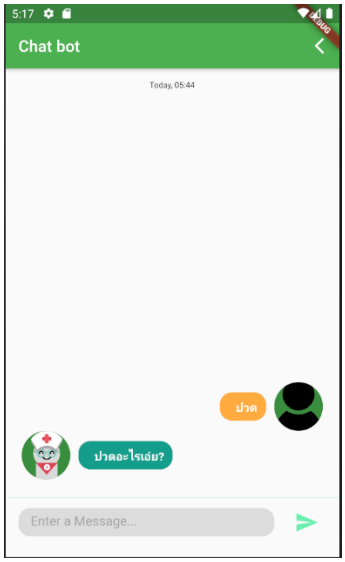
ภาพที่ 3 หน้าแสดงผลการทำงานของแชทบอท

ภาพที่ 4 หน้าแสดงผลการทำงานของแชทบอท

จากภาพที่ 3 และ 4 จะเป็นผลการแสดงคำตอบของบอทเมื่อผู้ใช้งานพิมพ์คำถามในช่องแชทระบบก็จะทำการแสดงคำตอบตามที่ผู้ใช้ได้ถามคำถาม

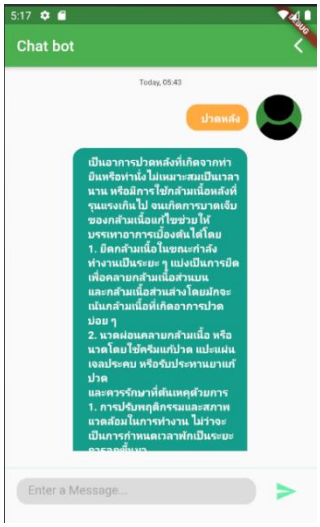


ภาพที่ 5 หน้าข้อมูลโรคออฟฟิศซินโดรม



ภาพที่ 6 หน้าแสดงผลการทำงานของคีย์เวิร์ดที่ใกล้เคียงกัน

ภาพที่ 7 หน้าแสดงผลการทำงานของคีย์เวิร์ดที่ใกล้เคียงกัน



ภาพที่ 8 หน้าแสดงผลการทำงานของคีย์เวิร์ดที่ใกล้เคียงกัน

จากภาพที่ 5 จะเป็นฟังก์ชันของการแสดงข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับโรคออฟฟิศซินโดรมและในส่วนของภาพที่ 6 ภาพที่ 7 และภาพที่ 8 จะเป็นส่วนการทดลองผลโดยในคำที่ใกล้เคียงกันเพื่อที่จะดูว่าจะสามารถแสดงผลได้ตรงตามข้อมูลหรือไม่

ตารางที่ 1 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน

ข้อที่	ข้อคำถาม	μ	σ	แปลผล
	ด้านตรงตามความต้องการ (Function Requirement)			
1	ความสามารถของระบบในการตอบคำถาม	4.00	0.20	มาก
2	ความสามารถของระบบในการวิเคราะห์ข้อมูลคำถาม-คำตอบ	3.39	0.72	ปานกลาง
3	ความสามารถของระบบในการนำเสนอข้อมูล	3.69	1.28	มาก
	รวม	**3.69**	**0.73**	**มาก**
	ด้านการทำงานได้ตามหน้าที่ (Function)			
1	ความถูกต้องของการทำงานระบบในภาพรวม	3.24	0.88	ปานกลาง
2	ความถูกต้องของระบบในการจัดประเภทของข้อมูล	3.31	0.64	ปานกลาง
3	ความถูกต้องของระบบในการนำเสนอข้อมูล	3.08	0.39	ปานกลาง
	รวม	**3.21**	**0.64**	**ปานกลาง**
	ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability)			
1	ความง่ายในการเรียกใช้ระบบ	2.80	0.66	ปานกลาง
2	ความเหมาะสมในการออกแบบหน้าจอโดยภาพรวม	3.53	0.75	มาก
3	ความชัดเจนของข้อความที่แสดงบนจอภาพ	3.73	1.28	มาก
4	ความสะดวกในการเข้าใช้ระบบ	3.47	0.70	ปานกลาง
5	ความน่าใช้ของระบบในภาพรวม	3.20	0.89	ปานกลาง
	รวม	**3.35**	**0.85**	**ปานกลาง**
	ด้านประสิทธิภาพ (Performance)			
1	ความเร็วในการแสดงผล	3.94	1.02	มาก
2	ความเร็วในการนำเสนอข้อมูล	4.20	0.82	มาก
3	ความเร็วในการทำงานของระบบในภาพรวม	3.51	0.50	ปานกลาง
	รวม	**3.88**	**0.78**	**มาก**
	รวมทั้งหมด	**3.51**	**0.76**	**มาก**

การวิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถามการวิจัย การพัฒนาแอปพลิเคชันแชทบอทเพื่อให้ข้อมูลและตอบคำถามเกี่ยวกับโรคออฟฟิศซินโดรม จากแบบประเมินความพึงพอใจ พบว่าในด้านตรงตามความต้องการ (Function Requirement) ผลรวมของด้านอยู่ในระดับมากโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.69 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.73 ในด้านการทำงานได้ตามหน้าที่ (Function) ผลรวมของด้านอยู่ในระดับปานกลางโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.21 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.64 ในด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability) ผลรวมของด้านอยู่ในระดับปานกลางโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.35 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.85 และในด้านสุดท้ายด้านประสิทธิภาพ (Performance) ผลรวมของด้านอยู่ในระดับมากโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.88 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.78 โดยผลรวมทั้ง 4 ด้านอยู่ในระดับมากโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.51 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.76 โดยจะมี 2 ด้านที่มีผลรวมอยู่ในระดับปานกลางเท่ากันได้แก่ ด้านการทำงานได้ตามหน้าที่ (Function) และด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability) และด้านที่มีระดับความพอใจอยู่ในระดับมาก ได้แก่ ด้านตรงตามความต้องการ (Function Requirement) และด้านประสิทธิภาพ (Performance) ในส่วนของความแม่นยำได้ทำการทดลองใช้งานคีย์เวิร์ดที่ใกล้เคียงกันเพื่อดูว่าแสดงผลถูกต้องหรือไม่ จากการทดลองการใช้งานของผู้พัฒนาพบว่าการที่มีคีย์เวิร์ดของคำถามที่ใกล้เคียงกันนั้นสามารถแสดงผลข้อมูลได้ตรงตามคีย์เวิร์ดที่ต้องการได้รับข้อมูล

6. อภิปรายผล

จากผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งานพบว่ามีผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับมาก มีประเด็นที่มีข้อเสนอแนะมายังผู้พัฒนางานวิจัยในด้านการทำงานได้ตามหน้าที่ในฟังก์ชันต่างๆ สามารถทำงานปกติแต่ยังมีข้อบกพร่องเสถียรภาพในการทำงานอยู่บ้าง ส่วนของระบบแชทบอท สามารถพัฒนาให้สามารถมีความฉลาดและโต้ตอบการสนทนาให้ดียิ่งขึ้นและควรมีช่องทางที่จะเปิดโอกาสให้ได้แสดงความคิดเห็นจากการใช้งานแอปพลิเคชันเพื่อนำมาพัฒนาต่อจากสิ่งที่ผู้ใช้งานนั้นพบและแจ้งเข้ามาได้ และควรที่จะมีระบบที่ช่วยเหลือสำหรับผู้ใช้งานเพื่อให้ผู้สามารถเข้าใจวิธีการใช้งานได้ไวยิ่งขึ้น และต้องสามารถให้ความชัดเจนจากแหล่งที่มาของข้อมูลที่ได้นำมาเสนอในส่วนของการแสดงข้อมูลแก่ผู้ใช้นั้นสามารถทำงานได้อย่างดีโดยที่ระบบแชทบอทสามารถจำแนกคีย์เวิร์ดของคำถามที่ใกล้เคียงกันนั้นสามารถแสดงผลข้อมูลได้ตรงตามคีย์เวิร์ดที่ต้องการได้รับข้อมูล

7. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาสำหรับผู้ที่มีความสนใจในการนำผลการวิจัยไปใช้ผู้ผลิตและพัฒนา แอปพลิเคชันควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาระบบให้ดีและมีเสถียรภาพยิ่งขึ้น รวมถึงพัฒนาระบบแชทบอทให้มีความฉลาดมากยิ่งขึ้น พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้ใช้บริการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการให้บริการ การทำงานของระบบในช่องทางที่หลากหลาย เพิ่มให้มีฟังก์ชันการทำงานที่สามารถช่วยเหลือให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจวิธีการใช้งานได้ง่ายยิ่งขึ้น และสามารถให้ความชัดเจนจากแหล่งที่มาของข้อมูลได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้นเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือ

8. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ อาจารย์ที่ปรึกษา คณาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยาที่ให้คำปรึกษาแนะนำ และช่วยให้ความอนุเคราะห์จนทำงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

9. เอกสารอ้างอิง

ดวงมณีแสนมั่น และคณะ. (2564). *การพัฒนาแอปพลิเคชันแชทบอทเพื่อตอบข้อสงสัยเกี่ยวกับนักเทคนิคการแพทย์*.งานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี2564, วันที่ 30 เมษายน 2564 ณ มหาวิทยาลัยรังสิต,คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ, 65-77.

นพ.ปรมินทร์ ชัยวิบูลย์ผล. (2564). *ออฟฟิศซินโดรม (Office syndrome) อาการเรื้อรังที่ต้องรีบรักษา ก่อนจะบานปลาย* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 13 มิถุนา 2564, จากhttps://www.praram9.com/officesyndrome/.

ทิพย์วรรณ ฟูเฟื่อง และคณะ. (2564). *การพัฒนาแชทบอทให้ความรู้ด้านดิจิทัลสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี Development of Digital Literacy Learning Chatbot for Undergraduate Students*.การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษมครั้งที่ 4, วันที่ 22 พฤษภาคม 2564 ณ คณะวิทยาศาสตร์,มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทเกษม, 29-38.

พิชชาพร คาทาและคณะ. (2564*). แชทบอทสำหรับการบริการข้อมูลด้านสุขภาพ Healthcare Services Chatbot*. การเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ครั้งที่ 4,วันที่ 22 พฤษภาคม 2564 ณ คณะวิทยาศาสตร์,มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม, 39-44.

มัสรา เลาะแม. (2562). *แชทบอทสำหรับการบริการด้านการดูแลสุขภาพ Chatbots-based Healthcare Services*. ภาคนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์, มหาวิทยาลัยทักษิณ.

Witchapong Daroontham. (2561). *สร้าง Line Chatbot ด้วย Dialogflow, Python, และ Firebase ง่ายมากๆ* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 22 พฤษภาคม 2564, จากhttps://medium.com/datawiz-th/สร้าง-line- chatbot-ด้วย-dialogflow-และ-firebase-ง่ายมากๆ- c4631c041848.

การพยากรณ์ราคาทองคำแท่งรายปีโดยใช้วิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบคลาสสิค

THE FORECASTING AN ANNUAL GOLD BULLION PRICE BY USING THE CLASSIC TIME SERIES FORECASTING METHOD

อำนาจ วังจีน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สำนักวิชาศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: amnart.va@spu.ac.th

สุพล พรหมมาพันธุ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: supon.ph@spu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา สร้างตัวแบบการพยากรณ์ราคาทองคำแท่งรายปีและพยากรณ์แนวโน้มราคาราคาทองคำแท่งรายปี 2565 ด้วยวิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบคลาสสิค ใช้ข้อมูลราคาทองคำแท่งรายปีตั้งแต่ปี 2508-2564 จำนวน 57 ตัวอย่าง จากเว็บไซต์สมาคมค้าทองคำ พยากรณ์แนวโน้มราคาทองคำแท่งด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ขจัดการเปลี่ยนแปลงตามดัชนีฤดูกาลและการเปลี่ยนแปลงแบบผิดปกติด้วยค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ และคำนวณความแม่นยำของตัวแบบการพยากรณ์ด้วยค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์

ผลการศึกษา พบว่า ตัวแบบการพยากรณ์ราคาทองคำแท่งรายปีไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามดัชนีฤดูกาลรายปี มีค่าการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร ระหว่าง 0.906-1.106 และการเปลี่ยนแปลงแบบผิดปกติระหว่าง 0.9707-1.051 ซึ่งค่อนข้างน้อยได้ตัวแบบการพยากรณ์ราคาทองคำแท่งรายปีต่อน้ำหนักทองคำหนึ่งบาทเป็น $\hat{Y} = e^{\hat{T}}$ บาท เมื่อ $\hat{T} = 8.461 + 0.072(X)$ จุดเริ่มต้นคือปี 2536 X มีหน่วยเป็นปี มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เท่ากับ 4.193 พยากรณ์ราคาทองคำแท่งปี 2565 เท่ากับ 38,139.28 บาท

คำสำคัญ : ราคาทองคำ, การพยากรณ์, อนุกรมเวลาแบบคลาสสิค

ABSTRACT

This research aims to study Create an annual gold bullion price forecast model. and forecast the gold price trend for the year 2022. By the classic time series forecasting method. Using yearly gold bullion price data from 1965–2021 57 samples from the Thong Kham Trade Association website Forecast Gold bullion Price Trends Using Least Squares Method, Eliminate seasonal and irregular indices with moving averages. and calculate the accuracy of the forecast model with Mean Absolute Percentage Error.

The results of the study found that The Yearly Gold bullion Price Forecast Model does not have an annual seasonal index. has a cyclical change between 0.906-1.106 and irregular changes between 0.9707-1.051. which is less Get a model for forecasting the yearly gold price per one baht weight of gold as $\hat{Y} = e^{\hat{T}}$, $\hat{T} = 8.461 + 0.072(X)$ The starting point is 1993. X is in years. Mean Absolute Percentage Error of the testing data is 4.193% . Forecast gold bullion price in 2022 equal to 38,139.28 baht.

Keywords : Gold Price, Forecasting, Classic Time Series

ความสำคัญของปัญหา

ทองคำเป็นโลหะที่ทรงคุณค่าในตัวเองเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมหลากหลายชนิด เช่น อุตสาหกรรมเครื่องประดับ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสารโทรคมนาคม วงการแพทย์ เป็นต้น ทองคำเป็นโลหะที่ใช้แสดงความมั่งคั่งของรัฐตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน ชาวตะวันตกใช้ทองคำเป็นตัวชี้วัดความมั่งคั่ง (Wealth) ตั้งแต่ ศตวรรษที่ 14-16 และใช้กันเรื่อยมา ทองคำมีความสำคัญในระดับเศรษฐกิจในฐานะเป็นโลหะสื่อกลางแห่งการแลกเปลี่ยนเงินตราและยังถูกใช้เพื่อแสดงฐานะทางการเงินการคลังของประเทศ ซึ่งในปี 2020 นี้ 10 ประเทศ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา เยอรมนี กองทุนการเงินระหว่างประเทศ อิตาลี ฝรั่งเศส รัสเซีย จีน สวิสเซอร์แลนด์ ญี่ปุ่น และอินเดีย มีทองคำรวมสูงถึง 25,920.1 ตัน (กรุงเทพธุรกิจ, 2564) นอกจากระดับประเทศแล้วนักลงทุนทั้งในรูปขององค์กรและบุคคล ส่วนใหญ่จะกระจายความเสี่ยงโดยเข้ามาลงทุนทองคำ เพราะทองคำเป็นเครื่องมือลงทุนที่ดีมากประเภทหนึ่ง โดยเฉพาะช่วงที่ค่าเงินดอลลาร์และเงินในหลาย ๆ สกุลเกิดการอ่อนตัว และมีแนวโน้มที่จะเกิดเงินเฟ้อสูงหลังสถานการณ์โรคไวรัสโควิด 19 ที่จะลดลงในอนาคตอันใกล้นี้ ทองคำจึงมีแนวโน้มว่าราคาก็จะขึ้นสูง นักลงทุนจึงเข้ามาลงทุนในทองคำในฐานะเป็นสินทรัพย์ที่ปลอดภัย ซึ่งการลงทุนในทองคำนั้นในปัจจุบัน มีอยู่หลายรูปแบบได้แก่ ลงทุนทองคำแท่ง การเทรดทอง การออมทอง Gold Future ราคาทองคำก็จะปรับเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และด้วยเหตุที่ ปริมาณทองคำ มีค่อนข้างจำกัด ทองคำส่วนใหญ่ถูกใช้ในการสำรองฐานะทางการเงินการคลังของประเทศ และในสถาบันการเงินต่าง ๆ มีความต้องการทองคำ และดันให้ราคาทองคำปรับตัวสูงขึ้นในตลาดโลก ในรูปแบบของการลงทุน ทองคำ เป็นส่วนหนึ่งของการลงทุน การขึ้นลงของราคารทองคำจึงมีผลต่อการตัดสินใจการถือครองทองคำหรือการขายออกเมื่อเปรียบเทียบกับผลตอบแทนจากการลงทุนประเภทอื่น เช่น หุ้น กองทุน พันธบัตร คริปโตเคอเรนซี การทราบแนวโน้มราคาทองคำล่วงหน้าจึงเป็นส่วนหนึ่งสำหรับการวางแผนการลงทุน

การพยากรณ์ คือ การประมาณค่าหรือการทำนายผลล่วงหน้าหรือในอนาคตที่จะเกิดขึ้นจากสาเหตุที่เรากำหนดหรือที่เราทราบ การพยากรณ์เชิงปริมาณ แบ่งเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ วิธีวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Causal Method) และ อนุกรมเวลา (Time Series Method) วิธีวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นวิธีการพยากรณ์ตัวแปรตามจากตัวแปรอิสระ 1 ตัวหรือมากกว่า มักใช้กับข้อมูลภาคตัดขวาง (Cross-sectional Data) เป็นข้อมูลที่เก็บรวบรวม ณ เวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้น การศึกษาวิจัยมีวัตถุเพื่อประโยชน์ในการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรอิสระต่อตัวแปรตามหรือพยากรณ์ในช่วงเวลาเดียวกันเท่านั้น สร้างตัวแบบที่สมบูรณ์นักวิจัยจึงหันไปศึกษาการพยากรณ์ในรูปแบบอนุกรมเวลาแทน

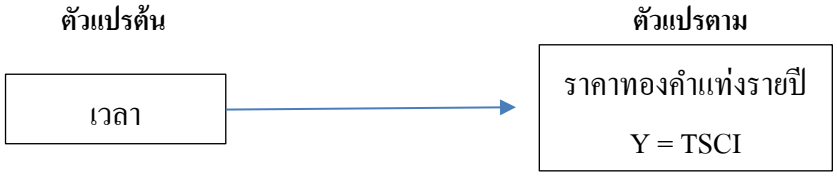
การวิเคราะห์อนุกรมเวลา เป็นเทคนิคทางสถิติที่นำข้อมูลอนุกรมเวลาในอดีตที่เก็บรวบรวมไว้อย่างต่อเนื่อง อาจจะเป็นรายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน รายไตรมาส หรือรายปี มาวิเคราะห์หารูปแบบการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลในอดีตเพื่อพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลนั้นในอนาคต การพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมมีหลายวิธี เช่น วิธีแบบคลาสสิค วิธีปรับให้เรียบ และวิธีของบอกซ์และเจนกินส์ เป็นต้น การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีแบบคลาสสิค วิชิต หล่อจีระชุณห์กุล และคณะ (2548) ได้เขียนว่า เป็นวิธีวิธีหนึ่งในการวิเคราะห์ ข้อมูลอนุกรมเวลาซึ่งจะแบ่งข้อมูลอนุกรมเวลาออกเป็น 4 ส่วนประกอบได้แก่ แนวโน้ม (Trend: T) สูงขึ้นจากอดีตสู่ปัจจุบัน แต่ไม่ได้ขึ้นเป็นเชิงเส้นอย่างเดียวมีลักษณะของการขึ้นอย่างรวดเร็วบ้าง มีการชะลอตัว มีการลดต่ำลงบ้างซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงตามดัชนีฤดูกาล (Seasonal: S) การเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร (Cycle: C) และการเปลี่ยนแปลงแบบผิดปกติ (Irregular Variation:I) จากเหตุการณ์อื่นๆ ที่เกิดขึ้นในขณะนั้น กัลยาณี คูณมี (2541) ได้อธิบายว่า โดยรูปแบบความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ TS C I แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ ความสัมพันธ์ได้แก่ รูปแบบผลคูณ ($Y = T \times S \times C \times I$) และรูปแบบผลบวก ($Y = T+S+C+I$) สำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาทางด้านธุรกิจ ศิวฤทธิ์ พงศกรรังศิลป์ (2548) แสดงทรรศนะว่า ส่วนใหญ่มักมีรูปแบบความสัมพันธ์ของอนุกรมเวลาอยู่ในรูปแบบผลคูณ

ราคาทองคำเป็นข้อมูลทางธุรกิจชนิดหนึ่งที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม คือ การพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา พยากรณ์ราคาในอนาคต โดยคาดว่าจะมีลักษณะการขึ้นลงเช่นเดียวกับราคาในอดีต โดยใช้การพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาแบบคลาสสิค ซึ่งเหมาะสมกับการพยากรณ์อนุกรมเวลาทางด้านการกำหนดให้ข้อมูลอนุกรมเวลา (Y) เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทั้ง 4 ได้แก่ แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามดัชนีฤดูกาล การเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร และ การเปลี่ยนแปลงแบบผิดปกติ อยู่ในรูปผลคูณ $Y = TSCI$ การศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยจึงใช้การพยากรณ์ข้ออนุกรมเวลาแบบคลาสสิคพยากรณ์ สร้างตัวแบบราคาทองคำแท่งรายปีต่อน้ำหนัก 1 บาท จากข้อมูลที่รวบรวมจากเว็บไซต์สมาคมค้าทองคำและแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ทดสอบความแม่นยำด้วยค่าความคลาดเคลื่อนและทดลองพยากรณ์ราคาทองคำแท่งล่วงหน้า ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างตัวแบบการพยากรณ์ราคาทองคำแท่งรายปีด้วยวิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบคลาสสิค
2. เพื่อพยากรณ์แนวโน้มราคาราคาทองคำแท่งรายปี 2565 สร้างตัวแบบการพยากรณ์ราคาทองคำรายปี

กรอบแนวคิดในงานวิจัย



ขอบเขตของการศึกษา

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา การศึกษาในครั้งนี้เป็นการหารูปแบบแนวโน้มของราคาทองคำแท่งในรูปแบบอนุกรมเวลาแบบคลาสสิคในรูปแบบความสัมพันธ์แบบผลคูณของ แนวโน้ม การเปลี่ยนแปลงตามดัชนีฤดูกาล การเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร และการเปลี่ยนแปลงแบบผิดปกติ (Y = TSCI)

2. ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล ราคาทองคำแท่งที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลราคาทองคำแท่งแบบรายปีที่ในประเทศไทย หน่วยเป็นราคาต่อน้ำหนักทองคำ 1 บาท ซึ่งเป็นข้อมูลทุติยภูมิ จากเว็บไซต์สมาคมผู้ค้าทองคำและธนาคารแห่งประเทศไทย

3. ขอบเขตด้านตัวแปรที่ศึกษา ตัวแปรในการศึกษา คือ ราคาทองคำแท่งต่อน้ำหนัก 1 บาทของประเทศไทยรายปี ตั้งแต่ปี 2508-2564

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทำให้ทราบกระบวนการแบบคลาสสิคในการพยากรณ์ราคาทองคำแท่งรายปีและได้ตัวแบบแนวโน้มราคาทองคำแท่งรายปีสำหรับพยากรณ์ราคาทองคำแท่งรายปีเพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งในการตัดสินใจการลงทุน

วิธีการดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณโดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากแหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือได้ที่เก็บรวบรวมไว้แล้วนำมาศึกษาการแจกแจงของข้อมูลแปลงค่าข้อมูลให้มีแนวโน้มเป็นเชิงเส้นวิเคราะห์สร้างเป็นตัวแบบการพยากรณ์ราคาทองคำแท่งรายปีในอนาคต

1) ศึกษาการเคลื่อนไหวของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลราคาราคาทองคำแท่งรายปี ปี 2508 – 2564 จากสมาคมค้าทองคำ (2564) จำนวน 57 ปี เพื่อพิจารณาว่าข้อมูลอนุกรมเวลานี้มีองค์ประกอบใดบ้างได้แก่ แนวโน้ม การเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร การเปลี่ยนแปลงตามดัชนีฤดูกาล และการเปลี่ยนแปลงแบบผิดปกติ ประเด็นสอดคล้องกับบทความทางวิชาการของ คชินทร์ โกกนุทาภรณ์ (2563) ทีเขียนว่า สามารถพิจารณาจากการแจกแจงของข้อมูลราคาทองคำแท่งรายปีเปรียบเทียบกับเวลาเพื่อความเหมาะสมในการกำหนดองค์ประกอบในการวิเคราะห์

2) การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้ใช้เทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีคลาสสิค โดยใช้รูปองค์ประกอบแบบผลคูณดังสมการที่ (1)

$$Y = TSCI \qquad (1)$$

โดยที่ Y คือ ข้อมูลอนุกรมเวลา T คือ แนวโน้ม S คือ การเปลี่ยนแปลงตามดัชนีฤดูกาล
C คือ การเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร I คือ การเปลี่ยนแปลงแบบผิดปกติ

3) วิธีการศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีแบบคลาสสิคมีขั้นตอนการวิเคราะห์ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) ตรวจสอบลักษณะของข้อมูล

2) สร้างสมการแนวโน้มและพยากรณ์ค่าแนวโน้มจากข้อมูลและลำดับเวลา

3) ประมาณค่าแนวโน้ม การเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร และการเปลี่ยนแปลงแบบผิดปกติ

4) พยากรณ์ตัวแบบคำนวณค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์

การประมาณค่าแนวโน้ม

การวิเคราะห์แนวโน้มราคาทองคำแท่งรายปี กำหนดให้เวลาเป็นตัวแปรอิสระและการเคลื่อนไหวของราคาทองคำแท่งเป็นตัวแปรตามโดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least squares method) ซึ่งเป็นวิธีที่มีความน่าเชื่อถือและได้รับความนิยมมากที่สุดคำนวณได้ดังสมการที่ (2)

$$\hat{T} = a + bX \tag{2}$$

$$a = \frac{\sum_{t=1}^{n} Y_t}{n}, \quad b = \frac{\sum_{t=1}^{n} X_t Y_t}{\sum_{t=1}^{n} X_t^2}$$

โดยที่ a จุดเริ่มต้นของสมการแนวโน้ม (x = 0), b ความชันของสมการแนวโน้ม

Y_t ราคาทองคำแท่งปีที่ t X_t เวลาปีที่ t

การขจัดค่าแนวโน้มจากข้อมูล

การขจัดค่าแนวโน้มออกจากข้อมูลใช้วิธีโดยหารราคาทองคำแท่งด้วยค่าแนวโน้มเมื่อกำหนดว่าข้อมูลไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามดัชนีฤดูกาล ((1)/(2)) จะได้ ดังสมการที่ (3)

$$Y/\hat{T} = CI \tag{3}$$

การขจัดการเปลี่ยนแปลงแบบผิดปกติ

การขจัดการเปลี่ยนแปลงแบบผิดปกติและการเปลี่ยนแปลงตามดัชนีฤดูกาลออกจากข้อมูลด้วยวิธีหาค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนต่อค่าแนวโน้ม(Moving Average : MA)

$$MA = TC \tag{4}$$

การคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร

การหาค่าการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร นั้นหาโดยการหารค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนต่อค่าแนวโน้มด้วยค่าแนวโน้ม((4)/(2)) ได้ค่าการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร ดังสมการที่ (5)

$$\frac{TC}{\hat{T}} = C \tag{5}$$

การคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงแบบผิดปกติ

การหาค่าการเปลี่ยนแปลงแบบผิดปกตินั้นหาโดยนำข้อมูลอนุกรมเวลานั่นคือ ราคาทองคำแท่งรายปีหารด้วย ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนต่อค่าแนวโน้ม ((1)/(4)) ได้ผลดังสมการที่ (6)

$$\frac{Y}{TC} = I \tag{6}$$

การวัดความแม่นยำของตัวแบบที่นำมาใช้พยากรณ์

การวัดความแม่นยำใช้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) คำนวณได้จากสูตรในสมการที่ (7) ค่า MAPE น้อยหมายถึงตัวแบบการพยากรณ์มีความแม่นยำสูง

$$\text{MAPE}=\left(\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{Y_t-\hat{Y}_t}{Y_t}\right|\right)\times 100\% \qquad (7)$$

โดยที่ Y_t คือ ราคาทองคำแท่งจริงปีที่ t $\hat{Y}_t$ คือ ราคาทองคำแท่งพยากรณ์ปีที่ t

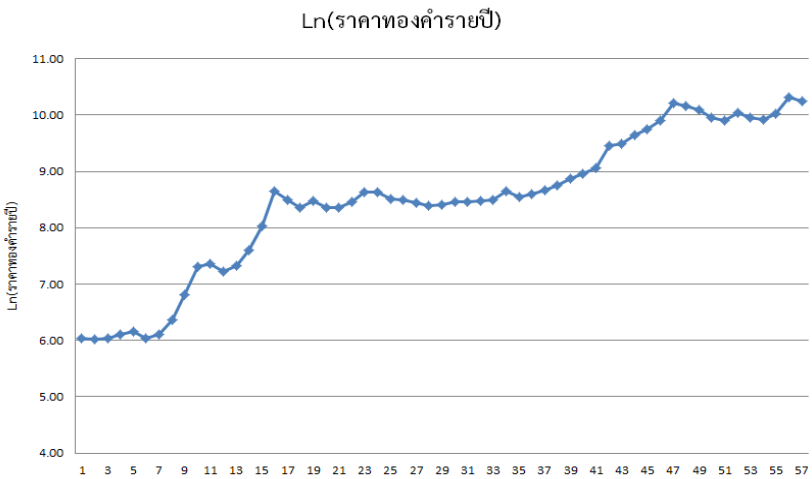
n คือ จำนวนข้อมูล

ผลการศึกษา

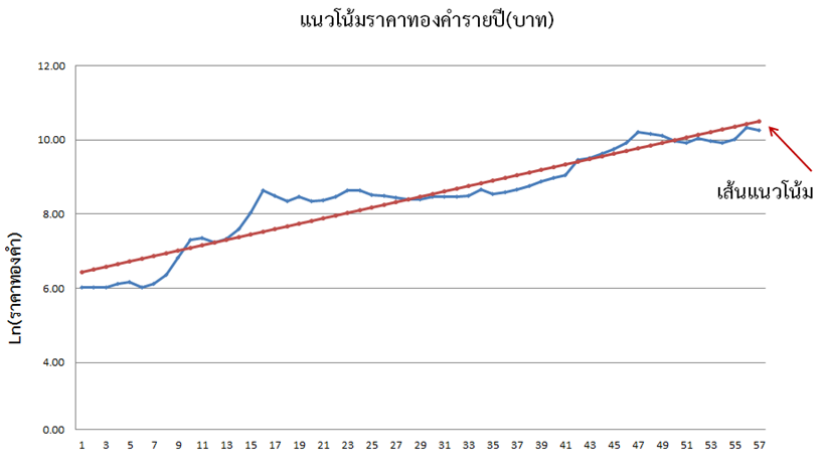
1) ตัวแบบการพยากรณ์ราคาทองคำแท่งรายปี

ผลการตรวจสอบลักษณะของข้อมูลราคาทองคำแท่งรายปี (P) พบว่ากราฟของข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงมีแนวโน้มคล้ายกับการแจกแจงแบบเอ็กโพเนนเชียล จึงแปลงข้อมูลด้วยลอการิธึมฐาน e (Y= ln(P)) ได้กราฟที่มีลักษณะแนวโน้มเป็นเส้นตรง ดังรูปที่ 1 และจากกราฟข้อมูลซึ่งเป็นข้อมูลรายปีและลักษณะกราฟของข้อมูลจะพบว่าองค์ประกอบของข้อมูลไม่มีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงตามดัชนีฤดูกาล ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลราคาทองคำแท่งรายปีนี้ จึงกำหนดให้องค์ประกอบของข้อมูลประกอบด้วย แนวโน้ม (T) การเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร (C) และการเปลี่ยนแปลงแบบผิดปกติ (I) และผลการประมาณค่าแนวโน้ม ($\hat{T}$) ราคาทองคำแท่งรายปี (Y) ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดกำหนดให้ X เป็นเวลามี หน่วยเป็นปีมีจุดเริ่มต้นอยู่ที่ปี 2536 และ Y = ln(P) ราคาทองคำแท่งรายปีเป็นตัวแปรตามจากสมการได้สมการแนวโน้ม ดังสมการที่ (8) และกราฟเส้นแนวโน้มดังรูปที่ 2

$$\hat{T}=8.461+0.072x \qquad (8)$$



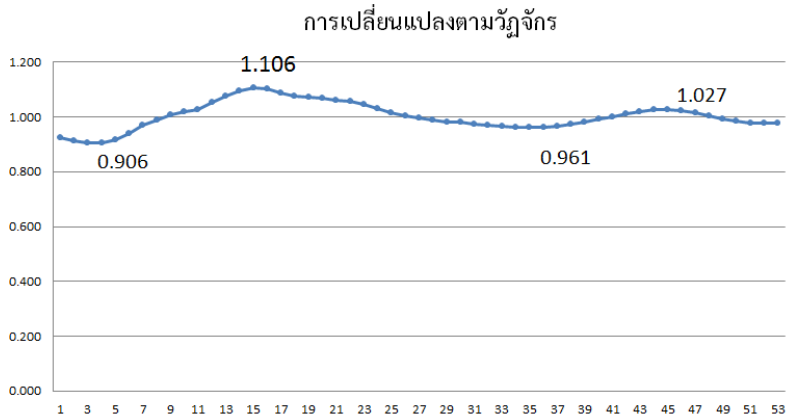
รูปที่ 1 ลักษณะแนวโน้มของราคาทองคำแท่ง



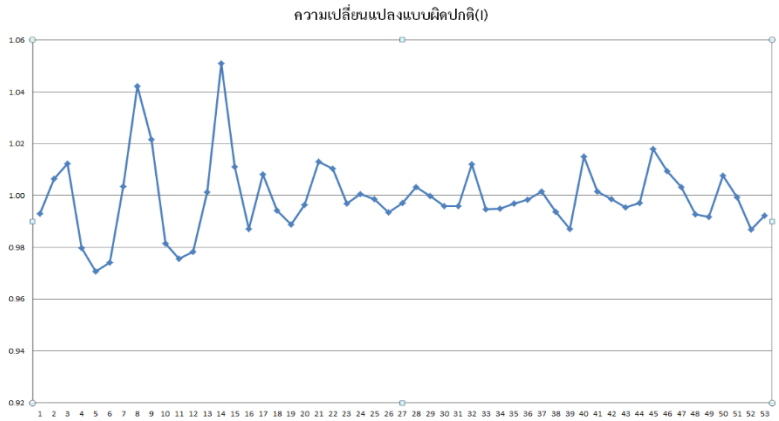
รูปที่ 2 ลักษณะเส้นแนวโน้มของราคาทองคำแห่ง

การประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงแบบผิดปกติและการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร

ข้อมูลราคาทองคำแท่งที่ใช้ในการศึกษามีหน่วยเป็นปีและลักษณะของกราฟข้อมูลไม่มีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงตามดัชนีฤดูกาล จึงไม่นำค่าการเปลี่ยนแปลงตามดัชนีฤดูกาลมาเป็นองค์ประกอบของข้อมูล ดังนั้นข้อมูลราคาทองคำแท่งจึงประกอบด้วย แนวโน้ม การเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร และการเปลี่ยนแปลงแบบผิดปกติ (Y = TCI) ผู้วิจัยจึงใช้การวิเคราะห์อัตราส่วนต่อการเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Ratio to moving average) ด้วยวิธีเคลื่อนที่ครั้งละ 5 หน่วยเพื่อขจัดการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติออกจากแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรได้ดีที่สุด (มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ต่ำที่สุด) ผลของการเคลื่อนที่เฉลี่ยข้อมูลอนุกรมเวลาจะเหลือองค์ประกอบเป็นแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร (TC) เมื่อนำข้อมูลอนุกรมเวลาเดิมหารด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาที่ได้จากการเฉลี่ยเคลื่อนที่จะได้ค่าการเปลี่ยนแปลงแบบผิดปกติดังตารางที่ 1



รูปที่ 3 ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร



รูปที่ 4 ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงแบบผิดปกติ

ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรพบว่า มีค่าระหว่าง 0.906 – 1.106 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.003 ซึ่งจะมีค่าใกล้เคียงกับ 1.00 ในช่วงระยะเวลา 57 ปีของราคาทองคำแท่งรายปีที่ใช้ในการศึกษาจุดสูงสุดสัมพัทธ์ 2 ยอดห่างกัน 30 ปี มีจุดต่ำสุดสัมพัทธ์ 2 จุด ระยะห่างกัน 11 ปี จากจุดสูงสุดสัมพัทธ์ที่ 1 ถึงจุดต่ำสุดสัมพัทธ์ที่ 1 มีระยะเวลา 20 ปี และจากจุดต่ำสุดสัมพัทธ์ที่ 2 ถึงจุดสูงสุดสัมพัทธ์ที่สองใช้เวลา 10 ปี มีลักษณะดังรูปที่ 3 และตารางที่ 1 ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาของราคาทองคำแท่งรายปีจึงไม่นำการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรมาใช้ในการพยากรณ์ด้วยสาเหตุที่มีค่าไม่แตกต่างจาก 1.00 มากนักและการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรยังไม่ชัดเจน ส่วนการเปลี่ยนแปลงแบบผิดปกตินั้นผลการศึกษาพบว่าเกิดขึ้นในรูปแบบที่ไม่อาจทำนายล่วงหน้าได้ มีค่าต่ำสุดสุมพัทธ์เท่ากับ 0.9707 และสูงสุดสัมพัทธ์เท่ากับ 1.051 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.051 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ 1.00 รูปที่ 4 และตารางที่ 1 ดังนั้นการพยากรณ์ราคาทองคำแท่งรายปีจึงไม่นำการเปลี่ยนแปลงแบบผิดปกติมาคำนวณ ผลของการพยากรณ์ได้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (MAPE) = 4.193 เขียนเป็นตัวแบบสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{Y} = \hat{T} = 8.461 + 0.072x$$

จุดเริ่มต้นของสมการแนวโน้มอยู่ที่ปี 2536 ($x = 0$) , X เวลามีหน่วยปีที่

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาราคาทองคำแท่งรายปี

พ.ศ.	P	Y=ln(P)	$\hat{T}$	MA	I	C	พ.ศ.	P	Y=ln(P)	$\hat{T}$	MA	I	C
2508	416	6.0300	6.43	-	-	-	2537	4745	8.4648	8.53	8.44	1.003	0.989
2509	414	6.0300	6.51	-	-	-	2538	4712	8.4579	8.61	8.46	1.000	0.983
2510	416	6.0307	6.58	6.07	0.993	0.923	2539	4792	8.4747	8.68	8.51	0.996	0.980
2511	451	6.1115	6.65	6.07	1.006	0.913	2540	4869	8.4906	8.75	8.53	0.996	0.974
2512	476	6.1654	6.72	6.09	1.012	0.906	2541	5748	8.6566	8.82	8.55	1.012	0.969
2513	416	6.0307	6.80	6.16	0.980	0.906	2542	5144	8.5456	8.90	8.59	0.995	0.966
2514	451	6.1115	6.87	6.30	0.971	0.917	2543	5426	8.5990	8.97	8.64	0.995	0.964
2515	576	6.3561	6.94	6.53	0.974	0.940	2544	5766	8.6597	9.04	8.69	0.997	0.961
2516	912	6.8156	7.01	6.79	1.003	0.968	2545	6355	8.7570	9.11	8.77	0.998	0.963
2517	1497	7.3112	7.09	7.02	1.042	0.990	2546	7167	8.8772	9.19	8.86	1.002	0.965
2518	1580	7.3652	7.16	7.21	1.022	1.007	2547	7844	8.9675	9.26	9.02	0.994	0.975
2519	1379	7.2291	7.23	7.37	0.982	1.019	2548	8555	9.0543	9.33	9.17	0.987	0.983
2520	1519	7.3258	7.30	7.51	0.976	1.028	2549	12900	9.4650	9.40	9.32	1.015	0.992
2521	1989	7.5954	7.38	7.76	0.978	1.053	2550	13300	9.4955	9.47	9.48	1.001	1.001
2522	3063	8.0272	7.45	8.02	1.001	1.076	2551	15350	9.6389	9.55	9.65	0.999	1.011
2523	5660	8.6412	7.52	8.22	1.051	1.093	2552	17250	9.7556	9.62	9.80	0.995	1.019
2524	4869	8.4906	7.59	8.40	1.011	1.106	2553	20050	9.9060	9.69	9.93	0.997	1.025
2525	4239	8.3521	7.66	8.46	0.987	1.104	2554	27100	10.2073	9.76	10.03	1.018	1.027
2526	4791	8.4745	7.74	8.41	1.008	1.086	2555	25900	10.1620	9.84	10.07	1.009	1.023
2527	4233	8.3507	7.81	8.40	0.994	1.075	2556	24350	10.1003	9.91	10.07	1.003	1.016
2528	4274	8.3603	7.88	8.46	0.989	1.073	2557	21150	9.9594	9.98	10.03	0.993	1.005
2529	4708	8.4570	7.95	8.49	0.996	1.067	2558	20150	9.9110	10.05	9.99	0.992	0.994
2530	5614	8.6330	8.03	8.52	1.013	1.062	2559	22800	10.0345	10.13	9.96	1.008	0.983
2531	5644	8.6383	8.10	8.55	1.010	1.056	2560	21200	9.9618	10.20	9.97	0.999	0.977
2532	5004	8.5180	8.17	8.55	0.997	1.046	2561	20300	9.9184	10.27	10.05	0.987	0.979
2533	4916	8.5003	8.24	8.50	1.001	1.031	2562	22400	10.0168	10.34	10.09	0.992	0.976
2534	4615	8.4371	8.32	8.45	0.999	1.016	2563	30400	10.32	10.42	-	-	-
2535	4375	8.3837	8.39	8.44	0.994	1.006	2564	28300	10.25	10.49	-	-	-
2536	4467	8.4045	8.46	8.43	0.997	0.996							

ผลการศึกษาข้อมูลราคาทองคำแท่งรายปีสรุปเป็นตัวแบบการพยากรณ์ได้โดยไม่นำ การเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักร การเปลี่ยนแปลงตามดัชนีฤดูกาล และการเปลี่ยนแปลงแบบผิดปกติ ได้ตัวแบบดังนี้

$$\hat{Y} = 8.461 + 0.072(X)$$

$$P = e^{\hat{Y}} = e^{8.461 + 0.072(X)}$$

เมื่อ P ราคาทองคำแท่งรายปี, $Y = \ln(P)$, $e \approx 2.71825\ldots$

2) พยากรณ์แนวโน้มราคาทองคำแท่งปี 2565

$$\hat{Y} = 8.461 + 0.072(29) = 10.549$$

$$P = e^{10.549} = 38{,}139.28$$

อภิปรายผลการศึกษา

ผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าข้อมูลราคาทองคำแท่งรายปีมีรูปแบบองค์ประกอบเป็นผลคูณ (Y= TSCI) สอดคล้องกับการศึกษาของ กัลยาณี คูณมี (2541) ที่รายงานว่า ราคาทองคำแท่งรายปีไม่มีค่าการเปลี่ยนแปลงตามดัชนีฤดูกาลเพราะใช้ข้อมูลรายปีและลักษณะการแจกแจงของเส้นกราฟของข้อมูลไม่ปรากฏลักษณะของกราฟที่มีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงตามดัชนีฤดูกาล ส่วนการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรและการเปลี่ยนแปลงแบบผิดปกติมีค่าไม่แตกต่างกันมากนักระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดสัมพัทธ์ จึงไม่นำมาใช้ในตัวแบบการพยากรณ์ราคาทองคำแท่งรายปี โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรมีค่าสูงสุดและต่ำสุดสัมพัทธ์เกิดขึ้นเพียง 2 รอบเท่านั้นและช่วงระยะเวลาของรอบทั้งสองไม่เท่ากันซึ่งอาจจะเกิดจากวัฏจักรของราคาทองคำแท่งรายมีมีระยะเวลานาน จำนวนข้อมูลที่ใช้ยังไม่มากพอที่จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรได้อย่างชัดเจน ส่วนการเปลี่ยนแปลงแบบผิดปกติในราคาทองคำแท่งรายปีนั้นจะเกิดขึ้นในสูงในช่วงปี 2512-2525 หลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงแบบผิดปกติจะมีค่าไม่สูงมากนักผลการศึกษาราคาทองคำแท่งรายปีจึงมีองค์ประกอบของข้อมูลที่เด่นชัดเพียงแนวโน้มของราคาทองคำเพียงองค์ประกอบเดียวเมื่อทดสอบความแม่นยำของตัวแบบที่ได้พบว่ามีความแม่นยำสูงมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ เพียง 4.193 และเมื่อพยากรณ์ราคาทองคำแท่งรายปีของปี 2565 ด้วยสมการพบว่าราคาทองคำแท่งมีราคาบาทละ 3,8139.28 บาท ซึ่งอาจจะราคาสูงกว่าปี 2564 มากแต่ก็อาจจะเป็นไปได้เพราะสภาพของภาวะการเงินของโลกที่มีแนวโน้มที่จะเกิดภาวะเงินเฟ้อในปี 2565 นี้ และการพยากรณ์ที่ได้ควรนำค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรและการเปลี่ยนแปลงแบบผิดปกติของข้อมูลมาพิจารณาด้วย หรืออาจจะใช้วิธีการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาแบบ วิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลอย่างง่าย วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลของโฮลท์ วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลของบราวน์ และวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลที่มีแนวโน้มแบบแดมในการศึกษาและพยากรณ์ราคาทองคำรายปีเช่นเดียวกับการศึกษาของ คชินทร์ โกกนุทาภรณ์ (2563) ซึ่งได้ศึกษาการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ราคาขายทองคำแท่งรายเดือนแล้วพบว่าวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมที่สุดคือวิธีบอกซ์-เจนกินส์

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการนำข้อมูลราคาทองคำแท่งรายปีไปสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาแบบอื่นๆ เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ราคาทองคำรายปี เช่น วิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลอย่างง่าย วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลของโฮลท์ วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลของบราวน์ และวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลที่มีแนวโน้มแบบแดม

2. ควรมีการนำข้อมูลราคาทองคำแท่งรายเดือน รายไตรมาส หรือรายวัน มาศึกษาและสร้างตัวแบบการพยากรณ์ราคาทองคำแท่งรายปี

3. ทางด้านธุรกิจน่าจะใช้วิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลาไปใช้เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการวางแผนธุรกิจของตนเอง

เอกสารอ้างอิง

กรุงเทพธุรกิจ. (2564). [ออนไลน์]. ค้นเมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม 2564 จาก https://www.bangkokbiznews.com/news/

กัลยาณี คูณมี. (2541). *สถิติสำหรับเศรษฐศาสตร์และธุรกิจ,* พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โครงการพัฒนาตำรา ศูนย์บริการเอกสารวิชาการ คณะเศรษฐศาสตร์ จุฬาฯ.

คชินทร์ โกกนุทาภรณ์. (2563). การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ราคาขายทองคำแท่ง, *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย., 5*(1) มกราคม-มิถุนายน.

วิชิต หล่อจีระชุณห์กุล และคณะ. (2548). *เทคนิคการพยากรณ์.* พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: โครงการส่งเสริมเอกสารวิชาการ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

วิวรรณ กาญจนวจี. (2561). *พยากรณ์ราคาทองคำด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักและตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุคูณ,* หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ศิวฤทธิ์ พงศกรรังศิลป์. (2548). *สถิติธุรกิจ,* พิมพ์ลักษณ์. กรุงเทพฯ: เพียร์สัน เอ็ดดูเคชัน อินโดไชน่า.

สมาคมค้าทองคำ. (2564). [ออนไลน์]. ค้นเมื่อวันที่ 20 กันยายน 2564 จาก https://www.goldtraders.or.th

การศึกษาแนวความคิดในการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการเต้าหู้ไข่

THE STUDY OF CONCEPT NUTRITION IMPROVEMENT OF EGG TOFU

ทัศน์พล ปานิเสน

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

E-mail: Thassapol_p@mail.rmutt.ac.th

อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์*

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Corresponding author E-mail: orawan_o@rmutt.ac.th

พิมพ์สิรี สุวรรณ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สาขาวิศวกรรมอาหาร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

E-mail: pimsiree_s@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวความคิด พฤติกรรมและความต้องการของผู้สูงอายุที่มีต่อผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่ เป็นการสำรวจโดยใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูล คือ แบบสอบถาม สำรวจผู้บริโภคที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป ที่อาศัยอยู่ในอำเภอคลองหลวง จังหวัด ปทุมธานี จำนวน 100 คน และเมื่อทดสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ ได้ค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.74 จากการสำรวจพบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 60-64 ปี และส่วนใหญ่มีค่า BMI อยู่ในเกณฑ์ปกติ มีรายได้ต่อเดือนเฉลี่ยต่อเดือนน้อยกว่า 10,000 บาท ผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นโรคความดันโลหิตสูง และจากการสำรวจผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมเลือกผลิตภัณฑ์ที่ให้สารอาหารโปรตีนทดแทนเนื้อสัตว์ คือ เต้าหู้ โดยชนิดเต้าหู้ที่ผู้บริโภควัยนี้ส่วนใหญ่เลือกบริโภค คือ เต้าหู้ไข่ ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมบริโภคอาหารรสจืด เมนูแกงจืดเต้าหู้ ข้อมูลปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดที่มีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เต้าหู้ พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคมากที่สุด ด้านผลิตภัณฑ์ได้แก่ มีฉลาก ระบุส่วนผสม วันเดือนปี รองลงมาได้แก่ คุณค่าทางโภชนาการ ด้านราคาได้แก่ ราคาที่เหมาะสมกับปริมาณและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ด้านการจัดจำหน่ายได้แก่ สะดวกต่อการซื้อหรือมีจำหน่ายใกล้บ้าน ด้านส่งเสริมทางการตลาดได้แก่ มีตัวอย่างให้ชิม และด้านบรรจุภัณฑ์ได้แก่ บรรจุภัณฑ์ที่มีข้อมูลครบถ้วน ปัญหาของผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่พบว่า คุณค่าทางโภชนาการไม่ครบถ้วน หากมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่ผู้บริโภคต้องการเสริมผักสมุนไพรที่มีกากใย และสารอาหารที่มีประโยชน์ในการป้องกัน และบรรเทาโรคเรื้อรังต่างๆ ได้ และเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์น่าสนใจและสะดวกต่อการนำมาบริโภค จึงมีแนวคิดที่จะนำเทคนิคโมเลกุลมา

ประยุกต์ใช้ดัดแปลงผักเสริมในเต้าหู้ไข่ เพื่อลดอคติต่อผักและสมุนไพรบางชนิด และสร้างความแปลกใหม่ให้กับผลิตภัณฑ์ อีกทั้งสอดคล้องกับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย และกลุ่มที่รักสุขภาพ อย่างสูงสุด

คำสำคัญ: แนวความคิด, การพัฒนาผลิตภัณฑ์, เต้าหู้ไข่, ผู้สูงอายุ

ABSTRACT

The objective of this research was to study the concepts, behaviors, and needs of the elderly towards egg tofu products. This study was conducted through survey research. A questionnaire was used as a research instrument for data collection of 100 consumers aged 60 and older and over living in Khlong Luang District, Pathum Thani Province. According expert's assessment, questionnaire index of consistency (IOC)'s mean was 0.74. Most consumers were 60- 64 year-olds female, with a normal BMI, Their average monthly incomes were less than 10,000 baht. Most consumers had hypertension, and were preferred to choose products that provide nutrients, proteins, meat, and tofu. Most consumers preferred bland foods, soups, and tofu. Marketing factors that are effective towards the purchase of Tofu products. It should be noted that the influential factors 0n consumers' purchasing needs Product, the most were labels, ingredient identification, date of year secondly, nutritional values, Price, reasonable price for product quantity and quality, Place, convenience to buy or sell near home. Promotion, there are product samples for taste test. And Packaging, complete of nutrition information. The problems found about product information were incomplete nutritional value. If a new egg tofu were developed, consumers would desire addition of vegetables and herbs with fiber and nutrients on the product convenience of the product consumers, the molecular techniques may be applied for addition of vegetables into egg tofu and reduction of prejudices against certain vegetables and herbs as well as development a new product in line with the target consumers and health-conscious groups.

Keywords: Concept, Product Development, Egg Tofu, Elderly

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ปัจจุบันในสังคมไทย มีแนวโน้มสังคมผู้สูงอายุเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว จากการรายงานของ (สำนักงานคณะกรรมการ การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2562) ที่คาดการประมาณประชากรของประเทศไทย พ.ศ. 2553-2558 พบว่า วัยเด็กและวัยแรงงานลดลง ขณะที่ประชากรสูงวัยสูงขึ้นและยังมีแนวโน้มอายุยืดยาวขึ้นเช่นกัน จนเข้าสู่การเป็นสังคมสูงวัยอย่างสมบูรณ์ และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ในวัยนี้ มักจะพบความเสื่อมลงของอวัยวะต่างๆของร่างกาย อันเป็นผลมาจากการดำเนินชีวิต และพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของตนเองที่ผ่านมา เป็นปัจจัยที่ส่งผลให้ผู้สูงอายุเกิดโรคและความเจ็บป่วยเรื้อรัง (สุพิชญา หวังปิติพาณิชย์, 2561) ศึกษาการจัดการทรัพยากรเพื่อการดูแลผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิงในยุคประเทศไทย 4.0 พบผู้สูงอายุเป็นกลุ่มโรค NCDs อาทิเช่น โรคความดันโลหิตสูง โรคมะเร็ง โรคกระดูกพรุน เช่นเดียวกับ (กองโรคไม่ติดต่อ กระทรวงสาธารณสุข, 2563) เป็นปัญหาให้ผู้สูงอายุมีความต้องการปริมาณอาหารลดน้อยลงเนื่องจากปัญหาสุขภาพ ปัญหาเรื่องการเคี้ยว ในขณะที่ความต้องการสารอาหารของร่ากายยังคงเดิม ดังนั้นอาหารของผู้สูงอายุ จึงจำเป็นต้องมีการจัดเตรียมให้มีปริมาณและคุณภาพที่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย และมีเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุ และผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่ เป็นอีกหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสำหรับผู้สูงอายุ

เต้าหู้ไข่ (Egg Tofu) เป็นผลิตภัณฑ์จากไข่และนมถั่วเหลือง ในปัจจุบันเป็นที่นิยมของบุคคลทั่วไป เนื่องจากมีเนื้อสัมผัสอ่อนนิ่มและย่อยง่าย สามารถนำมาประกอบอาหารได้หลากหลายเมนู มีสารอาหารมากมาย อาทิเช่น แคลเซียม เหล็ก วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 โอเมก้า 6 โฟลิก และโปรตีนเลซิตินที่มากกว่าเนื้อสัตว์บางชนิด ซึ่งเป็นสารอาหารที่สำคัญในการซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย (อุษาพร ภูคัสมาส, 2560) ช่วยเสริมสร้างการทำงานของระบบประสาทและความทรงจำ (ณัฐพนธ์ นันทพรพิสุทธิ์, 2560) และประโยชน์อื่นๆ มากมาย แต่ในเต้าหู้ไข่ยังขาดสารอาหารที่มีกากใย และสารอาหารที่มีส่วนช่วยลดหรือบรรเทาโรคกลุ่ม NCDs ซึ่งเป็นสารอาหารที่จำเป็นสำหรับผู้สูงอายุ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่ ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้สูงอายุ และปัญหาที่ผู้สูงอายุพบ โดยการสร้างแบบสอบถามเพื่อใช้ในการสำรวจผู้บริโภค เพื่อให้ได้ข้อมูลที่นำไปสู่แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่ ให้สอดคล้องต่อความต้องการของผู้สูงอายุ อีกทั้งเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความหลากหลายเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ และเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไปได้ในเชิงพานิชย์

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาแนวความคิดของผู้บริโภคในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 เต้าหู้ไข่ (Egg tofu) เป็นผลิตภัณฑ์จากไข่และนมถั่วเหลือง และในปัจจุบันเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในแถบเอเชีย มีเนื้อสัมผัสอ่อนนิ่ม ไม่แข็งหรือไม่เหลวเกินไป หรือมีฟองอากาศ ซึ่งลักษณะที่ดีของเต้าหู้ตามหลัก (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) คือ ต้องไม่มีการแยกตัวของน้ำในบรรจุภัณฑ์ สีต้องมีสีขาวหรือเหลืองตามธรรมชาติ และไม่พบสิ่งแปลกปลอมในส่วนผสมที่ใช้ และต้องมีปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก คุณภาพทางจุลินทรีย์ ต้องไม่เกิน 5×10^4 โคโลนีต่อ 1 ตัวอย่าง และจุลินทรีย์อื่นๆ อาทิเช่น ซาลโมเนลา (*Salmonella spp.)* สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส *(Staphylococcus aureus*) ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม และ 0.1 กรัม ตามลำดับ มีสารอาหารมากมาย เช่น โปรตีน ไขมันไม่อิ่มตัว ธาตุเหล็ก โอเมก้า 3,6 และอื่นๆ ที่มีส่วนช่วยให้ระบบการทำงานของประสาทและสมองทำงานมีประสิทธิภาพ และประโยชน์อื่นๆมากมาย (ณัฐพนธ์ นันทพรพิสุทธิ์, 2560*)*

3.2 ผู้สูงอายุ (Elderly) คือ ผู้ที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป ร่างกายเจริญเติบโตถึงขั้นสุด และมีการเปลี่ยนแปลงหลายด้าน ทั้งร่างกาย สมอง อารมณ์และสังคม เป็นวัยที่ต้องการการดูแลอย่างใกล้ชิดเนื่องจากมักจะพบปัญหาในทุกๆ ด้านโดยเฉพาะด้านสุขภาพ สูญเสียบทบาท ความสามารถในการพึ่งพาตนเองต้องการความช่วยเหลือจากบุคคลอื่น เพื่อความสมบูรณ์ทั้งด้านร่างกาย จิตใจ และดำเนินชีวิตได้อย่างปกติสุข เช่น อัญลี จุมพฎจามีกร และสเปญ อุ่นอนงค์ (2557) แนะนำวิธีอยู่อย่างไรให้เป็นสุขในวัยสูงอายุ

3.3 พรรณนภา ไชยเกล้า และศรัญญา วอขวา (2561) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่แครอทเสริมแป้งข้าวโพด พบว่า ปริมาณแป้งข้าวโพดที่เสริมแป้งข้าวโพด 0.5 กรัม มีค่า L* 76.66 a*4.49 และ b* 28.72 มีค่าความแข็ง ค่าความสามารถเกาะกัน และค่าการคืนตัว มีค่า 8.18 กรัม (g), 0.39 มิลลิเมตร (mm), และ 2.39 มิลลิเมตร (mm) การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า มีปริมาณโปรตีน เยื่อใย ไขมัน ความชื้น เถ้า และคาร์โบไฮเดรต มีค่า 12.86, 0.51,6.46,83.18,2.67,3.74 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

3.4 กันต์กนิษฐ์ สังขพิทักษ์ และคณะ (2558) ศึกษาคุณภาพ ความปลอดภัย และลักษณะทางประสาทสัมผัสของเต้าหู้ไข่ที่ผลิตจากไข่นกกระทาร้าว พบว่าคุณค่าทางกายภาพ ค่าสีของเต้าหู้ไข่ (L* b*) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ยกเว้นค่า a* ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 3 ผลการตรวจวัดค่า pH พบว่า มีค่าเพิ่มขึ้น เนื้อสัมผัส พบว่า ค่าความแข็ง การเกาะกันความคงทนต่อการเคี้ยว แรงที่ใช้ในการเคี้ยว และแรงเฉือน ด้านคุณภาพจุลินทรีย์ พบว่าไม่พบจุลินทรีย์รวม และคะแนนทางประสาทสัมผัสในทุกด้านไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

3.5 พิมพ์พิชญ์ สังข์แป้น และคณะ (2554) การยืดอายุการเก็บรักษาเต้าหู้หลอดไข่ไก่โดยใช้ไนซิน พบว่าการเติมไนซินร้อยละ 0.01 และ 0.015 โดยน้ำหนักของวัตถุดิบ มีประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาเต้าหู้ไข่ไก่ได้นานมากกว่า 15 วันและ 20 วันตามลำดับในขณะที่เต้าหู้หลอดไข่ไก่ที่เติมสารกันเสียชนิดอื่นเก็บได้ไม่ถึง 3 วัน

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น โดยการศึกษาข้อมูลจากงานวิจัย หนังสือ เอกสารสิ่งพิมต่างๆ หรืออินเทอร์เน็ตที่มีเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่จะทำการศึกษา คือ การศึกษาแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่ เพื่อให้ได้ข้อมูลต่างๆ ที่จะใช้ในการสำรวจได้อย่างครบถ้วน เช่น กลุ่มบริโภค พฤติกรรม ปัจจัยต่างๆ ที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญในการเลือกซื้อ

4.2 ออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ โดยทำการออกแบบเครื่องมือในการสำรวจ คือ แบบสอบถามเพื่อศึกษาแนวความคิดของผู้บริโภคในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่

4.3 นำเครื่องมือเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินและตรวจสอบ นำแบบสอบถามมาทดสอบหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านอาหารและโภชนาการ และงานวิจัย จำนวน 3 ท่าน โดยการประเมินเป็นรายข้อด้วยวิธี Index of Item Objective Congruence (IOC) พิจารณาความถูกต้องตามองค์ประกอบที่จะศึกษาและภาษาที่ใช้ เพื่อให้ได้ข้อคำถามที่เที่ยงตรงและมีความสมบูรณ์เหมาะสำหรับการนำไปสำรวจกลุ่มเป้าหมาย

4.4 การปรับปรุงเครื่องมือ เมื่อผ่านการประเมินและตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านเรียบร้อยทำการปรับปรุงเครื่องมือตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ มีความถูกต้อง และแบบสอบถามมีเนื้อหาที่ครอบคลุม เหมาะสมเพื่อให้ได้ข้อคำถามที่มีความสมบูรณ์

4.5 สำรวจผู้บริโภค ในการสำรวจผู้บริโภคโดยแจกแบบสอบถาม เพื่อศึกษาแนวความคิดของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่ กลุ่มเป้าหมายที่อยู่ในเขตอำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี จำนวน 100 คน โดยใช้ตารางสุ่มกำหนดกลุ่มตัวอย่างสำเร็จรูปของ ทาโร ยามาเน่ (Yamane) ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ความคลาดเคลื่อน $\pm$ 10 เทียบจำนวนประชากรวัยสูงอายุใน จังหวัดปทุมธานี และวิธีการคัดเลือกผู้บริโภคตอบแบบสอบถาม แบบสุ่มบังเอิญ ซึ่งมีอายุ 60 ปีขึ้นไป ที่บริโภคเต้าหู้ เพื่อสำรวจข้อมูลจากผู้บริโภคและรวบรวมข้อมูลนำมาสร้างแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

4.6 การวิเคราะห์ข้อมูลและประเมินผล เมื่อได้ข้อมูลในการสำรวจจากการเก็บรวบรวมจากแบบสอบถามเรียบร้อยแล้ว นำข้อมูลจากแบบสอบถามประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS (Statistical Package for the Social Science) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ซึ่งจะแสดงจำนวนความถี่ร้อยละของข้อมูลในแต่ละข้อของแบบสอบถามข้อนั้นๆ โดยใช้สถิติ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน จากนั้นดำเนินการสรุปประเมินผล และวิเคราะห์ในแต่ละส่วนของแบบสอบถาม เพื่อนำข้อมูลที่ได้นำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

5. ผลการวิจัย

5.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นจากการสืบค้นข้อมูลจากงานวิจัย หนังสือเอกสาร สิ่งพิมพ์ต่างๆ อินเตอร์เน็ต พบว่า แบบสอบถามควรมีข้อมูลเกี่ยวกับ ลักษณะทางประชากรศาสตร์ พฤติกรรมการบริโภคเต้าหู้ ปัจจัยในด้านต่างๆ ที่มีความสำคัญต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เต้าหู้ อาทิเช่น ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านการจัดจำหน่าย การส่งเสริมการตลาด และด้านบรรจุภัณฑ์ รวมถึงข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่ เช่น ปัญหาที่พบในการบริโภคเต้าหู้ไข่ และถ้ามีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุ โดยการเสริมผักสมุนไพรลงในเต้าหู้ไข่ ท่านคิดว่าควรจะเสริมชนิดใด (เลือกเรียงลำดับ 3 อันดับ) เป็นต้น

5.2 ออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ พบว่า แบบสอบถามโดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วย เพศ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง การศึกษา รายได้ และโรคประจำตัว เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดเป้าหมายที่ชัดเจน และใช้วางแผนเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตอบสนองกับความต้องการของผู้บริโภค และเจาะกลุ่มเป้าหมายทางการตลาดได้

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์เต้าหู้ เพื่อให้ทราบถึงความต้องการของผู้บริโภค เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้สอดคล้องกับผู้บริโภคและตลาด อาทิเช่น ผลิตภัณฑ์ที่ท่านคิดว่าให้โปรตีนสูงสามารถทดแทนเนื้อสัตว์ที่เหมาะสำหรับผู้สูงอายุ ท่านรู้จักผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองประเภทใดบ้าง ความถี่ในการรับประทานเต้าหู้ใน 1 สัปดาห์ เป็นต้น

ส่วนที่ 3 ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่ มีสเกล 5 ระดับให้ผู้บริโภคให้คะแนนตามความรู้สึก ข้อมูลในส่วนนี้ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จะทำให้ทราบถึงความสำคัญในแต่ละด้านที่ผู้บริโภคใส่ใจ เช่น ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ด้านการส่งเสริมทางการตลาด และด้านบรรจุภัณฑ์

ส่วนที่ 4 ข้อมูลเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้ ข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้ ทดสอบผู้บริโภคเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค เช่น ปัญหาที่พบในการบริโภคเต้าหู้ไข่

ส่วนที่ 5 ข้อเสนอแนะ

5.3 เสนอเครื่องมือให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินและตรวจสอบ จากการตรวจสอบประเมินตรวจสอบความถูกต้อง ของเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พบว่า รายการประเมินทุกข้อโดยรวมมีค่า IOC เท่ากับ 0.74 แสดงว่าข้อมูลที่วิเคราะห์ได้นั้น มีความเหมาะสมในการนำไปใช้เก็บข้อมูล การศึกษาพฤติกรรมการบริโภคเต้าหู้ไข่ต่อไป โดยมีบางหัวข้อที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 ซึ่งควรมีการปรับปรุงในหัวข้อนั้นๆ

5.4 ปรับปรุงเครื่องมือ จากการตรวจสอบเครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน พบว่า มีบางหัวข้อมีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 จึงได้ทำการปรับปรุง ดังนี้ ส่วนที่ 1 ข้อที่ 2 อายุ ข้อที่ 5 อาชีพ และ ข้อที่ 7 เป็น ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่ ส่วนที่ 2 ข้อที่ 1 ผลิตภัณฑ์ที่ท่านคิดว่าให้โปรตีนสูงสามารถทดแทนเนื้อสัตว์เหมาะสำหรับผู้สูงอายุที่สุด ข้อที่ 5 ความถี่ที่ท่านรับประทานเต้าหู้ใน 1 สัปดาห์ ข้อที่ 6 ท่านนิยมเลือกซื้ออาหารพร้อมทานในสถานที่ใดมากที่สุด ส่วนที่ 3 ข้อที่ 3.1.4 ผลิตภัณฑ์มีให้เลือกหลายขนาด (ปริมาณ) ข้อที่ 3.2.3 หลากหลายราคาตามปริมาณสินค้า 3.2.1 และข้อที่ 3.3.3 ผู้เชี่ยวชาญมีความไม่แน่ในคำถามข้อนี้ 3.5.2 คงคุณภาพ หรือยืดอายุของผลิตภัณฑ์ 3.5.5 สะดวกต่อการนำไปอุ่น ส่วนที่ 4 ข้อที่ 3 ข้อที่ 4 เติมประโยคให้สมบูรณ์ ทำการปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ มีเนื้อหาที่ครอบคลุม เพื่อให้ได้ข้อคำถามที่มีความสมบูรณ์

5.5 สำรวจผู้บริโภค

5.5.1 ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค จำนวน 100 คน พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 62.00 อายุอยู่ระหว่าง 60-64 ปี คิดเป็นร้อยละ 31.00 และมีค่า BMI ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ปกติ คิดเป็นร้อยละ 43.00 วัยสูงอายุไม่ได้ประกอบอาชีพ คิดเป็นร้อยละ 49.00 มีรายได้น้อยกว่า 10,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 74.00 โรคที่พบส่วนใหญ่ คือ โรคความดันโลหิตสูง คิดเป็นร้อยละ 34.61

5.5.2 ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคเต้าหู้ ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมเลือกผลิตภัณฑ์ที่ให้สารอาหารโปรตีนทดแทนเนื้อสัตว์ คือ เต้าหู้ คิดเป็นร้อยละ 73.00 และผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครู้จักที่ผลิตจากถั่วเหลือง ส่วนใหญ่เลือกผลิตภัณฑ์เต้าหู้ คิดเป็นร้อยละ 34.07 ประเภทเต้าหู้ที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมบริโภคเต้าหู้ไข่ คิดเป็นร้อยละ 45.12 และส่วนใหญ่นิยมรับประทานเมนูแกงจืดเต้าหู้ คิดเป็นร้อยละ 50.25 ผู้สูงอายุชอบอาหารรสจืด คิดเป็นร้อยละ 85.1 และความถี่ผู้บริโภคส่วนใหญ่บริโภค 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 57.00 และสถานที่ที่ซื้ออาหารพร้อมรับประทานส่วนใหญ่ให้ความเห็นว่าซื้อจากตลาดสดมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 54.00

5.5.3 ส่วนที่ 3 ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเลือกซื้อเต้าหู้

การสำรวจข้อมูลปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดที่อิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่ประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่ ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ด้านการส่งเสริมการตลาด ด้านบรรจุภัณฑ์ (ดังแสดงในตารางที่ 1) ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลจะทำการแจกแจงเป็นค่าเฉลี่ย และระดับความสำคัญในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความสำคัญของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่ด้านต่างๆ

ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อ	$\bar{X}$ ± S.D.	ระดับความสำคัญ
ด้านผลิตภัณฑ์ (Product)		
1. รสชาติของผลิตภัณฑ์	4.11±0.68	มาก
2. คุณค่าทางโภชนาการ	4.16±0.67	มาก
3. ผลิตภัณฑ์มีชื่อเสียง/เป็นที่รู้จัก	3.74±0.73	ปานกลาง
4. ผลิตภัณฑ์มีให้เลือกหลายขนาด (ปริมาณ)	3.60±0.79	มาก
5. ผลิตภัณฑ์มีเครื่องหมายรับรองคุณภาพ	4.12±0.60	มาก
6. ผลิตภัณฑ์มีฉลาก ระบุส่วนผสม/วันเดือนปี ผลิตและหมดอายุ	4.24±0.55	มาก
รวม	3.99±0.67	มาก
ด้านราคา (Price)		
1. ราคาเหมาะสมกับปริมาณและคุณภาพของผลิตภัณฑ์	4.22±0.61	มาก
2. มีป้ายแสดงราคาที่แสดงชัดเจน	4.16±0.54	มาก
3. มีหลายระดับราคาตามปริมาณสินค้า	3.88±0.67	มาก
รวม	4.08±0.60	มาก
ด้านการจัดจำหน่าย (Place)		
1. สถานที่จำหน่ายใกล้บ้าน	4.29±0.55	มาก
2. มีตัวแทนจำหน่าย	3.35±0.59	ปานกลาง
3. บริการสั่งซื้อผ่านอินเตอร์เน็ต	3.17±0.60	ปานกลาง
4. ร้านสะดวกซื้อ	3.85±0.65	มาก
5. ห้างสรรพสินค้า/ซุปเปอร์มาร์เก็ต	3.55±0.79	ปานกลาง
รวม	3.64±0.64	มาก

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อ	$\bar{X}$ ± S.D.	ระดับความสำคัญ
ด้านส่งเสริมทางการตลาด (Promotion)		
1. มีตัวอย่างให้ทดลองชิม	3.80±0.75	มาก
2. จัดกิจกรรมส่งเสริมการขาย	3.58±0.68	ปานกลาง
3. มีการโฆษณา ประชาสัมพันธ์	3.61±0.65	ปานกลาง
4. จัดบูทแสดงสินค้า	3.39±0.63	ปานกลาง
รวม	3.59±0.67	มาก
ด้านบรรจุภัณฑ์ (Packaging)		
1. บรรจุภัณฑ์ที่สวยงาม	3.77±0.77	ปานกลาง
2. มีคุณภาพ หรือยืดอายุของผลิตภัณฑ์	4.11±0.65	มาก
3. สามารถปกป้องผลิตภัณฑ์ได้	4.07±0.65	มาก
4. บอกข้อมูลผลิตภัณฑ์ได้ครบถ้วน	4.08±0.64	มาก
5. สะดวกต่อการนำไปอุ่น	4.16±0.56	มาก
6. สะดวกต่อการขนส่ง	4.06±0.63	มาก
7. มีข้อมูลโภชนาการ	4.17±0.64	มาก
รวม	4.06±0.65	มาก

หมายเหตุ : ±หมายถึงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตารางที่ 1 ปัจจัยที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญด้านผลิตภัณฑ์ พบว่า ให้ความสำคัญกับ ผลิตภัณฑ์มีฉลาก ระบุส่วนผสม วิธีบริโภค วันเดือนปี ที่ผลิตและหมดอายุค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.24±0.55 รองลงมา คือ คุณค่าทางโภชนาการ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.16±0.67 ปัจจัยทางด้านราคา พบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับราคาเหมาะสมกับปริมาณและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.22±0.61 และปัจจัยด้านการจัดจำหน่าย พบว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญการจำหน่ายใกล้บ้านมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.29±0.55 ปัจจัยทางด้านการส่งเสริมทางการตลาด พบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับมีปัจจัยที่มีตัวอย่างให้ชิมมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.80±0.75 ปัจจัยทางด้านบรรจุภัณฑ์ พบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับบรรจุภัณฑ์มีข้อมูลโภชนาการ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.17±0.64

5.5.4 ส่วนที่ 4 ข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่ พบว่า ปัญหาในการบริโภคเต้าหู้ไข่มากที่สุดของผู้บริโภคคือ คุณค่าทางโภชนาการไม่ครบถ้วน คิดเป็นร้อยละ 37.87 และจากความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับการเสริมข้าวลงในเต้าหู้ไข่เพื่อเพิ่มสารอาหารในเต้าหู้ไข่ผู้บริโภคให้ความชอบมากที่สุดคือ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ คิดเป็นร้อยละ 44.29 ความคิดเห็นการเสริมผักสมุนไพรเพื่อเพิ่มสารอาหารในเต้าหู้ไข่ ผู้บริโภคให้ความเห็นว่าอันดับที่ 1 คือ ตำลึง คิดเป็นร้อยละ 38.61 อันดับที่ 2 คือ ขึ้นฉ่าย คิดเป็นร้อยละ 23.32 อันดับที่ 3 คือ แครอท คิดเป็นร้อยละ 30.07 และรูปแบบผักที่ผู้บริโภคให้ความคิดเห็นที่เหมาะสมสำหรับการนำไปเสริมในเต้าหู้ไข่มากที่สุด คือ การนำไปปั่นและขึ้นรูปเป็นเส้น คิดเป็นร้อยละ 60.00 และมื้ออาหารที่ผู้บริโภคมีความคิดเห็นว่าพัฒนามากที่สุดคือ มื้อเช้า คิดเป็นร้อยละ 72.00 และความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับการพัฒนาเต้าหู้ควรจะพัฒนาเป็นรูปแบบเพื่อการบริโภคประเภทใดมากที่สุด โดยผู้บริโภคให้ความคิดเห็นมากที่สุดคือ นำมาปรุงก่อนบริโภค คิดเป็นร้อยละ 44.00

6. อภิปรายผล

6.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น จากการสำรวจพบว่า แบบสอบถามควรมีข้อมูลเกี่ยวกับ ลักษณะทางประชากรศาสตร์ พฤติกรรมการบริโภคเต้าหู้ ปัจจัยในด้านต่างๆ ที่มีความสำคัญต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เต้าหู้ รวมถึงข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่ (นฤมล จิตรเอื้อ และคณะ, 2561) ได้ศึกษาการใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลงานวิจัย เพื่อให้ได้ผลกี่ศึกษาที่ครอบคลุม ถูกต้อง น่าเชื่อถือได้มากที่สุด

6.2 ออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ พบว่า แบบสอบถามประกอบด้วย 5 ส่วน ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์เต้าหู้ ส่วนที่ 3 ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่ ส่วนที่ 4 ข้อมูลเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้ ส่วนที่ 5 ข้อเสนอแนะ (สิรินทร์ สิริการต์กุล, 2561) พฤติกรรมการบริโภคและการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปในประเทศไทย ศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภค เพื่อพัฒนาผลิตตภัณฑ์ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค

6.3 เสนอเครื่องมือให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินและตรวสอบ จากการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย พบว่า รายการประเมินทุกข้อโดยรวมมีค่า IOC เท่ากับ 0.74 แสดงว่าข้อมูลที่วิเคราะห์ได้นั้น มีความเหมาะสมในการนำไปใช้เก็บข้อมูล การศึกษาพฤติกรรมการบริโภคเต้าหู้ไข่ต่อไป โดยมีบางหัวข้อที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 ซึ่งควรมีการปรับปรุงในหัวข้อนั้นๆ สอดคล้องกับ (อรนุช ศรีสะอาด, 2538) ที่กล่าวถึง เกณฑ์การตัดสินค่า IOC ถ้ามีค่ามากกว่า 0.50 แสดงว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหานั้น แสดงว่าข้อคำถามข้อนั้นสามารถใช้ได้

6.4 ปรับปรุงเครื่องมือ จากการตรวจสอบเครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน พบว่า มีบางหัวข้อมีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 จึงได้ทำการปรับปรุงให้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้เก็บข้อมูล การศึกษาพฤติกรรมการบริโภคเต้าหู้ไข่ต่อไป

6.5 สำรวจผู้บริโภค

6.5.1 ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค จำนวน 100 คน พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง โรคที่พบส่วนใหญ่ คือ โรคความดันโลหิตสูง คิดเป็นร้อยละ 34.61 (นิพพาภัทร์ สินทรัพย์ และคณะ, 2560) กล่าวว่า โรคความดันโลหิตสูง เป็นโรคเรื้อรังที่เป็นปัญหาสาธารณสุขของทุกประเทศทั่วโลกรวมทั้งประเทศไทยซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และ (สำนักงานสถิตแห่งชาติ, 2555) กล่าวว่าจากการสำรวจผู้สูงอายุในประเทศไทย พ.ศ. 2554 พบว่าร้อยละ 52.76 ของผู้สูงอายุประสบกับโรคใดโรคหนึ่ง หรือมากกว่า กลุ่มโรคที่ผู้สูงอายุไทยเป็นกันมากลำดับ 1 คือ ความดันโลหิตสูงคิดเป็นร้อยละ 33.69

6.5.2 ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคเต้าหู้ ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมบริโภค เต้าหู้ไข่ คิดเป็นร้อยละ 45.12 อันเนื่องมาจากผู้บริโภควัยนี้มีปัญหาเกี่ยวกับการบริโภคอาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เลือกผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะอ่อนนิ่ม รับประทานง่าย (วรัญญา มณีรัตน์ และคณะ, 2558) ได้ศึกษาพฤติกรรมผู้สูงอายุพบว่ามีปัญหาด้านสุขภาพฟัน โดยพบว่าใส่ฟันปลอม (คณะแพทย์ศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี, 2559) กล่าวว่าอายุที่เพิ่มขึ้นการทำงานของโฮโมนเอสโตรเจนลดลง มีผลทำให้มีการดึงแคลเซียมจากกระดูกเข้ามาในกเลือด ทำให้กระดูกบางลง และพบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมรับประทานเมนูแกงจืดเต้าหู้ คิดเป็นร้อยละ 50. 25 และความถี่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ บริโภค 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ และสถานที่ที่ซื้ออาหารพร้อมทานส่วนใหญ่ให้ความเห็นว่าซื้อ จากตลาดสดมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 54.00

6.5.3 ส่วนที่ 3 ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเลือกซื้อเต้าหู้ ด้านผลิตภัณฑ์ พบว่า ให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์มีฉลาก ระบุส่วนผสม วิธีบริโภค วันเดือนปี ที่ผลิตและหมดอายุค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.24±0.55 รองลงมาคือ

คุณค่าทางโภชนาการ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.16±0.67 เช่นเดียวกับ ทิพวัลย์ สุวรรณรัษ์ (2560) ศึกษานวัตกรรมอาหารสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุที่มีสารอาหารครบถ้วนตามความต้องการเฉพาะวัยสูงอายุสามารถบริโภคได้สะดวก ด้านราคา พบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับราคาเหมาะสมกับปริมาณและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.22±0.61 และด้านการจัดจำหน่าย พบว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญการจำหน่ายใกล้บ้านมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.29±0.55 ด้านการส่งเสริมทางการตลาด พบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับมีปัจจัยที่มีตัวอย่างให้ชิมมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.80±0.75 ด้านบรรจุภัณฑ์ พบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับบรรจุภัณฑ์มีข้อมูลโภชนาการ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.17±0.64

6.5.4 ส่วนที่ 4 ข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่ พบว่า ปัญหาในการบริโภคเต้าหู้ไข่มากที่สุดของผู้บริโภคคือ คุณค่าทางโภชนาการไม่ครบถ้วน คิดเป็นร้อยละ 37.87 (เกณิกา จันชะนะกิจ, 2559) กล่าวว่าผู้สูงอายุจะมีระบบการทำงานของอวัยวะร่างกายเปลี่ยนแปลงไปทำให้เกิดปัญหาสุขภาพขาดสารอาหาร และเกิดโรคเรื้อรัง ดังนั้นผู้สูงอายุคำนึงถึงสารอาหารที่มีคุณภาพเหมาะกับความต้องการของร่างกาย และจากความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับการเสริมข้าวลงในเต้าหู้ไข่เพื่อเพิ่มสารอาหารในเต้าหู้ไข่ผู้บริโภคให้ความชอบมากที่สุดคือ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ คิดเป็นร้อยละ 44.29 (กาญจนา เสือมั่น และคณะ, 2562) ได้ศึกษาเกี่ยวกับสารต้านอนุมูลอิสระ พบว่า ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีสารต้านอนุมูสอิสระ สูงถึง 883.03 ไมโครกรัม อีกทั้งสารอาหารอื่นๆ ที่ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรค กลุ่ม NCDs และความคิดเห็นการเสริมผักสมุนไพรเพื่อเพิ่มสารอาหารในเต้าหู้ไข่ ผู้บริโภคให้ความเห็นว่า อันดับที่ 1 คือ ตำลึง คิดเป็นร้อยละ 38.61 อันดับที่ 2 คือ ขึ้นฉ่าย คิดเป็นร้อยละ 23.32 อันดับที่ 3 คือ แครอท คิดเป็นร้อยละ 30.07 เนื่องจากเป็นผักที่ผู้บริโภคคุ้นชินในการบริโภคอีกทั้งมีสรรพคุณมากมายที่ช่วยบำรุงร่างกายและมีผลดีต่อผู้สูงอายุ (อรัญญา ศรีบุศราคัม, 2561) กล่าวว่าตำลึงเป็นผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ช่วยต้านเบาหวานได้ และเบต้าแคโรทีน และผักแต่ละชนิดที่ผู้บริโภคเลือกให้ความสำคัญ ต่างมีสรรพคุณที่มีส่วนช่วยลดและบรรเทาโรคต่างๆในผู้สูงอายุได้เป็นอย่างดีและเป็นผักที่ผู้บริโภคบริโภคอยู่ประจำจึงเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ และรูปแบบผักที่ผู้บริโภคให้ความคิดเห็นที่เหมาะสมสำหรับการนำไปเสริมในเต้าหู้ไข่มากที่สุดคือ การนำไปปั่นและขึ้นรูปเป็นเส้น คิดเป็นร้อยละ 60.00 และมื้ออาหารที่ผู้บริโภคมีความคิดเห็นว่าพัฒนามากที่สุดคือ มื้อเช้า คิดเป็นร้อยละ 72.00 และความคิดเห็นของผู้บริโภคเกี่ยวกับการพัฒนาเต้าหู้ควรจะพัฒนาเป็นรูปแบบเพื่อการบริโภคประเภทใดมากที่สุด โดยผู้บริโภคให้ความคิดเห็นมากที่สุดคือ นำมาปรุงก่อนบริโภค คิดเป็นร้อยละ 44.00

7. ข้อเสนอแนะ

ศึกษาข้อมูลปัญหาและความต้องการของผู้สูงอายุให้ละเอียดยิ่งขึ้น เพื่อให้สร้างข้อมูลสอดคล้องกับความต้องการของผู้สูงอายุสูงสุด

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ และ ดร.พิมพ์สิรี สุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความกรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

9. เอกสารอ้างอิง

เกณิกา จันชะนะกิจ. (2559). “อาหารและโภชนาการสำหรับผู้สูงอายุ,”. *วารสาร Mahidol R2R e-journal*, 3(2).

กันต์กนิษฐ์ สังขพิทักษ์, ศิริพร พรายทอง, สุทธิดา เปล่งวิทยา, อาสูตร สงวนเกียรติ และ ศศิธร นาคทอง. (2558). คุณภาพ ความปลอดภัย และลักษณะทางประสาทสัมผัสของเต้าหู้ไข่ที่ผลิตจากไข่นกกระทาร้าว. *การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน*. 12, 1413-1420.

กองโรคไม่ติดต่อ กระทรวงสาธารณสุข. (2563). *รายงานประจำปี 2562*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กลุ่มยุทธศาสตร์ แผนและประเมินผล กองโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข : สำนักพิมพ์อักษรกราฟฟิคแอนด์ดีไซน์.

กาญจนา เสือมั่น, สไมพร ปักษี, อภิญญา อาสุวรรณ, รพิกร ฉลองสัพพัญญู, ภรภัทร สำอางค์, ปนัดดา จันทร์เนย และกุลวดี ปิ่นวัฒนะ. (2562). “การวิเคราะห์หาสารต้านอนุมูลอิสระในข้าวไรซ์เบอร์รี่ และข้าวหอมดอกมะลิ 105,”, *วารสาร PSRU Journal of science and technology*, *4*(3), 95-108.

คณะแพทย์ศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี. (2559). *อาหารกับโรคกระดูกและข้อที่พบบ่อย*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: บริษัทจรัลสนิทวงศ์การพิมพ์ จำกัด.

ทิพวัลย์ สุวรรณรักษ์. (2560). นวัตกรรมอาหารสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุ. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, *11*(3), 1-10.

ณัฐพนธ์ นันทพรพิสุทธิ์. (2560). *อร่อยไม่น่าเบื่อกับเมนูเต้าหู้*. ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : บริษัท สำนักพิมพ์แม่บ้าน จำกัด.

นิพพาภัทร์ สินทรัพย์ ,จิณวัตร จันครา และ บุปผา ใจมั่น. (2560).“โรคความดันโลหิตสูงในผู้สุงอายุ: เพชฌฆาตเงียบที่ควรตระหนัก,” *วารสารวิทยาลัยพยาบาลพระปกเกล้า*, *28*, จันทบุรี.

นฤมล จิตรเอื้อ และประสพชัย พสุนนท์. (2561). การใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลานวิจัยเพื่อการศึกษาการดำเนินการที่เป็นเลิศของสถานศึกษา. *วารสารVeridian E-Journal, Silpakorn University, 11*(2), 2118-2135.

พรรณนภา ไชยเกล้า และศรัญญา วอขวา. (2561). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เต้าหู้ไข่ผสมน้ำแครอทเสริมแป้งข้าวโพด. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, *49*(2), 509-512.

พิมพ์พิชญ์ สังข์แป้น, วิจิตรา แดงปรก, ฉวีวรรณ พันธ์ไชยศรี และปราณี วราสวัสดิ์. (2554). *วารสารอาหาร, 41*(3), 257-263.

วรัญญา มณีรัตน์, จันทกานต์ เหล่าวงษา, กุลชา กุณาฟื้น, สุทธิดา ไพศาล, และขวัญฤทัย ลืมตื่น. (2558). “พฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุ: กรณีศึกษาตำบลแม่ข้าวต้ม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย.” *วารสารการวิจัยกาสะลองคำ*, *11*(3).

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เต้าหู้ไข่*. [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 21 พฤศจิกายน 2563, จาก: http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps462_47.pdf.

สำนักงานคณะกรรมการการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2562). *รายงานการศึกษาข้อสมมุติเพื่อใช้ในการคาดประมาณประชากรของประเทศไทย 2553-2583*. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด.

สุพิชญา หวังปิติพาณิชย์. (2561). การจัดการทรัพยากรเพื่อการดูแลผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิงในยุคประเทศไทย 4.0. *วารสารการปฏิบัติการพยาบาลและผดุงครรภ์ไทย*, *5*(2), 111-125.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2555). *การสำรวจประชากรสูงอายุในประเทศไทย พ.ศ. 2554*. สำนักสถิติพยากรณ์ สำนักงานสถิติแห่งชาติ. กรุงเทพมหานครฯ: บริษัทแอดวานซ์ พริ้นติ้งเซอร์วิส จำกัด.

สิรินทร์ สิริการต์กุล. (2561).*พฤติกรรมการบริโภคและการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปในประเทศไทย.* ปริญญาการจัดการมหาบัณฑิต. วิทยาลัยการจัดการ. มหาวิทยาลัยมหิดล.

อัญชลี จุมพฎจามีกร และ สเปญ อุ่นอนงค์. (2557). *อยู่อย่างไรให้เป็นสุขในวัยสูงอายุ.* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2564, จาก: https://med.mahidol.ac.th/ramamental/generalknowledge/general/06162014-1444.

อรนุช ศรีสะอาด. (2538). “การตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัดผลโดยผู้เชี่ยวชาญ.” *วารสารการวัดผลการศึกษา*, *1*(1).

อรัญญา ศรีบุศลาคัม. (2561). ตำลึง ผักสวนครัวลดเบาหวาน. *จุลสารข้อมูลสมุนไพร*, 3.

อุษาพร ภูคัสมาส. (2560). เต้าหู้: ผลิตภัณฑ์อาหารจากถั่วเหลือง. *วารสารอาหาร*, *47*(3), 55-59.

การวิเคราะห์ผลการออกเลขท้าย 3 ตัวและเลขท้าย 2 ตัวรางวัลที่หนึ่งของล๊อตเตอรี่

ANALYSIS OF THE RESULTS FOR THE LAST 3 AND 2 DIGITS OF THE LOTTERY FIRST PRIZE

อำนาจ วังจีน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สำนักวิชาศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: amnart.va@spu.ac.th

บงกช ธนวงศ์วิสูตร

อาจารย์ สำนักวิชาศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: Bongkote.th@spu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อศึกษาการแจกแจงความถี่เลขของรางวัลเลขท้ายรางวัลที่หนึ่ง 3 หลัก และเลขท้าย 2 หลัก 2) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์รายคู่ระหว่างเลขท้าย 3 หลัก ของรางวัลที่ 1 และเลขท้าย 2 หลัก 3) เพื่อเปรียบเทียบสัดส่วนของเลขที่ออกรางวัลกับความน่าจะเป็นแบบคลาสสิคของเลขนั้น และ 4) เพื่อหาผลตอบแทนคาดหวังของการลงทุนซื้อหวยจำนวน 1 ใบ ใช้ข้อมูลผลการออกฉลากกินแบ่งรัฐบาลรางวัลที่ 1 ย้อนหลัง 30 ปี จำนวน 750 งวด สถิติที่ใช้ได้แก่ การจำแนกความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบ t สถิติทดสอบ chi-square และ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

ผลการศึกษา พบว่าหลักร้อยและสิบของเลขท้ายของรางวัลที่ 1 มีการแจกแจงเป็นแบบสม่ำเสมอ ส่วนหลักหน่วย มีการแจกแจงไม่เป็นแบบสม่ำเสมอ (มีค่า χ^2= 27.413, p-value < 0.05) ส่วนเลขท้าย 2 ตัว หลักสิบมีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอ ส่วนหลักหน่วยไม่มีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอ (มีค่า χ^2= 17.227 p-value 0.< 0.05) และตัวเลขทั้ง 5 หลักไม่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติในเชิงเส้น สัดส่วนการออกเลขตอง เลขหาม จำนวนเฉพาะ และจำนวนคู่ ของการออกเลขท้ายรางวัลที่ 1 ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับความน่าจะเป็น แบบคลาสสิค สัดส่วนการออกเลขเบิลของเลขท้าย 2 ตัวรางวัลที่ 1 แตกต่างกันทางสถิติกับความน่าจะเป็น แบบคลาสสิค (มีค่า t = 2.194, p-value < 0.05) ผลตอบแทนคาดหวังของการลงทุนในการซื้อหวย 1 ฉบับราคา 80 บาท จะขาดทุน 30.87 บาท สรุปได้ว่าเลขท้ายหลักหน่วยของรางวัลที่ 1 และหลักหน่วยของเลขท้าย 2 ตัวมีการแจกแจงของการออกผิดปกติจากความน่าจะเป็น

คำสำคัญ: ผลตอบแทนคาดหวัง, ล๊อตเตอรี, การแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม

ABSTRACT

The objective of this research is 1) to study the frequency of number occurrence in the last 3 and 2 digits of the first prize 2) to study the relationship between the last 3 digits and the last 2 digits of the first prize 3) to compare the proportion of the winning number with the classical probability of that number, and 4) to find the

expected return on the investment of 1 lottery ticket. The data of Thailand lottery is collected from the past 30 years until now, 750 times. The statistics that were used were: frequency classification, percentage, mean, standard deviation, t-test, chi-square, and Pearson correlation.

The results of the study was found that the hundred and ten digits of the 1st prize were distributed uniformly and The unit digits were a non-uniform distribution (χ^2= 27.413, p-value < 0.05). The last 2 digits of the 1st prize, the ten digits were a uniform distribution and The unit digits were a non-uniform distribution (χ^2= 17.227 p-value 0. < 0.05), and The five digits were not linearly correlated. The proportion of Triple number, Palindromic number, prime number, and even number of the last 2 digits drawn in the 1st prize is not statistically different from the classic probability but The double number is statistically different from the classic probability (t = 2.194, p-value < 0.05). The expected return on investment in buying 1 lottery ticket for 80 baht will result in a loss of 30.87 baht. It can be concluded that the unit digit of The 1st prize and the last 2 digits is an abnormal distribution of the probabilities.

Keywords: Expected Return**,** Lottery, Uniform Distribution

1. ความสำคัญของปัญหา

หวยหรือล็อตเตอรี่เป็นการพนันหรือการลงทุน นั้นเป็นคำถามที่น่าหาคำตอบ เนื่องจากการลงทุนและการพนันมีความเสี่ยงเช่นกัน การลงทุนในตลาดหลักทรัพย์ผลตอบแทนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายปัจจัย เช่น การเมือง เศรษฐกิจ สังคม สาธารณภัย เป็นต้น ความเสี่ยงจึงไม่แน่นอน ไม่สามารถหาความน่าจะเป็นได้ชัดเจน ผลตอบแทนจึงผันแปรไปไม่แน่ไม่นอน ต่างจากการลงทุนในหวยเป็นลงทุนที่มีความเสี่ยงชัดเจน มีความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ถูกผิดเป็นแบบคลาสสิค(Classical Probability) สามารถคำนวณได้ตามวิธีการคำนวณทางคณิตศาสตร์สามารถหาผลตอบแทนคาดหวังก่อนตัดสินใจได้ หวยมีหลายรูปแบบ แบบที่ถูกกฎหมายเรียกว่า สลากกินแบ่งรัฐบาล ล็อตเตอรี่หรือหวยรัฐ กับหวยที่ผิดกฎหมายเรียกว่าหวยใต้ดินหรือ สลากกินรวบ มีทั้งแบบมีตัวแทนเดินโพยและแบบออนไลน์กับผู้ขายโดยตรง

สลากกินแบ่งรัฐบาล เป็นการลงทุนที่ง่าย สะดวก ไม่ซับซ้อน ไม่ต้องมีบัญชีหลักทรัพย์ ไม่ต้องมีความรู้ประสบการณ์ ไม่ต้องใช้เงินทุนจำนวนมาก แค่ซื้อถ้าถูกรางวัล ก็สามารถถือสลากไปขึ้นเงินรางวัลเท่านั้น ใช้เงินลงทุนเริ่มต้นเพียง 80 บาทเท่านั้นก็สามารถถูกได้ทุกรางวัล ความเสี่ยงและผลตอบแทนชัดเจน ลงทุน 80 บาท กับ 8,000 บาท ในหมวดเดียวกัน อาจจะได้ผลตอบแทนสูงสุดเท่ากันคือ 6 ล้านบาท มีรอบในการลงทุน 15 วัน ผลการลงทุนมีสองอย่างคือถูกกับผิด ถูกคือถูก ผิดคือผิดไม่มีติดดอย ปัจจุบันฉลากกินแบ่งรัฐบาลมีถึง 100 ชุด จำนวน 100 ล้านฉบับ ถ้าซื้อครบ 100 ชุดๆ ละ 1 ใบ หมายเลขเดียวกันทั้ง 100 ใบ จะใช้เงินลงทุนจำนวน 8,000-12,000 บาท (หวยชุดราคาจะแพงกว่าปกติ) แล้วถูกรางวัลที่ 1 จะได้เงินรางวัลถึง 600 ล้านบาท

หวยใต้ดิน ออกรางวัลวันเดียวกับสลากกินแบ่งรัฐบาลเพราะใช้ผลการออกรางวัลของสลากกินแบ่งรัฐบาลเป็นตัวประกาศรางวัล มีทางเลือกที่นิยม 3 ทางเลือก ได้แก่ 3 ตัว (เต็งหรือโต๊ด) 2 ตัว (บนหรือล่าง) และ 1 ตัว(เรียกว่าวิ่ง หรือลอย)ผลตอบแทนก็แตกต่างกันไปตามที่เจ้ามือกำหนด ส่วนใหญ่สามตัวเต็งจะเป็น 1 ต่อ 500 สามตัวโต๊ด 1 ต่อ 100 สองตัวบนหรือล่างจะเป็น 1 ต่อ 60 หวย 3 ตัว และ 2 ตัว หวยใต้ดินเป็นที่นิยมของประชาชนเพราะสามารถเลือกซื้อตัวเลขได้ตามใจและซื้อเท่าไรก็ได้ ความบริสุทธิ์ยุติธรรมของการออกรางวัลของสลากกิน

แบ่งรัฐบาลจึงมีผลต่อทั้งหวยรัฐและหวยใต้ดิน โดยเฉพาะเลขท้ายรางวัลเลขที่หนึ่ง 3 ตัว และเลขท้าย 2 ตัว จะมีผลต่อความรู้สึกของประชาชน

ผลการออกรางวัลในอดีตที่ผ่านมาบางงวดอาจจะสร้างภาพลักษณ์ที่ไม่ค่อยดีนักต่อความบริสุทธิ์ยุติธรรม เช่น งวดวันที่ 1 กันยายน 2530 เกิดความผิดปกติในคณะที่กำลังออกรางวัลจึงมีการยุติการออกรางวัล และมีการตรวจสอบพบว่ามีการใช้รีโมตคอลโทรลกำหนดตัวเลขให้ออกได้(โพสทูเด: 2557) งวดวันที่ 1 มิถุนายน 2544 นายณรงค์ อุ่นแพทย์ (กลม บางกรวย) และพักพวกได้ล๊อคหวย จนเกิดการฟ้องร้องกันและศาลได้ตัดสินลงโทษจำคุกมาแล้ว หวยที่ล๊อคคือรางวัลที่ 1 เลขที่ออกคือ 113311 (คมชัดลึก : 2560) ตลอดจนมีอีกหลายงวดที่ประชาชนสงสัยแต่ไม่มีคำตอบ เช่น งวดวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2557 ผลการออกรางวัลเลขท้าย 2 ตัวของรางวัลที่ 1 และเลขท้ายสองตัวเหมือนกันคือ 66 หรืองวดวันที่ 1 กันยายน 2563 รางวัลที่หนึ่งออก 999997 และเลขท้ายสองตัวออก 98 ตลอดจนการที่มีหวยออกรางวัลตรงกับวันเกิด ทะเบียนรถ อายุ ของคนสำคัญ หรือออกตรงกับการให้หวยของอาจารย์ใบหวย เจ้าพ่อ เจ้าแม่ ฯลฯ เป็นความบังเอิญ(เป็นไปอย่างสุ่ม) หรือ เป็นการจัดการของมนุษย์

วิธีการตรวจสอบผลการออกรางวัลของหวยว่าเป็นไปด้วยความบริสุทธิ์ยุติธรรมเหมาะสมกับการลงทุนที่มีความเสี่ยงสูงหรือไม่ ได้แก่ การวิเคราะห์การแจกแจงผลการออกรางวัลตัวเลขทุกตัว (0 - 9) ในแต่ละหลักต้องมีความถี่ในการออกเท่าๆ กัน มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเลขทุกหลักไม่ควรแตกต่างกัน ตัวเลขทุกหลักต้องไม่มีความสัมพันธ์กัน อัตราส่วนในการออกเลขชนิดต่างๆ เช่น เลขคู่ เลขตอง เลขจำนวนเฉพาะ เลขหาม และเลขเบิล ควรสอดคล้องกับความน่าจะเป็นคลาสสิค และรวมไปถึงการวิเคราะห์ผลตอบแทนคาดหวังของการลงทุนกับหวยว่าคุ้มค่าควรลงทุนหรือไม่ ผู้วิจัยถึงได้เก็บรวบรวมข้อมูลการออกรางวัลของเลขท้าย 3 ตัวของรางวัลที่หนึ่งและเลขท้าย 2 ตัว ย้อนหลัง 30 ปี จำนวน 750 งวด มาวิเคราะห์และนำเสนอผลในบทความนี้เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการตัดสินใจซื้อหวยของประชาชน

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาการแจกแจงความถี่ในแต่ละหลักของเลขรางวัลเลขท้ายรางวัลที่หนึ่ง 3 หลัก และ เลขท้าย 2 หลัก
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์รายคู่ระหว่างเลขท้าย 3 หลักของรางวัลที่ 1 และ เลขท้าย 2 หลัก
3. เพื่อเปรียบเทียบสัดส่วนของเลขที่ออกรางวัลกับความน่าจะเป็นแบบคลาสสิคของเลขนั้น
4. เพื่อหาผลตอบแทนคาดหวังของการลงทุนซื้อหวยจำนวน 1 ใบ

3. ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา ขอบเขตด้านเนื้อหาการวิจัยในครั้งนี้ คือ การศึกษาการแจกแจงความถี่ของตัวเลขในแต่ละหลักและทดสอบการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มของเลขท้าย 3 หลักของรางวัลที่หนึ่ง และ เลขท้าย 2 หลัก ทดสอบความสัมพันธ์ที่ละคู่ระหว่างตัวเลขทั้ง 6 เปรียบเทียบความถี่ของเลขที่ออกกับความถี่ขาดหวังของ จำนวนคู่ จำนวนคี่ จำนวนเลขเฉพาะ จำนวนเลขหาม และหาผลตอบแทนคาดหวังจากการซื้อหวย 1 ฉบับจากความน่าจะเป็นแบบคลาสสิค

2. ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาคือข้อมูลผลการออกฉลากกินแบ่งรัฐบาลย้อนหลัง 30 ปี จำนวน 750 งวด

3. ขอบเขตด้านตัวแปรที่ศึกษา ตัวแปรที่ศึกษาประกอบด้วย รางวัลเลขท้าย 3 ตัว รางวัลที่หนึ่งและ เลขท้าย 2 ตัว

4. ประโยชน์ของการวิจัย

ทำให้ทราบความบริสุทธิ์ยุติธรรมของการออกรางวัล จากการตรวจสอบการแจกแจงความถี่และความสัมพันธ์ของตัวเลขทั้ง 5 หลัก ความถี่ของตัวเลขที่ออกกับความถี่คาดหวัง และผลตอบแทนคาดหวังของการลงทุนซื้อหวย สำหรับประชาชนใช้ในการตัดสินใจในการลงทุน

5. วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ระเบียบแบบแผนวิธีวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการศึกษา คือ ผลการออกฉลากกินแบ่งรัฐบาล หวย หรือ ล๊อตเตอรี่ เลขท้ายรางวัลที่หนึ่ง 3 ตัว และเลขท้าย 2 ตัว ในอดีตที่เคยออกทั้งหมด ย้อนหลัง 30 ปี จำนวน 750 งวด หรือ 750 ตัวอย่าง

แหล่งข้อมูล

แหล่งข้อมูลการวิจัยในส่วนนี้ คือ สำนักงานฉลากกินแบ่งรัฐบาลหรือเว็บไซต์

6. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเว็บไซต์ สำนักนักงานฉลากกินแบ่งรัฐบาลหรือเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้อง

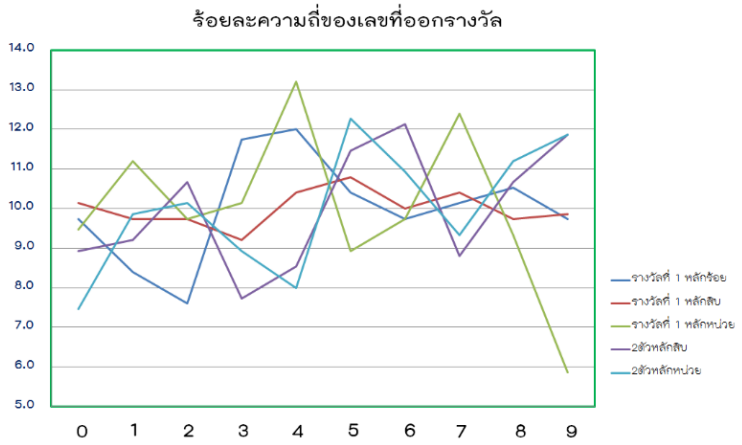
สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ใช้การจำแนกความถี่ (Frequency) การหาค่าร้อยละ (Percentage) ในการแจงนับจำนวนและหาค่าร้อยละอธิบายจำนวนเลขที่ออก
2. ใช้หาค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ในการอธิบายตัวเลขที่ออก
3. ใช้สถิติทดสอบ Chi – Square ทดสอบการแจกแจงของเลขที่ออกแต่ละหลักกับการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม (ทุกตัวมีโอกาสขึ้นเท่ากัน)
4. ใช้สถิติทดสอบ ทีแบบประชากรกลุ่มเดียว (One –Sample t - test) ทดสอบสัดส่วนของเลขที่ออกกับสัดส่วนความถี่คาดหวัง
5. การใช้สถิติเชิงอนุมานทดสอบสมมติฐานทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

7. ผลการศึกษาพบว่า

1) เลขท้าย 3 ตัวรางวัลที่ 1 หลักร้อย หลักสิบ และหลักหน่วย เลขที่ออกบ่อยที่สุดได้แก่ 4 5 และ 4 ตามลำดับ ส่วนเลขท้ายสองตัวออกบ่อยที่สุดในหลักสิบและหลักหน่วยคือ 6 และ 5 ตามลำดับ เลขที่ออกน้อยที่สุดของเลขท้าย 3 ตัวรางวัลที่ 1 หลักร้อย หลักสิบ หลักหน่วย เลขท้ายสองตัวหลักสิบและหลักหน่วยได้แก่ 2 3 9 3 และ 0 ตามลำดับ ผลการทดสอบลักษณะของการแจกแจงตัวเลขที่ออกทั้ง 5 หลักเทียบกับการแจกแบบสม่ำเสมอ(Uniform Distribution) โดยใช้สถิติทดสอบไค-สแควร์ พบว่าหลักร้อยและสิบของเลขท้ายของรางวัลที่ 1 มีการแจกแจงเป็นแบบสม่ำเสมอ (มีค่า χ^2 = 12.00 และ 1.387 มีค่า p-value > 0.05) ส่วนหลักหน่วย มีการแจกแจงไม่เป็นแบบสม่ำเสมอ (มีค่า χ^2= 27.413, p-value < 0.05) ส่วนเลขท้าย 2 ตัว พบว่า ตัวเลขหลักสิบมีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอ (มีค่า χ^2= 16.187, p-value > 0.005) ส่วนหลักหน่วยมีการแจกแจงไม่ได้เป็นแบบสม่ำเสมอ (มีค่า

χ^2= 17.227 p-value 0.< 0.05) สรุปได้ว่าเลขท้าย 3 ตัวหลักร้อยและหลักสิบ และหลักสิบของเลขท้าย 2 ตัวเป็นไปตามธรรมชาติส่วนหลักหน่วยของเลขท้ายรางวัลที่ 1 และหลักหน่วยของเลขท้าย 2 ตัว ไม่เป็นไปตามปกติ ดังรูปภาพที่ 1 และ ตารางที่ 1



รูปที่ 1 : แสดงการแจกแจงความถี่ของเลขท้าย 3 ตัวของรางวัลที่ 1 และเลขท้าย 2 ตัว

ตารางที่ 1 ร้อยละ ความถี่ และผลการทดสอบการแจกแจงความถี่ของเลขท้าย 3 ตัวของรางวัลที่ 1 และเลขท้าย 2 ตัว

(จำนวน (ร้อยละ))

เลขที่ออก	เลขท้าย 3 หลักของรางวัลที่ 1			เลขท้าย 2 ตัว	
	หลักร้อย	หลักสิบ	หลักหน่วย	หลักสิบ	หลักหน่วย
0	73(9.7)	76(10.1)	71(9.5)	67(8.9)	56(7.5)
1	63(8.4)	73(9.7)	84(11.2)	69(9.2)	74(9.9)
2	57(7.6)*	73(9.7)	73(9.7)	80(10.7)	76(10.1)
3	88(11.7)	69(9.2)*	76(10.1)	58(7.7)	67(8.9)
4	90(12.0)**	78(10.4)	99(13.2)**	64(8.5)	60(8.0)
5	78(10.4)	81(10.8)**	67(8.9)	86(11.5)	92(12.3)**
6	73(9.7)	75(10.0)	73(9.7)	91(12.1)**	82(10.9)
7	76(10.1)	78(10.4)	93(12.4)	66(8.8)	70(9.3)
8	79(10.5)	73(9.7)	70(9.3)	80(10.7)	84(11.2)
9	73(9.7)	74(9.9)	44(5.9)*	89(11.9)	89(11.9)
รวม	750(100.0)	750(100.0)	750(100.0)	750(100.0)	750(100.0)
$\bar{x}$(S.D)	4.60(2.81)	4.52(2.86)	4.31(2.74)	4.72(2.88)	4.78(2.85)
χ^2 (p-value)	12.00(0.213	1.387(0.998)	27.413(0.001)	16.187(0.063)	17.227(0.045)

2) ผลการทดสอบความสัมพันธ์ของตัวเลขทั้ง 5 หลัก โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พบว่าตัวแปรทั้ง 5 หลักไม่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติในเชิงเส้น ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างเลขท้าย 3 ตัวของรางวัลที่ 1 และ เลขท้าย 2 ตัว

	เลขท้ายรางวัลที่1			เลขท้ายสองตัว
	หลักร้อย (t13)	หลักสิบ (t12)	หลักหน่วย (t11)	หลักสิบ (t21)
หลักสิบ (t12)	.004			
หลักหน่วย (t11)	.002	.020		
หลักสิบ (t21)	.058	.016	.004	
หลักหน่วย (t22)	.064	-.041	.005	.011

3) ผลการวิเคราะห์เลขท้าย 3 หลักของรางวัลที่หนึ่งสามารถออกได้ทั้งหมด 1,000 จำนวน (000 - 999) เก็บรวบรวมข้อมูลได้ 750 งวด ออกรางวัลมาแล้วทั้งหมด 531 หมายเลข และมีหมายเลขที่ยังไม่ออกเลย 496 หมายเลข (เช่น 000, 001, 003, 007, 555, 666, 888, 999, …) ส่วนหมายเลขที่ออกบ่อยที่สุด ได้แก่ 422, 311, 344, 391, 656, 648, 704 และ 816 มีเลขตองที่ออกแล้ว 6 ครั้ง ได้แก่ 777, 111, 222, 333, 444 ออกเลขหาบหรือเลขหาม (Palindromic number) จำนวน 63 ครั้ง เลขหามที่เกิดขึ้นบ่อยที่สุด ได้แก่ 565 272 303 และ 454 ออกจำนวนเฉพาะ (Prime number) จำนวน 113 ครั้ง จำนวนเฉพาะที่ออกบ่อยที่สุด ได้แก่ 311 227 และ 997เคยออกจำนวนคู่ (Even Number) จำนวน 386 หมายเลข เมื่อทดสอบสัดส่วนการออกเลขตอง เลขหาม จำนวนเฉพาะ และจำนวนคู่ โดยใช้สถิติทดสอบ t (t-test) ผลการทดสอบการออกจำนวนคู่พบว่ามีสัดส่วนการออกไม่แตกต่างจากความน่าจะเป็นแบบคลาสสิค (t = -0.803 มีค่า p-value > 0.05) และเมื่อทดสอบการออกจำนวนคู่ทีละหลักพบว่าผลการออกจำนวนคู่มีสัดส่วนไม่แตกต่างจากความน่าจะเป็น แบบคลาสสิคเช่นกัน (ดังตารางที่ 3) เมื่อทดสอบสัดส่วนความถี่ในการออกเลขจำนวนเฉพาะ จำนวนเลขหาม และเลขตองพบว่า สัดส่วนการออกไม่แตกต่างกับความน่าจะเป็นแบบคลาสสิคเช่นเดียวกัน (มีค่า t เท่ากับ 0. 893, -1.579 และ -0.614 ตามลำดับ มีค่า p-value > 0 ทุกตัว) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบสัดส่วนการเกิดเลขคู่เลขท้าย 3 ตัวของรางวัลที่ 1 และเลขท้าย 2 ตัว

(จำนวน (ร้อยละ))

เลข	เลขท้าย 3 หลักของรางวัลที่ 1			เลขท้าย 2 ตัว	
	หลักร้อย	หลักสิบ	หลักหน่วย	หลักสิบ	หลักหน่วย
คู่	372(49.6)	375(50.0)	386(51.5)	382(50.9)	358(47.7)
คี่	378(50.4)	375(50.0)	364(48.5)	368(49.1)	392(52.3)
รวม	750(100.0)	750(100.0)	750(100.0)	750(100.0)	750(100.0)
t(p-value)	0.219(0.827)	0.000(1.000)	-0.803(0.422)	-0.511(0.610)	1.242(0.215)

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบสัดส่วนการเกิดเลขจำนวนเฉพาะ เลขหาม และเลขตองเลข ของท้าย 3 ของรางวัลที่ 1

(จำนวน (ร้อยละ))

ประเภท	จำนวนเฉพาะ	เลขหาม		เลขตอง	
จำนวนเฉพาะ	113(15.07)	เลขหาม	63(8.40)	เลขตอง	6(0.08)
ประกอบ	637(84.93)	อื่นๆ	687(91.60)	อื่นๆ	744(99.92)
รวม	750(100.0)	รวม	750(100.0)	รวม	750(100.0)
t (p-value)	0.893(0.372)	t (p-value)	-1.579(0.115)	t (p-value)	-0.614(0.539)

4) ผลการวิเคราะห์พบว่า เลขท้ายรางวัลที่ 1 สองตัว เลขที่ออกบ่อยที่สุดได้แก่ 77 64 67 11 และ 22 เลขท้าย 2 ตัว เลขที่ออกบ่อยที่สุดได้แก่ 98 65 29 69 79 85 และ 92 เลขท้ายรางวัลที่ 1 สองตัว เลขที่ออกน้อยที่สุดได้แก่ 09 19 20 21 75 และ 99 เลขท้าย 2 ตัว เลขที่ออกน้อยที่สุดได้แก่ 04 16 42 54 70 73 และ 84 เมื่อพิจารณาการออกเลขเบิล พบว่า เลขท้ายสองตัวรางวัลที่ 1 ออกเลขเบิลจำนวน 95 ครั้งคิดเป็นร้อยละ 12.7 จำนวนงวดทั้งหมด 750 และ เลขท้าย 2 ตัว ออกเลขเบิลจำนวน 74 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 9.90 ของจำนวน 750 งวดที่ออก ผลการทดสอบสัดส่วนการออกเลขเบิลเทียบกับความน่าจะเป็นแบบคลาสสิคโดยใช้สถิติทดสอบ t พบว่า เลขท้ายรางวัลที่หนึ่ง 2 ตัวออก มีค่า t = 2.194 มีค่า p-value เท่ากับ 0.029 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 สรุปได้ว่า เลขสองตัวท้ายรางวัลที่หนึ่งออกเลขเบิลมากกว่าสัดส่วนปกติ (สัดส่วนปกติเท่ากับ 0.10) ส่วนเลขท้าย 2 ตัว ให้ค่า t = -0.122 มีค่า p-value เท่ากับ 0.903 ซึ่งมากกว่า 0.05 สรุปได้ว่าเลขท้ายสองตัวออกเลขเบิลในสัดส่วนปกติ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบสัดส่วนการเกิดเลขเบิลของเลขท้าย 2 ตัวของรางวัลที่ 1 และเลขท้ายสองตัว

(จำนวน (ร้อยละ))

	เลขท้าย 2 ตัว รางวัลที่หนึ่ง	เลขท้าย 2 ตัว
เลขเบิล	95(12.7)	74(9.9)
เลขอื่นๆ	655(87.3)	676(90.1)
รวม	750(100.0)	750(100.0)
t (p-value)	2.194(0.029)	-.122(0.903)

5) ผลตอบแทนคาดหวังจากการซื้อหวย 1 ฉบับ จากเลขทั้งหมด 1 ล้านฉบับ (000000 – 999999) กำหนดราคาจำหน่ายฉบับล่ะ 80 แต่ขายจริง 80-120 บาท มีรางวัลทั้งหมด 14,168 รางวัล รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 48 ล้านบาท สมมติถ้าผู้ลงทุนซื้อทั้งฉบับทุกหมายเลขแล้วจะใช้เงินลงทุน จ่ายเงิน 80 ล้านบาท ขาดทุน 32 ล้านบาทแต่ถ้าซื้อฉบับละ 120 จะขาดทุนถึง 72 ล้านบาท และเมื่อคิดโดยอาศัยความน่าจะเป็นและผลตอบแทนคาดหวังของการลงทุนในการซื้อหวย 1 ฉบับ 80 บาท ผลตอบแทนคาดหวังจะติดลบ(ขาดทุน) 30.87 บาท (ถ้าฉบับละ 100 บาท จะขาดทุน 50.58 บาท และจะขาดทุน 70.30 ถ้าราคาหวย 120 บาท) ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 โอกาส ความน่าจะเป็น ผลตอบ และแทนคาดหวังจากการลงทุนในหวยรัฐจำนวน 1 ใบ

สภาวการณ์	โอกาส	ผลตอบแทน	ผลคูณ
ถูกรางวัล			
รางวัลที่ 1	1/1,000,000	6,000,000.0	6.00
รางวัลที่ 2	5/1,000,000	200,000.0	1.00
รางวัลที่ 3	10/1,000,000	80,000.0	0.8
รางวัลที่ 4	50/1,000,000	40,000.0	2.0
รางวัลที่ 5	100/1,000,000	20,000.0	2.0
รางวัล 3 ตัวหน้า	2000/1,000,000	4,000.0	8.0
รางวัล 3 ตัวหลัง.	2000/1,000,000	4,000.0	8.0
รางวัลเลขท้าย 2	10000/1,000,000	2,000.0	20.0
รางวัลข้างเคียง	2/1,000,000	100,000.0	0.2
รวม	14168/1,000,000	-	48.0
ไม่ถูกรางวัล	985832/1,000,000	-80	-78.86656
ผลตอบแทนคาดหวัง = ผลรวมของผลคูณระหว่าง ความน่าจะเป็นกับผลตอบแทนของสภาวการณ์นั้น = 48 -78.87 = -30.87			

8. อภิปรายผล

ผลจากการทดสอบการแจกแจงความถี่ในแต่ละหลักของเลขรางวัลเลขท้ายรางวัลที่หนึ่ง 3 หลัก และเลขท้าย 2 หลักพบว่าเลขหลักหน่วยของทั้งเลขท้ายรางวัลที่ 1 และเลขท้ายสองตัวมีการแจกแจงไม่เป็นปกติ สอดคล้องกับการศึกษาของ อำนาจ วังจีน และ บงกช ธนวงศ์วิสูตร (2563) ที่พบว่าเลขหลักสุดท้ายของรางวัลที่ 1 มีการแจกแจงของการออกรางวัลไม่เป็นปกติเช่นกัน และผลการศึกษาพบว่าไม่มีความสัมพันธ์รายคู่ระหว่างเลขท้าย 3 หลักของรางวัลที่ 1 และ เลขท้าย 2 ตัว ไม่มีความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนของการออกรางวัลเลขท้ายสามตัวรางวัลที่ 1 เป็น เลขคู่ จำนวนเฉพาะ จำนวนเลขหาม และเลขตองไม่แตกต่างกันทางสถิติกับความน่าจะเป็นแบบคลาสสิคของเลขนั้นๆ ส่วนการออกเลขรางวัลเลขท้ายสองตัวทั้งรางวัลที่ 1 และเลขท้ายสองตัว พบว่า อัตราส่วนการออกเลขรางวัลเป็นเลขเบิลของเลขท้ายสองตัวรางวัลที่หนึ่งแตกต่างจากความน่าจะเป็นแบบคลาสสิค นั่นคือ เลขท้ายสองตัวของรางวัลที่ 1 ออกรางวัลเป็นเลขเบิลในอัตราส่วนสูงกว่าความน่าจะเป็นแบบคลาสสิค ผลการศึกษาทางสถิติจากผลการออกรางวัลทั้งจากความถี่ของเลขที่ออก ความสัมพันธ์ของเลขที่ออก และการออกเลขรางวัลเป็นตัวเลขชนิดต่างๆ กับความน่าจะเป็นแบบคลาสสิค ยังมีส่วนที่ทำให้เป็นข้อสังเกตให้สงสัยต่อสังคมต่อไปในด้านของความบริสุทธิ์ยุติธรรมของการออกรางวัลโดยเฉพาะเลขท้ายหลักหน่วยของรางวัลที่ 1 และ เลขท้ายสองตัวหลักหน่วย และ การออกเลขเบิลของเลขท้าย นอกจากนี้ผลการศึกษา ผลตอบแทนคาดหวังของการลงทุนซื้อหวยจำนวน 1 ใบ มีค่าติดลบ 30.87 จากข้อมูลนี้น่าจะเป็นตัวชี้วัดถึงความคุ้มค่าในการลงทุนซื้อหวยต่อไป

9. ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบผลตอบแทนคาดหวังระหว่างการซื้อ หวย สลากออมสิน สลาก ธกส. และการฝากเงินแบบฝากประจำ

2. ควรมีการทดสอบอุปกรณ์ในการออกรางวัลของหวยหรือล็อตเตอรีใหม่เพื่อสร้างความมั่นใจแก่ผู้ลงทุนซื้อหวย

10. เอกสารอ้างอิง

คมชัดลึก. (2560). *ทุจริตออกรางวัลสลากกินแบ่งฯ.* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 30 มีนาคม 2564, จาก: https://www.komchadluek.net/news/today-in-history/280158.

โพสต์ทูเดย์. (2557). *ล็อกหวย ทำได้แต่ไม่ง่าย.* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 30 มีนาคม 2564, จาก: https://www.posttoday.com/politic/report/285211.

อำนาจ วังจีน และบงกช ธนวงศ์วิสูตร. (2563). วิเคราะห์ผลการออกรางวัลที่หนึ่งของสลากกินแบ่งรัฐบาล. *หนังสือประมวลบทความการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ครั้งที่ 15*, วันที่ 18 ธันวาคม 2563 ณ มหาวิทยาลัยศรีปทุม, 1714-1722.

กลุ่มย่อยที่ 4

วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี (2)

ระบบเว็บฐานข้อมูลพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยพะเยา

WEB DATABASE MANAGEMENT SYSTEM FOR SPECIES OF PLANTS IN THE UNIVERSITY OF PHAYAO

เดชาธร ดวงปัน

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

E-mail: saev.d@hotmail.com

พชรวิชญ์ เวียงโอสถ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

E-mail: meansasasa@hotmail.com

ผศ.ดร.บุญช่วง บุญสุข

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

E-mail: boonchuang.bo@up.ac.th

ยืนยง กันทะเนตร

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

E-mail: yeunyong.ka@up.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ออกแบบ และพัฒนาระบบเว็บฐานข้อมูลพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยพะเยาเพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่าง คือ นิสิต บุคลากรและบุคคลภายนอกมหาวิทยาลัยจำนวน 50 คน เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามสถิติพรรณนาได้แก่ ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า ระบบเว็บฐานข้อมูลพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยพะเยาสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ด้านตรงตามความต้องการ ด้านสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ ด้านการใช้งานของระบบ และด้านประสิทธิภาพ โดยภาพรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมาก

คำสำคัญ: เว็บ, สื่อการเรียนรู้, พัฒนา, พรรณไม้

ABSTRACT

The purpose of this system's development is to study and collect data, design analysis and develop a web database system for plant species in the University of Phayao, which is to be used as a learning medium. The group's sample consisted of 50 people that include students, staff members and outsiders from the university. Data were collected by descriptive statistics questionnaire such as frequency, percentage, mean and standard deviation. The results showed that The Plant Database Web System at the University of Phayao able to work according to objectives and user satisfaction assessment results side meets the need The side can work according to their duties. The use of the system and the performance overall aspect are at a very satisfactory level.

Keywords: Web, Learning Medium, Develop**,** Plants

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ในปัจจุบันเว็บไซต์ได้กลายเป็นสื่อที่มีความสำคัญซึ่งมีบทบาทอย่างยิ่ง ในเรื่องของการโฆษณาและประชาสัมพันธ์ ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติที่สามารถนำเสนอ เผยแพร่ ข้อมูลข่าวสารได้อย่างไร้ขีดจำกัด ทั้งในเรื่องเวลาและระยะทาง ผู้ใช้ก็สามารถเข้าใช้งานเพื่อเปิดดูเว็บไซต์ได้ตลอดเวลา ไม่ว่าจะอยู่ส่วนใด ของโลกก็ตาม ด้วยข้อดีดังกล่าว บริษัท ห้างร้าน สถานประกอบการเกือบทุกแห่งทั้งภาครัฐและเอกชน หรือแม้แต่บุคคลทั่วไปต่างมีความต้องการจัดทำเว็บไซต์ขึ้นเพื่อเป็นช่องทางการสื่อสารรูปแบบใหม่ เพื่อประโยชน์ในการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสาร ไปสู่กลุ่มเป้าหมายการใช้เว็บไซต์เป็นช่องทางเผยแพร่ข้อมูล ข่าวสารขององค์กร เพื่อประชาสัมพันธ์องค์กรให้เป็นที่รู้จักเพื่อหวังผลในการสร้างภาพลักษณ์ ขององค์กรให้เป็นที่ยอมรับ ซึ่งเว็บไซต์นั้นเป็นสื่อที่มีประสิทธิภาพเป็นอย่างมากในปัจจุบัน

มหาวิทยาลัยพะเยามีสภาพป่าที่อุดมสมบูรณ์ มีความหลากหลายทางพรรณพืชดอกมาก รวมถึงพรรณไม้ต่างถิ่นที่ถูกนำเข้ามาปลูกในพื้นที่มหาวิทยาลัยหลายชนิด และการศึกษาพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยพะเยาได้มีการริเริ่มศึกษาไปแล้วในพืชหลายกลุ่ม เช่นใดก็ตามยังขาดการจัดการด้านฐานข้อมูลพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยพะเยาอย่างเป็นระบบ เพื่อให้บุคคลทั่วไปสามารถเข้าถึงข้อมูลความ หลากหลายทางชีวภาพด้านพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยพะเยานี้ได้ การสร้างระบบฐานข้อมูลและการเผยแพร่ข้อมูลจึงนับว่ามีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

คณะผู้พัฒนาจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเว็บไซต์ ที่สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลพรรณไม้ต่างๆ ที่มีอยู่ในมหาวิทยาลัยพะเยาให้กับอาจารย์ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลพรรณไม้เพื่อให้อาจารย์สามารถนำไปเป็นสื่อการสอนและเว็บไซต์ข้อมูลที่มีข้อมูลถูกต้องให้กับนิสิตได้เข้ามาศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยพะเยาได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) เพื่อพัฒนาระบบเว็บฐานข้อมูลพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยพะเยาเพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนรู้

(2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของบุคลากรที่มีต่อระบบเว็บฐานข้อมูลพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยพะเยาที่สร้างขึ้น

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นัสรี มะแน และคณะ (2561) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ความหลากหลายของพรรณไม้หอมในพื้นที่หุบเขาลำพญา ตำบลลำพะยา อำเภอเมืองยะลา จังหวัดยะลา เพื่อรวบรวมสายพันธุ์ ศึกษาลักษณะ สัณฐานและวิธีการขยายพันธุ์พรรณไม้หอม เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มในอนาคต ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน การวิจัยครั้งนี้จะเป็นส่วนช่วยกระตุ้นให้เกิดความสนใจศึกษาและสนับสนุนให้ศึกษาพรรณไม้หอมกลุ่มนี้ให้กว้างขวางและลึกซึ้งยิ่งขึ้น และอนุรักษ์ ทรัพยากรให้คงอยู่ตลอดไป

ทวีพงษ์ เป้าสี และคณะ (2563). ได้ทำการศึกษาและพัฒนาระบบร้านพันธุ์ไม้ในเขตเทศบาลนครอุดรธานีเป็นการวิจัยผสมผสานระหว่างการวิจัยเชิงปริมาณและการวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อวิเคราะห์และออกแบบโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการบริหาร จัดการร้านต้นไม้กลุ่มตัวอย่าง เป็นกลุ่มผู้ประกอบการร้านพันธุ์ไม้และลูกจ้างจำนวน 32 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบสอบถามด้านความต้องการระบบการจัดการร้านขายพันธุ์ไม้

ปภัสสร ศรีลารักษ์ และคณะ (2561) ได้ศึกษาพืชวงศ์ย่อยสะตอ (Mimosoideae) ด้วยตนเอง และพบจำนวน 3 เผ่า 11 สกุล 22 ชนิด และศึกษาพืชวงศ์ย่อยประดู่ (Papilionoideae) ด้วยตนเอง และพบจำนวน 8 เผ่า 35 สกุล 78 ชนิด ในมหาวิทยาลัยพะเยา

พรวนา รัตนชูโชค (2564) พัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จัดการข้อมูลพรรณไม้ และแสดงข้อมูลพรรณไม้ด้วยคิวอาร์โค้ดเพื่อ กลุ่มที่ศึกษาที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย ตัวแทนจากสวนรุกขชาติห้วยแก้ว จำนวน 3 ท่าน ตัวแทนจากสวนรุกขชาติห้วยแก้ว จำนวน 5 ท่าน นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ และผู้ที่เข้าเยี่ยมชมสวนรุกขชาติห้วยแก้วจำนวน 30 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย การสัมภาษณ์ การสอบถาม แบบประเมินประสิทธิภาพ แบบประเมินความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลโดยสถิติพรรณนา ค่าเฉลี่ย

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ประชากรและตัวอย่าง

ประชากรในการศึกษาครั้งนี้คือ ประชากรที่เป็นนิสิต บุคลากรและบุคคลภายนอกมหาวิทยาลัยจำนวน 50 คน เป็นเพศชาย 26 คน เพศหญิง 16 คน และผู้มีความหลากหลายทางเพศจำนวน 8 คน และใช้กับแบบทดสอบความพึงพอใจทั้ง 4 ด้านคือ ด้านตรงตามความต้องการ ด้านสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ ด้านการใช้งานของระบบ และด้านประสิทธิภาพ แล้วหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (μ และ σ)

4.2 เครื่องมือวิจัย

(1) เครื่องมือสำหรับพัฒนาระบบเว็บฐานข้อมูลพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยพะเยา ได้แก่โปรแกรม Visual Studio Code ใช้สำหรับพัฒนาเว็บไซต์ โปรแกรม Xampp ใช้สำหรับจำลองเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลให้ทำงานในลักษณะของ Webserver โดยไม่ต้องเชื่อมต่อกับ Internet ก็สามารถทดสอบกับเว็บไซต์ที่สร้างขึ้นมาได้

(2) แบบประเมินความพึงพอใจการพัฒนาระบบเว็บฐานข้อมูลพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยพะเยา ในการรวบรวมข้อมูล ทางผู้วิจัย ได้ทำการเก็บข้อมูลจากผู้ที่ได้ลองเข้ามาใช้งาน จำนวน 50 คน และกรอกแบบประเมินความพึงพอใจของเว็บไซต์

4.3 การวางแผน (Planning)

ในขั้นตอนนี้เป็นขั้น ตอนที่ผู้วิจัยเข้าไปศึกษาและทำ ความเข้าใจปัญหาวิจัย รวมทั้งศึกษาความเป็นไปได้ในด้านต่างๆ ดังนี้ กำหนดปัญหา (Define the problem)จากการได้ศึกษาระบบงานเดิมและ ขั้นตอนต่างๆ

มีปัญหาที่เกิดขึ้น สามารถสรุป ได้ดังนี้ ปัญหาด้านการให้ข้อมูล เนื่องจากมหาวิทยาลัยพะเยายังขาดแหล่งให้ข้อมูลด้านพรรณพืช จึงทำให้ไม่มีแหล่งข้อมูลที่ถูกต้องให้กับผู้สืบค้นข้อมูลพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยพะเยา

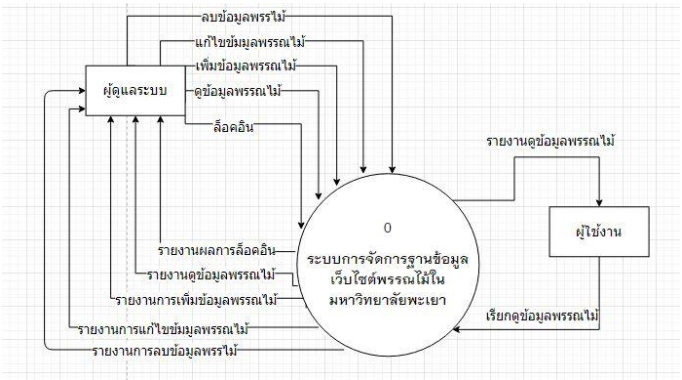
4.4 การวิเคราะห์ (Analysis)

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติพื้นฐาน คือ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า 1) ผล การตรวจสอบหาประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้เว็บไซต์มีองค์ประกอบครบถ้วนสมบูรณ์ สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้นั่นคือ มีระบบแสดงรายการข้อมูลที่หน้าเว็บไซต์อย่างเหมาะสม ข้อมูลถูกต้องและตรงตามความต้องการของผู้ใช้ 2) ผู้ใช้มีความพึงพอใจระดับมาก

4.5 การออกแบบ (Design)

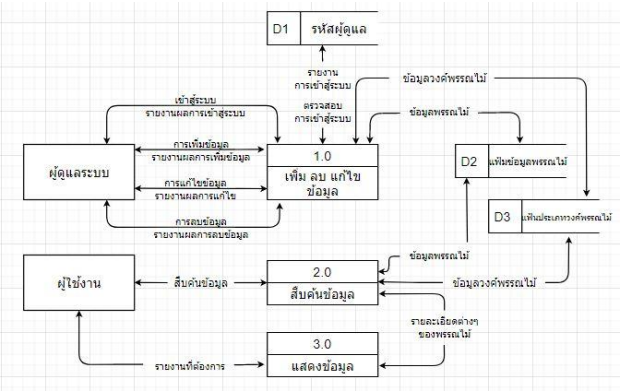
การวิเคราะห์ระบบสารสนเทศในปัจจุบันจึงมีรายละเอียดมากกว่าเป็นเพียงการวิเคราะห์ข้อความฝ่ายพัฒนาระบบสามารถสร้างแบบจำลองของระบบได้ตั้งแต่เริ่มต้น ทั้งแบบจำลองระบบ เชิงโครงสร้างด้วยแผนภาพกระแสข้อมูล (Data flow diagram) ที่ต้องการให้พัฒนาระบบสามารถเสนอรายละเอียดของระบบสารสนเทศที่ต้องการให้พัฒนาขึ้นได้เพื่อให้ทั้งสองฝ่ายมีความเข้าใจระบบสารสนเทศที่จะพัฒนาขึ้นในทิศทางเดียวกันและลดความผิดพลาด ที่อาจเกิดขึ้นก่อนเริ่มลงมือออกแบบระบบสารสนเทศและพัฒนาระบบต่อไป

4.5.1 แผนภาพการไหลของข้อมูลระดับสูงสุด (Context Diagram)



ภาพที่ 1 Context Diagram ระบบเว็บฐานข้อมูลพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยพะเยา

4.5.2 แผนภาพการไหลของข้อมูล Data Flow Diagram: DFD Level 1



ภาพที่ 2 Data Flow Diagram Level 1 ระบบเว็บฐานข้อมูลพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยพะเยา

จากภาพที่ 2 จะแสดงกระบวนการทำงานของระบบเว็บฐานข้อมูลพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยพะเยา ประกอบด้วย 4 กระบวนการ ดั้งนี้

(1) เว็บฐานข้อมูลพรรณไม้เป็นเว็บไซต์ฐานข้อมูลของระบบเว็บฐานข้อมูลพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยพะเยา

(2) เข้าสู่ระบบเป็นการทำงานของผู้ดูแลระบบเพื่อเป็นการเข้าใช้งานและตรวจสอบดูข้อมูลในระบบ

(3) แสดงข้อมูลพรรณไม้ แสดงข้อมูลพรรณไม้ที่อยู่ในฐานข้อมูล ออกมาหน้าเว็บไซต์

(4) การจัดการข้อมูลในระบบ เป็นการทำงานของผู้ดูแลระบบ (Admin) สามารถ เพิ่ม ลบ แก้ไข แสดงข้อมูลรายละเอียดต่างๆ ในระบบฐานข้อมูลพรรณไม้

4.6 การพัฒนาระบบ (Construction)

การพัฒนาระบบนี้เป็นขั้นตอนการเขียนโปรแกรม ซึ่งเว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้นนี้จะเขียนโปรแกรมด้วย ภาษา PHP ซึ่งเราจะต้องเขียนโปรแกรมให้สามารถทำงานตามที่เราได้ทำการออกแบบไว้ โดยโครงสร้างของ ฐานข้อมูลของระบบ คือ ระบบฐานข้อมูล MySQL ในการออกแบบระบบแสดงข้อมูลพรรณพืชทั้งหมด ได้มีการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ ระบบทั้งหมดตามที่ได้วิเคราะห์ไว้แล้วข้างต้น และได้มีการแบ่งผู้ใช้ระบบเป็น 2 กลุ่มด้วยกันคือกลุ่มผู้ใช้งานทั่วไป และผู้ดูแลระบบ

4.7 การทดสอบระบบ (Testing)

กลุ่มตัวอย่างทดสอบระบบพร้อมทั้งใช้แบบสอบถามในการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้แล้วนำข้อมูลจากการประเมินผลประสิทธิภาพของโปรแกรมมาวิเคราะห์หาค่าทางสถิติของค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.8 ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน

โดยประเมินกับกลุ่มตัวอย่างคือ เพศชาย 26 คน เพศหญิง 16 คน และผู้มีความหลากหลายทางเพศ จำนวน 8 คน รวมข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 50 คน ซึ่งแบ่งหัวข้อการประเมินเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนของ ด้านตรงตามความต้องการ ส่วนของด้านการทำ

งานได้ตามหน้าที่ ส่วนของด้านการใช้งานของระบบ และ ส่วนของด้านประสิทธิภาพ จากนั้นผู้วิจัยจึงรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์หาผลสรุปของความพึงพอใจและคุณภาพด้วยการหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละด้าน โดยใช้เกณฑ์ประเมิน 5 ระดับ ซึ่ง มีการแปลผล ดังนี้ ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับมาก ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับน้อย ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับน้อยที่สุด

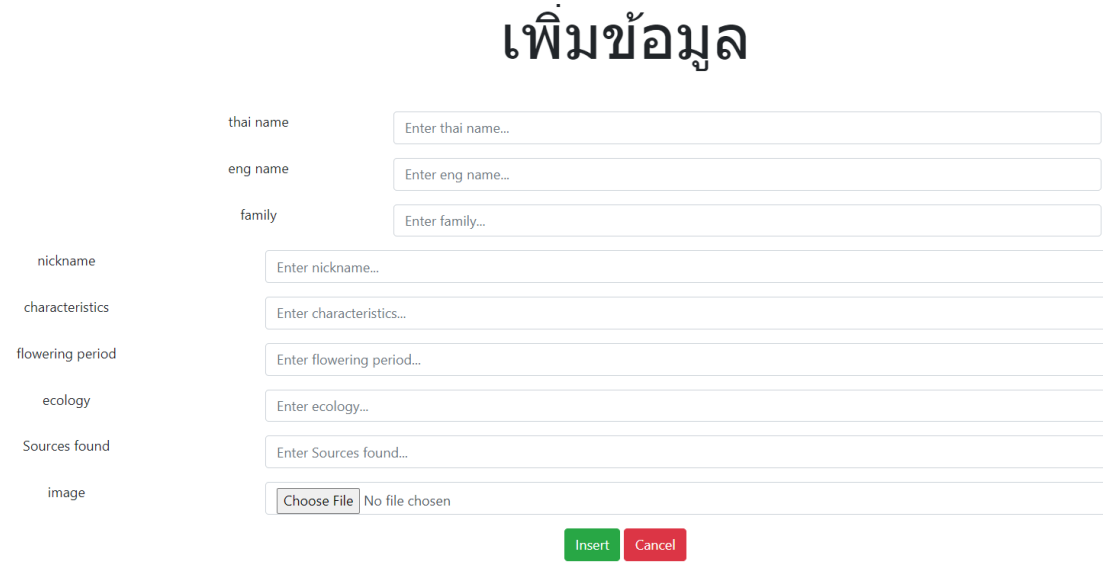
5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการดำเนินงาน

ผลการดำเนินงานหลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์และระบบเว็บฐานข้อมูลพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยพะเยา คณะผู้พัฒนาได้ดำเนินการสร้างและออกแบบโดยมีผลการดำเนินงานดังนี้

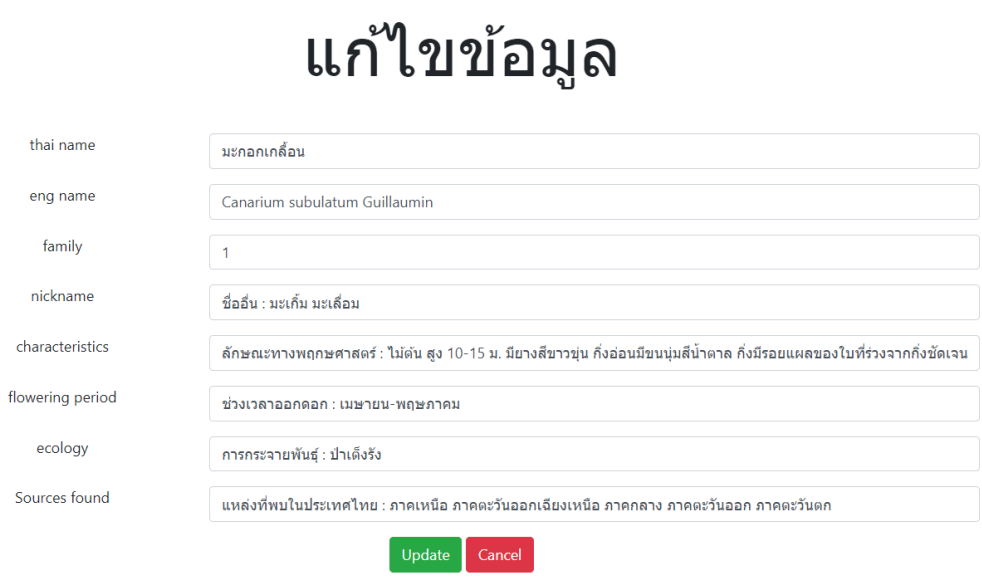
ภาพที่ 1 แสดงหน้าจอหลักของผู้ดูแลระบบเพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลของฐานข้อมูลเว็บไซต์พรรณไม้

จากภาพที่ 1 เป็นหน้าของผู้ดูแลระบบเว็บฐานข้อมูลพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยพะเยาที่ผู้ดูแลระบบใช้ดูข้อมูลพรรณไม้และสามารถเลือกรายการ เพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลพรรณไม้ได้



ภาพที่ 2 แสดงหน้าจอเพิ่มข้อมูลพรรณไม้ของผู้ดูแลระบบเว็บฐานข้อมูลพรรณไม้

จากภาพที่ 2 หน้าเพิ่มข้อมูลพรรณไม้ของระบบฐานเว็บข้อมูลเว็บไซต์พรรณไม้ในมหาวิทยาลัยพะเยาที่ผู้ดูแลระบบสามารถเพิ่มข้อมูลรายละเอียดของพรรณไม้ที่ต้องการ รวมทั้งสามารถเพิ่มรูปภาพพรรณไม้ที่ผู้ดูแลระบบต้องการเพิ่ม



ภาพที่ 3 แสดงหน้าจอแก้ไขข้อมูลพรรณไม้ ของผู้ดูแลระบบเว็บฐานข้อมูลพรรณไม้

จากภาพที่ 3 หน้าจอแก้ไขข้อมูลพรรณไม้ ผู้ดูแลระบบสามารถแก้ไขข้อมูลพรรณไม้ใส่รายละเอียดข้อมูลพรรณไม้ที่ต้องการแก้ไขและกดปุ่ม Update เพื่อบันทึกรายการได้

ภาพที่ 4 แสดงหน้าจอแรกระบบเว็บฐานข้อมูลพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยพะเยา

จากภาพที่ 4 เป็นหน้าจอแรกของระบบเว็บฐานข้อมูลพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยพะเยาผู้ใช้ค้นหาข้อมูลสามารถดูข้อมูลตัวอย่างพรรณไม้และเลือกประเภทพรรณไม้และสามารถดูรูปพรรณไม้ได้จากเมนูด้านบนของเว็บไซต์

ภาพที่ 5 แสดงหน้าจอรายละเอียดพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยพะเยา

จากภาพที่ 5 เป็นหน้าจอแสดงรายละเอียดพรรณไม้โดยเนื้อหาภายในจะมีข้อมูลชื่อพรรณไม้ ลักษณะสัณฐานวิทยา ช่วงเวลาการออกดอก นิเวศวิทยาและแหล่งที่พบในประเทศไทยพร้อมรูปภาพพรรณไม้จะเป็นภาพลักษณะลำต้นลักษณะใบหรือลักษณะของดอกตามประเภทของพรรณไม้

5.2 ผลการประเมินความพึงพอใจ

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลผลการประเมินความพึงพอใจระบบเว็บฐานข้อมูลพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยพะเยาของผู้ตอบแบบสอบถาม กลุ่มตัวอย่าง คือ นิสิต บุคลากรและบุคคลภายนอกมหาวิทยาลัยพบว่าข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย 26 เพศหญิง 16 คน และผู้มีความหลากหลายทางเพศจำนวน 8 คน รวมข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 50 คน

ตารางที่ 1 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบเว็บฐานข้อมูลพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยพะเยา

ข้อที่	ข้อคำถาม	μ	σ	ความพึงพอใจ
	ด้านตรงตามความต้องการ (Function Requirement)			
1	ความสามารถในการเรียกใช้งานในระบบฐานข้อมูล	3.46	1.30	ปานกลาง
2	ความสามารถของระบบในการวิเคราะห์ข้อมูล	3.34	1.31	ปานกลาง
3	ความสามารถของระบบในการนำเสนอข้อมูล	3.20	1.18	มาก
	รวม	3.33	1.26	ปานกลาง
	ด้านการทำงานได้ตามหน้าที่ (Function)			
1	ความถูกต้องของการทำงานระบบในภาพรวม	3.48	1.17	ปานกลาง
2	ความถูกต้องของระบบในการจัดประเภทของข้อมูล	3.50	1.33	ปานกลาง
3	ความถูกต้องของระบบในการนำเสนอข้อมูล	3.68	1.19	ปานกลาง
	รวม	3.55	1.23	มาก

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อคำถาม	μ	σ	ความพึงพอใจ
	ด้านการใช้งานของระบบ (Usability)			
1	ความง่ายในการเรียกใช้ระบบ	3.76	1.09	ปานกลาง
2	ความเหมาะสมในการออกแบบหน้าจอโดยภาพรวม	3.56	1.15	มาก
3	ความชัดเจนของข้อความที่แสดงบนจอภาพ	3.71	1.13	มาก
4	ความสะดวกในการเข้าใช้ระบบ	3.62	1.16	ปานกลาง
5	ความน่าใช้ของระบบในภาพรวม	3.58	1.31	ปานกลาง
	รวม	3.65	1.17	มาก
	ด้านประสิทธิภาพ (Performance)			
1	ความเร็วในการแสดงผล	3.64	1.25	มาก
2	ความเร็วในการนำเสนอข้อมูล	3.46	1.19	มาก
3	ความเร็วในการทำงานของระบบในภาพรวม	3.62	1.16	ปานกลาง
	รวม	3.57	1.20	มาก
รวมทั้งหมด		3.54	1.21	มาก

จากตารางที่ 1. ผลการประเมินคุณภาพระบบเว็บฐานข้อมูลพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยพะเยา ของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา เห็นว่า ด้านตรงตามความต้องการ (Function Requirement) พบว่าความถูกต้องของการทำงานระบบในภาพรวม ความถูกต้องของระบบในการจัดประเภทของข้อมูลและความถูกต้องของระบบในการนำเสนอข้อมูลตรงตามความต้องการของผู้ใช้ มีผลความพึงพอใจจากการประเมินแบบสอบถาม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.33 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.26 อยู่ในระดับปานกลาง ในด้านการทำงานได้ตามหน้าที่ (Function) พบว่าความเหมาะสมของความถูกต้องของการทำงานระบบในภาพรวมความถูกต้องของระบบในการจัดประเภทของข้อมูลและความถูกต้องของระบบในการนำเสนอข้อมูลมีผลความพึงพอใจจากการประเมินแบบสอบถาม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.55 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.23 อยู่ในระดับมาก ในด้านการใช้งานของระบบ (Usability) พบว่าความง่ายในการเรียกใช้ระบบ ความเหมาะสมในการออกแบบหน้าจอโดยภาพรวม มีผลความพึงพอใจจากการประเมินแบบสอบถาม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.65 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.17 อยู่ในระดับมาก ในด้านประสิทธิภาพ (Performance) พบว่าความเร็วในการแสดงผลของการทำงานระบบในภาพรวม ความเร็วในการนำเสนอข้อมูลของระบบในการจัดประเภทของข้อมูลและความเร็วในการทำงานของระบบในภาพรวม มีผลความพึงพอใจจากการประเมินแบบสอบถาม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.57 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.26 อยู่ในระดับมาก

6. อภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถามการวิจัย ระบบเว็บฐานข้อมูลพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยพะเยา ผู้พัฒนาสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้ ผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งานพบว่ามีผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับมาก โดย ผู้ใช้มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดในการใช้งานระบบในหัวข้อต่อไปนี้ คือ ด้านการใช้งานของระบบ ความเหมาะสมในการออกแบบหน้าจอโดยภาพรวม ความชัดเจนของข้อความที่แสดงบนจอภาพ ความสะดวกในการเข้าใช้ระบบ

ผลจากการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ ผลการสำรวจโดยรวมพบว่าผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจในระบบมาก ทั้งนี้เพราะเทคโนโลยีสารสนเทศสมัยใหม่ ที่นำมาใช้กับระบบฐานข้อมูล สารสนเทศแพร่กระจายเข้าสู่กลุ่มนิสิตที่สนใจศึกษาพรรณไม้ และมีความสนใจทำให้การค้นคว้าและนำข้อมูลไปศึกษา ประหยัดเวลาและสะดวกรวดเร็วมากขึ้น อีกทั้งระบบ มีการออกแบบหน้าจอให้มีความน่าสนใจ ภาพมีความคมชัดที่สามารถนำไปทำสื่อต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบใช้งานง่ายและผู้ใช้ไม่เสียเวลาในการเรียนรู้มากเกินไป ช่วยให้ผู้ใช้มีแหล่งข้อมูลพรรณไม้ที่สะดวกต่อการเก็บข้อมูลและค้นคว้า และจากผลการประเมิน จะเป็นแนวทางให้ผู้พัฒนาระบบได้เห็นถึงสิ่งที่ต้องพิจารณาในการพัฒนาระบบเว็บฐานข้อมูลพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยพะเยา และแนวทางในการ ปรับปรุงระบบเว็บฐานข้อมูลพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยพะเยา ให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้นต่อไป

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ข้อมูลที่ได้บางครั้งไม่ครบถ้วน เช่น ไม่มีสภาพนิเวศน์ ไม่มีระยะเวลาที่ออกดอก ไม่มีนิเวศวิทยาของพรรณไม้ เป็นต้น ทำให้ข้อมูลพรรณไม้บางชนิดไม่สมบูรณ์หรือข้อมูลพรรณไม้บ้างประเภทมีมากเกินไปข้อมูลกระจัดกระจาย ทำให้เสียเวลาในการรวบรวมและบันทึกลงฐานข้อมูล บ้างข้อมูลรูปภาพพันธุ์ไม้บางชนิดมีไม่ครบจำเป็นต้องอ้างอิงรูปภาพต่าง ๆ เพิ่มเติม ควรมีการพัฒนาโปรแกรมให้สามารถใช้งานบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้หลายๆ แพลตฟอร์ม เพื่อความสะดวกในการจัดเก็บข้อมูล เมื่อออกสำรวจพื้นที่ควรพัฒนาต่อยอดให้สามารถค้นหาจากรูปภาพพันธุ์ไม้ได้

8. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ อาจารย์ที่ปรึกษา คณาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยาที่ให้คำปรึกษาแนะนำ และผู้ที่ให้ข้อมูลงานวิจัยทุกท่าน

9. เอกสารอ้างอิง

กมลลักษณ์ กันภัย และคณะ (2561). *การศึกษาความหลากหลายของพืชวงศ์ถั่ว : วงศ์ย่อยราชพฤกษ์ ในมหาวิทยาลัยพะเยา.* การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง วท.บ. ชีววิทยา, มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา.

จินดารัตน์ สุขพอ และคณะ (2561). *การศึกษาความหลากหลายพืชวงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) ในมหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา.* การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง วท.บ. ชีววิทยา มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา.

ทวีพงษ์ เป้าสี และคณะ (2563). การศึกษาและพัฒนาระบบร้านพันธุ์ไม้ในเขตเทศบาลนครอุดรธานี วท.บ คอมพิวเตอร์ธุรกิจ, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, อุดรธานี

ประภัสสร ศรีลารักษ์ และคณะ (2561). *การศึกษาความหลากชนิดของพืชวงศ์ย่อยสะตอ (Mimosoideae) ในมหาวิทยาลัยพะเยา.* การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง วท.บ. ชีววิทยา, มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา.

พรวนา รัตนชูโชค. (2564). พัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จัดการข้อมูลพรรณไม้ และแสดงข้อมูลพรรณไม้ด้วยคิวอาร์โค้ด ในพื้นที่สวนรุกขชาติห้วยแก้ว เชียงใหม่. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้,* 160-172.

นัสรี มะแน และคณะ (2561). *เกี่ยวกับ ความหลากหลายของพรรณไม้หอมในพื้นที่หุบเขาลำพญา ตำบลลำพะยา อำเภอเมืองยะลา จังหวัดยะลา,* วันที่ 3 ธันวาคม 2561, มหาวิทยาลัยฟาฏอนี.

การเร่งความเร็วการตรวจจับใบหน้าและการรู้จำใบหน้ามนุษย์ บนโปรแกรมประยุกต์เว็บโดยใช้หน่วยประมวลผลกราฟิก

ACCELERATED HUMAN FACE DETECTION AND FACE RECOGNITION ON WEB APPLICATION USING GRAPHICS PROCESSING UNIT

กุลปรียา ลาภกิจดี
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
E-mail: s61122519003@ssru.ac.th
คัชเชษฐ รัตนบุตรเบญจ
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
E-mail: s61122519026@ssru.ac.th
อรญา เงางาม
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
E-mail: s61122519035@ssru.ac.th
อภิสิทธิ์ รัตนาตรานุรักษ์
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
E-mail: apisit.ra@ssru.ac.th
รวิ อุตตมธนินทร์
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
E-mail: ravi.ut@ssru.ac.th

บทคัดย่อ

การตรวจจับและรู้จำใบหน้าของมนุษย์เป็นงานพื้นฐานที่เป็นที่นิยมเพื่อใช้ประโยชน์ต่างๆ ในปัจจุบัน ซึ่งงานประเภทนี้ใช้พลังในการประมวลผลของหน่วยประมวลผลสูง และใช้เวลาในการประมวลผลมาก บทความนี้นำเสนอเกี่ยวกับการเร่งความเร็วบนโปรแกรมประยุกต์เว็บของการตรวจจับและรู้จำใบหน้ามนุษย์โดยใช้หน่วยประมวลผลกราฟิก ซึ่งใช้หน่วยประมวลผลกราฟิกในการประมวลผลเพื่อวัดค่าภาพต่อวินาที (FPS) และนำไปตรวจจับและรู้จำใบหน้าซึ่งมีการนำ GPU.js ซึ่งเป็นไลบรารีในการประมวลผลบนหน่วยประมวลผลกราฟิกมาเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการทำงานโดยแปลงวิดีโอเป็นภาพซึ่งแบ่งการทดสอบได้ 2 วิธี และเปรียบเทียบค่า FPS ระหว่างการทำงานของหน่วยประมวลผลกราฟิกและหน่วยประมวลผลกลาง เพื่อศึกษาแนวคิดของการนำ GPGPU มาปรับใช้ในการประมวลผลทั่วไปกับการตรวจจับและการรู้จำใบหน้า ซึ่งได้ผลจากการหาค่าเฉลี่ย 100 ครั้ง ปรากฏว่าการใช้หน่วยประมวลผลกราฟิกนั้นได้ค่า FPS ที่ดีกว่าการใช้หน่วยประมวลผลกลาง และมีการทดสอบความถูกต้องแม่นยำ โดยใช้ชุดข้อมูล FDDB จำนวน 11,555 ภาพ มาเปรียบเทียบกับ ชุดข้อมูลแม่แบบของ

นักศึกษา 20 คน คนละ 5 ภาพ ซึ่งปรากฏว่าร้อยละ 99 ของชุดข้อมูล FDDB เป็นภาพที่ไม่ตรงกับชุดข้อมูลของนักศึกษา และพบข้อผิดพลาดร้อยละ 0.99

คำสำคัญ: หน่วยประมวลผลกราฟิก, GPGPU, การตรวจจับและการรู้จำใบหน้า, GPU.js

ABSTRACT

Human face detection and recognition are the methods which are very popular. The processes consumes the utilization of the processing unit and time during computing. This paper presents a web application acceleration of human face detection and recognition using a graphics processing unit. Which uses the graphics processing unit to measure frames per second (FPS) and takes the result to face detection and recognition. The GPU.js library which is the library that can execute the data on the GPU is used to optimize performance by converting video into images. Two methods were tested and the FPS values between the graphics processing unit and the CPU were compared to explore the concept of applying the GPGPU to face detection and recognition Based on 100 averages, The FPS results of graphic processing unit are better than CPU. Accuracy results are tested and compared by FDDB dataset of 11,555 images. The images of 20 students, 5 images each, are tested and found that 99% of FDDB are different from the dataset. Moreover, our results show that there are 0.99% error compared with FDDB dataset.

Keywords: Graphics Processing Unit, GPGPU, Face Detection and Recognition, GPU.js

1. บทนำ

ปัจจุบันการใช้ชีวิตประจำวันของคนในสังคมล้วนแล้วแต่มีความเสี่ยงไม่ว่าจะเป็นเรื่องของชีวิตและทรัพย์สินที่ก่อให้เกิดความสูญเสียซึ่งเกิดขึ้นจากความประมาทในการใช้ชีวิตสิ่งหนึ่งที่สำคัญของคนในสังคมไม่ควรมองข้าม คือ ระบบการรักษาความปลอดภัยที่ในปัจจุบันมีความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีเป็นอย่างสูง อาทิ เช่น กล้องวงจร ปิดระบบสแกนลายนิ้วมือหรือรูม่านตาเป็นต้นซึ่งสะดวกแก่การใช้งานไม่ซับซ้อนเป็นอีกหนึ่งตัวเลือกที่จะสามารถป้องกันและลดความเสี่ยงของการสูญเสียได้

เทคโนโลยีความปลอดภัยในการตรวจจับและรู้จำใบหน้ามนุษย์เป็นอีกหนึ่งเทคโนโลยีที่นิยมนำมาใช้อย่างแพร่หลาย เช่น ในช่วงโควิด-19 ที่ผ่านมาได้มีการคัดกรองโดยการตรวจจับบุคคลที่ไม่สวมหน้ากากอนามัย ระบบสแกนใบหน้าลงเวลาเข้าออกของโรงเรียน เป็นต้น ซึ่งการประมวลผลจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรทางด้านฮาร์ดแวร์ค่อนข้างสูง โดยการใช้เทคโนโลยีการคำนวณแบบขนานผ่านการใช้หน่วยประมวลผลกราฟิก (Lixiang, 2016)

ในเทคโนโลยีปัจจุบันสามารถนำเอาหน่วยประมวลผลกราฟิก เข้ามาประมวลผลข้อมูลทั่วไปแบบขนานตามแนวคิด General-Purpose Graphics Processing Unit (GPGPU) ซึ่งเป็นการนำเอาหน่วยประมวลผลกราฟิกเข้ามาร่วมประมวลผลงานทั่วไป ที่มิใช่การประมวลผลกราฟิกก่อนนำไปแสดงผลเพียงอย่างเดียว ซึ่งหน่วยประมวลผลกราฟิกนั้นมีจำนวนหน่วยประมวลผลเป็นจำนวนมาก ซึ่งเหมาะกับงานที่สามารถทำงานแบบขนาน (Parallel) ได้ อย่างมีประสิทธิภาพ (Anna, 2017)

ดังนั้นการเร่งความเร็วการตรวจจับใบหน้ามนุษย์และรู้จำใบหน้าบนโปรแกรมประยุกต์เว็บโดยใช้หน่วยประมวลผลกราฟิกเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการประมวลผลให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยใช้เทคโนโลยีที่อยู่ในหน่วยประมวลผลกราฟิกที่เหมาะสมกับภาษาจาวาสคริปต์และรองรับบนโปรแกรมประยุกต์เว็บ

2. วัตถุประสงค์

(1) เพื่อศึกษาการทำงานของหน่วยประมวลผลกราฟิก

(2) เพื่อศึกษาการทำงานของขั้นตอนวิธีสำหรับการตรวจจับและรู้จำใบหน้ามนุษย์

(3) เพื่อทดลองและประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมประยุกต์เว็บการตรวจจับและรู้จำใบหน้ามนุษย์

3. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

3.1 การตรวจจับใบหน้า

กระบวนการค้นหาใบหน้าของบุคคลจากภาพหรือวิดีโอแล้วจะทำการประมวลผลภาพใบหน้าที่ได้สำหรับขั้นตอนถัดไปเพื่อให้ภาพใบหน้าที่ตรวจจับได้ง่ายต่อการจำแนกแยกแยะและขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการตรวจจับใบหน้าในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกันหลายวิธีซึ่งขั้นตอนวิธีในการตรวจจับใบหน้าที่ดีนั้นมีส่วนช่วยในการจำแนกใบหน้าได้แม่นยำและรวดเร็ว (สุทธิรักต์ ตาละลักษณ์, 2557)

3.2 การรู้จำใบหน้า

เป็นการเปรียบเทียบใบหน้าบุคคลที่ได้ทำการจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลใบหน้า เพื่อนำมาทำการรู้จำใบหน้าโดยมีวิธีการสร้างแม่แบบและการเปรียบเทียบแตกต่างกันไปตามแต่ละระบบ นำภาพที่ได้รับไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลใบหน้าเพื่อระบุใบหน้าที่ตรวจจับได้ว่าเป็นบุคคลใดในฐานข้อมูลใบหน้า โดยทั่วไปกระบวนการรู้จำใบหน้าประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก คือ การตรวจจับใบหน้า และการรู้จำใบหน้า (สุทธิรักต์ ตาละลักษณ์, 2557)

3.3 General-Purpose Graphics Processing Unit

General-Purpose Graphics Processing Unit (GPGPU) คือ การใช้หน่วยประมวลผลกราฟิกเพื่อจัดการกับการประมวลผลทั่วไป โดยในระบบปฏิบัติการสมัยใหม่สามารถให้ซอฟต์แวร์เข้าถึงหน่วยประมวลผลกราฟิกควบคู่ไปกับหน่วยประมวลผลกลางได้ ซึ่งช่วยเร่งประสิทธิภาพโดยรวมแม้ว่า หน่วยประมวลผลกราฟิก จะได้รับการออกแบบมาเพื่อประมวลผลการคำนวณกราฟิกแต่ก็สามารถใช้เพื่อดำเนินการอื่นๆ ได้ GPGPU จะเพิ่มประสิทธิภาพการประมวลผลสูงสุดโดยการถ่ายโอนการทำงานบางอย่างจากหน่วยประมวลผลกลางไปยังหน่วยประมวลผลกราฟิกเมื่อไม่ได้ประมวลผลกราฟิก หน่วยประมวลผลกราฟิกจะพร้อมใช้งานตลอดเวลาเพื่อทำงานอื่นๆ เนื่องจาก หน่วยประมวลผลกราฟิก ได้รับการปรับให้เหมาะสมสำหรับการประมวลผลการคำนวณเวกเตอร์จึงสามารถประมวลผลคำสั่งบาง อย่างได้เร็วกว่าหน่วยประมวลผลกลาง (Munshi,2009)

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 แบบแผนการวิจัย

4.1.1 จัดเก็บภาพ และ ชื่อ ของนักศึกษา (Dataset) ภายในสาขาด้วยการถ่ายภาพจากสมาร์ตโฟน 20 คน คนละ 5 ภาพโดยภาพต้องไม่แตก ไม่เบลอ เห็นองค์ประกอบใบหน้าชัดเจนเช่น คิ้ว ตา จมูก ปาก เป็นต้น

4.1.2 ติดตั้งกล้องเว็บแคมเพื่อจับภาพใบหน้า โดยติดตั้งผ่าน คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ หรือ คอมพิวเตอร์วางตัก

4.1.4 การนำหน่วยประมวลผลกราฟิกมาใช้ประมวลผลภาพวิดีโอที่ได้มา ณ เวลานั้นๆ ผ่านกระบวนการแปลงเป็นรูปภาพโดยใช้ GPU.js เพื่อเร่งความเร็วในการแปลงและส่งภาพไปดำเนินการตรวจจับและรู้จำใบหน้าและวัดค่า FPS โดยใช้ชุดคำสั่ง จาวาสคริปต์ มาสรุปเป็นผลการทดสอบ

4.1.5 การวิเคราะห์ความแม่นยำการตรวจจับและรู้จำใบหน้ามนุษย์ โดยกำหนด 68 landmark point เช่น คิ้ว ตา จมูก ปาก อย่างชัดเจน โดยใช้ FDDB dataset ปี 2002 ในการวิเคราะห์ความแม่นยำ ส่วนที่มีค่าข้อผิดพลาดสัมบูรณ์ มากกว่า 0.4 จะขึ้นในผลลัพธ์ตารางว่า Unknowns หรือไม่รู้จัก (ไม่ตรงกับชุดข้อมูลที่จัดเก็บไว้) พร้อมสรุปเป็นผลการทดสอบ (Jain,2010)

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่

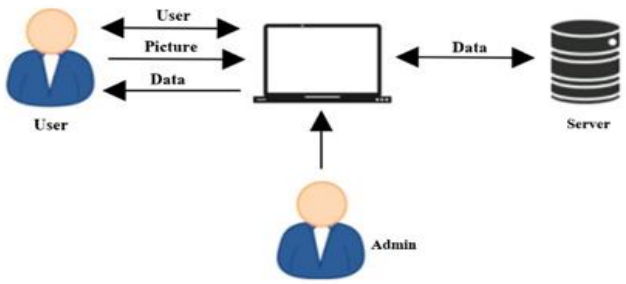
4.2.1 กล้องมี ความละเอียดของวิดีโอไม่เกิน 2,000,000 พิกเซล

4.2.2 คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ หรือ คอมพิวเตอร์วางตักมาเป็นตัวประมวลผลกลางการทำงานในภาษาจาวาสคริปต์

4.2.3 Gpu.js library เป็นไลบรารีการเร่งจาวาสคริปต์ สำหรับ GPGPU (การคำนวณวัตถุประสงค์ทั่วไปบน หน่วยประมวลผลกราฟิก) ในภาษาจาวาสคริปต์ สำหรับเว็บและโหนด GPU.js แปลงฟังก์ชันจาวาสคริปต์ อย่างง่ายไปเป็นภาษา shader โดยอัตโนมัติและคอมไพล์เพื่อให้ทำงานบนหน่วยประมวลผลกราฟิก (Sapuan,2018)

4.3 ขั้นตอนในการทำงาน

ภาพที่ 1 แสดงภาพรวมของการใช้งานระบบการตรวจจับและรู้จำใบหน้า โดยขั้นตอนแรกให้ผู้ใช้ทำการยืนหน้ากล้องระบบจะทำการประมวลผลในการตรวจจับและรู้จำใบหน้าเมื่อทำการประมวลผลเสร็จแล้วระบบจะบันทึกข้อมูลลงบนฐานข้อมูลและดึงข้อมูลออกมาแสดงผลบนตารางรายชื่อ



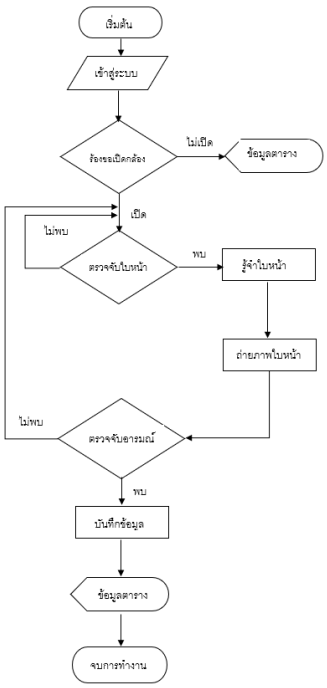
ภาพที่ 1 ภาพรวมของการใช้งานระบบการตรวจจับและรู้จำใบหน้า

การแสดงตารางข้อมูลที่ถูกจัดเก็บในฐานข้อมูล โดยแอปพลิเคชันจะทำการดึงข้อมูลภาพ ชื่อ วัน/เดือน/ปี เวลา มาแสดงบนหน้าจอแบบการทำงานตามเวลาจริง ดังภาพที่ 2

Picture	Name	Date	Time
	Katchet	16/9/2564	20:51:47
	Kulpreeya	16/9/2564	20:59:46
	Nattapat	17/9/2564	16:32:38
	Oraya	16/9/2564	21:11:48
	Phichakorn	18/9/2564	22:07:30
Picture	Name	Date	Time

ภาพที่ 2 ข้อมูลใบหน้าชื่อวันและเวลาที่ถูกจัดเก็บในฐานข้อมูล

ภาพที่ 3 แสดงผังการทำงานโดยขั้นตอนแรกทำการล็อคอินแล้วระบบจะทำการร้องขอการเปิดกล้อง ถ้าไม่เปิดกล้องจะแสดงเพียงตารางข้อมูลและจบการทำงานแต่ถ้าต้องการให้ทำงานให้กดเปิดกล้องเพื่อไปยังขั้นตอนถัดไปคือการรู้จำใบหน้าระบบจะทำการเปรียบเทียบประมวลผลเปรียบเทียบใบหน้าเมื่อทราบผลข้อมูลผู้ที่ถูกรู้จำใบหน้าก็ทำการถ่ายภาพ ใบหน้า ณ เวลานั้น หากตรวจจับไม่พบให้ทำการตรวจจับใบหน้าใหม่แต่ถ้าพบให้ทำการตรวจจับอารมณ์ถ้าไม่พบให้ไปทำการวนกลับไปตรวจจับใบหน้าแต่ถ้าตรวจจับอารมณ์พบให้บันทึกข้อมูลเพื่อนำไปแสดงผลที่ตารางถือว่าเป็นอันจบการทำงาน



ภาพที่ 3 แผนผังการทำงานของโปรแกรมประยุกต์เว็บการตรวจจับและรู้จำใบหน้า

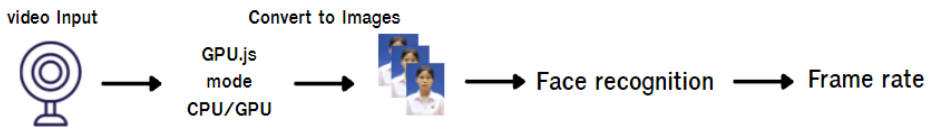
4.4 การทดสอบประสิทธิภาพการเร่งความเร็ว

การเร่งความเร็วการตรวจจับและรู้จำใบหน้า โดยการแปลงวิดีโอเป็นภาพ มีขั้นตอนการทดสอบหลัก 2 ขั้นตอนโดยมีกระบวนการต่างๆ ดังนี้

4.4.1 การทดสอบที่ 1

ภาพที่ 4 เป็นการแสดงขั้นตอนการแปลงวิดีโอเป็นภาพ โดยมีการนำวิดีโอแปลงเป็นรูปภาพโดยใช้ GPU.js บนหน่วยประมวลผลกลาง และ หน่วยประมวลผลกราฟิก หลังจากนั้นวัดค่า Frame rate ที่ได้และภาพที่ 5 จะมีลักษณะเช่นเดียวกับภาพที่ 4 แต่จะมีการนำอาเรย์ภาพที่ได้ไปทดสอบรู้จำใบหน้าด้วย

ภาพที่ 4 ขั้นตอนแปลงวิดีโอเป็นภาพ

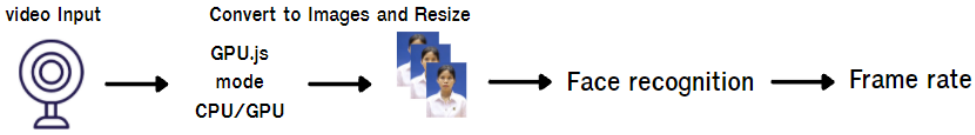


ภาพที่ 5 ขั้นตอนแปลงวิดีโอเป็นภาพและผ่านการตรวจจับใบหน้าและรู้จำใบหน้า

4.4.2 การทดสอบที่ 2

นำวิดีโอแปลงเป็นรูปภาพโดยใช้ GPU.js บนหน่วยประมวลผลกลาง และ หน่วยประมวลผลกราฟิก โดยในภาพที่ 6 จะมีการลดขนาดภาพ เพื่อวัดหาค่า Frame rate และภาพที่ 7 จะทำในลักษณะเดียวกันกับภาพที่ 6 แต่จะมีการทำขั้นตอนวิธีรู้จำใบหน้าด้วยก่อนนำไปวัดค่า Frame rate

ภาพที่ 6 ขั้นตอนแปลงวิดีโอเป็นภาพและลดขนาดภาพ



ภาพที่ 7 ขั้นตอนแปลงวิดีโอเป็นภาพและลดขนาดภาพผ่านการตรวจจับใบหน้าและรู้จำใบหน้า

5. สรุปผลการทดสอบ

ผลจากการเปรียบเทียบความเร็วของการตรวจจับและรู้จำใบหน้าบนโปรแกรมประยุกต์เว็บในการทดสอบที่ 1 จากผลค่าเฉลี่ย 100 ครั้ง ได้ผลการทดสอบดังนี้

ตารางที่ 1 การทดสอบที่ 1

อุปกรณ์	GPU.js บนหน่วยประมวลผลกลาง และภาพขนาดใหญ่		GPU.js บนหน่วยประมวลผลกราฟิก และภาพขนาดใหญ่	
	FPS โดยประมาณ ไม่มีการตรวจจับ และรู้จำใบหน้า	FPS โดยประมาณ การตรวจจับ และรู้จำใบหน้า	FPS โดยประมาณ ไม่มีการตรวจจับ และรู้จำใบหน้า	FPS โดยประมาณ การตรวจจับ และรู้จำใบหน้า
Intel(R) Core(TM) i7-7700 CPU @3.60GHz และ NVIDIA GeForce GTX 1050 Ti	9.85	6.19	36.95	15.62
Intel(R) Core(TM) i5-8300H CPU @ 2.30GHz และ Intel(R) UHD Graphics 630	7.33	3.12	26.56	4.31
Intel Core i5-8250U 1.60GHz และ Intel(R) UHD Graphics 630	5.53	2.91	22.95	4.36

ตารางที่ 2 การทดสอบที่ 2

อุปกรณ์	GPU.js บนหน่วยประมวลผลกลาง และ ภาพขนาดเล็ก		GPU.js บนหน่วยประมวลผลกราฟิก และภาพขนาดเล็ก	
	FPS โดยประมาณ ไม่มีการตรวจจับ และรู้จำใบหน้า	FPS โดยประมาณ การตรวจจับ และรู้จำใบหน้า	FPS โดยประมาณ ไม่มีการตรวจจับ และรู้จำใบหน้า	FPS โดยประมาณ การตรวจจับ และรู้จำใบหน้า
Intel(R) Core(TM) i7-7700 CPU @3.60GHz และ NVIDIA GeForce GTX 1050	12.39	7.62	62.1	22.12
Intel(R) Core(TM) i5-8300H CPU @ 2.30GHz และ Intel(R) UHD Graphics 630	8.76	4.36	50.52	5.53
Intel Core i5-8250U 1.60GHz และ Intel(R) UHD Graphics 630	6.07	3.29	44.52	4.85

ในการทดสอบที่ 2 ได้มีการลดขนาดของภาพลงจึงมีผลจากการเปรียบเทียบความเร็วของการตรวจจับและรู้จำใบหน้าบนโปรแกรมประยุกต์เว็บ จากผลค่าเฉลี่ย 100 ครั้ง

การทดสอบความแม่นยำของการเร่งความเร็วการตรวจจับและรู้จำใบหน้ามนุษย์บนโปรแกรมประยุกต์เว็บโดยใช้หน่วยประมวลผลกราฟิก ซึ่งใช้รูปภาพใบหน้าทั้งหมดจำนวน 11,555 รูปภาพ ในชุดข้อมูล FDDB ซึ่งเป็นเกณฑ์มาตรฐานชุดข้อมูลของบริเวณใบหน้าที่ออกแบบมาเพื่อศึกษาปัญหาการตรวจจับใบหน้า โดยแบ่งการทดสอบเป็น 6 ครั้ง มีผลการทดสอบดังนี้

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการรู้จำใบหน้าโดยใช้ชุดข้อมูล FDDB ปี 2002

ครั้งที่	จำนวนภาพ	ข้อผิดพลาด/ครั้ง	ค่าเฉลี่ยข้อผิดพลาดสัมบูรณ์
1	934	0	0.748
2	1,988	0	0.749
3	2,701	0	0.752
4	2,865	0	0.754
5	1,781	0	0.755
6	1,286	1	0.762
รวม	11,555	1	0.753

ผลการทดลองของการรู้จำใบหน้าเปรียบเทียบจากชุดข้อมูลนักศึกษาในสาขาที่ถูกอบรม 100 ภาพ กับชุดข้อมูล FDDB ได้ผลสรุปว่าการรู้จำใบหน้านั้นคิดเป็นข้อผิดพลาดเท่ากับร้อยละ 0.99 หรือ มีความแม่นยำร้อยละ 99 จากค่าข้อผิดพลาดสัมบูรณ์ที่มากกว่า 0.4 จากการทดสอบ

6. ผลสรุป

สรุปผลของบทความนี้คือการเร่งความเร็วการตรวจจับและการรู้จำใบหน้ามนุษย์บนโปรแกรมประยุกต์เว็บโดยใช้หน่วยประมวลผลกราฟิก ซึ่งประกอบไปด้วยซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ที่นำมาเพิ่มความเร็วของโปรแกรมประยุกต์เว็บโดยแบ่งกระบวนการเป็น 2 ขั้นตอน ตามข้อ 4.4 ที่ได้ออกแบบการทดลองไว้โดยผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 และ 2 จะเห็นได้ว่าการเร่งความเร็วโดยการนำหน่วยประมวลผลกราฟิกมาใช้แปลงวิดีโอเป็นภาพ จะได้ค่า Frame rate ที่ดีกว่าการใช้หน่วยประมวลผลกลาง ซึ่งสิ่งนี้ทำให้การนำเอาวิดีโอเพื่อใช้ตรวจจับและรู้จำใบหน้าสามารถประมวลผลได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และเรายังทดสอบความแม่นยำของขั้นตอนวิธีในการรู้จำใบหน้าด้วยชุดข้อมูล FDDB ปี 2002 มาใช้บนโปรแกรมประยุกต์เว็บ ดังตารางที่ 3 และได้พบว่าร้อยละ 99 เป็นภาพที่ไม่ตรงกับชุดข้อมูลของนักศึกษาในสาขา และพบข้อผิดพลาดร้อยละ 0.99 ในการทดสอบ ทั้งนี้ความเร็วที่เพิ่มขึ้นในการใช้ GPGPU จะไม่ส่งผลต่อความแม่นยำในการรู้จำใบหน้า แต่จะลดปัญหาคอขวดที่เกิดขึ้นจากการแปลงวิดีโอเป็นภาพ ซึ่งเป็นผลดีกับการนำภาพมาใช้ในงานตรวจจับและรู้จำใบหน้า เพราะจะทำให้ได้ผลลัพธ์ต่อวินาที ที่เร็วมากขึ้น ซึ่งพัฒนาตามความต้องการด้านความปลอดภัยให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ในการดำเนินการออกแบบและพัฒนาการเร่งความเร็วการตรวจจับใบหน้าและการรู้จำใบหน้ามนุษย์บนโปรแกรมประยุกต์เว็บโดยใช้หน่วยประมวลผลกราฟิกทางผู้วิจัยเล็งเห็นว่าโปรแกรมประยุกต์เว็บนี้สามารถต่อยอดให้มี ความแม่นยำในการตรวจจับและรู้จำใบหน้ามากขึ้นอีกได้ในอนาคต

7.2 การวางแผนปรับปรุงโปรแกรมประยุกต์เว็บให้มีความทันสมัยและมีความปลอดภัยมากขึ้นพัฒนาตามความต้องการด้านความปลอดภัยเพื่อยกระดับให้สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ อาทิเช่น ตรวจสอบพนักงานเข้า-ออก

8. เอกสารอ้างอิง

สุทธิรักต์ ตาละลักษณ์. (2557). *ระบบการรู้จำใบหน้าบน Smart Phone กรณีศึกษาการตรวจสอบการออกทำงานนอกพื้นที่ของพนักงานฝ่ายขาย บริษัท วอลล์ เทคโนโลยี จำกัด.* สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Anna S. and Tom E. (2017). A Comparative Evaluation of the GPU vs The CPU for Parallelization of Evolutionary Algorithms Through Multiple Independent Runs. *International Journal of Information Technology and Computer Science, 9*(3): 01-14.

Espinosa Sandoval, C. (2019). Multiple Face Detection and Recognition System Design Applying Deep Learning in Web Browsers using JavaScript. *Computer Science and Computer Engineering Undergraduate Honors Theses,* Retrieved from https://scholarworks.uark.edu/csceuht/74

Fazli S. and Matthew S. (2018). General-Purpose Computation on GPUs in the Browser Using gpu.js. *Computing in Science and Engineering,* PP(99):1-1.

Jian, Y., Changan, Y.T, Jianjun., J.Y. et al. (2019). DSFD: Dual Shot Face Detector. *2019 Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR2019),* June 2019 at Long Beach Convention & Entertainment Center, USA, 7-8.

Jain, V., & Learned-Miller, E. (2010). Fddb: A benchmark for face detection in unconstrained settings. *UMass Amherst technical report, 2*(3):5.

Khronos OpenCL Working Group. (2011). *The OpenCL specification version 1.1.* [Online]. Retrieved 10 October 2021, from : http://www. khronos. org/registry/cl/specs/opencl-1.1. pdf.

Lixiang, X. M., Siying and Haipeng Peng. (2016). A Review of Face Recognition Technology. *IEEE Access,* PP(99):1-1.

Mohsin Furkh. (2018). Performance Comparison of Face Detection and Recognition Algorithms. *International Journal of Science and Research (IJSR), 8*(1), 986-994.

Munshi, A. (2009). The opencl specification. *2009 IEEE Hot Chips 21 Symposium (HCS),* August 2009 at Stanford, CA, USA, 1-314.

Rachid, K.T., Safi, & Bouzid, M. (2016). Euclidean & Geodesic Distance between a Facial Feature Points in Two-Dimensional Face Recognition System. *International Arab Conference on Information Technology (ACIT'2016),* December 2016 at Sultan Moulay Slimane University, Beni-Mellal, Morocco, 2-9.

Sapuan, F., Saw, M., & Cheah, E. (2018). General-purpose computation on GPUs in the browser using GPU. js. *Computing in Science & Engineering*, *20*(1): 33-42.

Yiting, H. H., Qingsheng , L. Y. and Qipeng Chen. (2018). Research on a Surface Defect Detection AlgorithmBased on MobileNet-SSD. *Applied Sciences,* 1-17.

การศึกษาแนวความคิดในการพัฒนาเครื่องปรุงรสสำเร็จรูป

A STUDY OF CONCEPTS IN THE DEVELOPMENT OF READY-MADE SEASONINGS

ภัทเฑกรัตตา โทนุสิน

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

E-mail: phattaykardtha_t@mail.rmutt.ac.th

อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

E-mail: orawan_o@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวความคิดในการพัฒนาเครื่องปรุงรสสำเร็จรูป เป็นการศึกษาวิจัยเชิงปริมาณโดยเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคที่บริโภคเครื่องปรุงรสสำเร็จรูป จำนวน 100 คน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถาม ผ่านการหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ (IOC) ค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องของแบบสอบถามเท่ากับ 0.84 ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ เป็นเพศหญิง สถานภาพโสด การศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับปริญญาตรี รายได้เฉลี่ยต่อเดือนส่วนใหญ่อยู่ในช่วง น้อยกว่าหรือเท่ากับ 15,000 บาท ส่วนใหญ่มีความถี่ในการทานเครื่องปรุงรสสำเร็จรูป 1-3 ครั้งต่อหนึ่งสัปดาห์ สถานที่ซื้อคือ ร้านสะดวกซื้อ ได้ข้อมูลจากโฆษณาและประชาสัมพันธ์ ส่วนใหญ่มักซื้อรสชาติหมูสับและรสต้มยำ ข้อมูลปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดที่มีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรส ได้ปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุดคือ ผลิตภัณฑ์มีเครื่องหมายรับรองคุณภาพ ผลิตภัณฑ์มีฉลาก ระบุส่วนผสม วิธีบริโภค วันเดือนปี ที่ผลิตและหมดอายุ ราคาเหมาะสมกับคุณภาพ เหตุผลที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสสำเร็จรูปส่วนใหญ่ ให้ความเห็นว่า สะดวก ง่ายต่อการประกอบอาหาร ปัญหาของผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ที่พบ คือ ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการ ถ้ามีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสสำเร็จรูปผู้บริโภคต้องการให้พัฒนาด้านการเสริมในรูปแบบก้อน เพื่อการใช้สะดวกยิ่งขึ้นจากการสำรวจแนวความคิดในการพัฒนาเครื่องปรุงรสสำเร็จรูป คือ ผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการด้วยการเพิ่มโปรตีน รสชาติรสต้มยำในรูปแบบก้อนเพื่อง่ายต่อการประกอบอาหาร

คำสำคัญ : แนวความคิด, การพัฒนาผลิตภัณฑ์, เครื่องปรุงรส

ABSTRACT

This research aims to study the concept of developing ready-made seasonings. It is a quantitative study based on data from 100 consumer samples that consume ready-made seasonings. The tool need is a questionnaire through the accuracy of content by experts. The questionnaire consistency index was 0.84. the results showed that most of the panelists were female, single that were educated at the bachelor's degree level and got in come

in the range of ≤ 15,000 baht. There was a frequency of eating ready-made seasonings. 1-3 times per week and brought from convenience store. Consumers get information from advertisements and public relations, most often buy minced pork flavors and tom yum flavors. Information on marketing/factors that influence the purchase of seasoning products, Such as product quality, certification mark, ingredients, consumption method, date of manufacture and expiration date, appropriate price for quality. Most of reason for buying ready-made seasoning products is convenient, easy to cook. The problem of products is no nutritional value. If ready-made seasoning products are developed, consumers want to develop protein supplementation. Most consumers want ready-made seasonings to be developed into cubes for more convenient use. Tom Yum flavor in cube form for easier cooking.

Keywords: Concept, Product Development, Seasoning

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพปัจจัยทางสังคมอย่างมาก ที่ส่งผลกระทบต่อระบบทางเศรษฐกิจ ทำให้ผู้ประกอบการด้านอาหารพยายามปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคตามกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งในการพัฒนา หรือการปรับปรุงผลิตภัณฑ์นั้น จำเป็นต้องอาศัยความรู้ทางวิชาการด้านต่างๆ เช่น การตลาด การบริหารจัดการ การใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผสมผสานให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพ หรือคุณลักษณะที่ดียิ่งขึ้น (อภิญญา เอกพงษ์, 2558) รวมถึงพฤติกรรมและทัศนคติเพื่อตอบสนองความต้องการสินค้าของผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงไป การสร้างแนวความคิดต่อผลิตภัณฑ์เป็นขั้นตอนเริ่มต้นสำคัญที่มีผลต่อความสำเร็จในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยอาศัยการเข้าถึงความต้องการ และความ พึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อย่างแท้จริง การพัฒนาผลิตภัณฑ์จึงเป็นกระบวนการที่ทำให้ได้สินค้าหรือผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่ดีขึ้น ปลอดภัยต่อการบริโภค และเป็นที่ต้องการของกลุ่มเป้าหมาย (ศจี สุวรรณศรี, 2551) การศึกษาแนวคิดจากผู้บริโภคจึงเป็นกระบวนการส่วนหนึ่งที่มีสำคัญต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เนื่องจากแนวความคิด ทัศนคติ ความเชื่อ หรือประสบการณ์ส่วนบุคคล อาจมีผลต่อการยอมรับหรือปฏิเสธผลิตภัณฑ์เหล่านั้น

ผงปรุงรส ถือว่าเป็นส่วนประกอบอาหารชนิดหนึ่งที่ประกอบด้วยเครื่องเทศหนึ่งชนิดหรือมากกว่านำมาผสมกับเกลือ น้ำตาล อาจจะมีส่วนประกอบของวัตถุเจือปนอาหารหรือโมโนโซเดียมกลูตาเมตหรือไม่มีก็ได้ โดยเมื่อเติมลงไปในอาหารแล้วจะช่วยเพิ่มรสชาติของอาหาร ให้มีความอร่อยและกลมกล่อมมากขึ้น (มผช. 4949/2547, 2547) ผงปรุงรสมีทั้งหมด 2 ชนิด คือ ชนิดก้อน นำผงปรุงรสชนิดผงมาอัดเป็นก้อนทรงลูกบาศก์ เช่น ซุปก้อน และชนิดผง เช่น รสดี ผงปรุงรสฟ้าไทย โดยทั้ง 2 ชนิดต่างก็มีส่วนสำคัญในการปรุงรสชาติอาหารทั้ง ต้ม ผัด แกง ทอด และอื่นๆ (ผู้จัดการ 360°รายสัปดาห์, 2563) ในปัจจุบันเครื่องปรุงรสในประเทศไทยยังมีโอกาสเติบโตได้อย่างต่อเนื่องเพราะอาหารยังเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิต เพียงแต่ผู้ประกอบการต้องมีการปรับตัวให้เข้ากับยุคสมัยและพฤติกรรมผู้บริโภคที่เปลี่ยนไป ดังเช่นในปัจจุบันเป็นยุคที่ผู้บริโภคมีความเร่งรีบในชีวิตประจำวันควบคู่กักระแสสุขภาพ แม่บ้านรุ่นใหม่จึงต้องการ เครื่องปรุงรสอาหารที่มีคุณประโยชน์ ใช้งานได้สะดวก รวมถึงเครื่องปรุงรสที่ช่วยให้การปรุงอาหารใช้ เวลาสั้นลง

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาแนวคิดในการบริโภคเครื่องปรุงรสสำเร็จรูป โดยการออกแบบ แบบสอบถามเพื่อใช้ในการสำรวจผู้บริโภคให้ได้ข้อมูลนำไปสู่แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสให้มีความหลากหลาย

เพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภค อีกทั้งยังเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค และมีความเป็นไปได้ในการต่อยอดสู่เชิงพาณิชย์

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสสำเร็จรูป

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 เครื่องปรุงรส

เครื่องปรุงรสอาหาร หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเนื้อสัตว์ เช่น ไก่ หมู มาให้ความร้อนจนแห้ง บดเป็นผง ปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรสและเครื่องเทศ เช่น น้ำตาล เกลือ กระเทียม พริกไทย โมโนโซเดียม-แอล-กลูตาเมต (ผงชูรส) โดยเมื่อเติมลงไปในอาหารแล้วจะช่วยเพิ่มรสชาติของอาหาร ให้มีความอร่อยและกลมกล่อมมากขึ้น (มผช. 4949/2547, 2547)

เครื่องปรุงรสมีทั้งหมด 2 ชนิด คือ ชนิดก้อน นำเครื่องปรุงรสชนิดผงมาอัดเป็นก้อนทรงลูกบาศก์ เช่น ซุปก้อนคนอร์ และชนิดผง เช่น รสดี ผงปรุงรสฟ้าไทย โดยทั้ง 2 ชนิดต่างก็มีส่วนสำคัญในการปรุงรสชาติอาหาร ทั้ง ต้ม ผัด แกง ทอด และอื่นๆ ตลาดเครื่องปรุงรสของไทย ซึ่งมีมูลค่าตลาดรวมของเครื่องปรุงรสอยู่ที่ประมาณ 5,000 ล้านบาท โดยสัดส่วนระหว่างชนิดผงอยู่ที่ร้อยละ 60 ส่วนชนิดก้อนอยู่ที่ร้อยละ 40 (ผู้จัดการ 360° รายสัปดาห์, 2563)

3.1.1 ลักษณะทั่วไปของเครื่องปรุงรส (มผช. 4949/2547, 2547)

3.1.1.1 ต้องแห้ง ไม่จับตัวเป็นก้อน

3.1.1.2 ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้

3.1.1.3 ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นหืน กลิ่นอับ กลิ่นไหม้ รสขม

3.1.1.4 ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

3.1.1.5 ความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 13 โดยน้ำหนัก

3.1.1.6 วอเตอร์แอคทิวิตี้ต้องไม่เกิน 0.65

3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชิ้นเทพ แซ่ลี้ (2554) ได้ทำการศึกษาและทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ใหม่ พบว่า มีผู้ศึกษาได้นำเทคนิคการประเมินวัฏจักรตลอดชีวิตผลิตภัณฑ์มาประยุกต์ใช้ ซึ่งมีทั้งการทำการปรับปรุงการผลิตผลิตภัณฑ์แยกออกเป็น การปรับปรุงการออกแบบกระบวนการผลิตหรือเปลี่ยนแปลงการวัตถุดิบและการปรับปรุงการผลิตผลิตภัณฑ์โดยการนำไปรีไซเคิล

ภัทรา นิคมานนท์ (2544) ได้ทำการศึกษา พบว่า แบบสอบถามและการสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือวัดสิ่งเดียวกันแต่ต่างกันตรงที่วิธีใช้ ทั้งนี้แบบสอบถามจะถามด้วยตัวหนังสือหรือชุดคำถาม ผู้ตอบแบบสอบถามตอบด้วยตัวหนังสือ ส่วนการสัมภาษณ์เป็นการถามด้วยคำพูดทางวาจาและผู้ตอบก็ตอบด้วยวาจาเช่นเดียวกัน บางครั้งการใช้แบบสอบถามอย่างเดียวในการวิจัยไม่เป็นการเพียงพอ ผู้วิจัยอาจจะอาศัยการสัมภาษณ์ประกอบไปด้วย ทั้งนี้ก็ด้วยเหตุผลบางครั้งผู้วิจัยจะสร้างแบบสอบถามที่ยังไม่ ครอบคลุมสิ่งที่ต้องการศึกษา

อภิญญา เอกพงษ์ (2558)ได้ทำการศึกษา การประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบร่วม พบว่า วิธีการใช้เทคนิคองค์ประกอบร่วม (Conjoint analysis) ที่สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาแนวคิดผลิตภัณฑ์อาหารชนิดใหม่ และหาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่สำคัญและมีอิทธิพลต่อผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย โดยพิจารณาจากความชอบที่มีต่อแนวคิดผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งเปรียบเสมือนรายละเอียดของผังภาพในการสร้าง และพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารชนิดใหม่ออกสู่ตลาด

จารุวรรณ เจตเกษกิจ (2552)ได้ให้ความหมายของเครื่องปรุงรส หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยเครื่องเทศหรือสารสกัดจากเครื่องเทศจำนวนหนึ่งชนิดหรือมากกว่า ซึ่งเมื่อเติมลงไปในอาหารแล้วจะช่วยเพิ่มรสชาติของอาหาร โดยเฉพาะอาหารไทยที่ใช้วัตถุดิบที่มีความเฉพาะตัวในการประกอบอาหารทำให้อาหารไทยมีเอกลักษณ์เฉพาะ แตกต่างจากอาหารของชาติอื่น รวมถึงการใช้วัตถุดิบต่าง ๆ มาช่วยในการปรุงรสชาติอาหารให้อร่อยและมีกลิ่นหอมยิ่งขึ้น

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

โดยการสืบค้นข้อมูลจากงานวิจัย หนังสือ อินเทอร์เน็ต รวมถึงเอกสารหรือสิ่งพิมพ์ต่างๆ และแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถาม

4.2 ออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ

โดยทำการออกแบบแบบสอบถามเพื่อทดสอบแนวความคิดของผู้บริโภคในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสสำเร็จรูป โดยเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาคือ แบบสอบถาม ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 การสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคเครื่องปรุงรสสำเร็จรูป

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสสำเร็จรูป

4.3 นำเสนอเครื่องมือให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินและตรวจสอบ

โดยการหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหา (Content Validity) ความถูกต้องตามองค์ประกอบที่ต้องการศึกษาและภาษาที่ใช้ ข้อคำถามแต่ละข้อ วัดได้ตรงตามสิ่งที่ต้องการวัดเนื้อหาหรือวัตถุประสงค์ โดยใช้เกณฑ์การประเมินดังนี้ คะแนน +1 แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ คะแนน 0 ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ คะแนน -1 แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ แล้วนำข้อมูลที่ได้หาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อ (Index of Item Objective Congruence of IOC) ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 - 1.00 มีค่าความเที่ยงตรงใช้ได้ ข้อคำถามที่ มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 ต้องปรับปรุงยังใช้ไม่ได้

4.4 การปรับปรุงเครื่องมือ

เมื่อผ่านการประเมินและตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านเรียบร้อยแล้ว ก็ดำเนินการปรับปรุงเครื่องมือตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ มีความถูกต้อง เที่ยงตรงตามโครงสร้างเนื้อหา ครอบคลุมเนื้อหาและใช้ภาษาได้ถูกต้องเหมาะสมเพื่อให้ได้ข้อคำถามที่มีความสมบูรณ์ที่สุด

4.5 การสำรวจผู้บริโภค

การสำรวจผู้บริโภคดำเนินการแจกแบบสอบถามเพื่อศึกษาแนวความคิดของผู้บริโภคในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสสำเร็จรูป โดยการแจกแบบสอบถามไปยังกลุ่มกลุ่มเป้าหมาย คือ บุคคลทั่วไปที่มีอายุตั้งแต่

15 ปีขึ้นไป ที่รู้จัก หรือเคยรับประทานเครื่องปรุงรสสำเร็จรูป จำนวน 100 คน เพื่อสำรวจข้อมูลจากผู้บริโภค และรวบรวมข้อมูลนำมาสร้างแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

4.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

โดยการนำข้อมูลจากแบบสอบถามประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ โดยโปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS (Statistical for Social Sciences) for Windows Version 24 เพื่อคำนวณค่าทางสถิติต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 ข้อมูลเพื่อการพัฒนา ใช้การวัดข้อมูลแบบมาตรนามบัญญัติ (Nominal Scale) สถิติที่ใช้คือ การแจกแจงความถี่และค่าร้อยละ และส่วนที่ 3 ใช้วิธีการวัด แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) สถิติที่ใช้คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5. ผลการวิจัย

5.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นจากการสืบค้นข้อมูลจากงานวิจัย หนังสือเอกสารสิ่งพิมพ์ต่างๆอินเตอร์เน็ต หรือปัญหาข้อร้องเรียนเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่จะทำการศึกษาคือ การศึกษาแนวความคิดในการพัฒนา

เครื่องปรุงรสสำเร็จรูป พบว่า แบบสอบถามควรมีข้อมูลเกี่ยวกับ ลักษณะทางประชากรศาสตร์ พฤติกรรมการบริโภค ปัจจัยในด้านต่างๆ ที่มีความสำคัญต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยด้านผลิตภัณฑ์ ด้านราคา ด้านการจัดจำหน่าย การส่งเสริมการตลาด และด้านบรรจุภัณฑ์รวมถึงข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสสำเร็จรูป

5.2 ออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น พบว่า แบบสอบถามโดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ประชากรศาสตร์ ลักษณะทางประชากรศาสตร์ที่สำคัญประกอบด้วย เพศ อายุ สถานภาพ การศึกษา อาชีพ และรายได้ต่อเดือน เนื่องจากเป็นข้อมูลที่ใช้ในการแบ่งส่วนตลาด และลักษณะทางประชากรศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญ เพราะสถิติที่วัดได้ของประชากรสามารถช่วยกำหนดเป้าหมายที่ชัดเจน ซึ่งสามารถนำไปวางแผนการผลิต เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค และเจาะกลุ่มเป้าหมายทางการตลาดได้

ส่วนที่ 2 พฤติกรรมการบริโภค การวิเคราะห์พฤติกรรมเพื่อศึกษาหรือวิจัยพฤติกรรมการซื้อและการใช้สินค้าเพื่อให้ทราบถึงลักษณะความต้องการ รวมถึงพฤติกรรมการบริโภคสินค้า ผลการวิเคราะห์ที่ได้จะช่วยทำให้สามารถกำหนดกลยุทธการตลาดเพื่อที่จะสามารถตอบสนองต่อความต้องการ และความพึงพอใจของผู้บริโภคได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม โดยคำถามส่วนใหญ่จะถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภค เช่น ความถี่ในการทานเครื่องปรุงรสสำเร็จรูป ซื้อเครื่องปรุงรสสำเร็จรูปจากที่ใดบ่อยที่สุด และปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อ สอบถามระดับความสำคัญ ปัจจัยด้านการตลาด ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านการส่งเสริมการตลาด ด้านราคา ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย

ส่วนที่ 3 ทัศนคติและความต้องการของผู้บริโภค การศึกษาความต้องการของผู้บริโภคเป็นการค้นหาวิจัยเกี่ยวกับพฤติกรรมการซื้อและการใช้ของผู้บริโภคทั้งที่เป็นบุคคล กลุ่มหรือองค์การ เพื่อให้ทราบถึงลักษณะความต้องการและพฤติกรรมการซื้อ การใช้ การเลือกบริการ แนวคิดหรือประสบการณ์ที่จะทำให้ผู้บริโภคพึงพอใจ ซึ่งคำตอบที่ได้ช่วยให้นักการตลาดสามารถกำหนดกลยุทธ์ทางการตลาด ตอบสนองความพึงพอใจของผู้บริโภคได้อย่างเหมาะสม โดยการตั้งคำถามเกี่ยวกับความต้องการของผู้บริโภค เช่น เหตุผลที่เลือกซื้อเครื่องปรุงรสสำเร็จรูป ปัญหาที่พบในการบริโภคเครื่องปรุงรสสำเร็จรูป ควรมีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการชนิดใดบ้าง

ต้องการให้เครื่องปรุงรสสำเร็จรูปพัฒนาไปในรูปแบบใด เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค

5.3 เสนอเครื่องมือให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินและตรวจสอบ

ผลการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหาและนำมาปรับปรุงแก้ไขการใช้ภาษา การจัดเรียงลำดับเนื้อหา และนำมาวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงของการสำรวจแนวความคิดของผู้บริโภคในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงสำเร็จรูป พบว่า ค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องของแบบสอบถามเท่ากับ 0.84 (มีค่า IOC มากกว่า 0.5) ซึ่งหมายถึงความเที่ยงตรงใช้ได้ โดยผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอแนะว่าควรตรวจสอบความถูกต้องของประโยค การจัดเรียงประโยคคำถามเพื่อความสมบูรณ์ของแบบสอบถาม เมื่อผ่านการประเมินและตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านเรียบร้อยแล้ว ก็ดำเนินการปรับปรุงเครื่องมือตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ มีความถูกต้อง เที่ยงตรงตามโครงสร้างเนื้อหา ครอบคลุมเนื้อหาและใช้ภาษาได้ถูกต้องเหมาะสมเพื่อให้ได้ข้อคำถามที่มีความสมบูรณ์ที่สุด

5.4 การสำรวจผู้บริโภค

5.4.1 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์

กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาในครั้งนี้คือ เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคด้วยวิธีการสุ่มแบบบังเอิญในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี จำนวน 100 คน พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 72 ส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 25 - 34 ปี คิดเป็นร้อยละ 26 สถานภาพส่วนใหญ่โสด คิดเป็นร้อยละ 79 ระดับการศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 83 ส่วนใหญ่มีอาชีพนักศึกษาคิดเป็นร้อยละ 29 และส่วนใหญ่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน น้อยกว่าหรือเทียบเท่า 15,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 51 กลุ่มตัวอย่างเพศหญิงซึ่งมีความถี่ในการซื้อมากกว่าเพศชาย

5.4.2 พฤติกรรมการบริโภค

การสำรวจข้อมูลพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสสำเร็จรูป พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความถี่ในการทานเครื่องปรุงรสสำเร็จรูป 1-3 ครั้งต่อหนึ่งสัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 46 ผู้บริโภคส่วนใหญ่มักนิยมซื้อเครื่องปรุงรสสำเร็จรูปที่ร้านสะดวกซื้อ คิดเป็นร้อยละ 51 เนื่องจากปัจจุบันร้านสะดวกซื้อขยายพื้นที่ครอบคลุมทุกพื้นที่ทำให้ผู้บริโภคสามารถเลือกซื้อเครื่องปรุงรสสำเร็จรูปได้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น ผู้บริโภคส่วนใหญ่ได้ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องปรุงรสสำเร็จรูปจากแหล่งข้อมูลสื่อโฆษณา ประชาสัมพันธ์เป็นแรงจูงใจในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 27 รองลงมาได้ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องปรุงรสสำเร็จรูปจากเพื่อนและครอบครัว คิดเป็นร้อยละ 26 และผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมเลือกรับประทานเครื่องปรุงรสสำเร็จรูปในรสชาติหมูสับ คิดเป็นร้อยละ 60 และรองลงมาคือ รสชาติต้มยำ คิดเป็นร้อยละ 54 เนื่องจากรสชาติหมูสับเป็นรสชาติที่กลมกล่อมอ่อนๆ ไม่จัดจ้าน สามารถนำมาประกอบอาหารได้ทุกรูปแบบ ยังสามารถบริโภคได้ทั้งเด็กและผู้ใหญ่ทุกเพศทุกวัย ส่วนรสชาติต้มยำ เป็นรสชาติอาหารที่ให้ความเข้มข้นเป็นที่นิยมของคนไทยและต่างประเทศ ที่ชื่นชอบรสชาติสามรสและกลิ่นสมุนไพร

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยความเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความสำคัญในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสสำเร็จรูป

ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อ	$\bar{X}$± S.D.	ระดับความสำคัญ
1. ด้านผลิตภัณฑ์ (Product)		
รสชาติของผลิตภัณฑ์	4.20±0.81	มาก
คุณค่าทางโภชนาการ	4.07±0.97	มาก
ผลิตภัณฑ์มีชื่อเสียง/เป็นที่รู้จัก	3.88±0.80	มาก
ผลิตภัณฑ์มีให้เลือกหลายขนาด (ปริมาณ)	3.08±0.84	ปานกลาง
บรรจุภัณฑ์ สะอาด/มิดชิดปลอดภัย/สวยงาม	4.25±0.80	มาก
ผลิตภัณฑ์มีเครื่องหมายรับรองคุณภาพ	4.30±0.84	มาก
ผลิตภัณฑ์มีฉลาก ระบุส่วนผสม/วิธีบริโภค/วันเดือนปีที่ผลิตและหมดอายุ	4.26±0.84	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.14±0.84	มาก
2. ด้านการส่งเสริมการตลาด (Promotion)		
มีสินค้าให้ทดลองชิม	3.67±0.97	มาก
จัดกิจกรรมส่งเสริมการขาย เช่น มีของแถม	3.68±0.98	มาก
ลดราคาจัดบูธแสดงสินค้า	3.67±0.95	มาก
แนะนำสินค้าโดยใช้พรีเซนเตอร์ตัวจริง	3.65±0.98	มาก
มีการโฆษณา ประชาสัมพันธ์ อย่างต่อเนื่อง	3.74±0.98	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	3.68±0.97	มาก
3. ด้านราคา (Price)		
ราคาเหมาะสมกับปริมาณสินค้า	4.09±0.89	มาก
ราคาเหมาะสมกับคุณภาพสินค้า	4.21±0.88	มาก
มีป้ายแสดงราคาที่ชัดเจน	4.13±0.96	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.14±0.91	มาก
4. ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย (Place)		
มีวางจำหน่ายตามร้านค้าสุขภาพ	3.99±0.81	มาก
มีตัวแทนจำหน่าย	3.84±0.80	มาก
บริการสั่งซื้อผ่านอินเทอร์เน็ต	3.93±0.92	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	3.92±0.84	มาก

จากตารางผลการสำรวจ ข้อมูลปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสสำเร็จรูปประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่

ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อด้านผลิตภัณฑ์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีความหลากหลาย จึงมีผลต่อการตัดสินใจของผู้บริโภคที่จะเลือกถึงประโยชน์ที่จะได้รับมากที่สุด พบว่า ปัจจัยของผลิตภัณฑ์มีเครื่องหมายรับรองคุณภาพ ผู้บริโภคให้ความสำคัญอยู่ในระดับมาก คิดเป็นร้อยละ 54

ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อด้านการส่งเสริมการตลาดมีความสำคัญในระดับสำคัญปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 25

ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อด้านราคา จากการศึกษา พบว่า ปัจจัยของราคาเหมาะสมกับคุณภาพ ผู้บริโภคให้ความสำคัญในระดับมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 47

ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อด้านช่องทางการจัดจำหน่าย จากการศึกษาพบว่า นิยมซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสสำเร็จรูปจากร้านค้าเพื่อสุขภาพ มีความสำคัญในระดับสำคัญมาก คิดเป็นร้อยละ 3.99

5.4.3 ทัศนคติและความต้องการของผู้บริโภค

ข้อมูลเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสสำเร็จรูป เหตุผลที่เลือกซื้อเครื่องปรุงรสสำเร็จรูป พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมเลือกซื้อเครื่องปรุงรสสำเร็จรูปด้วยเหตุผลที่มีความสะดวกในการนำไปใช้ คิดเป็นร้อยละ 68 ปัญหาที่พบในการบริโภคเครื่องปรุงรสสำเร็จรูป ผู้บริโภคส่วนใหญ่ มีความคิดเห็นว่าเครื่องปรุงรสสำเร็จรูปไม่มีคุณค่าทางโภชนาการมากพอ คิดเป็นร้อยละ 46 จากแบบสอบถามผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความคิดเห็นควรมีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ชนิดโปรตีนในเครื่องปรุงรสสำเร็จรูป คิดเป็นร้อยละ 68 และจากการสอบถามต้องการให้เครื่องปรุงรสสำเร็จรูปพัฒนาไปในรูปแบบใด พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่อยากให้พัฒนาเครื่องปรุงรสในรูปแบบก้อน และ เครื่องปรุงรสในรูปแบบซอสเข้มข้น คิดเป็นร้อยละ 34 เท่ากัน

6. อภิปรายผล

การศึกษาแนวคิดในการบริโภคเครื่องปรุงรสสำเร็จรูป มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาแนวความคิดการบริโภคเครื่องปรุงรสสำเร็จรูปในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยใช้เครื่องมือคือ แบบสอบถามเพื่อใช้ในการสำรวจผู้บริโภค จำนวน 100 คน ผลปรากฏว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมเลือกซื้อเครื่องปรุงรสสำเร็จรูปด้วยเหตุผลที่มีความสะดวกในการนำไปใช้ ซึ่งสอดคล้องกับ นงลักษณ์ โพธิ์ไพจิตรและคณะ (2563) ไม่ว่าจะเป็นผู้บริโภค ชาวไทยหรือชาวต่างชาติที่สนใจปรุงอาหารไทยรับประทานเองก็สามารถซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงไปใช้ได้ นอกจากจะได้รับความสะดวกสบายในการปรุงอาหารแล้วยังทำให้ได้รสชาติอาหารตามแบบต้นฉบับอีกด้วย ปัญหาที่พบในบริโภคเครื่องปรุงรสสำเร็จรูป ผู้บริโภคส่วนใหญ่ มีความคิดเห็นว่าเครื่องปรุงรสสำเร็จรูปไม่มีคุณค่าทางโภชนาการมากพอ ผู้บริโภคมีความคิดเห็นควรมีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ชนิดโปรตีนและรองลงมาคือวิตามินในเครื่องปรุงรสสำเร็จรูป นัทธมน เดชประภัสสร (2558) ได้กล่าวว่า กระแสสังคม ในปัจจุบันที่ผู้บริโภคหันมาให้ความสำคัญกับการดูแลสุขภาพมากขึ้น จากการที่ผู้บริโภคมีความรู้จากการที่ได้รับการศึกษามากขึ้นทำให้ต้องการที่จะมี Healthy Lifestyle ในระยะยาวของชีวิต โดยจุดเริ่มต้นที่สำคัญในการดูแลสุขภาพนั้นเริ่มจากการรับประทานอาหารที่มีประโยชน์ แต่ในภาวะสังคมปัจจุบันซึ่งเป็นสังคมเมืองที่รีบเร่งทำให้ผู้บริโภคต้องการความสะดวกในการดำเนินชีวิต รวมไปถึงความสะดวกในการดูแลสุขภาพ ประกอบกับแนวคิด ที่ให้ความสำคัญกับการป้องกันการเกิดโรคมากกว่าการรักษา ข้อมูลปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสสำเร็จรูป ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านการส่งเสริมการตลาด มีความสำคัญในระดับสำคัญปานกลาง ศิริวรรณ เสรีรัตน์ (2541) ได้กล่าวไว้ว่า ปัจจุบันการทดลองสินค้า ณ จุดขาย เป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญมากยิ่งขึ้น เป็นการสร้างอารมณ์และการรับรู้ของผู้บริโภค เป็นขั้นสุดท้ายก่อนที่จะตัดสินใจซื้อเพื่อเลือกสินค้านั้น ควรจัดกิจกรรมส่งเสริมการขาย มีสินค้าให้ทดลองชิมให้กับผู้บริโภค ด้านราคา ปัจจัยของราคาเหมาะสมกับคุณภาพ ผู้บริโภคให้ความสำคัญในระดับมากที่สุด ประยูร ญาสมุทร (2544) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภคบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปของพนักงานในนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ พบว่า ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการต่อการตลาดที่มีอิทธพลต่อการตัดสินใจซื้อด้านราคาเมื่อราคามีความเหมาะสมกับคุณภาพสินค้า

โดยที่ผู้บริโภคได้เล็งเห็นคุณประโยชน์หรือคุณค่าทางโภชนาการที่ได้รับจากผลิตภัณฑ์เมื่อได้บริโภคแล้วเกิดประโยชน์ต่อร่างกาย จึงสามารถใช้จ่ายได้เพราะพึงพอใจในราคาที่เหมาะสมกับคุณภาพของสินค้า และผู้บริโภคอยากให้พัฒนาเครื่องปรุงรสสำเร็จรูปในรูปแบบก้อนเพื่อสะดวกต่อการใช้ประกอบอาหาร

7. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษา เรื่อง การศึกษาแนวคิดในการบริโภคเครื่องปรุงรสสำเร็จรูปเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ผู้ศึกษาเห็นว่า ควรมีการดำเนินการใช้แบบสัมภาษณ์ร่วมกับแบบสอบถาม เพื่อจะได้ทราบถึงปัญหาและความต้องการที่หลากหลาย ร่วมกับการขยายกลุ่มตัวอย่างไปยังพื้นที่ อำเภอ หรือจังหวัดอื่นๆ เพิ่มเติม เพื่อที่จะได้กลุ่มเป้าหมายที่หลากหลายมากขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสสำเร็จรูปให้มีรูปแบบที่หลากหลายสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค และมีความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์ที่มากขึ้น

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย และขอขอบพระคุณ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้กรุณาสนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์ครุภัณฑ์ในการทำวิจัยในครั้งนี้

9. เอกสารอ้างอิง

จารุวรรณ เจตเกษกิจ. (2552). *นวัตกรรมเครื่องปรุงรส ใส่รสชาติใหม่ให้ชีวิตด้วยแนวคิดสร้างสรรค์. อุตสาหกรรมสาร*, 52 (มกราคม-กุมภาพันธ์) : 29-31.

ชิ้นเทพ แซ่ลี้. (2554). *การปรับปรุงการผลิตผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ไม้โดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์*, วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ชีวรรณ เจริญสุข. (2557). *ผลิตภัณฑ์ใหม่ (NEW PRODUCT PLANNING),* ดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

ธานินทร์ ศิลป์จารุ. (2544). *คู่มือการวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS*, พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

นงลักษณ์ โพธิ์ไพจิตร กฤษณพร ประสิทธิ์วิเศษ และจารุณี วิเทศ. (2563). *ความพึงพอใจการออกแบบบรรจุภัณฑ์เครื่องปรุงกับพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อ*, สาขาวิชาการบัญชีและการจัดการ, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

นัทธมน เดชประภัสสร. (2558). *ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เสริมอาหารทางอินเทอร์เน็ต,* บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, สาขาวิชาพาณิชยศาสตร์และการบัญชี, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ประยูร ญาสมุทร. (2544). *ปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภคบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปของพนักงานในนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ,* บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ผู้จัดการ 360˚รายสัปดาห์. (2563). *ผงปรุงรส,* (ออนไลน์). ค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2563, จาก https://www.manager.co.th/mgrWeekly/.

ภัทรา นิคมานนท์. (2544). *การวิจัยทางการศึกษาและสังคมศาสตร์*, ครุศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.

มผช. 4949/2547. (2547). ผงปรุงรสอาหาร, มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (ออนไลน์). ค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2563, จาก: http://tcps.tisi.go.th/public/StandardList.aspx/.

ศจี สุวรรณศรี. (2551). *หลักการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส*, คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ศิริวรรณ เสรีรัตน์. (2541). *การบริหารการตลาดยุคใหม่,* กรุงเทพมหานคร: ธีระฟิล์มและไซเท็กซ์.

อภิญญา เอกพงษ์. (2558). การประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบร่วม. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 17* (3), 71-78.

การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าห่มสำลีสำหรับเดินทาง กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเย็บผ้าห่มสำลี จังหวัดอุตรดิตถ์

DESIGN AND DEVELOPMENT OF COTTON BLANKET FOR TRAVEL: COMMUNITY ENTERPRISE FOR COTTON BLANKET GROUP, UTTARADIT PROVINCE

สิงหา ปรารมภ์
สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
E-mail: Singha@uru.ac.th
จันทิมา ปกครอง
สาขาวิชาศิลปกรรม คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
E-mail: Junjang2001@yahoo.com
อังกาบ บุญสูง
สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
E-mail: tamthai_wisdom@hotmail.com

บทคัดย่อ

ออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าห่มสำลีสำหรับเดินทาง กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเย็บผ้าห่มสำลี จังหวัดอุตรดิตถ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าห่มสำลีสำหรับเดินทาง โดยกลุ่มเป้าหมาย คือ สมาชิกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนฯ จำนวน 10 คน ทำการบูรณาการเรียนการสอน โดยนำกระบวนการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ และออกแบบกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ เป็นแนวทางในการและพัฒนา เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของกลุ่มผู้บริโภค เริ่มจากการปรับปรุงจักรลา ให้มีความพร้อมสำหรับการใช้งานโดยการนำเข้าศูนย์บริการเพื่อล้างทำความสะอาด ปรับตั้งเข็ม จากนั้นทำการศึกษาพฤติกรรมการใช้โต๊ะจักรลา เพื่อออกแบบส่วนพื้นที่ขยายการทำงานโดยใช้หลักการออกแบบเครื่องเรือน (เฟอร์นิเจอร์) เป็นแนวทางในการผลิต จากนั้นเริ่มกระบวนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การระดมความคิด จนถึงการถ่ายทอดข้อมูล และนำผลิตภัณฑ์ทั้งของเดิมและที่ได้ออกแบบขึ้นถ่ายภาพเพื่อการออกแบบป้ายประชาสัมพันธ์ในการสื่อสารและโฆษณาสินค้าติดผ้าห่มสำลีให้กับทางกลุ่มวิสาหกิจ

คำสำคัญ: การออกแบบและพัฒนา ผ้าห่มสำลีสำหรับเดินทาง วิสาหกิจชุมชนกลุ่มเย็บผ้าห่มสำลี

ABSTRACT

Design and Development Of Cotton Blanket For Travel : Community Enterprise For Cotton Blanket Group, Uttaradit Province. The objective is to design and develop cotton blankets for travel. The target group is 10 members of the community enterprise group. by bringing the process of creating products and design graphics on the packaging as a guideline for development. start with the improvement of the machine bring to the service center for cleaning, adjusting the needle. Start the product design and development process. Design the working area by using furniture design principles as a guideline for production. Take pictures of the products for the design of banners attached to cotton blankets.

Keywords: Design and development, Cotton Blanket For Travel, Community Enterprise For Cotton, Blanket Group, Uttaradit Province

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

จากผลกระทบของสถานการณ์โควิด-19 ส่งผลกระทบไป ทั่วทุกมุมของโลก ส่งผลต่อสภาพเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก การท่องเที่ยวเป็นอีกหนึ่งอย่างที่ส่งผลกระทบอย่างต่อเนื่อง ถึงแม้ว่าจะมีการล๊อกดาวน์และเคอร์ฟิวในจังหวัดที่มีความเสี่ยงสูงสุด ที่เป็นการงดเดินทางข้ามจังหวัดนั้น จากการท่องเที่ยวหลังคลายล๊อกดาวน์ (การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, 2565) ทำให้เกิดการท่องเที่ยวที่เน้นการขับรถเที่ยวในระยะทางที่สั้น มีการทำกิจกรรมที่ลดการสัมผัสใกล้ชิดกัน และเน้นที่พักที่ได้รับการรับรองมาตรฐานความปลอดภัยด้านสาธารณสุข การท่องเที่ยวในประเทศไทยมีหลากหลายรูปแบบ โดยการท่องเที่ยวโดยชุมชนเป็นอีกหนึ่งรูปแบบที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก (ศรัณย์ บุญประเสริฐ, 2563) ที่เป็นรูปแบบการท่องเที่ยวที่เกิดจากชุมชน ทั้งการมีส่วนร่วม การเป็นเจ้าของ เพื่อนำเสนอเอกลักษณ์ วัฒนธรรม วิถีชุมชนให้กับนักท่องเที่ยวได้เข้าไปสัมผัสและเรียนรู้ เกิดการแลกเปลี่ยนวัฒนธรรม ให้เกิดประโยชน์กับชุมชนมากที่สุด

โฮมสเตย์ป้าไข่ เป็นหนึ่งในการท่องเที่ยวทางธรรมชาติ โดยตั้งอยู่จังหวัดอุตรดิตถ์ เป็นสถานที่พักผ่อนละเรียนรู้ ใกล้ชิดธรรมชาติในล้ำน้ำน่าน ประกอบกับเป็นประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเย็บผ้าห่มสำลี จังหวัดอุตรดิตถ์ ที่เดิมทีประกอบธุรกิจ ผลิตภัณฑ์จากผ้าห่มสำลี ทั้งผ้าห่ม รองเท้า หมอนหนุน หมอนพิง และพรมเช็ดเท้า ได้นำรูปแบบของผ้าห่มสำลีให้กับนักท่องเที่ยวที่เข้ามาพักโฮมสเตย์ป้าไข่ฯ เกิดผลตอบรับเป็นอย่างดี เนื่องจากคุณสมบัติของผ้าสำลีนั้นมีคุณสมบัติเป็นฉนวนให้ความร้อน และระบายความร้อนออกได้ดี ไม่แข็ง สามารถทำความสะอาดได้ง่าย ส่วนใหญ่จะสั่งจองและซื้อผ้าห่มจากกลุ่มวิสาหกิจฯ อย่างต่อเนื่อง แต่เนื่องจากสถานการณ์ในตอนนี้ทำให้การท่องเที่ยวเปลี่ยนไปเป็นอย่างมาก เกิดการท่องเที่ยวแบบ New Normal (กรมการท่องเที่ยว, ออนไลน์) เป็นมาตรการให้เกิดความท่องเที่ยวอย่างปลอดภัยทั้งผู้ประกอบการ และนักท่องเที่ยว ส่วนใหญ่นักท่องเที่ยวจะเตรียมสิ่งของมาจากบ้านเพื่อลดความเสี่ยงจากเชื้อโรค โดยเครื่องนอนนั้นเป็นสิ่งจำสำหรับทุกคน ไม่ว่าจะเป็นการเดินทางโดยรถยนต์ รถจักรยาน และรถจักรยานยนต์ แล้วแล้วแต่ต้องพกพาไปทุกที่ ขนาดสัดส่วนของเครื่องนอนส่งผลต่อการเดินทาง

ออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อตอบโจทย์ให้กับนักท่องเที่ยว นักเดินทางที่ต้องนอนค้าคืนในสถานที่ต่างๆ ทั้งในบ้านพักโฮมสเตย์ เต้นผ้า รถยนต์ และนอกพักผ่อนนอกสถานที่ สามารถพกพาง่าย สะดวกต่อใช้งาน ผู้วิจัยจึงทำการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าห่มสำลีสำหรับเดินทาง กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเย็บผ้าห่มสำลี

จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยใช้หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นแนวทางในการออกแบบฯ เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ให้สอดคล้องกับความต้องการ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าห่มสำลีสำหรับเดินทาง กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเย็บผ้าห่มสำลี จังหวัดอุตรดิตถ์

3. กลุ่มเป้าหมาย

การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าห่มสำลีสำหรับเดินทาง กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเย็บผ้าห่มสำลี จังหวัดอุตรดิตถ์ มีกลุ่มเป้าหมายคือ สมาชิกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนฯ จำนวน 10 คน โดยการบูรณาการเรียนการสอน โดยนำกระบวนการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ และออกแบบกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ เป็นแนวทางในการและพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าห่มสำลีสำหรับเดินทาง เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของกลุ่มผู้บริโภค

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ขั้นตอนของการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. กำหนดข้อมูล และตัวชี้วัด กำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัย กำหนดตัวแปร
2. กำหนดของเขตของข้อมูล แหล่งที่มาของข้อมูล กำหนดประชากร และกลุ่มตัวอย่างของงานวิจัย
3. วิธีการรวมรวมข้อมูลที่เหมาะสมของวิสาหกิจชุมชนฯ
4. นำเครื่องมือใช้กับกลุ่มตัวอย่างงานวิจัย
5. คืนข้อมูลให้กับวิสาหกิจชุมชนฯ

4.2 ขั้นตอนของการดำเนินการวิจัย

1. ลงพื้นที่สำรวจความพร้อมและตกลงกรอบแนวคิดในการทำงานร่วมกับผู้นำกลุ่มวิสาหกิจชุมชนฯ พร้อมทั้งสรุปความต้องการเพื่อวางแผนการดำเนินการ
2. ออกแบบวางแผนการดำเนินงานร่วมกัน รวมถึงการบูรณาการเข้ากับการเรียนการสอนรายวิชาในสาขาวิชาศิลปกรรม และสาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบ
3. วิเคราะห์โจทย์ที่ได้จากความต้องการของกลุ่มวิสาหกิจฯ ร่วมกับนักศึกษา เพื่อออกแบบร่างพร้อมทั้งทดลองทำต้นแบบเพื่อนำเสนอให้กับทางกลุ่มวิสาหกิจฯ
4. อบรมเชิงปฏิบัติการและระดมความคิดของกลุ่มวิสาหกิจฯ
5. สร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์ผ้าห่มสำลีสำหรับเดินทาง โดยแกนนำกลุ่มวิสาหกิจชุมชนฯ
6. อบรมเชิงปฏิบัติการและถ่ายทอดให้กับสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนฯ
7. วิเคราะห์ข้อมูล สรุปผล
8. คืนข้อมูลสู่สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนฯ

4.3 ประชากรและตัวอย่าง

1) ขอบเขตของประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย คือ

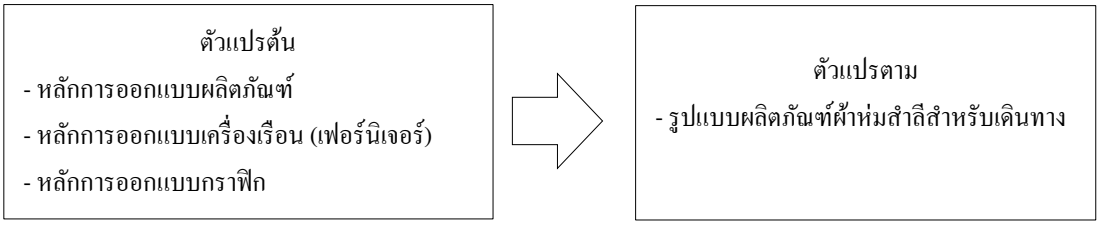
1.1) ประชากร คือ

- วิสาหกิจชุมชนกลุ่มเย็บผ้าห่มสำลี จังหวัดอุตรดิตถ์ จำนวน 10 คน
- ผู้บริโภคหรือผู้สนใจผลิตภัณฑ์จากผ้าห่มสำลี จำนวน 50 คน

1.2) กลุ่มตัวอย่าง คือ

- วิสาหกิจชุมชนกลุ่มเย็บผ้าห่มสำลี จังหวัดอุตรดิตถ์ จำนวน 10 คน
- ผู้บริโภคหรือผู้สนใจผลิตภัณฑ์จากผ้าห่มสำลี จำนวน 50 คน โดยการเลือกหน่วยตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling)

2) ขอบเขตของการวิจัย ผู้วิจัยได้นำกระบวนการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ และนำหลักการออกแบบเครื่องเรือน (เฟอร์นิเจอร์) เป็นแนวทางในการออกแบบส่วนขยายพื้นที่ของจักรลาในการเย็บผ้า รวมถึงการประยุกต์หลักการออกแบบกราฟฟิกในการออกแบบป้ายแสดงสินค้าผลิตภัณฑ์



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

5. ผลการวิจัย

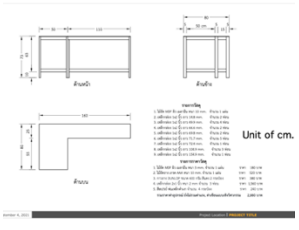
ผู้วิจัยได้แสดงผลของการดำเนินงานตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ดังนี้

ผลของการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าห่มสำลีสำหรับเดินทาง เริ่มจากการลงพื้นที่สำรวจความต้องการของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเย็บผ้าห่มสำลี ร่วมกับมีนางริน เงินแก้ว เลขที่ 9 หมู่ 7 ต.แสนตอ อ.เมืองอุตรดิตถ์ จ.อุตรดิตถ์ รวมถึงการศึกษาผลิตภัณฑ์เดิมของทางกลุ่มฯ จากนั้นได้เปิดประเด็นในการหาแนวความคิดร่วมกัน ผลของการระดมความคิด ในการพัฒนา มี 3 แนวทางคือ 1). จากผลิตภัณฑ์เดิมของกลุ่มที่พบว่ามีเพียงผ้าห่มขนาดเล็กและใหญ่ จึงพัฒนาผลิตออกแบบผลิตภัณฑ์ผ้าห่มสำลีสำหรับเดินทาง เพื่อให้ทางกลุ่มมีประเภทสินค้าที่เพิ่มมากขึ้นใน สามารถใช้ภายนอกสถานที่เช่น การท่องเที่ยว การปิคนิค 2). ในส่วนของกระบวนการผลิต มีจักรลาของกลุ่มฯ ที่ชำรุดและต้องมีการเพิ่มพื้นที่หน้าโต๊ะจักรเพื่อให้สามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าเดิม 3) ป้ายประชาสัมพันธ์ของกลุ่ม แสดงข้อมูลผลิตภัณฑ์ ที่ชัดเจน ทำให้เพิ่มกลุ่มลูกค้าได้มากยิ่งขึ้น จากนั้นทำการศึกษารูปแบบของที่นอนปิคนิคที่จำหน่ายตามท้องตลาดเพื่อศึกษาแนวโน้มของตลาดในปัจจุบัน และทำการนัดหมายเพื่อศึกษาข้อมูลอุปกรณ์ การถ่ายภาพ และแนวทางในการพัฒนารูปแบบของผ้าห่มปิกนิก เพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

1) ผลของการปรับปรุงจักรเย็บผ้าให้มีพื้นที่ และสามารถปรับขนาดส่วนที่รองรับผ้าที่ช่วยในการเย็บผ้าห่มได้ ทั้งขนาดใหญ่ และขนาดเล็ก เริ่มจากการซ่อมโต๊ะจักรลาของกลุ่มฯ ที่มีชำรุดต้องดำเนินการเปลี่ยนแผ่นโต๊ะ รวมถึงล้างและปรับแต่งเครื่องจักรให้ใช้งานได้ดีขึ้น ผู้วิจัยนำจักรลาของทางกลุ่มฯ เข้าศูนย์บริการเพื่อให้พร้อมใช้งานก่อนการขยายพื้นที่การทำงานของจักร

ภาพที่ 2 ภาพการปรับปรุงจักรลา
ที่มา : จันทิมา ปกครอง และสิงหา ปรารมภ์ (2564)

การปรับปรุงจักรลาให้มีพื้นที่ เริ่มจากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นพบว่าเดิมทีกระบวนการเย็บนั้นจะนำโต๊ะมาตั้งเพื่อเป็นส่วนขยายหน้าโต๊ะจักรลา ซึ่งไม่สะดวกต่อการผลิตผ้าห่มที่มีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก เกิดปัญหาการทิ้งน้ำหนักของผ้าทำให้เกิดรอยย่นของผ้า หลังจากการวิเคราะห์เบื้องต้นสรุปได้ คือ โต๊ะส่วนขยายนั้นจะมีขนาดโต๊ะจักรลาที่ความสูง 73 ซ.ม. โดยมีความกว้างอยู่ที่ 80 ซ.ม. และมีความยาว 160 ซ.ม. ผู้วิจัยได้บูรณาการกับการเรียนการสอนเพื่อให้นักศึกษาได้ ดำเนินการจำลองภาพ 3 มิติ ในโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อพิจารณา ขนาดรูปทรง จำนวนของวัสดุที่ต้องใช้เพื่อสร้างพื้นที่รองรับผ้าที่ช่วยในการเย็บผ้าห่มได้ ทั้งขนาดใหญ่ และขนาดเล็ก โดยโครงสร้างเป็นเหล็กเพื่อให้รองรับน้ำหนักของผ้าห่ม โดยนำหลักการของการออกแบบเครื่องเรือน (เฟอร์นิเจอร์) เป็นแนวทางในการผลิต โดยคำนึกมากที่สุดคือความปลอดภัยในขณะใช้งาน



ภาพที่ 3 ภาพการเขียนแบบ และการถ่ายทอดการใช้งาน
ที่มา : จันทิมา ปกครอง และสิงหา ปรารมภ์ (2564)

ขนาดของโต๊ะส่วนขยายนั้นมีขนาด 73 x 80 x 160 ซ.ม. วัสดุที่ใช้ส่วนบนเป็นไม้อัด MDF ผิวเมลามีน หนา 10 ม.ล. ติดบนไม้อัดเกรด AAA โดยใช้กาวประสาน เพื่อไม่ให้ผ้านั้นติดกับไม้อัดขณะการใช้งาน และเหล็กกล่อง 1x2 นิ้ว หนา 2 ม.ล. ปิดผิวด้วยสีสเปรย์ โดยค่าใช้จ่ายในส่วนของวัสดุอุปกรณ์อยู่ที่ 2,880 บาท ประกอบเฟอร์นิเจอร์ตามแบบที่กำหนด โดยให้กลุ่มฯ ได้ทดลองและประเมินผลการทำงาน พบว่า ส่วนขยายทำให้สามารถเย็บผ้าได้รวดเร็วมากขึ้นและมีคุณภาพของเส้นด้ายที่เย็บสม่ำเสมอกว่าเดิมที่มีพื้นที่จำกัด

2) ผลการออกแบบผลิตภัณฑ์ผ้าห่มสำลีสำหรับเดินทางฯ หลังจากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นจากกลุ่มผู้ประกอบการทั้งศักยภาพของผู้ประกอบการ วัตถุดิบ รูปแบบความต้องการเบื้องต้นของกลุ่มผู้ประกอบการแล้ว นำกระบวนการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ (ปานฉัตน์ อินทร์คง, 2560) แต่ด้วยผลกระทบจากสถานการณ์โควิด-19

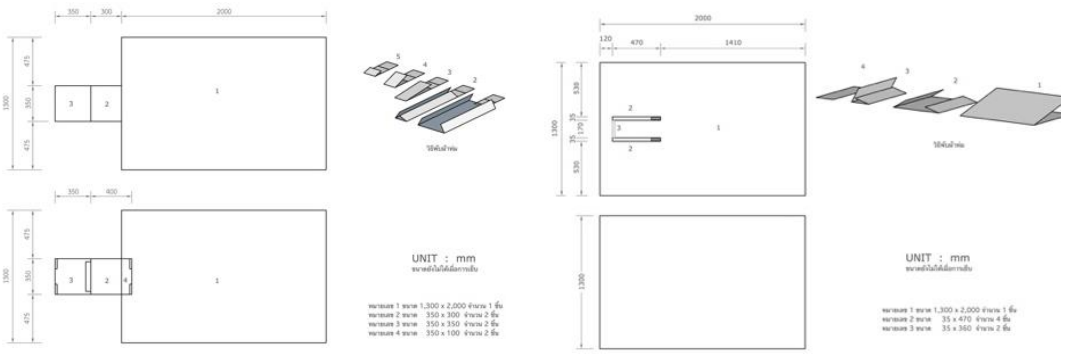
ผู้วิจัยได้ประยุกต์กระบวนการตามวิถีของการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย การกำหนดปัญหา ความคิดแรกเริ่ม รวบรวมข้อเท็จจริง ความคิดกระจ่างแจ้ง โครงร่างรูปแบบ ผลผลิตผลิตภัณฑ์สำเร็จ รูปแบบที่ประณีต และการแก้ปัญหารูปแบบ หลังจากการลงพื้นที่ในการกำหนดปัญหาร่วมกับทางกลุ่มฯ ผู้วิจัยได้เริ่มจากขั้นตอนของความคิดแรกเริ่มโดยบูรณาการการเรียนให้นักศึกษาได้วาดภาพจำลองแนวความคิดแบบร่างของที่นอนปิกนิกจากการรวบรวมข้อเท็จจริงที่ว่ามีความสะดวกสบายต่อการพกพา ง่ายต่อการใช้งานรวมถึงง่ายต่อการทำความสะอาดด้วย รวมถึงการกำหนดขนาดสัดส่วนของผ้าห่มสำลีฯ 2 ขนาดคือ 130 x 200 cm และ 150 x 200 cm อ้างอิงจากขนาดมาตราฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่นอนปิกนิก (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) จากนั้นทำการคัดเลือกแนวคิดร่วมกันให้เหลือจำนวน 3 รูปแบบ โดยแนวคิดของรูปทรงได้มาจากรูปทรงของเรขาคณิตทั้งภาพสี่เหลี่ยมผืนผ้า สี่เหลี่ยมจัตุรัส และทรงกระบอก โดยคำนึกถึงรูปแบบการใช้งานของผ้าห่มสำลีฯ ที่หลากหลายการใช้งาน จากนั้นศึกษารูปแบบที่จำหน่ายตามท้องตลาด โดยการคัดเลือกจากรูปลักษณ์ หรือยอดจำหน่ายของสินค้าในการตัดสินใจคัดเลือกเป็นภาพตัวอย่างของรูปแบบผ้าห่มสำลี เพื่อสร้างความแตกต่างรวมถึงการคัดเลือกชนิดของผ้าที่จะส่งผลต่อการกำหนดราคาขายหลังการพัฒนาผลิตภัณฑ์

ภาพที่ 4 ภาพการสอบถามความต้องการของกลุ่มฯ หลังการออกแบบร่างผ้าห่มฯ
ที่มา : จันทิมา ปกครอง และสิงหา ปรารมภ์ (2564)

จากการสอบถามความต้องการของกลุ่มฯ หลังการออกแบบร่างผ้าห่มฯ เพื่อให้เกิดความคิดกระจ่างแจ้งยิ่งขึ้นทั้งความเป็นไปได้ในการผลิต รวมถึงแนวโน้มของความต้องการของผู้บริโภค และจากการศึกษาผลิตภัณฑ์ตามท้องตลาดแล้วทำการคัดเลือก 1 รูปแบบ คือเมื่อพับเก็บของผ้าห่มแล้วเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า จากนั้น บูรณาการกับการเรียนการสอนในรายวิชาเพื่อทำต้นแบบผ้าห่มสำลีฯ 1 ผลงาน จำลองต้นแบบผ้าห่มเสมือนจริง และสร้างแบบแพทเทิร์นที่นอนปิกนิกจากแนวคิดในการออกแบบฯ รวมถึงการเขียนแบบแพทเทิร์นในโปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์ เพื่อลดปัญหาในการผิดพลาดกระบวนการผลิต การอบรมเชิงปฏิบัติการฯ ร่วมกันระหว่างนักศึกษา และผู้ประกอบการในการถ่ายทอดต้นแบบผ้าห่มสำลีฯ ทั้งผลิตภัณฑ์จริงและแพทเทิร์นที่นอนปิกนิก โดยกิจกรรมนี้จัดขึ้นเมื่อวันที่ 25 มิ.ย. 2564 มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทางกลุ่มได้ระดมความคิดเรื่องรูปแบบอีกครั้งหลังจากที่ได้พิจารณาต้นแบบเรียบร้อย รวมถึงทดลองตัดเย็บ ปรับปรุงกระบวนการเย็บให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิตของกลุ่มมากที่สุด เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีความประณีตมากขึ้นรวมถึงการแก้ไขปัญหาในการผลิตร่วมกัน

ภาพที่ 5 ภาพการอบรมเชิงปฏิบัติการฯ ต้นแบบผ้าห่มสำลีฯ
ที่มา : จันทิมา ปกครอง และสิงหา ปรารมภ์ (2564)

การอบรมเชิงปฏิบัติการฯ โดยการระดมความคิด เริ่มจากขั้นตอนที่ 1 โดยทีมผู้วิจัยดำเนินการในการกระตุ้นให้เกิดความคิดเห็นอย่างเท่าเทียบกัน จากนั้นขั้นตอนที่ 2 ได้กำหนดหัวข้อของการระดมความคิด คือ รูปแบบของผ้าห่มสำลีฯ จากตัวอย่างมีความยากง่ายต่อกระบวนการผลิตอย่างไร ควรมีการเพิ่มการใช้งานอย่างไรบ้าง และการต่อยอดผ้าห่มสำลีฯ ควรเป็นอย่างไร ขั้นตอนมรา 3 กำหนดเวลา 1 ชั่วโมงในแสดงความคิดเห็นใช้การจดบันทึก คัดเลือกจากการซ้ำของคำตอบของผู้เข้าร่วมอบรม และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการสรุปผลพบว่าผ้าห่มสำลีฯ ควรให้มีหมอนที่ติดกับผ้าห่ม เสริมใยแก้วเพื่อเพิ่มความนุ่มในขณะที่นอนหนุนด้วย รวมถึงรูปแบบของผ้าห่มฯ เมื่อพับเก็บแล้วเป็นทรงกระบอก และรูปแบบของผ้าห่มรวมถึงมีช่องเพื่อให้เป็นลักษณะของถุงนอนไปในตัว จากนั้นผู้จัดทำโครงการได้นำมาวิเคราะห์ พร้อมทั้งทำการออกแบบ เขียนแบบ เพื่อให้ง่ายต่อสร้างต้นแบบ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ใหม่ของผ้าห่มสำลีฯ มีจำนวน รูปแบบ โดยในขณะที่พับเก็บแล้วเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม และทรงกระบอก โดยมี 2 รูปแบบการใช้งานคือ 1) ผ้าห่มฯที่มีหมอนอยู่ภายใน 2) ถุงนอนผ้าห่มสำลี หลังจากขั้นตอนของการแก้ปัญหารูปแบบเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้จำลองภาพในคอมพิวเตอร์เพื่อจำลองรูปแบบการพับให้เก็บได้ง่าย ไม่ส่งผลเสียในขณะที่นอนด้วยโดยสามารถสรุปขนาด 130 x 200 cm และ ขนาด 150 x 200 cm ทั้งในขณะที่พับแล้วเป็นทรงกระบอก และรูปทรงสี่เหลี่ยมที่เพิ่มพื้นที่เป็นหมอนหนุน และใช้เป็นถุงนอนเพื่อให้มีความหลากหลายต่อความต้องการของผู้บริโภคมากขึ้น



ภาพที่ 6 ภาพการเขียนแบบผ้าห่มสำลีฯ
ที่มา : จันทิมา ปกครอง และสิงหา ปรารมภ์ (2564)

ขั้นตอนการผลิตนั้น ผู้วิจัยได้นำผลของการเขียนแบบ เสนอให้กับแกนนำของกลุ่มวิสาหกิจฯ ทดลองและปรับรูปแบบให้ได้แน่นอนรวมถึงให้เป็นเทคนิคเฉพาะของกลุ่มมากขึ้น จากนั้นดำเนินกิจกรรมอบรมเชิงปฏิบัติถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับสมาชิกภายในกลุ่มฯ โดยแกนนำกลุ่มที่ได้ทดลองสร้างต้นแบบผ้าห่มสำลีภายใต้โครงการพัฒนาและออกแบบกระบวนการผลิตในวันที่ 24 สิงหาคม 2564 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อถ่ายเทคโนโลยีทั้งการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าห่มสำหรับการเดินทาง หลังจากการอบรมแล้วทางกลุ่มมีแนวคิดการต่อยอดรูปแบบของผ้าห่มมากขึ้น เช่นเพิ่มสายให้กับผ้าห่ม ใช้สะพายหลัง หรือใช้แขนหิ้ว

จำนวนผ้าของผ้าห่มที่พับเก็บแล้วเป็นรูปสี่เหลี่ยม ขนาด 1,300 x 2,000 ซม. ใช้ทั้งหมด 7 ชิ้น ได้แก่ 1,300x2,000 ซม.จำนวน 1 ชิ้น ขนาด 350 x 350 ซม. จำนวน 2 ชิ้น ขนาด 350x300 ซม. จำนวน 2 ชิ้น และขนาด 350x100. ซม. จำนวน 2 ชิ้น โดยเป็นขนาดที่ยังไม่เผื่อตัดเย็บทำให้ขนาดของผ้าห่ม โดยขนาด 130x200 ซม. ต้นทุนการผลิตอยู่ที่ราคา 450 บาท ส่วนขนาด 150 x 200 ซม. ต้นทุนการผลิตอยู่ที่ราคา 550 บาท โดยที่ผ้าห่มสำลีสำหรับเดินทางที่พับแล้วเป็นทรงกระบอก ขนาด 1,300 x 2,000 ซม. ใช้ทั้งหมด 3 ชิ้น ได้แก่ 1,300x2,000 ซม. จำนวน 1 ชิ้น ขนาด 35 x 470 ซม.จำนวน 4 ชิ้น และขนาด 35 x 360. ซม. จำนวน 2 ชิ้น ต้นทุนอยู่ที่ 350 บาท.

3) ผลของการออกแบบป้ายประชาสัมพันธ์ของกลุ่มฯ หลังจากผลิตผ้าห่มสำลีเดินทางแล้วเสร็จได้ดำเนินการออกแบบป้ายประชาสัมพันธ์ให้กับทางกลุ่มฯ โดยมีขั้นตอนการออกแบบ 4 ขั้นตอน (วิสาข์ สอตระกูล, ออนไลน์) เริ่มจากขั้นตอนของการค้นและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาแนวโน้มความเป็นไปได้ในการออกแบบ ทำการศึกษาข้อมูลเดิม รวมถึงระดมความคิดร่วมกัน พบว่าความต้องการยังคงใช้ตราสัญลักษณ์เดิม รวมถึงการใช้สีม่วง อีกทั้งไม่ต้องการให้มีลวดลายตกแต่งมาก สามารถอ่านข้อความและเน้นภาพถ่ายผลิตภัณฑ์ สามารถมีช่องทางการติดต่อเห็นเด่นชัด จากนั้นทำการประมวลผลและพัฒนาแผนการทำงานโดยบูรณาการกับการเรียนการสอน ทำการระดมแนวความคิดและคัดเลือกแนวคิดให้กับทางกลุ่มวิสาหกิจฯ ได้ให้ข้อเสนอแนะเพื่อให้ตรงกับความต้องการมากที่สุด จากนั้นสู่ขั้นตอนของการพัฒนางานออกแบบ ในการปรับแก้จากขั้นตอนข้างต้น ดำเนินการถ่ายภาพผลิตภัณฑ์เดิมของทางกลุ่ม

ขั้นตอนการผลิตนี้หลังจากการเสนอแบบร่างฯ เรียบร้อยแล้ว ปรับแก้เล็กน้อยจากนั้นเตรียมทำอาร์ตเวิร์ค สำหรับใช้ในกระบวนการพิมพ์ โดยขนาดที่คัดเลือกคือขนาด A6 (148x210 มม.) ต่อ 1 ผลงาน เป็นงานที่พิมพ์ลงกระดาษ 300 แกรม เคลือบเงา พิมพ์แบบ 4 สี พร้อมทั้งไดคัท เจาะรูตามแบบที่กำหนด พร้อมร้อยเชือกในการมัดติดกับผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคสามารถคัลเลือกผลงานเบื้องต้นผ่านป้ายประชาสัมพันธ์ที่ออกแบบขึ้น จากนั้นทำการสั่งซื้อ ผ่าน QR-CODE ของประธานกลุ่มวิสาหกิจฯ

ภาพที่ 7 ภาพผลของการพัฒนารูปแบบของผ้าห่มสำลีฯ
ที่มา : จันทิมา ปกครอง และสิงหา ปรารมภ์ (2564)

6. อภิปรายผล

การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าห่มสำลีสำหรับเดินทาง กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเย็บผ้าห่มสำลี จังหวัดอุตรดิตถ์นั้น ได้เกิดการบูรณาการการเรียนการสอนกับรายวิชาเพื่อให้นักศึกษาได้ฝึกทักษะ Hard Skills ในชั้นเรียนแล้ว ที่นำหลักการการออกแบบผลิตภัณฑ์ การออกแบบเฟอร์นิเจอร์ และการออกแบบกราฟิก ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขึ้น จากนั้นได้ส่งเสริมทักษะทางด้าน Soft Skills ในการสื่อสารร่วมกันกับกลุ่มวิสาหกิจฯ อีกทั้งฝึกการทำงานเป็นทีม โดยหัวหน้าแต่ละกิจกรรมจะได้ทักษะของการฝึกเป็นผู้นำทีมไปด้วยทำให้เกิดการฝึกแก้ปัญหาทางด้านการออกแบบฯ เพื่อให้เกิดผ้าห่มสำลีฯ ที่พัฒนาขึ้นร่วมกัน

งานวิจัยนี้แบบออกตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย เริ่มจากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกันแล้วตากนั้นทำการปรับปรุงจักรลาและเพิ่มพื้นที่โดยการสร้างส่วนขยายสามารถรองรับน้ำหนักของผ้า ส่งผลทำให้มีความละเอียดของฝีเข้มละเอียดมากกว่าเดิม โดยการนำหลักการออกแบบเฟอร์นิเจอร์เป็นแนวทางการออกแบบ โดยคำนึงถึงการใช้งานเป็นหลัก โดยการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าห่มฯ นั้นได้นำหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นแนวทางในการออกแบบ และใช้ขนาดมาตราฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนดเพื่อให้สอดคล้องกับการขอมาตราฐานในอนาคต อีกทั้งยังนำผ้าที่รอการนำมาใช้งานของทางกลุ่มวิสาหกิจฯ เป็นหลักในการพัฒนา สอดคล้องกับบทความของ ยุวดี พรธาราพงศ์ และคณะ (2563) พบว่า การนำเศษผ้าสามารถนำมาออกแบบเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าได้ ผ่านการกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ทางด้านการออกแบบ จะเป็นการส่งเสริมและอนุรักษ์ภูมิปัญญาไทย ในส่วนของการออกแบบป้ายประชาสัมพันธ์ติดผ้าห่มได้นำหลักการออกแบบกราฟิกมาเป็นแนวทางในออกแบบ เพื่อสร้างความจดจำให้กับผู้บริโภคได้ตัดสินใจเลือกซื้อ

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

(1) รูปแบบของผ้าห่มสำลีฯ ครั้งนี้ สามารถพัฒนาหรือมีรูปลักษณ์ที่หลากหลายมากกว่านี้ เนื่องจากข้อจำกัดของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนฯ ทั้งเรื่องกรรมวิธีการผลิต และเครื่องมือ

(2) สามารถประยุกต์เทคนิค และกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าห่มสำลีฯ ในลักษณะกลุ่มฯ ที่ใกล้เคียง มีบริบทหรือพื้นฐานที่ใกล้เคียงกัน

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรให้ได้การรับรองมาตรฐานชุมชน เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อ ทำให้ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อง่ายขึ้น

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจาก สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม รวมถึงขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ที่ให้การสนับสนุนให้เกิดผลตรงตามวัตถุประสงค์ของโครงการ อีกทั้งขอขอบคุณวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเย็บผ้าห่มสำลี นักศึกษาสาขาวิชาศิลปกรรม คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ และนักศึกษาสาขาวิชาคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่มีส่วนร่วมในการวิจัยครั้งนี้

9. เอกสารอ้างอิง

การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. (2565). *วิเคราะห์สถานการณ์ Covid-19 สิงหาคม 2564.* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2564, จาก https://intelligencecenter.tat.or.th/articles/37107

กรมการท่องเที่ยว. (2564). *ท่องเที่ยวในวิถี New Normal.* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 25 ตุลาคม 2564, จาก https://covid19.mcot.net/knowledge_covid/ท่องเที่ยวในวิถี-new-normal/

ปานฉัตน์ อินทร์คง. (2560). *การออกแบบผลิตภัณฑ์วัฒนธรรม.* กรุงเทพฯ : อันลิมิต พริ้นติ้ง จำกัด

ยุวดี พรธาราพงศ์ และคณะ. 2563. การออกแบบผลิตภัณฑ์สร้างสรรค์ตกแต่งผนังบ้านจากเศษผ้าไหมเหลือทิ้ง. *วารสารศิลปร์ปริทัศน์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, 8*(1), 81-93.

วิสาข์ สอตระกูล. *คู่มือฉบับย่อสำหรับผู้ประกอบการธุรกิจ เมื่อคุณต้องการใช้งานนักออกแบบกราฟิก* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 18 กุมภาพันธ์ 2564, จาก: http://www.tcdc.or.th

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ที่นอนปิกนิก* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2564, จาก: https://www.tisi.go.th/website/thaicommunity/cps_condition

ศรัณย์ บุญประเสริฐ. (2563). *ท่องเที่ยวชุมชน บนเส้นทางเรียนรู้.* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 18 ตุลาคม 2564, จาก http://www.culture.go.th/culture_th/ewt_news.php?nid=4812&filename=index

การวิเคราะห์และการแสดงภาพข้อมูลของปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องจักร โดย MICROSOFT POWER BI

THE ANALYTICS AND DATA VISUALIZATION OF FACTORS AFFECTING MACHINE EFFICIENCY BY MICROSOFT POWER BI

พัฒน์ฉัตร ภูริคลังโภคิน
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
E-mail: friend.202.friend@hotmail.com
พิมพ์วิสาข์ ติ่งเคลือบ
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
E-mail: pimvisa.ti@spu.ac.th
ชัชวาลย์ วรวิทย์รัตนกุล
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
E-mail: chatchawan.wo@spu.ac.th
บุญศิริ มะสัน
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
E-mail: boonsiri.ma@spu.ac.th

บทคัดย่อ

การสร้างภาพข้อมูลเป็นกระบวนการที่ทำให้เข้าใจถึงความสำคัญของข้อมูลผ่านบริบทภาพ และเป็นส่วนหนึ่งของการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งจะดำเนินการหลังจากการแก้ไขข้อมูล ในปัจจุบันการสร้าง ภาพข้อมูลมีประโยชน์มากในระบบธุรกิจอัจฉริยะและการวิเคราะห์ข้อมูลในทุกสาขา โดยมีการใช้เทคนิคที่แตกต่างกันสำหรับการแสดงภาพข้อมูล อาจเป็นแบบพลวัต หรือแบบเชิงโต้ตอบ และชุดข้อมูลสามารถถูกแสดงเป็นภาพในข้อมูลเชิงลึกประเภทต่างๆ บทความนี้กล่าวถึงเนื้อหาเกี่ยวข้องกับการสร้างภาพข้อมูลเชิงโต้ตอบของปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องจักร โดยใช้ Microsoft Power BI ที่มีโมดูลต่างๆ และบทความนี้เน้นที่แบบจำลองกระบวนการ การดำเนินงานของ Microsoft Power BI ประเภทของแหล่งข้อมูลที่มีอยู่ในเครื่องมือ และประเภทของข้อมูลเชิงลึก หรือบริบททางภาพที่เกี่ยวข้องกัน

คำสำคัญ: การวิเคราะห์, การแสดงภาพข้อมูล, ธุรกิจอัจฉริยะ, ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องจักร

ABSTRACT

Data visualization is the process to understanding the importance of information through a visual context. and as part of the data analysis, which is performed after the data correction. The present, Data visualization is very useful in business intelligence and data analytics in every field by using different techniques. For visualization may be dynamic or interactive and datasets can be visualized in different types of insights data.

This article mentions the content involved in interactive visualization of factors affecting machine efficiency by using Microsoft Power BI with different modules. And this article focuses on process models implementation of Microsoft Power BI, types of data sources available in the tool and types of insights data or related visual context.

Keywords: Analytics, Data Visualization, Business Intelligence, Factors Affecting Machine Efficiency.

1. บทนำ

บริษัท โฟร์ เอ็น พลาสติก จำกัด (Four N Plastic Co., Ltd.) จะมีกระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต 5 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการวางแผนการผลิต กระบวนการจัดเตรียมวัตถุดิบ กระบวนการเตรียมความพร้อมของเครื่องจักร กระบวนการผลิต กระบวนการตรวจสอบ โดยกระบวนการดังกล่าวจะต้องมีการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องจักร สรุปผลการผลิต สรุปยอดของเสียเป็นประจำทุกเดือน

ในปัจจุบัน บริษัท โฟร์ เอ็น พลาสติก จำกัด ยังใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลจากบันทึกผลผลิตประจำวันของด้านกระบวนการผลิต เพื่อทำรายงานให้ฝ่ายบริหารรับทราบ และสรุปภาพรวมในด้านต่างๆ ของกระบวนการผลิตด้วยโปรแกรม Microsoft Office Excel ซึ่งการทำรายงาน (Report) ชุดข้อมูลของกระบวนการผลิตที่ทำการสรุปผลในเรื่องต่าง ๆ นำมาใส่ในตาราง Excel และทำการวิเคราะห์ผลการตรวจต่างๆ ออกมาในรูปแบบตารางข้อมูล และกราฟ ซึ่งการทำงานดังกล่าวทำให้การวิเคราะห์ผลในภาพต่างๆ ล่าช้า เพราะต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์ แสดงผลออกมาหลายรูปแบบ และทำให้มีเอกสารจำนวนมากอาจจะทำให้เกิดการสูญหาย หรือผิดเพี้ยนได้

เพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายใน บริษัท โฟร์ เอ็น พลาสติก จำกัด มีความเข้าใจและสามารถใช้งานระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทางผู้จัดทำได้ดำเนินการคิดระบบวิเคราะห์ข้อมูลจากจากบันทึกผลผลิตประจำวันของด้านกระบวนการผลิต โดยใช้ข้อมูลจากใบรายงานผลผลิตประจำวันของด้านกระบวนการผลิต, ใบรายงานก้านน้ำเสีย - ชิ้นงานเสีย, รายการชื่อชิ้นงานที่ผลิต, รายการเม็ดพลาสติกที่ใช้ในกระบวนการผลิตประจำวัน และใบตรวจสภาพของเครื่องจักร นำมาประยุกต์ใช้กับ Microsoft Power BI ในการวิเคราะห์ และแสดงผลการวิเคราะห์ออกมาในรูปแบบการสร้างภาพ เพื่อให้ผู้บริหารขององค์กรได้ทราบผลการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างรวดเร็ว และสามารถใช้งานรวมกันในองค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์

1) เพื่อช่วยลดเวลาในการวิเคราะห์ข้อมูลด้านกระบวนการผลิตขององค์กร

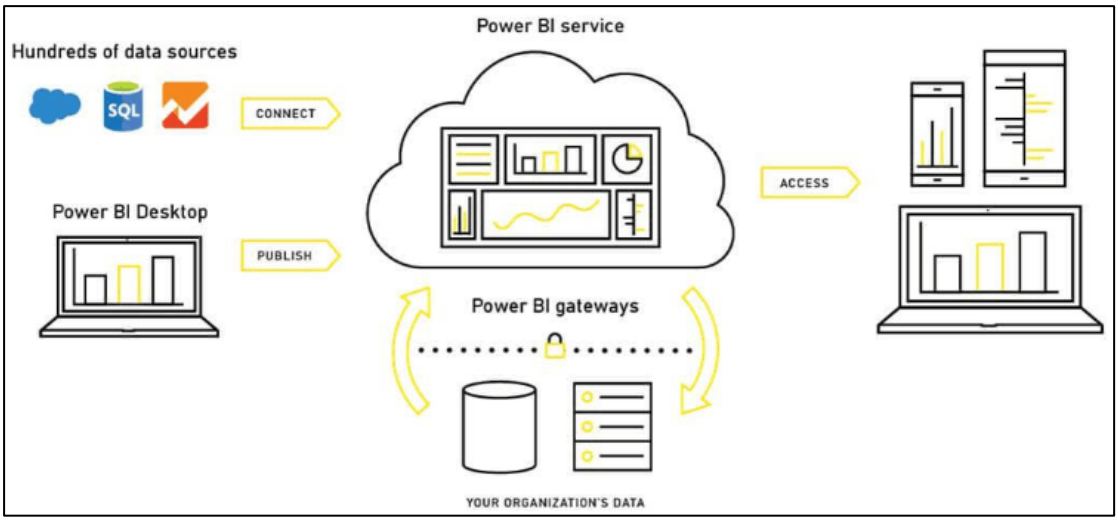
2) เพื่อเพิ่มความแม่นยำและความถูกต้องของข้อมูลที่เก็บรวบรวม และสามารถเรียกดูข้อมูลด้านกระบวนการผลิตได้อย่างรวดเร็ว

3) เพื่อให้ได้รายงานด้านกระบวนการผลิตที่แสดงผลได้ตามรูปแบบการสร้างภาพใน Microsoft Power BI

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การสร้างภาพข้อมูล (Mandava Geetha Bhargava และคณะ, 2018) เป็นกระบวนการที่ทำให้เข้าใจถึงความสำคัญของข้อมูลผ่านบริบทภาพ และเป็นส่วนหนึ่งของการวิเคราะห์ มีเทคนิคต่างๆ มากมาย สำหรับการแสดงภาพข้อมูล อาจเป็นแบบพลวัต หรือแบบเชิงโต้ตอบ และชุดข้อมูลสามารถถูกแสดงเป็นภาพในข้อมูลเชิงลึกประเภทต่างๆ เช่น พล็อต กราฟ ตัวแบ่งส่วนข้อมูล แผนภูมิคอลัมน์แบบเรียงซ้อน ฮิสโตแกรม แผนภูมิแท่ง ตาราง เมทริกซ์ และรูปแบบบริบทภาพอื่นๆ โดยเน้นที่การสร้างภาพข้อมูลเชิงโต้ตอบผ่านเครื่องมือ Microsoft Power BI

Microsoft Power BI คือชุดข่าวกรองธุรกิจและเครื่องมือวิเคราะห์สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลและแชร์ข้อมูลเชิงลึก และแสดงผลลัพธ์อย่างรวดเร็วด้วยการแสดงข้อมูลเชิงโต้ตอบ โดยใช้แดชบอร์ด (Dashboard) ที่สามารถแสดงผลลัพธ์ได้ในทุกอุปกรณ์ เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์โมบาย เป็นต้น ด้วยความช่วยเหลือของการสร้างภาพและตัวกรอง ผู้ใช้จะได้รับความสะดวกและง่ายต่อการเข้าใจข้อมูล โดยมีสถาปัตยกรรม (Peter Myers, 2563) ขององค์ประกอบหลักห้าอย่าง 1) Power BI Services 2) Power BI Gateways 3) Power BI Desktop 4) Power BI Apps 5) ตัวเชื่อมต่อ Power BI ดังแสดงในรูปที่ 1 Power BI Services เป็นองค์ประกอบหลักในสถาปัตยกรรมที่แสดงผลในรูปแบบแดชบอร์ด เพื่อแชร์ในองค์กร Power BI Gateways เป็นองค์ประกอบหลักอีกองค์ประกอบหนึ่งในสถาปัตยกรรมที่จัดการเพื่อรับการดำเนินการข้อมูลจาก แหล่งข้อมูลต่างๆ โดยใช้ตัวเชื่อมต่อและโปรโตคอล Power BI Desktop เป็นส่วนประกอบในสถาปัตยกรรมที่ข้อมูลจะถูกวิเคราะห์และแปลง โดยใช้เครื่องมือและส่วนจัดทำเพื่อแสดงรายงานบนเว็บโดยใช้ภาพ เครื่องมือ และคุณลักษณะการเผยแพร่ต่างๆ



รูปที่ 1 สถาปัตยกรรมของ Microsoft Power BI

ที่มา: https://www.edureka.co/blog/power-bi-architecture/ (22 กันยายน 2564)

Power BI (Keattipong Daikarn, 2020) เป็นเครื่องมือด้าน Business Intelligence ของ Microsoft ที่สามารถเชื่อมต่อข้อมูลจากหลาย ๆ แหล่งข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์และแสดงผลในรูปแบบของรายงาน โดยผู้ใช้งานยังสามารถปรับเปลี่ยมมุมมองของรายงานได้ตามต้องการ โดย Power BI Application อาจแบ่งออกตามรูปแบบการใช้งานได้ 2 รูปแบบดังนี้

Power BI Desktop เป็นโปรแกรมสำหรับเชื่อมต่อแหล่งข้อมูล จัดการข้อมูล และสร้างรายงาน เพื่อใช้ในการนำเสนอ สามารถรองรับแหล่งข้อมูลได้หลากหลายรูปแบบ

Power BI Service เป็น Service Cloud ของ Microsoft ที่สามารถรองรับการจัดการข้อมูล การแสดงผลรายงานจาก Power BI Desktop รวมไปถึงการสร้างตัวรายงานแบบเดียวกับ Power BI Desktop โดยแยกออกเป็น 2 รูปแบบ คือ

Power BI Service : เป็น Service ที่ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ในรูปแบบ Personal เท่านั้น

Power BI Service Pro : เป็น Service ที่ออกแบบมาให้ใช้งานแบบองค์กร สามารถแชร์ข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานภายในองค์กรได้

Power BI Solution

Power BI เป็น Application ที่ออกแบบมาให้ผู้ใช้งานสามารถสร้างรายงาน และเข้าถึงตัวรายงาน หรือข้อมูลที่ต้องการได้ทุกที่ ทุกเวลา ผ่าน Solution ที่ทาง Microsoft เตรียมเอาไว้ โดยจากภาพจะเห็นว่าเรามี Solution หลักๆ 3 ส่วน

1. Power BI Desktop เป็นบริการที่สามารถรองรับแหล่งข้อมูลได้หลากหลายรูปแบบ เช่น ไฟล์ Excel, CSV, PDF และยังรองรับไฟล์จากระบบคลาวด์ รวมถึงข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลได้ด้วย โดย Power BI Desktop สามารถ Publish รายงานให้แสดงผลที่บริการของ Power BI Service ได้

2. Power BI Service เป็นบริการบนระบบคลาวด์ของ Microsoft ที่รองรับการจัดการข้อมูล รวมถึงการแสดงผลรายงานที่ได้จาก Power BI Desktop และยังสามารถเชื่อมต่อกับ แหล่งข้อมูล ได้โดยตรงเพื่อสร้างรายงานได้เช่นเดียวกับ Power BI Desktop

3. Power BI Gateway เป็นเครื่องมือที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างชุดข้อมูลของไฟล์รายงาน Power BI บน Power BI Service กับตัวแหล่งข้อมูลที่อยู่บน On-Premise ให้สามารถเชื่อมต่อกันได้ ซึ่งจะช่วยให้สามารถทำการ Refresh ตัวรายงานบน Power BI Service ได้

โมเดลกระบวนการประกอบด้วย 7 ขั้นตอนดังนี้

1) รับข้อมูล (Get Data) : ในขั้นตอนนี้ ผู้ใช้ปลายทางจะได้รับข้อมูลจากแหล่งต่างๆ เช่น ไฟล์ ฐานข้อมูล Microsoft Azure บริการออนไลน์ และอื่นๆ ตามที่แสดงในรายละเอียดของแหล่งข้อมูล

2) ดึงข้อมูล (Fetch) : ในขั้นตอนนี้ ข้อมูลจะถูกเลือกผ่านการสืบค้นตำแหน่งข้อมูลหรือใช้การสืบค้นโดยการเลือกประเภทของแหล่งข้อมูลและตัวเชื่อมต่อ

3) กระบวนการ (Process) : ในขั้นตอนนี้ ข้อมูลจะถูกตัดทอนและแก้ไขโดยใช้การดำเนินการหลายอย่างขณะโหลดข้อมูลลงใน Power BI

4) วิเคราะห์ (Analyze) : ในขั้นตอนนี้ ข้อมูลจะถูกวิเคราะห์โดยใช้ตัวกรอง การสืบค้นแบบมีเงื่อนไขและการดำเนินการอื่นๆ เช่น การเพิ่มคอลัมน์แบบมีเงื่อนไข การกรองข้อมูลที่ผิดพลาด

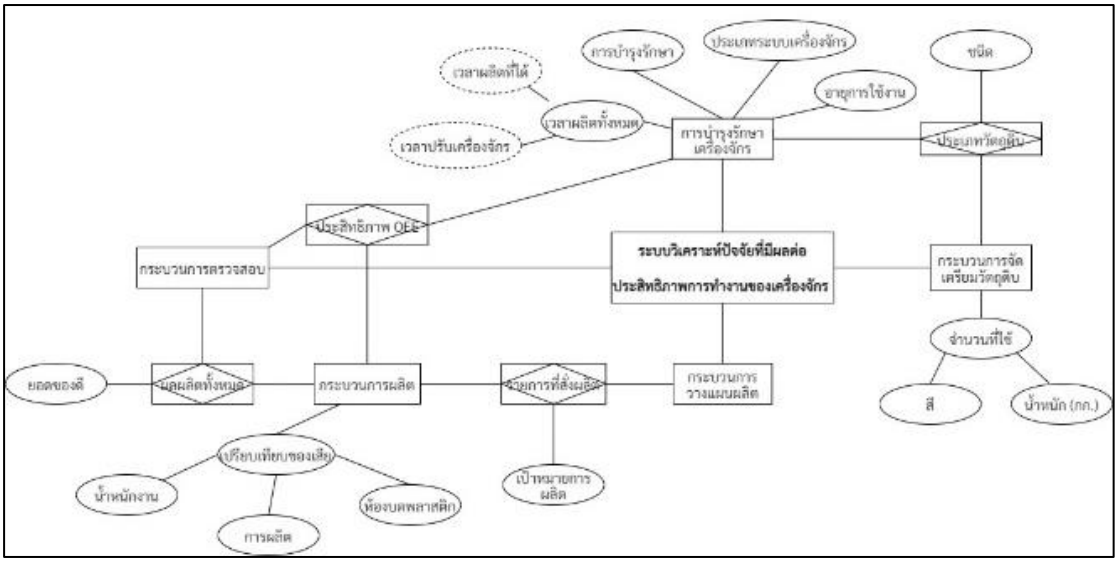
5) แสดงภาพ (Visualize) : ในขั้นตอนนี้ ข้อมูลที่วิเคราะห์และประมวลผลจะแสดงภาพผ่านวิธีการแสดงภาพ เช่น Microsoft Power BI Visuals และ Custom Visuals เช่น กราฟ ตัวแบ่งส่วนข้อมูล เป็นต้น หลังจากกระบวนการนี้ รายงานจะถูกเผยแพร่ไปยังบริการ Power BI

6) การแก้ไข (Editing) : ในขั้นตอนนี้ รายงานที่เผยแพร่บนเว็บจะได้รับการสรุปหลังจากแก้ไขข้อผิดพลาดสำหรับการเปลี่ยนแปลงใดๆ เช่น หากจำเป็นต้องแก้ไขตัวกรองหรือภาพใดๆ และหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการแก้ไขแล้ว รายงานจะถูกเผยแพร่บนเว็บ

7) Web (เว็บ): ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น เป็นสถานะที่แปลงรายงานเป็นแดชบอร์ด และสามารถแชร์ผ่าน URL เว็บไซต์ เป็นต้น

4. การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร จะมีการพิจารณากระบวนการในการผลิต 5 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการวางแผนการผลิต กระบวนการจัดเตรียมวัตถุดิบ กระบวนการเตรียมความพร้อมของเครื่องจักร กระบวนการผลิต กระบวนการตรวจสอบ โดยการนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการดังกล่าวมาวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องจักร วิเคราะห์สรุปผลการผลิต และวิเคราะห์สรุปยอดของเสีย โดยนำข้อมูลที่บันทึกอยู่ในรูปแบบไฟล์ Microsoft Office Excel สร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลแสดงดังรูปที่ 2 โดยใช้ Microsoft Power BI และออกแบบการแสดงผลการวิเคราะห์ตามความต้องการของผู้บริหารองค์กร



รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร

5. ผลลัพธ์และการอภิปราย

จากการจัดการข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลตามเงื่อนไขขององค์กร สามารถวิเคราะห์และสร้างภาพเพื่อแสดงผลการวิเคราะห์ในรูปแบบแดชบอร์ด ของโมดูลต่างๆ ของเครื่องจักรในสถานประกอบการ ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับเจ้าหน้าที่ โครงสร้างพื้นฐาน และสิ่งอำนวยความสะดวกอื่นๆ ของสถานประกอบการ ฯลฯ ต่อไปนี้เป็นผลลัพธ์ของแดชบอร์ด ของโมดูลที่กล่าวถึงของสถานประกอบการ โดยใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์และสร้างผลภาพแสดงผลย้อนหลัง 3 ปี (พ.ศ. 2561-2563)

5.1 แสดงรายงานประสิทธิภาพด้านเครื่องจักร

รายงานประสิทธิภาพด้านเครื่องจักร แสดงเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการผลิต เวลาที่ใช้ในการปรับเครื่องจักร โดยแสดงข้อมูลเฉลี่ย รวมถึงแสดงประสิทธิภาพของเครื่องจักร

5.2 แสดงรายงานประสิทธิภาพการผลิต

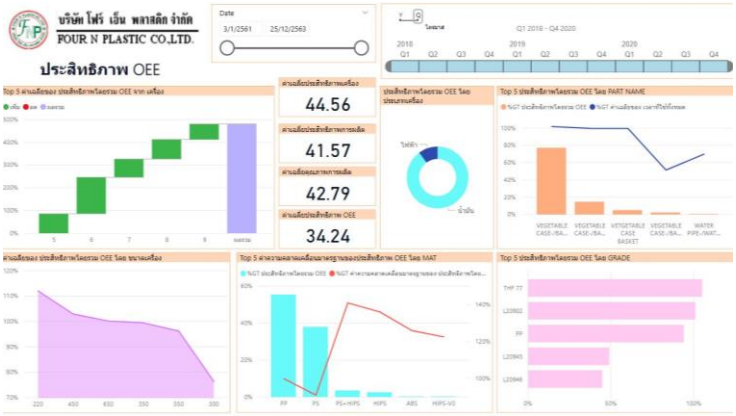
รายงานประสิทธิภาพการผลิต แสดงเปรียบเทียบยอกการผลิตในแต่ละวัน ทั้งยอดจริง ยอดผลิต ยอดรวม และวิเคราะห์เวลาที่ใช้ในการผลิต รวมถึงแสดงประสิทธิภาพของการผลิต

5.3 แสดงรายงานคุณภาพด้านการผลิต 5 อันดับแรก

รายงานประสิทธิภาพการผลิต 5 อันดับแรก แสดงเปรียบเทียบยอกการผลิต ยอดการผลิตที่ และวิเคราะห์การผลิตจำแนกตามประเภทของเครื่องจักร รวมถึงแสดงประสิทธิภาพของการผลิตตามขนาดเครื่องจักร

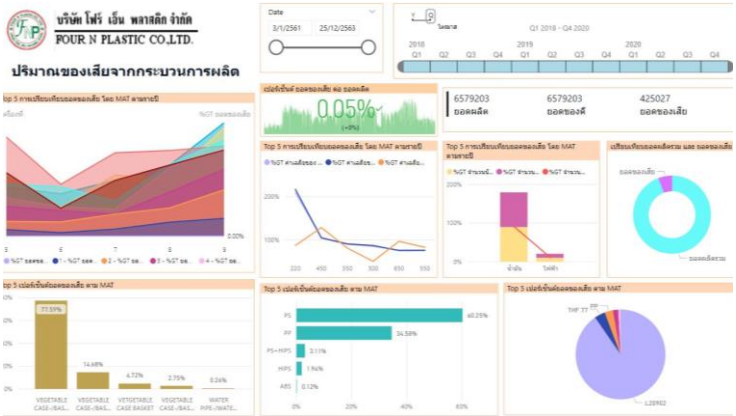
5.4 แสดงรายงานประสิทธิภาพ OEE

รายงานประสิทธิภาพการผลิต 5 อันดับแรก แสดงภาพรวมของประสิทธิภาพ OEE ตามประเภทของเครื่องจักร ขนาดของเครื่องจักร



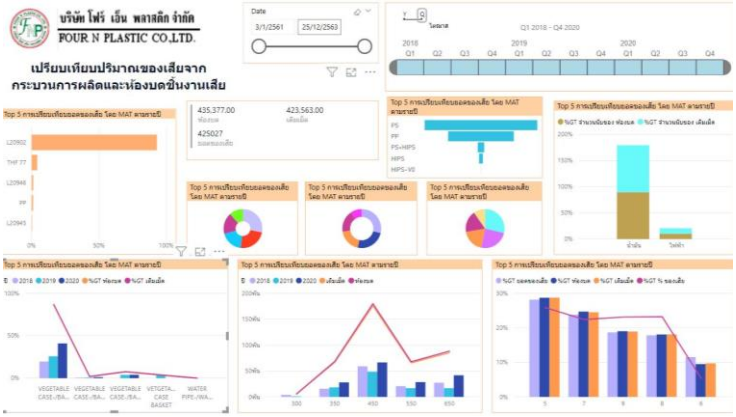
5.5 แสดงรายงานปริมาณของเสียจากกระบวนการผลิต

รายงานปริมาณของเสียจากกระบวนการผลิต แสดงเปรียบเทียบยอกของเสียจากการผลิต อัตราของเสียต่อการผลิต อัตราของเสียโดย MAT 5 อันดับแรก



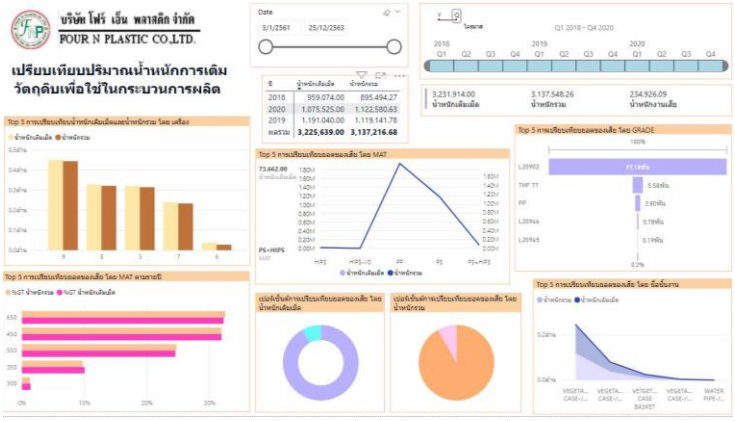
5.6 แสดงรายงานเปรียบเทียบปริมาณของเสียจากกระบวนการผลิตและห้องบดชิ้นงานเสีย

รายงานปริมาณของเสียจากกระบวนการผลิตและห้องบดชิ้นงานเสีย แสดงเปรียบเทียบยอกของเสีย อัตราของเสีย ต่อการผลิต อัตราของเสียโดย MAT 5 อันดับแรก



5.7 แสดงรายงานเปรียบเทียบปริมาณน้ำหนักการเติมวัตถุดิบเพื่อใช้ในกระบวนการผลิต

รายงานปริมาณน้ำหนักการเติมวัตถุดิบเพื่อใช้ในกระบวนการผลิต แสดงเปรียบเทียบยอกของเสีย อัตราของเสียน้ำหนักเติมวัตถุดิบ 5 อันดับแรก

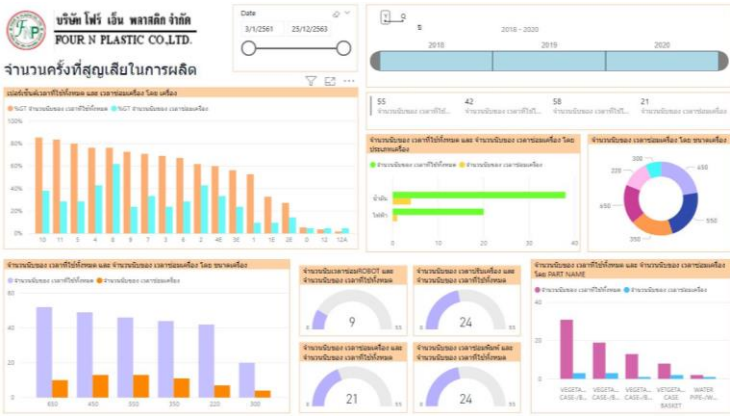


5.8 แสดงรายงานเวลาที่ใช้ในการผลิตทั้งหมด

รายงานเวลาที่ใช้ในการผลิตทั้งหมด แสดงเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการผลิตทั้งหมด เวลาที่ใช้ในการปรับเครื่องจักร เวลาที่ใช้ในการผลิต โดยพิจารณาเวลารอเปิดการผลิต เวลาเปลี่ยนพัก เวลาปรับเครื่องจักร เวลาขึ้นพิมพ์ และเวลาอื่นๆ

5.9 แสดงรายงานจำนวนครั้งเวลาที่สูญเสียในการผลิต

รายงานจำนวนครั้งเวลาที่สูญเสียในการผลิต แสดงเปรียบเทียบร้อยละของเวลาที่ใช้ทั้งหมดกับเวลาซ่อมเครื่องจักร จำนวนครั้งเวลาในการใช้งานและการซ่อมเครื่องจักร



6. สรุป

การวิเคราะห์ และการสร้างภาพข้อมูล กระบวนการผลิตของ บริษัท โฟร์ เอ็น พลาสติก จำกัด (Four N Plastic Co., Ltd.) โดยใช้ข้อมูลตัวอย่างในการจัดทำเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตย้อนหลัง 3 ปี (พ.ศ. 2561-2563) โดยได้แดชบอร์ด แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวน 9 แดชบอร์ด ซึ่งทำให้ผู้บริหารองค์กรสามารถดูข้อมูลผลการวิเคราะห์ในรูปแบบภาพข้อมูลที่เข้าใจง่าย และสามารถดูข้อมูลในแบบเชิงโต้ตอบได้ โดยสามารถเลือกช่วงเวลาที่สนใจได้ ทำให้เกิดความสะดวกรวดเร็ว และเพิ่มความแม่นยำ ความถูกต้องของข้อมูล และช่วยให้องค์กรสามารถจัดการข้อมูลเข้าสู่ศูนย์กลางได้ทั้งหมด ทำให้องค์กรนำข้อมูลมาใช้งานได้โดยไม่จำเป็นต้องสร้างฐานข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) หรือคลังข้อมูล (Data Warehouse) จึงช่วยลดค่าใช้จ่ายภายในองค์กรได้ และมีประสิทธิภาพ ส่วนการสร้างข้อมูลภาพ โดยเน้นเรื่องการสื่อสารและการนำเสนอแบบเชิงโต้ตอบ เพื่อให้ข้อมูลมีความน่าสนใจและเข้าใจง่ายมากขึ้น

7. ข้อเสนอแนะ

การแสดงภาพข้อมูลเป็นสิ่งที่สำคัญมากในทุกองค์กรและการพัฒนาธุรกิจ โดยวิธีการสร้างภาพข้อมูลผู้ใช้สามารถอ่านข้อมูลได้ง่ายขึ้นและสะดวกในการทำความเข้าใจข้อมูล ในบทความนี้ เราได้เห็นภาพแสดงรายงานประสิทธิภาพเครื่องจักร รายงานคุณภาพการผลิต รายงานประสิทธิภาพ OEE รายงานปริมาณของเสียจากกระบวนการผลิต รายงานเปรียบเทียบปริมาณของเสียจากกระบวนการผลิตและห้องบดชิ้นงานเสีย รายงานเปรียบเทียบปริมาณน้ำหนักการเติมวัตถุดิบเพื่อใช้ในกระบวนการผลิต รายงานเวลาที่ใช้ในการผลิตรวมถึงจำนวนครั้งที่สูญเสียในการผลิต โดยวิธีการวิเคราะห์และแก้ไขข้อมูลที่บันทึกไว้จากแหล่งข้อมูลต่างๆ แดชบอร์ด ที่สร้างขึ้นโดยใช้เครื่องมือ Power BI สามารถดูได้โดยใช้อุปกรณ์เคลื่อนที่ผ่านแอปพลิเคชัน เช่น Power Apps และ Mobile Power BI ใช้เว็บไซต์หรือลิงก์ที่แชร์ได้

8. เอกสารอ้างอิง

Keattipong Daikarn. (2020). *How to Power BI Knowledge*. [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 23 กันยายน 2564, จาก https://rdbi.co.th/2020/05/what-is-power-bi-application/

Mandava Geetha Bhargava, K. Tara Phani Surya Kiran, Duvvada Rajeswara Rao. (2018). Analysis and Design of Visualization of Educational Institution Database using Power BI Tool. *Global Journal of Computer Science and Technology: (C) Software & Data Engineering, 18* (4) Version 1, 1-8.

Peter Myers. (2563). *สถาปัตยกรรมโซลูชัน BI*. [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 23 กันยายน 2564, จาก https://docs.microsoft.com/th-th/power-bi/guidance/center-of-excellence-business-intelligence-solution-architecture/

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ศึกษาความเป็นไปได้การจัดสรรที่ดิน ในเขตตำบลนครสวรรค์ตก จังหวัดนครสวรรค์

THE APPLICATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM TO STUDY THE FEASIBILITY OF LAND ALLOCATION IN THE DISTRICT NAKHONSAWANTOK SUBDISTRICT NAKHONSAWAN PROVINCE

ภาณุ เยี่ยมประภา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
E-mail: toowin55@hotmail.com
อภิโชติ อุพารตินนท์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
E-mail: apichote11@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการวางแผนข้อมูลที่ตั้ง และระบบสาธารณูปโภค เพื่อความชัดเจน โดยใช้โปรแกรม Mapinfo version 10.5 เพื่อนำมาคิดค่างานต้นทุนในการดำเนินการ และศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดสรรที่ดิน จากข้อกำหนดด้านกฎหมาย โดยต้องมีการคำนวณทางวิศวกรรมในการออกแบบระบบสาธารณูปโภค ท่อระบายน้ำภายในโครงการ และระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อจัดทำเอกสารรายการคำนวณยื่น ขออนุญาต จัดทำโครงการจัดสรรที่ดิน พื้นที่ศึกษามีจำนวน 6 ไร่ 0 งาน 90.7 ตารางวา เมื่อจัดแบ่งแปลงที่ดินแล้วจะสามารถก่อสร้างได้จำนวน 35 แปลงแบ่งเป็นอาคารบ้านเดี่ยวชั้นเดียว จำนวน 15 หลัง และบ้านเดี่ยวสองชั้นจำนวน 10 หลัง การวิเคราะห์และประเมินด้านการเงินของ วิเคราะห์จุดคุ้มทุนพบว่าระยะเวลาคืนทุนของโครงการ 1 ปี 6 เดือน 21 วัน เมื่อมียอดขายบ้านเดี่ยวสองชั้น 10 หลัง และเมื่อมียอดขายบ้านชั้นเดียว 8 หลัง มูลค่าสุทธิ (NPV) เท่ากับ 7,203,066.65 บาท อัตราผลตอบแทน (IRR) เท่ากับ 18 %

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ความเป็นไปได้การจัดสรรที่ดิน

ABSTRACT

The purpose of this study was to use a geographic information system in planning the location data. and utilities for clarity by using the program Mapinfo version 10.5 to calculate the cost of the operation. and study the possibility of land allocation Based on legal requirements, engineering calculations are required in the design of public utilities. Sewers within the project and wastewater treatment system to prepare documents, calculations, submit requests for permission, prepare land allocation projects.The study area is 6 rai 0 nagn 90.7 squre wa.

After allotting the land plots, 35 blog can be constructed, divided into 15 single-storey detached houses and 10 two-story detached houses. analyze and assess the financial aspects of The break-even point analysis revealed that the payback period of the project was 1 year, 6 months, 21 days when 10 two-story detached houses were sold and 8 single-storey houses were sold. The net value (NPV) was 7,203,066.65 baht. Internal rate of return (IRR) equal to 18%.

Keywords: Geographic Information System, Possibility to Allocate Land

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

องค์การบริหารส่วนตำบลนครสวรรค์ตกอยู่ในเขตการปกครองของอำเภอเมืองนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ ได้มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วภายในระยะเวลาไม่นาน อันเป็นผลมาจากกระจายความเจริญจากเขตเทศบาลนครนครสวรรค์ และอยู่ในเขตฝังเมืองรวมเมืองนครสวรรค์ จึงได้ได้มีการพัฒนาเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานเป็นจำนวนมาก อันเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการลงทุนจากภาคเอกชนในด้านต่างๆ เป็นจำนวนมาก อาทิ โรงแรม ที่อยู่อาศัย ร้านสะดวกซื้อ อาคารพาณิชย์ และหอพัก เป็นต้น เป็นเหตุให้มีความน่าสนใจในการลงทุนอสังหาริมทรัพย์เนื่องจากความต้องการที่อยู่อาศัยที่กระจายตัวออกจากพื้นที่เขตเทศบาลนครนครสวรรค์

การศึกษาภาพรวมของพื้นที่เพื่อประกอบการวิเคราะห์ในการดำเนินการนั้นเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างมากต่อการดำเนินการโครงการพัฒนาที่ดินเพื่อประกอบกิจการจัดสรรที่ดิน ได้อย่างปีนระบบและใกล้เคียงความเป็นจริงมาที่สุด ดังนั้นผู้ทำการศึกษาจึงใช้ระบบสาระสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) เป็นระบบที่มีศักยภาพในการจัดเก็บข้อมูลพื้นที่ ซึ่งสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการแก้ไขปัญหาเนื่องจากระบบสาระสนเทศภูมิศาสตร์มีคุณสมบัติเป็นได้ทั้งเครื่องมือ (Tool) และ (Database) (ดร.พีระ พันธุวนิช และคณะ, 2535) โดยระบบภูมิศาสตร์สาระสนเทศ มีการจัดการระบบข้อมูลทางพื้นที่โดอาศัยข้อมูลทางการาฟฟิก (Spatial data) ซึ่งระบบดังกล่าวจะช่วยในการศึกษาในด้านที่ตั้งความเหมาะสมของพื้นที่ ในด้านการบริการด้านระบบสาธารณูปโภค เส้นทางคมนาคมของพื้นที่ศึกษา เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในด้านความเหมาะสมและค่าใช้จ่ายในการจัดทำโครงการ

ในการดำเนินการมีความจำเป็นต้องทำการศึกษาด้านกฎหมาย คือ กฎกระทรวงบังคับใช้ผังเมืองรวมเมืองนครสวรรค์ พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร และข้อกำหนดเกี่ยวกับการจัดสรรที่ดินจังหวัดนครสวรรค์ โดยการดำเนินการอันดับแรกต้องตรวจสอบข้อกำหนดผังเมืองพื้นที่ศึกษาอยู่ในพื้นที่ตามสีของผังเมืองนั้นมีข้อกำหนดไม่ให้ประกอบกิจการหรือไม่ จากการศึกษามิได้มีข้อห้ามในการจัดสรรที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย ในการดำเนินการจัดสรรที่ดินของผู้ประกอบการจะต้องทำการขออนุญาตจัดสรรที่ดินตาม ข้อกำหนดเกี่ยวกับการจัดสรรที่ดินจังหวัดนครสวรรค์ พ.ศ. 2546 ซึ่งกำหนดให้ผู้ที่มีความประสงค์ทำการจัดสรรที่ดินต้องยื่นคำขออนุญาตจัดสรรที่ดิน โดยต้องนำส่งเป็นรายการเอกสารและรายการแผนผัง รายการคำนวณทางวิศวกรรมระบบระบายน้ำ วิธีการบำบัดน้ำเสีย และ แสดงหลักฐานและรายละเอียดตามกฎหมาย เพื่อเสนอให้คณะกรรมการจัดสรรที่ดินพิจารณาออกใบอนุญาตจัดสรรที่ดิน ผู้ประกอบการจึงจะสามารถดำเนินการจัดสรรที่ดินเพื่อการอยู่อาศัยได้ การออกแบบประมาณราคาอาคาร และระบบสาธารณูปโภค นำข้อมูลดังกล่าวนำมาใช้ ค่างานต้นทุน และ การตั้งราคาขาย ข้อมูลเงินที่ใช้ในการลงทุน อัตราการกู้ยืมเงิน เพื่อนำมาคำนวณหาผลตอบแทนจากการลงทุนทำให้ผู้ประกอบการสามารถวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการพัฒนาธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ในพื้นที่ศึกษา

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ศึกษาภาพรวมของพื้นที่ศึกษาด้านบริการสาธารณะสาธารณูปโภคเพื่อวิเคราะห์ความน่าลงทุน และ ประเมินค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

(2) ศึกษาข้อกฎหมายเกี่ยวกับการดำเนินการซึ่งประกอบด้วยการจัดแบ่งที่ดินและการคำนวณทางวิศวกรรมเพื่อทำการยื่นขออนุญาตจัดสรรที่ดิน

(3) ศึกษาอัตราการลงทุนผลตอบแทนความคุ้มค่าของเงินลงทุน

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดทฤษฎีต่างๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ทำการศึกษา เพื่อนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาในการวิเคราะห์และเป็นข้อมูล

(1) แนวคิดเกี่ยวกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

(2) กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดสรรที่ดิน

(3) พระราชบัญญัติการผังเมือง

(4) พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร

(5) แนวคิดเกี่ยวกับผลการตอบแทนทางการเงินของโครงการ

3.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินการโดยวางแผนให้ประสบความสำเร็จและอัตราค่าก่อสร้างผลกำไรที่ได้รับดังนี้

1.1ด้านภาพรวมสถานที่ตั้ง บริการสาธารณะ และระบบขนส่ง

1.2 ด้านข้อกำหนดทางกฎหมายในการดำเนินการ

1.3 ด้านแบบแปลนขออนุญาตจัดสรรที่ดินและรายการคำนวณทางวิศวกรรม

1.4 ด้านผลตอบแทนการลงทุน

แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

3.3 สมมติฐานการวิจัย

(1) การใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการวางแผนระบบสาธารณูปโภค

(2) ข้อบังคับด้านกฎหมายเพื่อดำเนินการตามข้อกำหนด

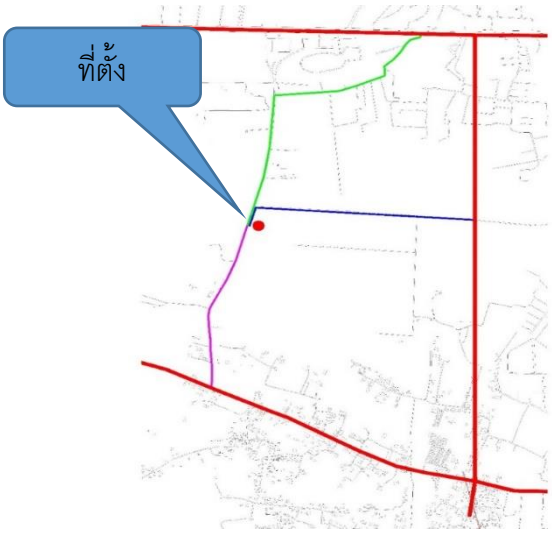
(3) การออกแบบระบบสาธารณูปโภคด้านวิศวกรรมตามข้อกำหนดเกี่ยวกับการจัดสรรที่ดินจังหวัดนครสวรรค์

(4) ผลตอบแทนการลงทนมีความคุ้มค่ากับการลงทุน

4. วิธีดำเนินการวิจัย

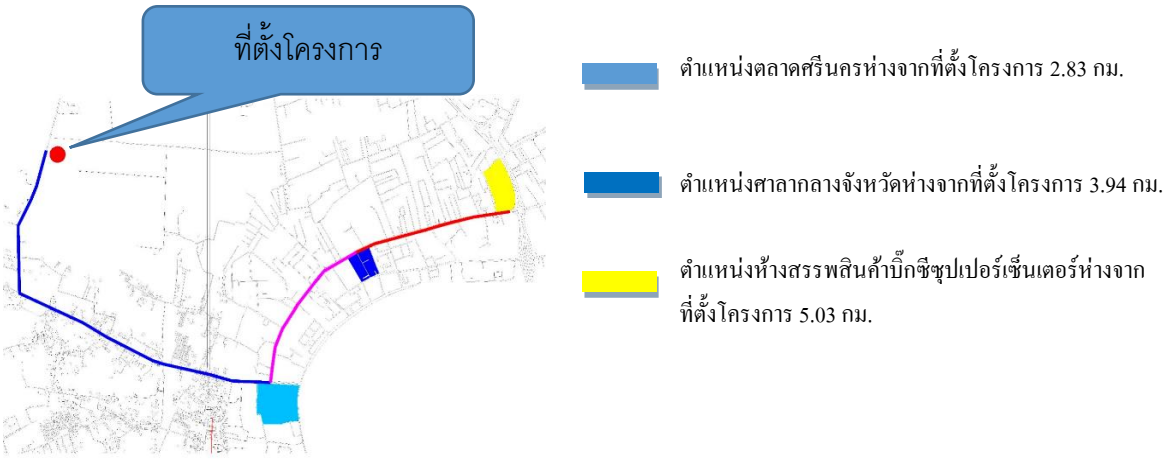
ดำเนินการนำเข้าข้อมูล ที่ได้จากสำนักงานโยธาธิการและผังเมืองจังหวัดนครสวรรค์ เข้าโปรแกรม Mapinfo version 10.5 จะได้ข้อมูลของเป็นชั้นข้อมูลของ อาคาร ถนน และแหล่งน้ำ และสามารถนำชั้นข้อมูลต่างมามารวมกันเพื่อ เพื่อแสดงเป็นรูปแบบกราฟฟิก เชิงพื้นที่ จะเห็นได้ว่าความหนาแน่นของอาคาร ที่กระจายตัวมาถึงบริเวณพื้นที่ศึกษาเริ่มมีความหนาแน่นพอสมควร พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บนถนนผังเมืองสายกำลังพล หมู่ที่ 5 ตำบลนครสวรรค์ตกเนื่องจากในอนาคตจะเป็นถนนสายที่เชื่อมต่อระหว่าง ถนนหมายเลข 3005 ถนนพหลโยธิน นครสวรรค์-กำแพงเพชร ถนนสายสันคูวังไผ่พื้นที่ศึกษานี้มีเนื้อที่ 6 ไร่ 0 งาน 90.7ตารางวา โดยด้านที่ติดถนนสายกำลังพลเขตทางกว้าง กว้าง 20 เมตร จากการนำเข้าข้อมูลเพื่อใช้ในโปรแกรม MapInfo Professional 10.5 จัดทำรูปแบบแผนผังที่ตั้งของพื้นที่ศึกษาตามแนวเขตพื้นที่ตำบล และเส้นทางคมนาคมทางเข้าพื้นที่ศึกษาโครงการ และความเหมาะสมของพื้นที่ เพื่อศึกษา การออกแบบระบบสาธารณูปโภค ออกแบบอาคาร และคำนวณหาผลตอบแทนการลงทุน จะเห็นถึงความชัดเจนของพื้นที่ศึกษาซึ่งมีความน่าสนใจสำหรับนักลงทุนยิ่งขึ้น

รูปภาพที่ 1 ข้อมูลอาคารและถนนในเขตพื้นที่ศึกษา

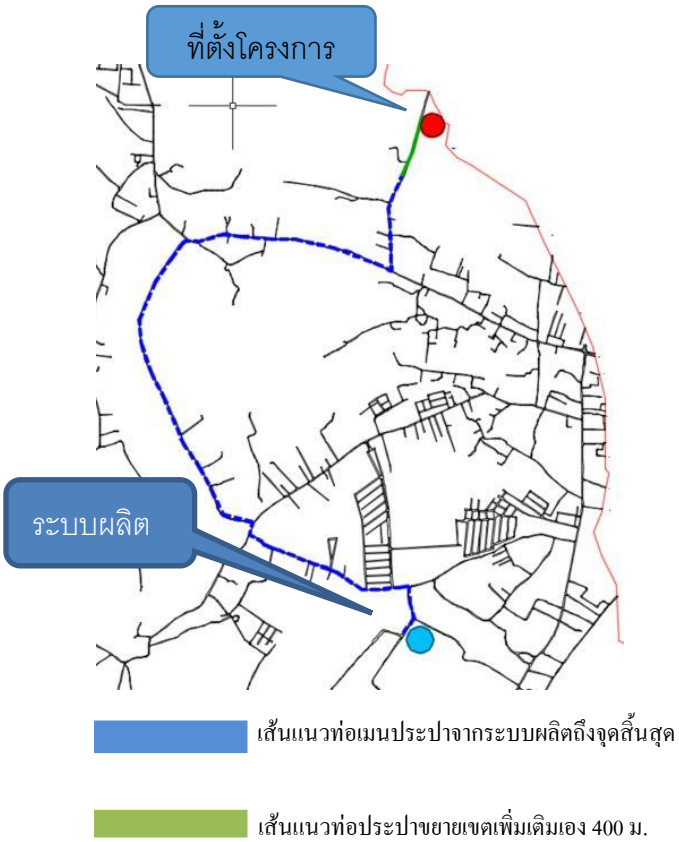


รูปภาพที่ 2 เส้นทางคมนาคมเข้าถึงโครงการ

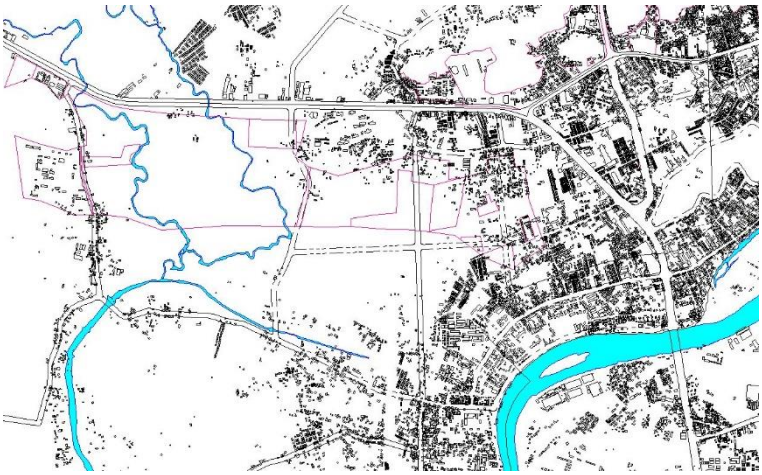
- เส้นสีแดงคือถนนสายหลัก
- เส้นสีม่วงคือถนนที่เชื่อมจากถนนสายสันคูวังไผ่เข้าพื้นที่ศึกษา
- เส้นสีเขียวคือถนนที่เชื่อมต่อจากถนนสายนครสวรรค์-กำแพงเพชรเข้าพื้นที่ศึกษา
- เส้นสีม่วงคือถนนผังเมืองที่เชื่อมต่อจากถนนสายเลี่ยงเมืองสับไฟ ที่จะก่อสร้างในอนาคต



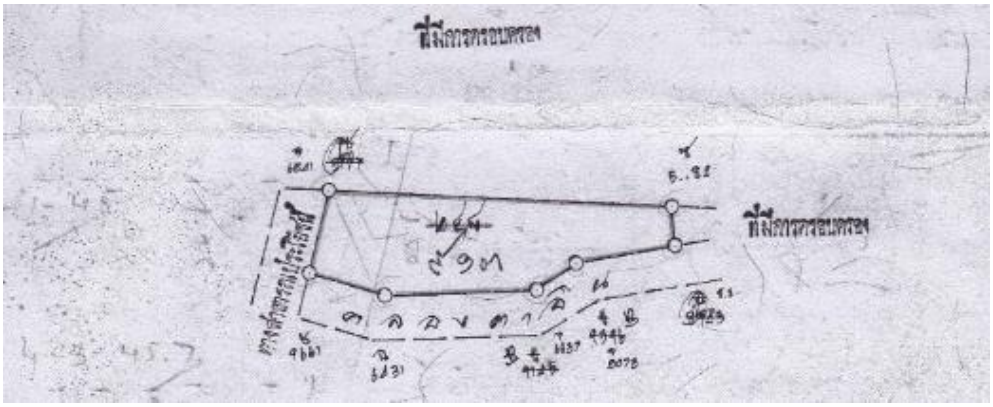
รูปภาพที่ 3 เส้นทางคมนาคมเข้าถึงโครงการ



รูปภาพที่ 4 แนวท่อเมนประปา



รูปภาพที่ 5 เส้นทางระบายน้ำ

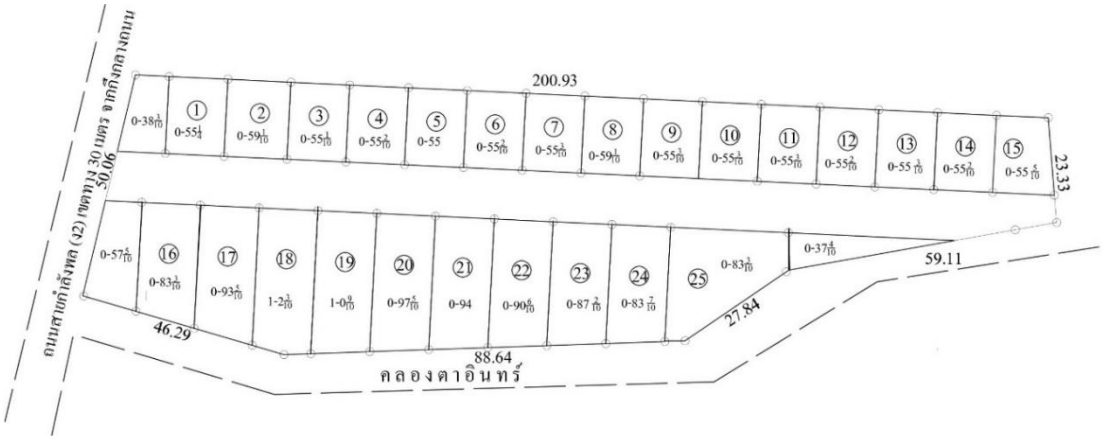


รูปภาพที่ 6 รูปแปลงที่ดินจากโฉนดที่ดิน

5 ผลการวิจัย

5.1 การแบ่งแปลงที่ดินแปลงย่อย

การดำเนินการตามกฎกระทรวงบังคับใช้ผังเมืองรวมเมืองนครสวรรค์ และพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร โดยทำการจัดรูปแบบแปลงที่ดิน โดยที่ดินที่มีเนื้อที่ 6 ไร่ 0 งาน 90.7 ตารางวา จากโฉนดที่ดินในพื้นที่ศึกษา เลขที่ 29866 หน้าสำรวจที่ 1654 ตำบลนครสวรรค์ตก อำเภอเมืองนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ โดยศึกษาข้อกำหนด ผังเมืองรวมเมืองนครสวรรค์ ไม่มีข้อห้ามการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อประกอบกิจการจัดสรรที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย แต่มีเขตทาง ด้านหน้าโครงการ 30 เมตร ทำให้ต้องเว้นระยะ จากกึ่งกลางถนนถึงตัวอาคารหลังแรก 15 เมตร และ พรบ.ควบคุมอาคาร จะต้องเว้นห่างตัวอาคารจากเขตคลอง 6 เมตร ถนนภายในโครงการตามข้อกำหนดเกี่ยวกับการจัดสรรที่ดินจังหวัดนครสวรรค์ ถนนภายในโครงการต้องมีความกว้างไม่น้อยกว่า 8 เมตร จากข้อกำหนดแบ่งหักพื้นที่เพื่อเป็นที่ว่างและถนนแล้วจึงทำการแบ่งแปลงที่ดินเป็นแปลงย่อยซึ่งแต่ละแปลงต้องมีเนื้อที่ไม่น้อยกว่า 50 ตารางวา จึงได้พื้นที่เพื่อจัดจำหน่ายจำนวน 25 แปลง



รูปภาพที่ 7 แบ่งที่ดินเป็นแปลงย่อย

5.2 ด้านสาธารณูปโภค

ข้อกำหนดเกี่ยวกับการจัดสรรที่ดินจังหวัดนครสวรรค์พ.ศ. 2546 จะต้องจัดให้มีการจัดทำแผนผังระบบสาธารณูปโภคและบริการสาธารณะ ได้แก่ แผนผังที่แสดงรายละเอียดของระบบสาธารณูปโภคและบริการสาธารณะที่จะจัดให้มี ได้แก่ (1) ระบบไฟฟ้า (2) ระบบประปา (3) ระบบการระบายน้ำ (4) ระบบบำบัดน้ำเสีย (5) ระบบถนนและทางเท้า (6) ระบบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องโดยมี ข้อกำหนดเกี่ยวกับการจัดสรรที่ดินจังหวัดนครสวรรค์ กำหนดให้ต้องคำนวณระบบระบายน้ำภายในโครงการโดยปริมาณน้ำฝนใช้เกณฑ์ปริมาณฝนตกปกติโดยเฉลี่ย ในคาบอุบัติไม่น้อยกว่า 5 ปี ของจังหวัดนครสวรรค์ปริมาณน้ำเสียใช้เกณฑ์ปริมาณไม่ต่ำกว่าร้อยละ 55 ของน้ำใช้ แต่ต้องไม่ต่ำกว่า 1 ลูกบาศก์ ต่อครัวเรือนต่อวัน จาการคำนวณโดยใช้ สมการ Q=CIA และการคำนวณ จากสูตร Manning Formula เพื่อหาขนาดของท่อระบายน้ำภายในโครงการได้ท่อระบายน้ำภายในโครงการขนาด 0.50 ม. และ 0.60 ม.

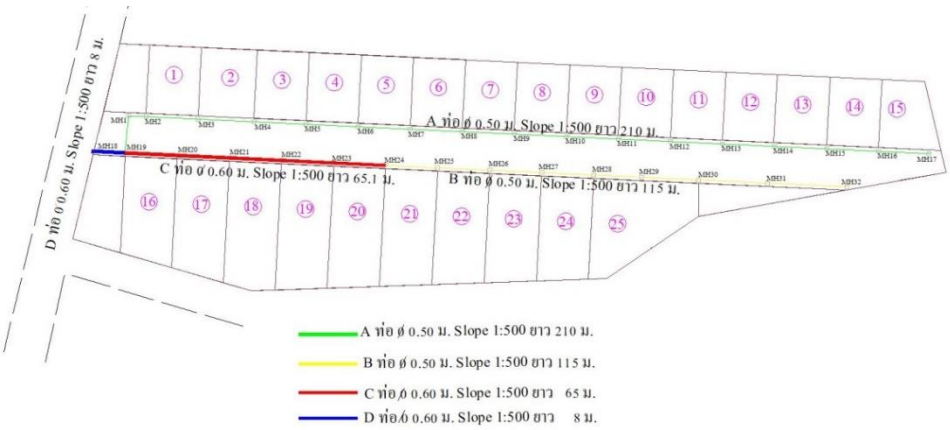
1 ปริมาณน้ำฝน = 0.00023148 (m³/sec/km)

I = 156.8 mm/hr. C = 0.70 0.7

LINE No.	HOME No.	MANHOLE No.	L (m.)	SHOT. Home (sq.m.)	SUM.AREA (sq.m.)	ROAD AREA (sq.m.)	ACCU. A (sq.m.)	STORM WATER Q1 (m.3/Sec)
A	1-15	H1 -H17	210	17	3,570.00	1,165.00	4,735.00	0.144480
B	21-25	H24- H32	115	17.72	2,037.80	699.81	2,737.61	0.083533
C	16-20 + B	H19-24	65	29.3	1,907.43	360.01	5,005.05	0.152720
D	A+C	H18+H19	8	28.38	227.04	41.46	5,273.55	0.160913
		SUM			7,742.27	2,266.28		

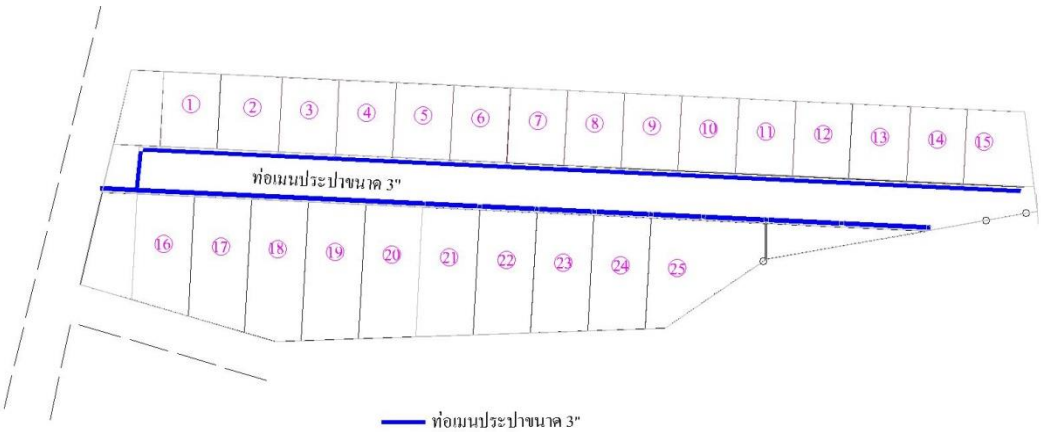
SEWAGE Q2(m3/Sec)	ACCU. L (m.)	INFILRATION Q3(m.3/Sec)	TOTAL Q (m.3/Sec)	SLOPE S (m/m)	PIPE DIA. D.(m.)	COMPUTED D.(m.)	VELOCITY (m./Sec)	CHECK.
0.000027	210	0.000049	0.144556	0.002	0.50	0.50	0.75	Ok.
0.000027	115	0.000027	0.083588	0.002	0.41	0.50	0.75	Ok.
0.000041	65	0.000015	0.152777	0.002	0.51	0.60	0.84	Ok.
0.000041	8	0.000002	0.160956	0.002	0.52	0.60	0.84	Ok.
AREA VARIES.	10,008.55			SQ.M.	6.26	Ri.		

รูปภาพที่ 8 ตารางคำนวณปริมาณน้ำและขนาดท่อระบายน้ำ



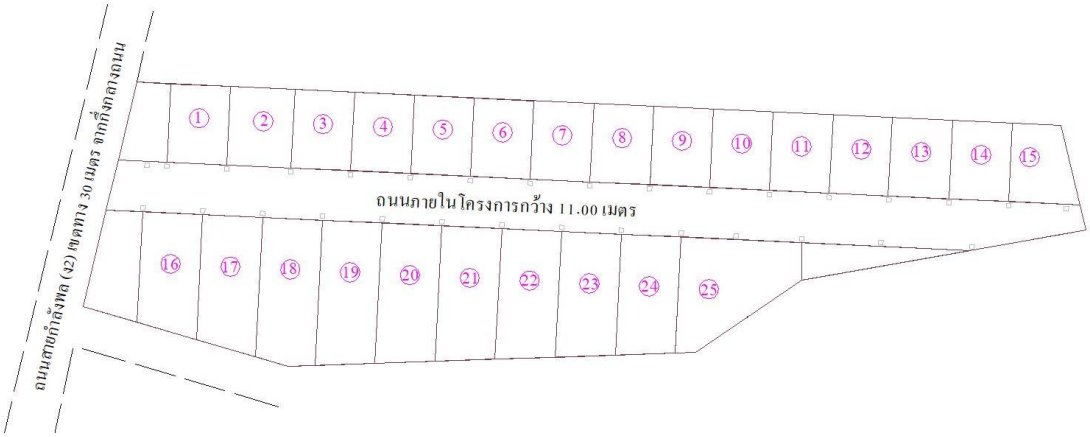
รูปที่ 9 ผังแนวท่อและขนาดท่อระบายน้ำในโครงการ

ท่อเมนประปาภายในโครงการเนื่องจากมีบ้านพักอาศัยจำนวนเพียง 25 หลังจึงใช้ท่อเมนขนาด 3 นิ้ว ตลอดทั้งหมดโครงการซึ่งเพียงพอต่อการจ่ายน้ำประปา



รูปภาพที่ 10 ผังแนวท่อและขนาดท่อระบายน้ำในโครงการ

ข้อกำหนด เกี่ยวกับการจัดสรรที่ดินจังหวัดนครสวรรค์ถนนที่ใช้เป็นทางเข้าออกสู่ที่ดินแปลงย่อยไม่เกิน 55 แปลง หรือเนื้อที่ต่ำกว่า 15 ไร่ ต้องมีความกว้างของเขตทางไม่ต่ำกว่า 6.00 เมตร โดยมีความกว้างของผิวจราจรไม่ต่ำกว่า 6.00 เมตร เนื่องจากเพื่อความสะดวกในการใช้ประโยชน์ในการใช้ถนนภายในโครงการและลดปัญหาการจอดยานพาหนะบริเวณเส้นทางจราจรจึงกำหนดความกว้างของถนนและทางเท้ารวม 11 เมตร



รูปภาพที่ 11 ผังถนนภายในโครงการ

5.3 ด้านผลตอบแทนการลงทุน

เมื่อได้ข้อมูลจากการออกแบบสาธารณูปโภคภายนอกและภายในโครงการแล้วจากนั้นดำเนินการจัดทำประมาณราคาค่าใช้จ่ายค่าก่อสร้างทั้งหมดการก่อสร้างงานสาธารณูปโภค คือถนน ท่อระบายน้ำ ระบบท่อเมนประปา ไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายในทั้งหมดคิดเป็นเงิน 3,526,000 บาท ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง อาคาร แบ่งเป็น บ้านเดี่ยวชั้นเดียวจำนวน 15 หลัง บ้านเดี่ยวสองชั้นจำนวน 10 หลัง และรั้วทั้งโครงการคิดเป็นเงิน 36,325,000 ราคาที่ดิน 9,962,800 บาท ค่าดำเนินการธรรมเนียมใบอนุญาต 300,000 บาท รวมเป็น รวมเป็นค่างานต้นทุน 49,438,000 บาท รายได้จากการขาย บ้านเดี่ยวชั้นเดียว หลังที่ 1-15 คิดเป็นมูลค่า 29,700,000 บาท รายได้จาการขายเดี่ยวสองชั้นหลังที่ 16-25 คิดเป็นมูลค่า 33,803,000 บาท รวมมูลค่าเมื่อขายทั้งหมดแล้วเสร็จ 63,503,000 บาท

(1) ต้นทุนทางการเงินของโครงการ ต้นทุนทางการเงินใช้วิธีอัตราส่วนต้นทุนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก Weighted Average Cost of Capital (WACC)

$$WACC = WdKd(1-T) + WeKe$$

Kd = อ้างอิงจากอัตราดอกเบี้ยของธนาคาร ปัจจุบัน ปี 2564 MLR+1 อยู่ที่ 5.25%

Ke = ส่วนของต้นทุนทางการเงิน เมื่อสอบถามจากผู้ประกอบการด้านอสังหาริมทรัพย์แนวราบประเภทบ้านเดี่ยวขนาดเล็กถึงขนาดกลาง จึงนำมากำหนดในส่วนของอัตราผลตอบแทนในส่วนของเจ้าของเท่ากับ 15% ดังนั้น

WACC = WdKd(1-T) + WeKe

WACC = 7.4% โดย สัดส่วนเงินกู้ยืม Wd = 70% สัดส่วนเงินทุนบริษัท We = 30% สัดส่วนเงินทุนบริษัท We = 30% อัตราดอกเบี้ยกู้ยืม Kd = 5.25% ภาษีเงินได้นิติบุคคล T = 20%

(2) ผลการตอบแทนทางการเงินของโครงการ จากการศึกษาความเป็นได้ทางการเงินของโครงการพบว่า มูลค่าสุทธิ (NPV) เท่ากับ 7,203,066.65 บาท อัตราผลตอบแทน (IRR) เท่ากับ 18 % จุดคุ้มทุนเมื่อขายบ้านเดี่ยวสองชั้น 10 หลัง และบ้านเดี่ยวชั้นเดียว 8 หลังระยะเวลาคืนทุนเมื่อขายบ้านได้ 18 เดือน 21 วัน

6. อภิปรายผล

จากผลการศึกษาการ การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ศึกษาความเป็นไปได้การจัดสรรที่ดินในเขตตำบลนครสวรรค์ตก สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. การใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ทำให้มองภาพรวมของพื้นที่ศึกษาได้อย่างชัดเจนในด้านที่ตั้งสถานที่ใกล้เคียง เส้นทางคมนาคม และนำมาใช้เป็นข้อมูลในการจัดการระบบสาธารณูปโภคของโครงการในการขยายท่อเมนประปา ท่อระบายน้ำ

2. การจัดทำผังโดยเพื่อยื่นขออนุญาตจัดสรรที่ดินตาม ข้อกำหนดเกี่ยวกับการจัดสรรที่ดินจังหวัดนครสวรรค์ พ.ศ.2246 สามารถแบ่งเป็นแปลงย่อยได้จำนวน 25 แปลงเนื้อที่ไม่ต่ำกว่า 50 ตารางวา ถนนภายในโครงการกว้าง 11 เมตร ทำการคำนวณระบบระบายน้ำ ภายโครงการได้ขนาด 0.50 ม. และ 0.60 เมตร และ ท่อเมนประปาขนาด 3 นิ้ว

3. ด้านการศึกษาด่านการเงิน ศรา ชัยกล้าหาญ ;2558 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินประกอบด้วย ต้นทุนการพัฒนาโครงการ ต้นทุนทางการเงินของโครงการ ผลการตอบแทนทางการเงินของโครงการ ผู้วิจัยได้คำนวณผลตอบแทนการลงทุนโดยใช้สัดส่วนเงินกู้ยืม 70% สัดส่วนเงินทุนบริษัท 30% อัตราดอกเบี้ยกู้ยืม 5.25% อัตราผลตอบแทนที่ต้องการ 15% ภาษีเงินได้นิติบุคคล 20%จากการศึกษาความเป็นได้ทางการเงินของโครงการ พบว่า มูลค่าสุทธิ (NPV) เท่ากับ 7,203,066.65 บาท อัตราผลตอบแทน (IRR) เท่ากับ 18 % จุดคุ้มทุนเมื่อขายบ้านเดี่ยวสองชั้น 10 หลัง และบ้านเดี่ยวชั้นเดียว 8 หลัง ระยะเวลาคืนทุนเมื่อขายบ้านได้ 18 เดือน 21 วัน ซึ่งมีผลตอบแทนการลงทุนที่คุ้มค่าและมีความน่าสนใจ

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

(1) มูลค่าที่ดินและสิ่งก่อสร้างมีอัตราการเพิ่มราคาขึ้นทุกปีผู้ที่นำข้อมูลไปใช้ควรพิจารณามูลค่าปัจจุบัน

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

(1) ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลของปี พ.ศ. 2564 ข้อกฎหมายในอนาคตอาจมีข้อกำหนดข้อบังคับเพิ่มขึ้นเช่นการเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดผังเมืองในอนาคตอาจห้ามประกอบกิจการในบริเวณพื้นที่ศึกษา ควรศึกษาข้อกฎหมายก่อนการดำเนินการ

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี องค์การบริหารส่วนตำบลนครสวรรค์ตก ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลพื้นที่ และสำนักงานโยธาธิการและผังเมืองจังหวัดนครสวรรค์ ที่เอื้อเฟื้อข้อมูล Gis ที่ใช้ในการทำวิจัยในครั้งนี้

9. เอกสารอ้างอิง

กรมที่ดิน. (2546). *ข้อกำหนดเกี่ยวกับการจัดสรรที่ดินจังหวัดนครสวรรค์ พ.ศ. 2246* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 16 มกราคม 2564, จาก: https://www.dol.go.th/estate/pages/ ข้อกำหนดเกี่ยวกับการจัดสรรที่ดินจังหวัดนครสวรรค์.aspx

ตรงฉัตร โสตทิพยพนธันธุ์. (2550). *"ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อออกแบบจำลองการประเมินราคาที่ดิน"* วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พชรวรรณ ชัยศิรินิรันดร์. (2555). *"รายละเอียดของแบบแผนผังประกอบการขออนุญาตจัดสรรที่ดินในกรุงเทพมหานคร"*. ปริญญานิพนธ์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ยุวดี ศิริ. (2559). *"งานวิจัยการพัฒนาที่ดิน การจัดสรรที่ดิน ที่ส่งผลกระทบต่อรูปแลลสาธารณูปโภคและสาธารณูปการของโครงการจัดสรรที่ดินตั้งแต่ก่อน พ.ศ.2500-2530"*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศรา ชัยกล้าหาญ. (2558). *"การศึกษาความเป็นไปได้โครงการ บ้านจัดสรร จังหวัดอ่างทอง"*. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สำนักงานโยธาธิการและผังเมืองจังหวัดนครสวรรค์. (2554). *กฎกระทรวงให้ใช้บังคับใช้ผังเมืองรวมเมืองนครสวรรค์ พ.ศ. 2554* [ออนไลน์].ค้นเมื่อ 16 มกราคม 2564, จาก: https://www.dpt.go.th/wan/lawdpt/data/01/2553_4/128_94a_231254_1.pdf

แนวทางการออกแบบเพื่อประสานระบบการเข้าถึงสถานีรถไฟฟ้า กรณีศึกษาสถานีรถไฟฟ้าในเขตวัฒนา

THE URBAN DESIGN GUIDELINES FOR INTEGRATING MASS TRANSIT ACCESSIBILITY SYSTEMS A CASE STUDY OF BTS STATIONS IN WATTHANA DISTRICT, BANGKOK

นางสาวอตินันทน์ สินศิลาเกตุ

สาขาวิชาการออกแบบชุมชนเมือง ภาควิชาการวางแผนภาคและเมือง

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail: wharnku70@gmail.com

บทคัดย่อ

จากการพัฒนาเมืองของกรุงเทพมหานครที่ผ่านมาส่งผลให้พื้นที่รอบสถานีรถไฟฟ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน การเพิ่มขึ้นของประชากรอย่างรวดเร็ว ซึ่งทำให้มีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เมือง โดยเฉพาะการใช้ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยในบริเวณโดยรอบ และจากนโยบายการพัฒนาพื้นที่โดยรอบสถานีรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนกรุงเทพฯที่เน้นส่งเสริมการเดินเท้าเข้าสู่สถานีรถไฟฟ้าเป็นหลักเพื่อการพัฒนาเมืองอย่างยั่งยืน ยังพบว่าปัจจุบันมีการเดินทางด้วยรูปแบบการขนส่งอื่นๆเพื่อการเข้าถึงสถานีรถไฟฟ้าร่วมด้วย เช่น รถจักรยานยนต์รับจ้าง รถสองแถว หรือรถสี่ล้อเล็ก เป็นต้น ซึ่งเป็นรูปแบบการขนส่งที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่อยู่อาศัยและสถานีรถไฟฟ้า และยังเป็นรูปแบบที่จะขยายขอบเขตของผู้ใช้บริการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนให้สามารถเดินทางมาใช้บริการได้มากขึ้น (Tangphaisakun et al., 2015) แต่อย่างไรก็ตามรูปแบบการขนส่งเพื่อการเข้าถึงสถานีรถไฟฟ้าดังกล่าวยังขาดบทบาทในการประสานระบบการเข้าถึงเข้าระหว่างเนื้อเมืองและบริบทของย่าน

จากการศึกษาเบื้องต้นจึงนำมาสู่แนวคิดในการศึกษาถึงรูปแบบการขนส่งสาธารณะเพื่อการเข้าถึงสถานีรถไฟฟ้าที่มีให้บริการในปัจจุบัน เพื่อกำหนดแนวทางการออกแบบประสานระบบการเข้าถึงสถานีรถไฟฟ้าที่มีอยู่อย่างหลากหลายให้มีความเหมาะสมกับลักษณะพื้นที่และบริบทของเมืองในเขตพื้นที่ที่มีให้บริการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน ผ่านเครื่องมือการออกแบบ และการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการประสานระบบการขนส่งสาธารณะและสร้างความเชื่อมโยงกับแนวคิดการพัฒนาพื้นที่รอบสถานีขนส่งมวลชน (Transit-Oriented Development, TOD) เพื่อทำให้เกิดการเชื่อมโยงกันของรูปแบบการให้บริการขนส่งสาธารณะกับพื้นที่โดยรอบที่ตั้งสถานีรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน

ผลสรุปของงานวิจัยจะแบ่งออกเป็นส่วนของแนวทางในการออกแบบเพื่อประสานระบบการขนส่งสาธารณะที่มีอยู่อย่างหลากหลายเพื่อการเข้าถึงสถานีรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนให้มีความเหมาะสมและประสานไปกับบริบทของเนื้อเมืองโดยรอบที่ตั้งสถานีที่มีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ และอีกส่วนหนึ่งคือการนำเสนอศักยภาพและปัญหาของการออกแบบการประสานระบบการขนส่งสาธารณะผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงกายภาพร่วมกับข้อมูลการให้บริการของแต่ละรูปแบบการขนส่งสาธารณะที่มีการควบคุมและบริหารจัดการที่แตกต่างกัน

ในแต่ละบริบทพื้นที่ให้บริการ เพื่อทำให้เกิดแนวทางในการพัฒนาการขนส่งสาธารณะให้มีความเหมาะสมที่สุดกับบริบทพื้นที่ตลอดแนวเส้นทางการพัฒนาระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนต่อไป

คำสำคัญ: ระบบขนส่งสาธารณะ, การเชื่อมต่อระบบขนส่งมวลชน, เนื้อเมืองโดยรอบที่ตั้งสถานีรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน

ABSTRACT

In the past, urban development in Bangkok affect to urban land using around the BTS stations changed. Rapid population growth resulted in an increase of urban areas, especially the land for habitation in the surrounding area. And from the policy using Transit oriented development (TOD) on Mass Rapid Transit Station of Bangkok, which focused to permit walking into the station as a basis for sustainable urban development, revealed that people find other ways of transportation for accessing to the station as well, such as motorcycle hire, minibus or four-wheeler, etc., which are types of transportation that serves to transport between residential areas and the stations. However, the types of transportation for accessing to the station still lack of the role for coordinating the system of the urban and theirs context.

The preliminary study led to idea of studying the public transport model for accessing to the currently available metro stations in order to define the design guidelines for coordinating the system of various existing stations to be suitable for the urban and theirs context by the design tools and literature review about concepts related coordinating public transport systems and creating a connection of policy using Transit oriented development (TOD) in order to create a linkage of public transport services to the surrounding area.

Conclusion, the results of the research will be divided into a section of the design guidelines for coordinating the system of various existing stations for accessing to the mass transit stations to be suitable and coordinate with theirs context surrounding area where are different in each area. And another section is the presentation of the potential and the problems of the design of the coordination of public transport systems by physical data analysis, together with the service information of each form of controlled public transport and different management in each context of service area, in order to create guidelines for the development of public transport to be the most suitable with the context of the area along the route of the mass rapid transit system development.

Keywords: Bangkok Mass Transit, Urban Public Transport Integration, Urban Pattern

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

กรุงเทพมหานครที่ผ่านมามีการพัฒนาที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งการพัฒนาด้านเศรษฐกิจ แหล่งงาน รวมถึงการเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพที่สำคัญของเมือง เช่น การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและอาคารเพื่อการพัฒนาที่อยู่อาศัย การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเมืองด้านการขนส่ง เป็นต้น อย่างไรก็ตามการพัฒนาระบบขนส่งในประเทศไทยถูกพัฒนาไปอย่างไม่เป็นระเบียบ ขาดการสร้างความสัมพันธ์การเชื่อมต่อระบบโครงข่ายให้

มีความต่อเนื่องกันของแต่ละรูปแบบการขนส่งสาธารณะ โดยเฉพาะระบบขนส่งสาธารณะในเขตพื้นที่ให้บริการในกรุงเทพฯที่ยังไม่มีความต่อเนื่องกันอย่างเป็นระบบและยังไม่สามารถครอบคลุมพื้นที่ให้บริการอย่างเพียงพอแก่ผู้ที่ต้องการเข้าถึงระบบให้บริการขนส่งสาธารณะในพื้นที่เมือง โดยปัจจุบันการพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะในกรุงเทพฯที่เน้นพัฒนาต่อยอดโครงข่ายรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน โดยมีแผนขยายเส้นทางการให้บริการเพื่อขยายขอบเขตผู้ใช้บริการรถไฟฟ้าให้เพิ่มมากขึ้น แต่งอย่างไรก็ตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงเนื้อเมืองของกรุงเทพฯมีลักษณะเป็นพื้นที่บล็อกขนาดใหญ่ (Super Block) และการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายถนนมีการข้ามลำดับศักดิ์ของถนน โดยกรุงเทพฯมีพื้นที่ถนนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือมีพื้นที่ถนนทั้งหมดประมาณ 8% จากพื้นที่กรุงเทพฯทั้งหมดและประเภทถนนที่กรุงเทพฯมีไม่เพียงพอคือถนนสายรอง ดังนั้นการเชื่อมต่อของถนนในกรุงเทพฯจึงเป็นการเชื่อมต่อของซอยกับถนนหลักเป็นส่วนใหญ่และส่งผลให้เกิดปัญหาการใช้งานในระบบโครงข่ายการสัญจรของพื้นที่เมืองทำให้ระบบขนส่งมวลชนเช่นรถโดยสารประจำทางขนาดใหญ่ไม่สามารถเข้าถึงแหล่งพื้นที่อยู่อาศัยในบริเวณใจกลางบล็อกได้

จากปัญหาในการเข้าถึงการให้บริการขนส่งสาธารณะระดับเมือง ทั้งการให้บริการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนรวมไปถึงการให้บริการรถโดยสารประจำทาง ทำให้เกิดรูปแบบการขนส่งสาธารณะที่มีลักษณะ เฉพาะในบริเวณโดยรอบพื้นที่เปลี่ยนถ่ายการสัญจร มีความหลากหลายของรูปแบบการขนส่ง เช่น รถจักรยานยนต์รับจ้าง รถตุ๊กตุ๊ก รถกระป๊อ รถสองแถว รถโดยสารประจำทางขนาดเล็ก เป็นต้น เป็นลักษณะของรูปแบบการขนส่งสาธารณะขนาดเล็กที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อการขนส่งระหว่างพื้นที่อยู่อาศัยกับสถานีรถไฟฟ้า โดยแต่ละรูปแบบการขนส่งขนาดเล็ก มีการบริหารจัดการการให้บริการภายใต้เงื่อนไขด้านกายภาพ ข้อบังคับตามกฎหมายและลักษณะการเดินทางของผู้อาศัยบริเวณโดยรอบสถานีรถไฟฟ้า

ความหลากหลายของรูปแบบการขนส่งสาธารณะขนาดเล็กที่ทำหน้าที่เพื่อการเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่อยู่อาศัยกับสถานีรถไฟฟ้านั้นยังไม่มีการศึกษาอย่างเป็นระบบ มีงานวิจัยที่ได้เสนอเกี่ยวกับการจัดพื้นที่สำหรับการให้บริการขนส่งขนาดเล็กจอดรับ-ส่งผู้ใช้บริการ ใกล้กับสถานีรถไฟฟ้าสำหรับการเปลี่ยนถ่ายรูปแบบการขนส่ง แต่อย่างไรก็ตามยังไม่พบว่ามีการศึกษาที่เกี่ยวกับความหลากหลายของรูปแบบการขนส่งสาธารณะขนาดเล็กที่มีให้บริการอยู่ในปัจจุบันอย่างเป็นระบบ ครอบคลุมการศึกษาในหลายมิติอื่นๆที่เกี่ยวข้อง งานวิจัยชิ้นนี้จึงศึกษาถึงการประสานระบบการขนส่งสาธารณะที่มีอยู่อย่างหลากหลายให้มีความเหมาะสมกับลักษณะพื้นที่และบริบทของเมือง โดยงานวิจัยมุ่งเน้นศึกษาถึงรูปแบบการขนส่งสาธารณะที่มีให้บริการในระดับย่าน ทำหน้าที่เชื่อมต่อการขนส่งระหว่างแหล่งพื้นที่อยู่อาศัยโดยรอบสถานีรถไฟฟ้ากับบริเวณที่ตั้งสถานีรถไฟฟ้าและทำหน้าที่ในการขยายขอบเขตของผู้ใช้บริการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนด้วย

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) เสนอแนวทางในการออกแบบพื้นที่ประสานระบบการขนส่งสาธารณะที่ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อการขนส่งระหว่างแหล่งพื้นที่อยู่อาศัยโดยรอบสถานีกับบริเวณที่ตั้งสถานีรถไฟฟ้า มีความหลากหลายของรูปแบบการขนส่งให้มีความเหมาะสม ประสานไปกับบริบทของพื้นที่เมือง และสามารถนำแนวทางการออกแบบมาประยุกต์ใช้กับพื้นที่ศึกษาสถานีรถไฟฟ้าเขตวัฒนา

(2) นำเสนอรูปแบบการขนส่งสาธารณะที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่อยู่อาศัยกับบริเวณที่ตั้งสถานีรถไฟฟ้าในปัจจุบัน ซึ่งประกอบไปด้วยการนำเสนอลักษณะรูปแบบยานพาหนะการขนส่ง การบริหารจัดการตามเงื่อนไขและข้อจำกัดการให้บริการ ศักยภาพและปัญหาในการขนส่ง

(3) ระบุปัญหา ศักยภาพของการออกแบบประสานระบบการเข้าถึงสถานีรถไฟฟ้าจากการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์การใช้รูปแบบการขนส่งสาธารณะ ประกอบกับการวิเคราะห์ผ่านมิติอื่นๆ ในการให้บริการ เช่น เงื่อนไขและข้อจำกัดในการใช้พื้นที่ถนนเพื่อให้บริการรับ-ส่งผู้โดยสาร

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

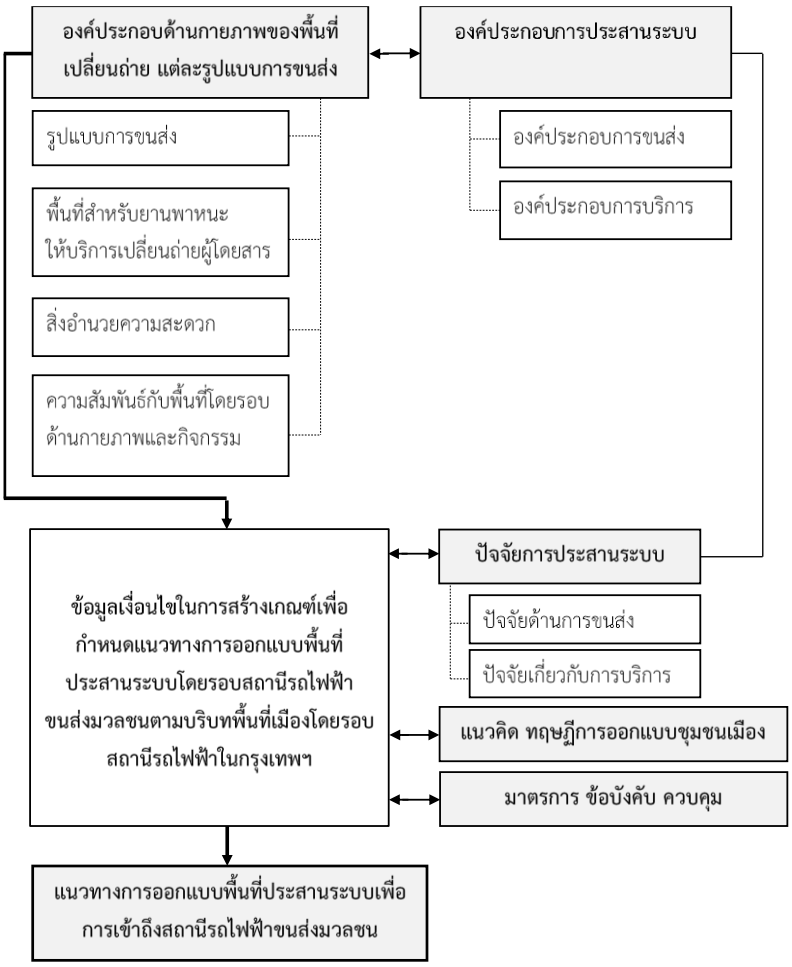
ในการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับระบบขนส่ง พบว่าการให้บริการขนส่งเพื่อการเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่อยู่อาศัยกับสถานีรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นทั้งกลุ่มผู้ให้บริการและผู้รับบริการ โดยเฉพาะกลุ่มผู้ให้บริการขนส่งด้วยรูปแบบการขนส่งสาธารณะขนาดเล็ก ที่มีศักยภาพด้วยรูปแบบของยานพาหนะในการเคลื่อนที่ผ่านเส้นทางการสัญจร ภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดการให้บริการขนส่งสาธารณะด้านกายภาพและการบริหารจัดการ ทำให้การเข้าถึงสถานีด้วยรูปแบบการขนส่งขนาดเล็กมีศักยภาพสูงในการเคลื่อนที่ผ่านรูปแบบทางกายภาพของเนื้อเมืองโดยรอบที่ตั้งสถานีรถไฟฟ้า และนอกจากการเกิดรูปแบบการให้บริการขนส่งสาธารณะขนาดเล็กที่มีลักษณะเฉพาะในการให้บริการแล้ว พบว่าพฤติกรรมการใช้จุดเปลี่ยนถ่ายการสัญจรเพื่อเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งยังทำหน้าที่เชื่อมต่อกิจกรรมสาธารณะกับพื้นที่การให้บริการขนส่ง ซึ่งจะเป็นศักยภาพในการเกิดเป็นพื้นที่กิจกรรมทางสังคมของย่านได้

ต่อมาการทบทวนวรรณกรรมด้านการออกแบบชุมชนเมือง ภายใต้แนวคิดการออกแบบพื้นที่ที่มีความสัมพันธ์เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่เปลี่ยนถ่ายการขนส่งกับบริบทพื้นที่เมือง พบว่ามีแนวทางการออกแบบพื้นที่เพื่อประสานการใช้พื้นที่ของระบบขนส่งสาธารณะและกิจกรรมทางสังคมภายใต้เงื่อนไขต่างๆ แต่การเลือกใช้รูปแบบใดๆในการนำมาสร้างเกณฑ์การออกแบบยังต้องพิจารณาถึงลักษณะเฉพาะของพื้นที่ตั้งในแต่ละประเภทที่มีความแตกต่างกัน ครอบคลุมทั้งการพิจารณาด้านกายภาพ ด้านการบริหารจัดการและด้านกิจกรรมทางสังคมที่มีความเชื่อมโยงกับการเชื่อมต่อการขนส่งเพื่อเข้าถึงสถานีรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน

ในส่วนขององค์ประกอบทางกายภาพของเมืองในพื้นที่โดยรอบที่ตั้งสถานีรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนมีความแตกต่างกันไปในแต่ละบริบทพื้นที่ ดังนั้นการศึกษาจึงต้องศึกษาถึงรูปแบบการเชื่อมต่อพื้นที่ทางกายภาพโดยรอบกับสถานี และศึกษาถึงรูปแบบการใช้พื้นที่กิจกรรมทางสังคมที่ส่งผลต่อการใช้พื้นที่เชื่อมต่อการขนส่งสาธารณะขนาดเล็กกับการขนส่งทางราง แล้วจึงใช้ข้อมูลเงื่อนไขต่างๆที่เกี่ยวข้องกับระบบการขนส่งสาธารณะถ่ายทอดออกมาเป็นลักษณะทางกายภาพเพื่อวิเคราะห์ข้อมูล และนำไปสู่ขั้นตอนในการเสนอแนะแนวทางการออกแบบเพื่อประสานระบบการเข้าถึงพื้นที่สถานีรถไฟฟ้า ให้เหมาะสมกับลักษณะบริบทของพื้นที่โดยรอบที่ตั้งสถานีรถไฟฟ้าในกรุงเทพฯในลำดับต่อไป

3.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องและสามารถสรุปออกมาเป็นประเด็นที่สำคัญ เกี่ยวข้องกับเนื้อหางานวิจัย เพื่อนำไปใช้ในการสร้างระเบียบขั้นตอนวิธีวิจัย ยังสามารถสรุปเป็นกรอบแนวความคิดเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ลำดับข้อมูลและเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดดังนี้



แผนภาพแสดง กรอบแนวคิดในการวิจัย

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 การกำหนดรูปแบบการวิจัย

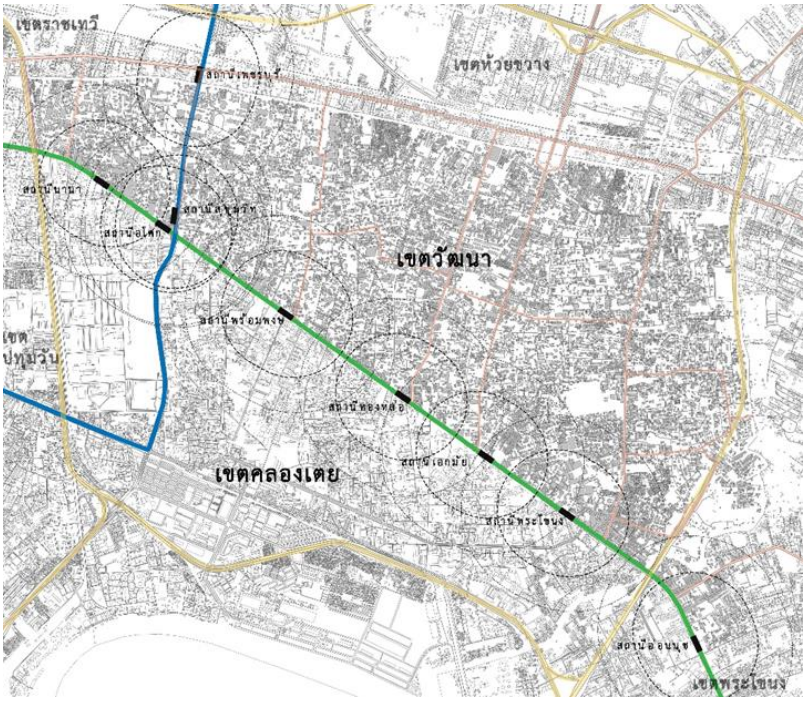
งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ (qualitative research) ศึกษาแนวทางการออกแบบเพื่อประสานระบบการเข้าถึงสถานีรถไฟฟ้า การเลือกพื้นที่ศึกษาเบื้องต้นจึงเลือกจากการเก็บรวบรวมข้อมูลทางสถิติที่เกี่ยวข้องกับการเลือกใช้รูปแบบขนส่งสาธารณะ ทั้งรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนและรูปแบบขนส่งสาธารณะอื่นๆ ในเขตเมือง และการลงพื้นที่เพื่อสำรวจลักษณะทางกายภาพและพฤติกรรมในการใช้รูปแบบขนส่งสาธารณะอื่นๆ เพื่อเชื่อมต่อระหว่างที่อยู่อาศัยกับสถานีรถไฟฟ้า นอกจากการเก็บข้อมูลสถิติเกี่ยวกับการใช้ขนส่งสาธารณะแล้วงานวิจัยนี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานองค์ความรู้ด้านการออกแบบชุมชนเมือง จึงพิจารณาและวิเคราะห์รูปแบบการขยายตัวของเนื้อเมืองในกรุงเทพฯ ที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื้อเมืองในบริเวณโดยรอบที่ตั้งสถานีรถไฟฟ้าเป็นพื้นที่อยู่อาศัยหนาแน่นผสมผสานกับลักษณะการใช้ที่ดินประเภทอื่นๆ ร่วมด้วย เพื่อพิจารณาความหลากหลายของกลุ่มผู้ใช้ และความหลากหลายของรูปแบบพื้นที่เปลี่ยนถ่ายการขนส่งในระดับย่าน โดยจากการพิจารณาเบื้องต้นพบพื้นที่ที่มีศักยภาพ ได้แก่ (1) เขตจตุตักร (2) เขตวัฒนา และ (3) เขตคลองเตย และจากการทบทวนวรรณกรรมสามารถสรุปเกณฑ์ในการคัดเลือกพื้นที่ศึกษา ดังนี้

- รูปแบบของระบบการให้บริการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน ครอบคลุมลักษณะการให้บริการทั้งโครงการรถไฟฟ้า BTS และรถไฟฟ้าใต้ดิน MRT ซึ่งมีความแตกต่างของรูปแบบสถานี การเชื่อมต่อของสถานีและบริบทโดยรอบพื้นที่ตั้งสถานี
- ความหลากหลายของรูปแบบการให้บริการขนส่งสาธารณะอื่นๆ ที่มีให้บริการโดยรอบที่ตั้งสถานีรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนโดยเน้นเฉพาะกลุ่มรูปแบบที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างแหล่งพื้นที่อยู่อาศัยในบริเวณโดยรอบสถานีเชื่อมต่อกับสถานีรถไฟฟ้า ให้บริการกับผู้ใช้บริการรถไฟฟ้า
- รูปแบบความสัมพันธ์ของโครงข่ายถนนในพื้นที่ศึกษาเบื้องต้นที่เชื่อมต่อในบริเวณแหล่งพื้นที่อยู่อาศัยกับบริเวณโดยรอบสถานีรถไฟฟ้า มีลักษณะโครงข่ายถนนที่แสดงให้เห็นรูปแบบทางกายภาพของพื้นที่โดยรอบสถานีรถไฟฟ้าได้ มีความหลากหลายของลำดับศักดิ์ถนนเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์และพิจารณาต่อไป
- มีความหลากหลายของกิจกรรมที่เกิดขึ้นบริเวณโดยรอบพื้นที่เปลี่ยนถ่ายรูปแบบการขนส่งหรือกิจกรรมที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่เปลี่ยนถ่ายการขนส่งแต่ละรูปแบบ
- มีความหลากหลายของการใช้ประโยชน์อาคารในบริเวณโดยรอบที่ตั้งสถานีรถไฟฟ้า ความหลากหลายของรูปแบบความสัมพันธ์การเชื่อมต่อระหว่างสถานีรถไฟฟ้า พื้นที่เปลี่ยนถ่ายการขนส่งกับอาคารโดยรอบที่ตั้งสถานีรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน

จากการประเมินเบื้องต้นพบว่า เขตวัฒนาเป็นเขตพื้นที่ที่มีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินหลักเป็นประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นมากและมีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพาณิชยกรรมร่วมด้วย โดยเขตวัฒนายังเป็นเขตที่มีการให้บริการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนที่ครอบคลุมทั้งโครงการรถไฟฟ้า BST และรถไฟฟ้าใต้ดิน MRT และยังมีลักษณะรูปแบบของสถานีที่หลากหลาย ทั้งประเภทสถานีเดี่ยวโดยแยกออกเป็นสถานีรถไฟฟ้า BTS และสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน MRT และสถานีร่วมที่เชื่อมต่อระหว่างรถไฟฟ้า BTS และรถไฟฟ้าใต้ดิน MRT โดยแต่ละสถานียังมีความหลากหลายของลักษณะการใช้ประโยชน์อาคารโดยรอบสถานีที่หลากหลายทั้งอาคารสำนักงาน ห้างสรรพสินค้า คอนโดมิเนียมขนาดเล็กและขนาดใหญ่มีการเชื่อมต่อสถานีเข้ากับอาคารโดยรอบที่ตั้งและยังมีกิจกรรมที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่เปลี่ยนถ่ายการขนส่งที่หลากหลาย ดังนั้นจึงครอบคลุมการเก็บข้อมูลตามความหลากหลายของรูปแบบสถานีได้ นอกจากนั้นยังพบว่าเขตวัฒนามีรูปแบบการขนส่งสาธารณะอื่นๆที่มีหลากหลายแตกต่างกันตามแต่ละสถานีรถไฟฟ้าให้บริการเชื่อมต่อระหว่างแหล่งพื้นที่อยู่อาศัยในเขตวัฒนาในปัจจุบัน

4.2 พื้นที่ศึกษาและพื้นที่สำรวจ

โดยพื้นที่ศึกษาเบื้องต้นเขตวัฒนามีสถานีให้บริการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนทั้งหมด 9 สถานี โดยประกอบไปด้วยโครงการระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร (รถไฟฟ้า BTS) และโครงการรถไฟฟ้ามหานคร (รถไฟฟ้าใต้ดิน MRT) โดยมีสถานีรถไฟฟ้า BTS จำนวน 7 สถานีได้แก่ สถานีนานา สถานีอโศก สถานีพร้อมพงษ์ สถานีทองหล่อ สถานีเอกมัย สถานีพระโขนง สถานีอ่อนนุชและสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน MRT จำนวน 2 สถานีได้แก่ สถานีสุขุมวิทและสถานีเพชรบุรี และมีสถานีที่เชื่อมต่อกันระหว่างการให้บริการรถไฟฟ้า BTS และรถไฟฟ้าใต้ดิน MRT คือสถานีรถไฟฟ้าอโศกกับสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสุขุมวิท โดยสถานีรถไฟฟ้าทั้ง 9 สถานีมีรัศมีการให้บริการในระยะ 400-800 เมตร ซึ่งครอบคลุมพื้นที่เขตวัฒนา เขตคลองเตย เขตพระโขนง เขตห้วยขวาง เขตราชเทวี และเขตปทุมวัน



ภาพที่ 1 แสดงรัศมี 400-800 เมตรในการส่งเสริมการเข้าถึงขนส่งมวลชนด้วยการเดินเท้าเป็นหลัก ภายใต้แนวคิดการพัฒนาพื้นที่โดยรอบสถานีขนส่งมวลชน (Transit Oriented Development: TOD) ที่มา: ผู้วิจัย

4.3 การสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูล

การสำรวจและเก็บข้อมูลกำหนดลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลในวันระหว่างสัปดาห์วันอังคารถึงวันพฤหัสบดี ยกเว้นวันจันทร์และวันศุกร์เนื่องจากเป็นวันต้นและท้ายสัปดาห์ อาจมีปัจจัยอื่นๆที่ส่งผลต่อการใช้รูปแบบการขนส่งสาธารณะ และแบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็น 3 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงที่ 1 เวลา 07.00 น. ถึง 09.30 น. (ช่วงเวลาเดินทางไปทำงาน) ช่วงที่ 2 เวลา 11.30 น. ถึง 13.30 น. (ช่วงเวลาพักกลางวัน) และช่วงที่ 3 เวลา 17.00 น. ถึง 19.30 น. (ช่วงเวลาเดินทางหลังเลิกงาน)

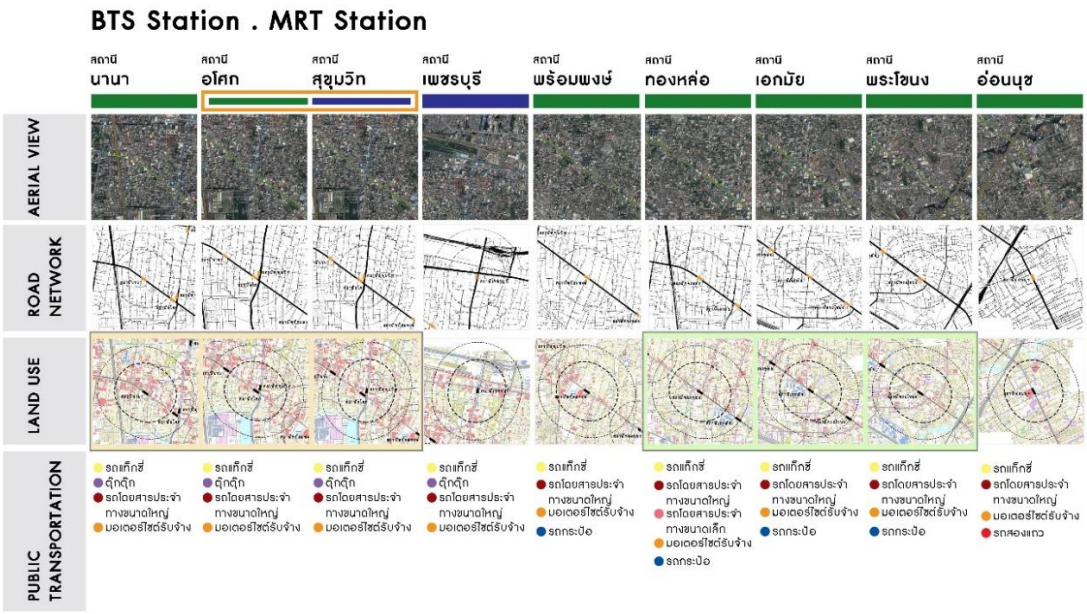
จากการทบทวนวรรณกรรมและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปประเด็นการเก็บข้อมูลและเครื่องมือในการเก็บข้อมูลอย่างละเอียดในพื้นที่ศึกษา ได้ดังนี้

ประเด็นการเก็บข้อมูล	เครื่องมือในการเก็บข้อมูล
รูปแบบการขนส่งสาธารณะ	- ภาพถ่ายในพื้นที่จริง - ตารางแสดงข้อมูลการวิเคราะห์
ลักษณะการใช้พื้นที่เปลี่ยนถ่ายรูปแบบการขนส่ง	- ภาพถ่ายในพื้นที่จริง
สิ่งอำนวยความสะดวกบริเวณพื้นที่เชื่อมต่อและพื้นที่เปลี่ยนถ่ายรูปแบบการขนส่ง	- บันทึกข้อมูลในรูปแบบแผนที่
ลักษณะความสัมพันธ์การเชื่อมต่อกับอาคารและพื้นที่โดยรอบที่ตั้งสถานีรถไฟฟ้าและพื้นที่เปลี่ยนถ่ายรูปแบบการขนส่ง	- บันทึกข้อมูลในรูปแบบแผนที่ - ตารางแสดงข้อมูลการวิเคราะห์

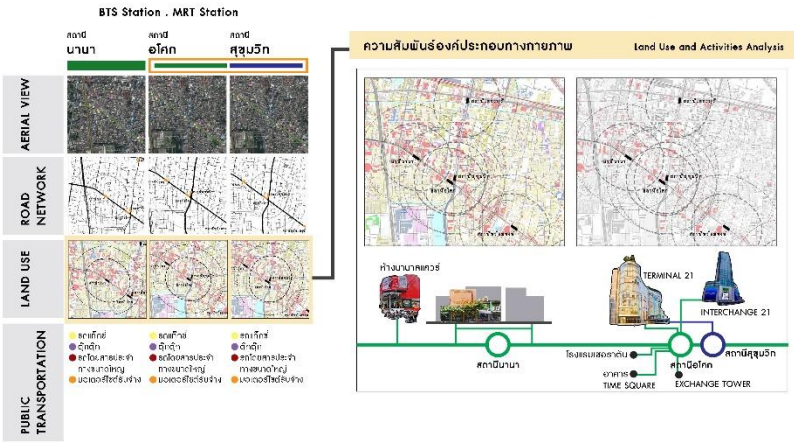
จากตารางแสดงวิธีการเก็บข้อมูลอย่างละเอียดในพื้นที่ศึกษาประกอบไปด้วยเครื่องการเก็บข้อมูล 3 ประเภท ได้แก่ (1) ภาพถ่ายสำหรับการเก็บข้อมูลรูปแบบการขนส่งสาธารณะที่มีการใช้งานจริงในพื้นที่ปัจจุบัน เพื่อบันทึกลักษณะรูปแบบของยานพาหนะใช้เพื่อขนส่งผู้โดยสารและใช้สำหรับวิเคราะห์การใช้พื้นที่ทางกายภาพของแต่ละรูปแบบการขนส่ง (2) การบันทึกข้อมูลและแสดงผลออกมาในรูปแบบข้อมูลแผนที่ สำหรับการบันทึกข้อมูลเส้นทางการสัญจรเพื่อเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่สถานีรถไฟฟ้ากับบริเวณพื้นที่ใช้สำหรับเปลี่ยนถ่ายรูปแบบการขนส่งสาธารณะโดยรอบ และใช้บันทึกข้อมูลตำแหน่งพื้นที่เปลี่ยนถ่ายของแต่ละรูปแบบการขนส่งสาธารณะในบริเวณโดยรอบที่ตั้งสถานีรถไฟฟ้า (3) ตารางแสดงข้อมูลการวิเคราะห์ ใช้สำหรับการบันทึกรวบรวมข้อมูลและแสดงผลอย่างละเอียด

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

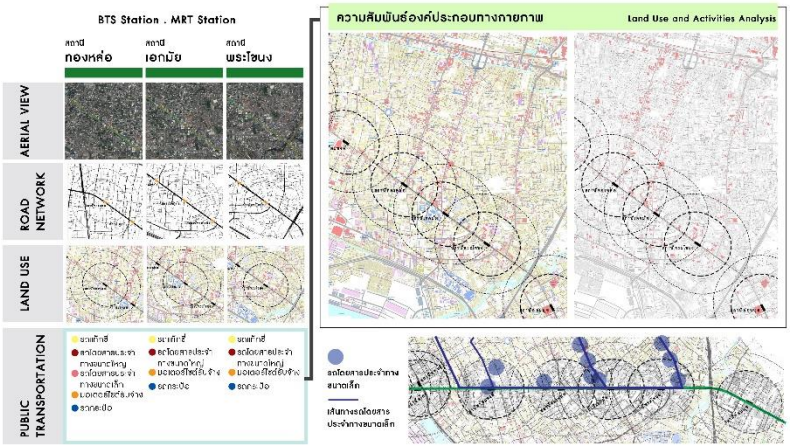
จากการทบทวนวรรณกรรม แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง การลงพื้นที่เพื่อสำรวจและเก็บข้อมูลอย่างละเอียดตามเกณฑ์ในการพิจารณาวิเคราะห์อย่างครบถ้วนทั้ง 9 สถานีให้บริการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนทั้งรถไฟฟ้า BTS และรถไฟฟ้าใต้ดิน MRT สามารถนำข้อมูลเชิงกายภาพมาวิเคราะห์และพิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของการให้บริการขนส่งสาธารณะและองค์ประกอบของการใช้พื้นที่เปลี่ยนถ่ายรูปแบบการขนส่งสาธารณะอื่นๆ ซึ่งในแต่ละสถานีรถไฟฟ้านั้นพบรูปแบบการเชื่อมต่อจากสถานีข้าสู่บริเวณอาคารโดยรอบแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับลักษณะของการใช้ประโยชน์อาคาร โดยส่วนใหญ่มักมีการเชื่อมต่อกับอาคารโดยรอบบริเวณชั้นสองของสถานีผ่านทางเดินเชื่อมระหว่างสถานีเข้าสู่ภายในอาคารโดยตรง โดยเฉพาะกับอาคารที่มีการใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชหรือสำนักงาน เช่น อาคารศูนย์การค้า สำนักงานขนาดใหญ่ และโรงแรมขนาดใหญ่เพื่อเชื่อมต่อทางเดินไปยังพื้นที่เปลี่ยนถ่ายขนส่งสาธารณะรูปแบบอื่นในบริเวณชั้นล่างต่อไป แต่อย่างไรก็ตามยังพบว่า นอกจากรูปแบบการใช้ประโยชน์อาคารจะมีผลต่อรูปแบบการเชื่อมต่อระหว่างสถานีกับพื้นที่เปลี่ยนถ่ายรูปแบบการขนส่งแล้ว กลุ่มสถานีที่มีรัศมีการเดินเท้าเข้าถึงสถานีรถไฟฟ้าในระยะ 400-800 เมตร (ภายใต้แนวคิดการพัฒนาพื้นที่โดยรอบสถานีขนส่งมวลชน (Transit Oriented Development: TOD)) ทับซ้อนกัน มักเกิดรูปแบบการขนส่งสาธารณะขนาดเล็กที่มีความหลากหลายน้อยกว่าสถานีอื่นๆ แต่เป็นรูปแบบการขนส่งสาธารณะขนาดเล็กที่มีขอบเขตการให้บริการในระยะไกล (ภาพที่ 3 และภาพที่ 4) นอกจากนั้นยังพบรูปแบบของสถานีที่มีการให้บริการขนส่งสาธารณะขนาดเล็กที่แตกต่างจากสถานีอื่นในเขตพื้นที่ศึกษาเนื่องมาจากลักษณะการขยายตัวของพื้นที่เมืองที่แตกต่างจากสถานอื่นในเขตพื้นที่ศึกษาเดียวกัน ซึ่งจะสามารถนำมาเป็นองค์ประกอบอื่นๆ ในการสรุปการวิเคราะห์ร่วมได้



ภาพที่ 2 แสดงรายละเอียดการเก็บข้อมูลด้านกายภาพของพื้นที่โดยรอบที่ตั้งสถานีรถไฟฟ้า และรูปแบบของการให้บริการขนส่งสาธารณะขนาดเล็กรูปแบบอื่นๆ ที่เกิดขึ้นบริเวณโดยรอบที่ตั้งสถานีรถไฟฟ้าเพื่อเน้นให้บริการขนส่งเชื่อมต่อระหว่างแหล่งที่อยู่อาศัย พื้นที่ย่านกับสถานีรถไฟฟ้า ที่มา: ผู้วิจัย



ภาพที่ 3 แสดงการวิเคราะห์การเชื่อมต่อระหว่างอาคารโดยรอบที่ตั้งสถานี เชื่อมต่อบริเวณชั้น 2 ของสถานีเข้าสู่ภายในอาคาร เพื่อพิจารณากลุ่มอาคารและการใช้ประโยชน์อาคารโดยรอบสถานี ที่มา: ผู้วิจัย



ภาพที่ 4 แสดงการวิเคราะห์ลักษณะพื้นที่โดยรอบสถานีรถไฟฟ้าที่มีพื้นที่รัศมีการเดินเท้าเข้าถึงสถานีในระยะ 400-800 เมตร ตามแนวคิดการพัฒนาพื้นที่โดยรอบสถานีขนส่งมวลชน (TOD) ที่มา: ผู้วิจัย

5. ผลการวิจัย

จากการศึกษาพื้นที่ศึกษาตัวอย่างทั้ง 9 สถานีรถไฟฟ้าในเขตวัฒนา พบว่า ในแต่ละตำแหน่งที่ตั้งสถานีรถไฟฟ้าประกอบไปด้วยองค์ประกอบของการประสานระบบที่มีลักษณะและรูปแบบเหมือนหรือแตกต่างในแต่ละสถานี สามารถสรุปกลุ่มรูปแบบการใช้พื้นที่ทางกายภาพของพื้นที่เปลี่ยนถ่ายโดยรอบที่ตั้งสถานีรถไฟฟ้าได้ดังนี้ (1) กลุ่มสถานีที่มีลักษณะการใช้ประโยชน์อาคารและกิจกรรมโดยรอบเป็นประเภทพาณิชยกรรม พบว่าพื้นที่ส่วนสิ่งอำนวยความสะดวกจะมีการใช้พื้นที่ร่วมกันระหว่างอาคารโดยรอบและพื้นที่เปลี่ยนถ่ายรูปแบบการขนส่งสาธารณะขนาดเล็ก และมีลักษณะการใช้เส้นทางการสัญจรทั้งภายในและภายนอกอาคารที่มีการใช้ประโยชน์แบบพาณิชยกรรมเป็นเส้นทางเชื่อมต่อระหว่างสถานีรถไฟฟ้ากับพื้นที่เปลี่ยนถ่าย (2) กลุ่มสถานีที่มีรัศมี 400 เมตรจากศูนย์กลางสถานีซ้อนทับกัน พบว่าในแต่ละตำแหน่งที่ตั้งสถานีจะมีความหลากหลายของรูปแบบการขนส่งสาธารณะน้อยกว่าสถานีอื่นและมีการกระจายตัวของตำแหน่งให้บริการเปลี่ยนถ่ายรูปแบบการขนส่งสาธารณะขนาดเล็ก (3) กลุ่มสถานีที่มีทางเดินลอยฟ้าเชื่อมต่อจากสถานีเข้าสู่อาคารโดยรอบที่ตั้งสถานี พบว่าตำแหน่งพื้นที่เปลี่ยนถ่ายของรูปแบบการขนส่งขนาดเล็กจะตั้งอยู่ไกลกับตัวสถานีแต่ใกล้กับทางสัญจรเข้าออกอาคารที่มีการเชื่อมต่อ

6. อภิปรายผล

ข้อสรุปการใช้พื้นที่ทางกายภาพของพื้นที่เปลี่ยนถ่ายที่ได้จากการวิเคราะห์จะนำไปสู่การนำเสนอแนวทางการออกแบบเพื่อประสานระบบการเข้าถึงสถานีรถไฟฟ้าด้วยรูปแบบการขนส่งสาธารณะขนาดเล็กที่สามารถนำมาปรับใช้กับพื้นที่โดยรอบสถานีรถไฟฟ้าที่มีการให้บริการของรูปแบบการขนส่งสาธารณะขนาดเล็กเชื่อมต่อกับแหล่งพื้นที่อยู่อาศัยโดยรอบในพื้นที่อื่นๆ ต่อไป

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

ผลการวิจัยสามารถนำไปเป็นกรอบในการกำหนดแนวทางการออกแบบ ในพื้นที่บริเวณโดยรอบสถานีรถไฟฟ้าสถานีอื่นๆที่มีรูปแบบลักษณะการขยายตัวของเนื้อเมืองโดบรอบสถานีรถไฟฟ้าในเขตเมืองต่อไป

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการเก็บข้อมูลการวิเคราะห์ในเขตพื้นที่ศึกษาเดียว หากมีผู้ที่สนใจศึกษากรณีศึกษาเดียวกันนี้แนะนำให้เก็บข้อมูลในเขตพื้นที่ที่มีลักษณะของพื้นที่เมืองโดยรอบแตกต่างหรือมีรูปแบบเฉพาะต่างกันเพื่อสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์เพิ่มเติมได้

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความสนับสนุนจากผศ.ดร. จิตติศักดิ์ ธรรมาภรณ์พิลาศ และอาจารย์ในภาควิชาการวางแผนภาคและเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

9. เอกสารอ้างอิง

ณัฐพล เทียวพานิช. (2553). *การศึกษาแนวทางการเพิ่มศักยภาพการเดินทางเข้าสู่สถานีรถไฟฟ้าในย่านชานเมืองบริเวณสถานีอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร*.

นพนันท์ ตาปนานนท์ และคณะ. (2553). *โครงการจัดทำมาตรฐานด้านผังเมืองของกรุงเทพมหานคร: รายงานฉบับสมบูรณ์,* จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์.

Duangporn P., Vilas N. (2012). Evaluating Accessibility to Bangkok Metro System using Multi-dimensional Criteria Across User Groups, *IATSS Research*, pp. 56-65.

Tangphaisankun A., Okamura T.,Nakamura F. and Wang R. (2010). *A Study in Integrating Paratransit as a Feeder System into Urban Transportation and Its Effects on Mode Choice Behavior*, pp. 5-9.

Wibowo S., Saksith Chalermpong., (2010). Characteristics of Mode /choice within Mass Transit Catchments Area, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 8*, pp. 1261-1273.

การพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

A DEVELOPMENT OF AN APPLICATION TO PRESENT LOTUS SPECIES OF RMUTT

วัศวัฒน์ ปราณีตพลกรัง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

E-mail: watsawat69@gmail.com

อริชญา ช่างกำเหนิด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

E-mail: primpraew.ac@gmail.com

บทคัดย่อ

โครงงานฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2) ประเมินคุณภาพภาพของแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และ 3) ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้แอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แบบประเมินคุณภาพการทำงานของแอปพลิเคชัน และ 2) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน จำนวน 30 คน

ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการประเมินด้านเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา มีความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.13 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.06 2) ผลการประเมินด้านแอปพลิเคชันจากผู้เชี่ยวชาญด้านแอปพลเคชันมีความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโน โลยีราชมงคลธัญบุรี โดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .45 และ 3) ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน มีความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.05 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.68

คำสำคัญ: แอปพลิเคชัน, เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม, พันธุ์บัว

ABSTRACT

This project aimed to: 1) develop an application to present lotus species in Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 2) evaluate the quality of the applications for presenting lotus species in Rajamangala University of Technology Thanyaburi, and 3) assess the satisfaction of the application users to present lotus species at Rajamangala University of Technology Thanyaburi. The research instruments were: 1) the application quality assessment and 2) the satisfaction assessment of 30 applications.

The results of the research were as follows: 1) the evaluation of the content by the content experts were atisfied with the application to present lotus species at Rajamangala University of Technology Thanyaburi at a high level with the mean score of 4.13 and the standard deviation of 0.06. 2) application assessment results from application experts was satisfied with the application to present lotus species at Rajamangala University of Technology Thanyaburi at a high level with the mean score of 4.33 and standard deviation of .45, and 3) the results of the satisfaction assessment of the sample of 30 people were satisfied with the application for presentation of lotus species in Rajamangala University of Technology Thanyaburi at a high level with the mean of 4.05 and a standard deviation of 0.68.

Keywords: Application, Augmented Reality, Lotus species

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้นมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและทันสมัยอยู่ตลอดเวลา จากการพัฒนาอย่างรวดเร็วและทันสมัยนี้ทำให้สามารถค้นคว้าหาความรู้ได้อย่างรวดเร็วทุกที่ทุกเวลา และยังทำให้ผู้ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศสามารถสร้างสรรค์ผลงานของตัวเองและแบ่งปันแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่นได้ โดยสามารถส่งผ่านทางอุปกรณ์สื่อสารประเภทเคลื่อนที่ เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือแท็บเล็ต เป็นต้น ซึ่งสามารถนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้เป็นสื่อสำหรับนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับบัว บัวถือว่าเป็นพรรณไม้น้ำที่มีความผูกพันกับชาวไทยมายาวนาน

“ บัว ” พรรณไม้น้ำที่พบเห็นได้โดยทั่วไปในประเทศไทย ซึ่งบัวมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตของ คนไทยมาช้านาน ชาวไทยผูกพันกับบัวมากและสามารถนำบัวไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้อย่างมากมาย ซึ่งในประเทศไทยมีเกษตรกรที่เพราะปลูกบัวในเชิงพาณิชย์มากมายในทุกภูมิภาค จึงทำให้มีผลผลิตออกสู่ท้องตลาดอย่างต่อเนื่อง ด้วยเป็นพืชที่เพาะปลูกและดูแลรักษาง่าย อีกทั้งมีแนวโน้มที่บัวจะเป็นพืชที่มีศักยภาพในการพัฒนาเศรษฐกิจได้ในอนาคต (จิรวัฒน์ เพชรรัตน์, 2557)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้จัดตั้งพิพิธภัณฑ์บัวขึ้นในปี พ.ศ. 2543 เป็นโครงการตามแนวพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี และได้เข้าร่วมโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ ในปี พ.ศ. 2546 เพื่อดำเนินการสำรวจเก็บรวบรวมพันธุ์บัว ปลูกรักษา ศึกษาการใช้ประโยชน์ และสร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์พันธุ์บัว โดยเริ่มดำเนินการรวบรวมพันธ์บัวเพียง 40 สายพันธุ์ ปัจจุบันมีพันธุ์บัวมากกว่า 100 สายพันธุ์ มีทั้งบัวหลวง บัวผัน บัวสาย บัวฝรั่ง บัววิกตอเรีย และบัวพันธุ์ไทยหายากในพื้นที่ 18 ไร่

จากการสำรวจทางพิพิธภัณฑ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พบว่ายังไม่มีสื่อที่น่าสนใจในการให้ข้อมูล ความรู้เกี่ยวกับพันธุ์บัวที่เก็บรวบรวมไว้ ทำให้นักศึกษาและบุคคลภายนนอกที่ต้องการศึกษาข้อมูลไม่สามารถหาข้อมูลเกี่ยวกับบัวได้ และทางพิพิธภัณฑ์บัวไม่มีสื่อหรือเทคโนโลยีที่น่าสนใจในหารเสนอข้อมูลสายพันธุ์บัว

เทคโนโลยีเสมือนจริง (Augmented Reality: AR) เป็นเทคโนโลยีที่พยายามรวมเอาโลกเสมือนจริงและโลกแห่งความเป็นจริงเข้าด้วยกัน เพื่อให้คนที่ไม่มีโอกาสได้เห็นของจริงได้มีโอกาสเห็น โดยอาจจะใช้ของจริงทั้งหมดหรือการผสมผสานกันระหว่างของจริงและวัตถุเสมือนจริง และในปัจจุบันเทคโนโลยีเสมือนจริงมี

การพัฒนาอย่างต่อเนื่องสามารถประยุกต์ใช้กับงานด้านต่าง ๆ เช่น ด้านวิศวกรรม ด้านวิทยาศาสตร์การแพทย์ และด้านการฝึกอบรม (Azuma, 1997) เพื่อแก้ไขข้อจำกัดของเทคโนโลยีเสมือนจริง Azuma (1997) ได้ให้คำจำกัดความของเทคโนโลยีเสมือนจริงไว้ 3 คุณลักษณะ ได้แก่ 1) การผสมผสานกันระหว่างของจริงและเสมือนจริง 2) การปฏิสัมพันธ์กันในเวลาจริง และ 3) เทคโนโลยี 3D

ดังนั้น ผู้จัดทำจึงเล็งประโยชน์ในการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยนำเสนอในรูปแบบของความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality Technology - AR) มาช่วยในการเผยแพร่เพื่อเพิ่มความเข้าใจ เพิ่มความสามารถเรียนรู้ได้อย่างมีคุณภาพ เพื่อสร้างความสมจริงและช่วยดึงดูดความสนใจของนักศึกษา และผู้ใช้แอปพลิเคชันให้มาสนใจพันธุ์บัวและได้สร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์พันธุ์บัวให้อยู่คู่กับประเทศไทยต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) พัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (Lotus of RMUTT)

(2) ประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (Lotus of of RMUTT)

(3) ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (Lotus of RMUTT)

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1.1 พันธุ์บัวในพิพิธภัณฑ์บัวมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เป็นโครงการตามแนวพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี และได้เข้าร่วมโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ ในปี พ.ศ. 2546 เพื่อดำเนินการสำรวจเก็บรวบรวมพันธุ์บัว ปลูกรักษา ศึกษาการใช้ประโยชน์

3.1.2 หลักการเกี่ยวกับการพัฒนาแอปพลิเคชัน

3.1.2.1 วงจรพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) มาใช้เพื่อเป็นหลักในการเริ่มต้นดำเนินการสร้างและพัฒนาแอปพลิเคชันจนถึงขั้นตอนการพัฒนาแก้ไขให้มีประสิทธิภาพ และสามารถพัฒนาหรือแก้ไขตามความต้องการของผู้ใช้งานแอปพลิเคชันได้

3.1.2.2 แนวคิดในการทำงานแบบอไจล์ (Agile Methodology) มาใช้เพื่อการวางแผนการทำงานในระยะสั้นทำให้ง่ายต่อการทำงานเป็นทีม ช่วยให้การทำงานมีประสิทธิภาพและปัญหาน้อยที่สุด

3.1.3 เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) เทคโนโลยีเสมือนจริงนี้ มีหลักการทำงานโดยสามารถแบ่งประเภทตามส่วนวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) เป็น 2 ประเภท ได้แก่ การวิเคราะห์ภาพโดยอาศัย Marker เป็นหลักในการทำงาน (Marker based AR) และการวิเคราะห์ภาพโดยใช้ลักษณะต่างๆ ที่อยู่ในภาพมาวิเคราะห์ (Marker-less based AR) หลักการของเทคโนโลยีเสมือนจริง

3.1.4 ทฤษฎีและการออกแบบอินโฟกราฟิก เป็นการนำข้อมูลที่เข้าใจยากหรือข้อมูลที่เป็นตัวหนังสือจำนวนมากมานำเสนอในรูปแบบต่างๆ เราจึงนำทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบอินโฟกราฟิก มาใช้เป็น

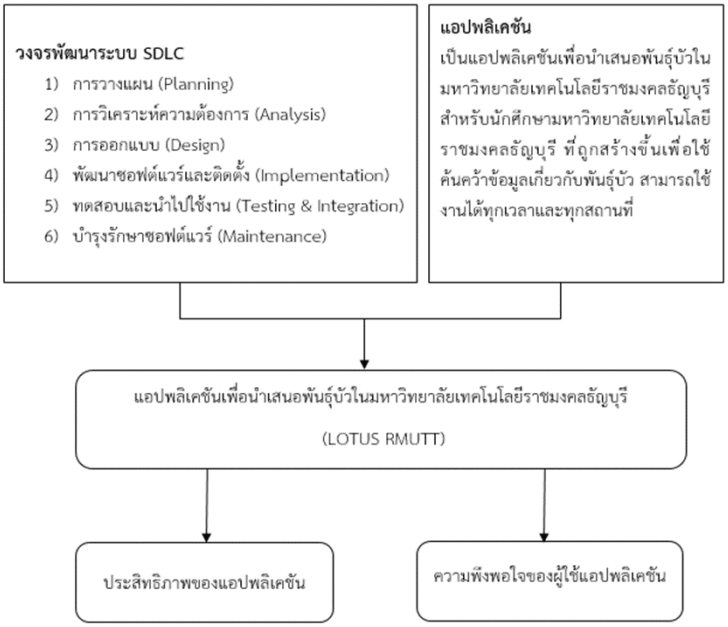
แนวทางในการออกแบบสื่อการเรียนการสอนในด้านเนื้อหาให้มีความน่าสนใจ ดึงดูดผู้เรียนให้สนใจเนื้อหามากขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอนในชั้นเรียน

3.1.5 ทฤษฎีและการออกแบบโมชันกราฟิกการนำกราฟิกต่างๆ มาขยับ และเคลื่อนไหวให้เกิดความน่าสนใจซึ่งจะช่วยสร้างความสนุกสนานให้กับงานกราฟิกที่เป็นภาพนิ่ง และบอกเล่าเรื่องราวข้อมูลต่างๆ ได้ดี มีชีวิตชีวายิ่งขึ้น ซึ่งส่งผลให้การสื่อสารเรื่องราวต่างๆ นั้น มีประสิทธิภาพดีมากยิ่งขึ้นกว่าเดิม

3.1.6 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน

3.1.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

3.3 เป้าหมายของโครงงาน

3.3.1 ด้านปริมาณ ได้แอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (Lotus of RMUTT) พร้อมคู่มือ 1 เล่ม

3.3.2 ด้านคุณภาพ ได้แอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (Lotus of RMUTT) ที่มีคุณภาพอยู่ในระดับดีและมีประสิทธิภาพ

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 แบบแผนการวิจัย

4.1.1 ศึกษาความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาในรายวิชาที่เกี่ยวข้อง และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการโครงงาน

4.2.1 กำหนดขั้นตอนการทำโครงงาน

1) กำหนดหัวข้อที่จะทำโครงงาน

2) กำหนดการสร้างแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (Lotus of RMUTT) ใช้การพัฒนาซอฟต์แวร์รูปแบบ SDLC

3) ศึกษาแนวคิด หลักการ การพัฒนาแบบประเมินความพึงพอใจ

4) กำหนดการสร้างเครื่องมือ (ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ)

5) กำหนดรูปแบบแบบประเมินความพึงพอใจ

6) สร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

7) นำแบบประเมินความพึงพอใจไปให้อาจารย์ดูเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการเก็บรวบรวมข้อมูล

8) ดำเนินการใช้แอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

9) นำแบบประเมินความพึงพอใจไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

10) นำผลคะแนนจากแบบประเมินมาวิเคราะห์

11) วิเคราะห์ประเมินโครงงานนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อหาคุณภาพโครงงาน

4.1.3 ทำเอกสารรายงานโครงงานเพื่อสรุปการจัดทำโครงงานเป็นขั้นสุดท้าย

4.2 ประชากรและตัวอย่าง

ประชากร

นักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ที่เรียนวิชาอัตลักษณ์แห่งราชมงคล ในสาขาเทคโนโลยีดิจทัลเพื่อการศึกษา และสาขาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา จำนวน 101 คน

กลุ่มตัวอย่าง

นักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ที่เรียนวิชาอัตลักษณ์แห่งราชมงคล ในสาขาเทคโนโลยีดิจทัลเพื่อการศึกษาและสาขาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา จำนวน 30 คน

4.3 เครื่องมือวิจัย

1. แบบประเมินคุณภาพการทำงานของแอปพลิเคชัน
2. แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน

4.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.4.1 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

นำแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (Lotus of RMUTT) ไปทดลองใช้กับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ที่เรียนวิชาอัตลักษณ์แห่งราชมงคล ในสาขาเทคโนโลยีดิจทัลเพื่อการศึกษา และสาขาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษาเพื่อหาความพึงพอใจ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้แอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (Lotus of RMUTT)

2) ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบความพึงพอใจต่อการใช้แอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (Lotus of RMUTT)

3) นำข้อมูลมาวิเคราะห์หาความพึงพอใจต่อการใช้แอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (Lotus of RMUTT)

4) สรุปผลและเขียนรายงาน

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

4.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) วิเคราะห์หาคุณภาพของแอปพลิเคชัน เพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (Lotus of RMUTT)

2) วิเคราะห์หาความพึงพอใจต่อการใช้แอปพลิเคชัน เพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (Lotus of RMUTT)

4.5.2 สถิติที่ใช้

1) สถิติที่ใช้หาค่าเฉลี่ย เพื่อวัดแนวโน้มของศูนย์กลางของผลการประเมิน

$$\overline{x} = \frac{\sum x}{n}$$

2) สถิติที่ใช้หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อวัดการกระจายของผลการประเมิน

$$S.D. = \sqrt{\frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (Lotus of RMUTT)

การพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยรูปแบบการนำเสนอด้วยภาพเคลื่อนไหว เสียงบรรยาย เสียงดนตรี โดยมีรายละเอียดชิ้นงานในการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 การติดตั้งแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ส่วนที่ 2 หนังสือพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

5.1.1 การติดตั้งแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ไฟล์ Lotusrmutt.apk

5.1.2 หนังสือพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีและการใช้งาน เปิดแอปพลิเคชันเข้าหน้าหลัก แสดงปุ่ม AR, Exit เมื่อกดปุ่ม AR และแสกนไปที่รูปบัวบนหนังสือพันธุ์บัวจะแสดงโมชันกราฟิกเกี่ยวบัวพันธุ์นั้นๆ

5.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (Lotus of RMUTT)

ตารางที่ 5.2 ผลการประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ด้านเนื้อหา

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	แปลผลระดับ
1. การนำเสนอเนื้อหา			
1.1 ความถูกต้องของเนื้อหา	4.00	.00	มาก
1.2 ความสมบูรณ์ของเนื้อหา	4.00	.00	มาก
1.3 ความทันสมัยของเนื้อหา	5.00	.00	มากที่สุด
1.4 ความเหมาะสมของปริมาณเนื้อหา	4.00	.00	มาก
2. การนำเสนอด้านภาษา			
2.1 ความถูกต้องของภาษาที่ใช้	4.00	.00	มาก
2.2 ความเหมาะสมของภาษา	4.00	.00	มาก
2.3 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	4.00	.00	มาก
3. การนำเสนอด้านรูปภาพและสี			
3.1 ความเหมาะของรูปภาพในสื่อ	4.67	.58	มากที่สุด
3.2 ความเหมาะสมของขนาดรูปภาพ	3.67	.58	มาก
3.3 ความถูกต้องของสีในรูปภาพที่สื่อ	4.00	.00	มาก
รวม	4.13	.06	มาก

จากตาราง 5.2 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน มีความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยรวมอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.13 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .06 เมื่อพิจารณารายข้อพบว่าข้อที่อยู่ในระดับมากที่สุดได้แก่ ความทันสมัยของเนื้อหา ความเหมาะของรูปภาพในสื่อ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5 และ 4.67 ส่วนเบี่ยงเยนมาตรฐานเท่ากับ .00 และ .58 และรองลงมา ได้แก่ ความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของปริมาณเนื้อหา ความถูกต้องของภาษาที่ใช้ ความเหมาะสมของภาษา ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร ความถูกต้องของสีในรูปภาพที่สื่อ ความเหมาะสมของขนาดรูปภาพ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ตารางที่ 5.3 ผลการประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ด้านแอปพลิเคชัน

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผลระดับ
1. การออกแบบแอปพลิเคชัน			
1.1 สีที่ใช้กับตัวอักษรมีความเหมาะสม	4.33	.47	มาก
1.2 ภาพพื้นหลังมีความสอดคล้องกับเนื้อหา	4.67	.47	มากที่สุด
1.3 ขนาดตัวอักษรเหมาะสม	4.00	.82	มาก
1.4 แอปพลิเคชันใช้งานง่าย	5.00	.00	มากที่สุด
1.5 การออกแบบกราฟิกมีความสวยงาม	4.00	.82	มาก
1.6 การออกแบบกราฟิกดึงดูดผู้ใช้	4.33	.47	มาก
2. การออกแบบหนังสือ			
2.1 สีที่ใช้มีความเหมาะสม	4.67	.47	มากที่สุด
2.2 อักษรมีความเหมาะสม	4.00	.00	มาก
2.3 การออกแบบมีความเหมาะสม	4.00	.00	มาก
2.4 การจัดวางองค์ประกอบเหมาะสม	4.33	.94	มาก
รวม	4.33	.45	มาก

จากตาราง 5.3 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญด้านแอปพลิเคชัน จำนวน 3 ท่าน มีความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยรวมอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .45 โดยเมื่อพิจารณารายข้อพบว่า ข้อที่อยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ แอปพลิเคชันใช้งานง่าย ภาพพื้นหลังมีความสอดคล้องกับเนื้อหา สีที่ใช้ มีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5, 4.67, และ 4.67 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .00, .47 และ .47 และรองลงมาได้แก่ สีที่ใช้กับตัวอักษรมีความเหมาะสม ขนาดตัวอักษรเหมาะสม การออกแบบกราฟิกมีความสวยงาม การออกแบบกราฟิกดึงดูดผู้ใช้ อักษรมีความเหมาะสม การออกแบบมีความเหมาะสม การจัดวางองค์ประกอบเหมาะสม มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33, 4, 4, 4.33, 4, 4 และ 4.33 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .47, .82, .82, .47, .00, .00 และ .94 ตามลำดับ

5.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (Lotus RMUTT)

ตารางที่ 5.4 ผลการศึกษาระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อการใช้งานแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผลระดับ
1. แอปพลิเคชันใช้งานง่าย	4.27	.63	มาก
2. แอปพลิเคชันมีความน่าสนใจ	3.97	.84	มาก
3. ความสวยงามในการออกแบบ Motion Graphic	4.27	.63	มาก
4. การจัดองค์ประกอบภาพมีความสวยงาม และน่าสนใจ	4.13	.67	มาก
5. การใช้เสียงบรรยาย/เสียงประกอบ/เสียงเอฟเฟค ชัดเจน เข้าใจง่าย น่าฟัง	3.80	.65	มาก
6. แอปพลิเคชันมีประโยชน์กับผู้ใช้	3.87	.72	มาก
7. ความพึงพอใจโดยรวมต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน	4.07	.63	มาก
รวม	4.05	.68	มาก

จากตาราง 5.4 พบว่า กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน มีความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยรวมอยู่ในระดับมากมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.05 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .68 โดยเมื่อพิจารณารายข้อพบว่า ข้อที่อยู่ในระดับมาก ได้แก่ แอปพลิเคชันใช้งานง่าย แอปพลิเคชันมีความน่าสนใจ ความสวยงามในการออกแบบ Motion Graphic การจัดองค์ประกอบภาพมีความสวยงาม และน่าสนใจ การใช้เสียงบรรยาย/เสียงประกอบ/เสียงเอฟเฟค ชัดเจน เข้าใจง่าย น่าฟัง แอปพลิเคชันมีประโยชน์กับผู้ใช้ ความพึงพอใจโดยรวมต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน โดยมีค่าเฉลี่ยตามลำดับ ดังนี้ 4.27, 3.97, 4.27, 4.13, 3.80, 3.87, และ 4.07 ส่วนเบี่ยงเยนมาตรฐานตามลำดับ ดังนี้ .63, .84, .63, .67, .65, .72, .63 และ .68

6. อภิปรายผล

จากผลศึกษาวิจัยการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี สามารถอภิปรายผลดังนี้

ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน มีความเห็นโดยรวม ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.13 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .06 อยู่ในระดับมาก อาจเนื่องมาจากได้รับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และการศึกษา โดยมีผู้เชี่ยวชาญให้ข้อมูลเกี่ยวกับพันธุ์บัวอย่างละเอียด และให้คำแนะนำในการนำเสนอข้อมูลพันธุ์บัว รวมทั้งการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเรื่องพันธุ์บัวในหนังสือบัว ที่ผู้เชียวชาญแนะนำ และศึกษาหาข้อมูลเพิ่มเติมในระบบอินเทอร์เน็ตเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ทันสมัย

ผลการประเมินคุณภาพด้านแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยผู้เชี่ยวชาญด้านแอปพลิเคชัน จำนวน 3 ท่าน มีความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .45 โดยเมื่อพิจารณารายข้อพบว่าข้อที่อยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ ความทันสมัยของเนื้อหา ความเหมาะของรูปภาพในสื่อ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .00 เนื่องจากผู้วิจัยได้นำทฤษฎี SDLC มาใช้เพื่อเป็นหลักในการเริ่มต้นดำเนินการสร้างและพัฒนาแอปพลิเคชันจนถึงขั้นตอนการพัฒนาแก้ไขให้มีประสิทธิภาพ และสามารถพัฒนาหรือแก้ไขตามความต้องการของผู้ใช้งานแอปพลิเคชันได้ และหลักการทำงานของ อไจล์ (Agile Methodology)มาใช้เพื่อการวางแผนการทำงานในระยะสั้นทำให้ง่ายต่อการทำงานเป็นทีมช่วยให้การทำงานมีประสิทธิภาพและปัญหาน้อยที่สุด

ผลการประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน ความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.05 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .68 กล่าวโดยสรุป โดยผลวิเคราะห์เป็นเช่นนี้เนื่องจากแอปพลิเคชันเพื่อนำเสนอพันธุ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีใช้งานง่ายสะดวกและไม่ซับซ้อน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของวีนา โชติช่วง ชิติพัทธ์ ปานเกษม และวิจิตรา สายแสง (2562) ทำงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชันสื่อเสริมการเรียนรู้ระบบสุริยะด้วยเทคโนโลยีเสมือน คุณภาพของแอพพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.53 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.25) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.33 - 4.67 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.58 - 1.15) โดยแอปพลิเคชัน ใช้งานง่ายเหมาะกับผู้ใช้งาน ออกแบบสีเหมาะสมกับเนื้อหา

ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.54 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.02) ผลพบว่า ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด คือ สีของตัวอักษร และพื้นหลัง (ค่าเฉลี่ย = 4.73 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.45) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นใช้งานง่าย สะดวกไม่ซับซ้อน และมีรูปแบบการนำเสนอที่น่าสนใจ รวมทั้งการออกแบบกราฟิกที่เหมาะสม และสอดคล้องกับเนื้อหาที่นำเสนอ

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

(1) แอปพลิเคชันรองรับแค่ระบบแอนดรอยด์เท่านั้น

(2) เพิ่มหูฟังทำให้การใช้งานชุดการเรียนรู้ มีประสิทธิภาพมากขึ้น

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

(1) เพิ่มรูปแบบการนำเสนอสื่อพันธุ์บัวที่มีความหลากหลาย เช่น โมเดล 3 มิติ วิดีโอวิวัฒนาการการเจริญเติบโตของบัว เป็นต้น

(2) เพิ่มแบบทดสอบหรือเกม เพื่อวัดความรู้ของผู้ใช้งานได้รับจากเรียนรู้จากแอปพลิเคชันนี้

8. กิตติกรรมประกาศ

โครงงานคอมพิวเตอร์ศึกษาฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล พรามณี อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานและ ดร.ศิริพร มิขำ อาจารย์ประจำรายวิชาการพัฒนาโครงงานทางคอมพิวเตอร์ศึกษาระดับปริญญาตรี ที่กรุณาช่วยสอน ตรวจสอบ และให้คำปรึกษาตลอดจนแก้ไขปรับปรุงการค้นคว้าโครงงาน ตั้งแต่เริ่มจนสำเร็จเรียบร้อย คณะผู้จัดทำโครงงานขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกรัฐ หล่อพิเชียร ประธานกรรมการสอบที่ให้เกียรติมาเป็นประธาน และเห็นชอบอนุมัติโครงงาน ขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ ให้แก่คณะผู้จัดทำ ตลอดจนการให้คำปรึกษาแนะนำ รวมถึงข้อคิดเห็นต่างๆ ที่มีประโยชน์ในการจัดทำโครงงาน ซึ่งคณะผู้จัดทำได้นำมาเป็นแนวทางในการจัดทำจนประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล ด้านเนื้อหา และด้านแอปพลิเคชันที่ได้เสียสละเวลาในการประเมินประสิทธิภาพของการจัดทำโครงงานในครั้งนี้ ตลอดจนการให้คำปรึกษาแนะนำ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขในส่วนของการพัฒนาเกมให้สมบูรณ์ ตรงตามความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย และขอขอบพระคุณกรรมการสอบทุกท่านที่ได้เสียสละเวลามาเป็นเกียรติในการเป็นกรรมการสอบในครั้งนี้

ท้ายที่สุดนี้คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ของคณะผู้จัดทำที่ได้คอยอบรมสั่งสอนและเลี้ยงดูมาเป็นอย่างดี ตลอดจนคอยให้กำลังใจ สนับสนุน และส่งเสริมในการทำโครงการแก่คณะผู้จัดทำเป็นอย่างดี

9. เอกสารอ้างอิง

เกียรติพงษ์ อุดมธนะธีระ. (2561). *วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC).* [ออนไลน์]. , จาก https://iok2u.com/index.php/article/information-technology/469-system-development-life-cycle-sdlc

คมกฤช ชูเกียรติมั่น และ ปริมลาภ ชูเกียรติมั่น. (2561). *สัญชาติบัวไทยในปางอุบล.* [กรุงเทพฯ] : พลัสเพรส.

จิตรนันท์ ศรีเจริญ ดวงจันทร์ สีหาราชและอนุพงษ์ สุขประเสริฐ. (2562) *แอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยว 8 แหล่งท่องเที่ยวที่ต้องไปในจังหวัดเพชรบูรณ์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง.* [ออนไลน์]. 1 มีนาคม 2563, จาก http://it.rmu.ac.th/project-journal/assets/uploads/formidable/.

ณัฏฐา ผิวมาและปริศนา มัชฌิมา. (2561). *การพัฒนาแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยี ความเป็นจริงเสริมเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ ศิลปวัฒนธรรมภูมิปัญญาเรื่องการทำบาตรของ ชุมชนบ้านบาตร.* [ออนไลน์]. ค้นเมื่อ 1 มีนาคม 2563, จาก https://so05.tcithaijo.org/index.php/parichartjournal/article/download/118918/91111/

วีนา โชติช่วง ชิติพัทธ์ ปานเกษมและวิจิตรา สายแสง. (2562). *การพัฒนาแอปพลิเคชันสื่อเสริมการเรียนรู้ระบบสุริยะด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง* [ออนไลน์]. 1 มีนาคม 2563 ,จาก https://e-research.siam.edu/kb/development-of-an-augmented-reality-technology-application-to-enhance-knowledge-on-the-solar-system/

Agile คืออะไร ความหมาย-หลักการ-แนวคิดของ Agile ในการทำงานแบบใหม่. [ออนไลน์]. 10 มีนาคม 2563, จาก https://www.sasimasuk.com/

Thanyavuth Akarasomcheep. (2561). *Agile คืออะไร เริ่มใช้งานอย่างไร.* [ออนไลน์]. 10 มีนาคม 2563, จาก https://medium.com/fastwork-engineering/agilevs-prototype/

Yokowaro. (2561). *ความเป็นมาของพิพิธภัณฑ์บัวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.* [ออนไลน์]. 1 มีนาคม 2563 ,จาก http://www.lotus.rmutt.ac.th/?page_id=48

การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการกู้คืนดีเอ็นเอมนุษย์จากน้ำลายสำหรับงานนิติวิทยาศาสตร์

COMPARATIVE STUDY OF HUMAN DNA RECOVERY METHODS FROM SALIVA FOR FORENSIC APPLICATIONS

อรอนงค์ คนสูง

นักศึกษาหลักสูตรนิติวิทยาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์บูรณาการ คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

E-mail: kho_onanong@kkumail.com

เขมิกา ลมไธสง

อาจารย์ที่ปรึกษาหลักสูตรนิติวิทยาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์บูรณาการ คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

E-mail: khemlo@kkumail.ac.th

บทคัดย่อ

น้ำลายถือเป็นแหล่งดีเอ็นเอที่สำคัญในงานนิติวิทยาศาสตร์ จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าประสิทธิภาพของการกู้คืนดีเอ็นเอจากวัตถุพยานเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จของการวิเคราะห์รูปแบบดีเอ็นเอจากวัตถุพยาน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการกู้คืนดีเอ็นเอมนุษย์จากน้ำลายด้วยวิธีการสกัดดีเอ็นเอ 3 วิธี ได้แก่ Phenol-chloroform-isoamyl alcohol (PCIA), Chelex-100® และชุดสกัดดีเอ็นเอสำเร็จรูป Gentra Puregene โดยนำตัวอย่างน้ำลายปริมาตร 100 μl แบบสด (Fresh saliva) และแบบคราบแห้งบนไม้พันสำลี (Saliva swabs) ของอาสาสมัครชายและหญิงอย่างละ 2 คน มาสกัดดีเอ็นเอด้วยวิธีการต่างๆ ข้างต้น จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณดีเอ็นเอมนุษย์ที่สกัดได้ด้วยเทคนิค real-time PCR โดยใช้ชุดทดสอบ PSU™_ Quant Kit แล้วเปรียบเทียบปริมาณดีเอ็นเอที่กู้คืนได้ด้วย linear regression และ Student's t-test ผลการศึกษาพบว่า วิธี PCIA สามารถกู้คืนดีเอ็นเอมนุษย์จากตัวอย่าง Fresh saliva และ saliva swabs ได้มากกว่าวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ โดยได้ปริมาณดีเอ็นเอเฉลี่ยเท่ากับ 12.01 ng/μl และ 10.89 ng/μl ตามลำดับ จากผลการศึกษานี้แสดงว่าวิธี PCIA เหมาะกับการกู้คืนดีเอ็นเอมนุษย์จากตัวอย่างน้ำลายมากที่สุด

คำสำคัญ: น้ำลาย, คราบน้ำลาย, การกู้คืนดีเอ็นเอมนุษย์, นิติวิทยาศาสตร์

ABSTRACT

Saliva is known as a valuable source of DNA in forensic science. Previous studies had shown that the success of DNA profile examination is mostly affected by the efficiency of DNA recovery from the evidence. This study aims to compare the efficiency of DNA recovery from saliva using three different DNA extraction methods including Phenol-chloroform-isoamyl alcohol (PCIA), Chelex-100® and commercial kit Gentra

Puregene. A hundred microliters of fresh saliva and saliva stains on swab head taken from volunteers (2 males and 2 females) were used for DNA extraction by those methods. The quantities of human DNA recovery were identified by real-time PCR using PSU™ Quant Kit. The amounts of human DNA recovery were statistically compared by linear regression and Student's t-test. The results showed that PCIA was the most effective method for human DNA recovery from both fresh saliva and saliva stains indicated by significantly highest amounts of DNA at 12.01ng/μl and 10.89 ng/μl, respectively. Herein, PCIA would be recommended for human DNA recovery for forensic DNA analysis of saliva.

Keywords: Saliva, Saliva Stains, Human DNA Recovery, Forensic Sciences

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

น้ำลาย (Saliva) ของมนุษย์มีสารประกอบคือน้ำ เอนไซม์อิเล็กโทรไลต์ เมือก สารยับยั้งแบคทีเรีย เมื่อน้ำลายอยู่ในปากจะรวมกับ epithelial cells ที่หลุดลอกจากเยื่อบุกระพุ้งแก้มซึ่งถือเป็นแหล่งดีเอ็นเอสำคัญ ตัวอย่างน้ำลายจึงเป็นที่นิยมในการนำมาศึกษารูปแบบดีเอ็นเอของประชากรมนุษย์ น้ำลายที่พบบนวัตถุพยานมีความสำคัญอย่างมากในทางนิติวิทยาศาสตร์เนื่องจากสามารถนำไปวิเคราะห์ดีเอ็นเอเพื่อยืนยันผู้กระทำความผิดได้ อย่างไรก็ตามสิ่งสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จของการวิเคราะห์รูปแบบดีเอ็นเอจากวัตถุพยานทางชีวภาพคือปริมาณดีเอ็นเอที่กู้คืนได้ ซึ่งจะได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น (1) ชนิดของตัวอย่าง (2) การถูกทำลายจากสภาพแวดล้อมที่วัตถุพยานสัมผัส (3) ปริมาณตัวอย่างเริ่มต้นมีน้อยเกินไป (Barbaro et al., 2011) หากปริมาณดีเอ็นเอที่กู้คืนได้มีน้อยเกินไปจะทำให้ดีเอ็นเอแม่แบบในปฏิกิริยามีไม่เพียงพอส่งผลให้อัลลีลหรือสัญญาณบางตำแหน่งหายไป จึงทำให้มีการศึกษาวิธีเพิ่มปริมาณและคุณภาพของดีเอ็นเอที่กู้คืนได้ ยกตัวอย่างเช่น การหาน้ำยาที่เหมาะสมสำหรับใช้สกัดดีเอ็นเอจากวัตถุพยานทางชีวภาพ (Stray et al., 2009; Barbaro et al., 2011) โดยวิเคราะห์คุณภาพของดีเอ็นเอที่กู้คืนได้จากวัตถุพยานร่วมกับรูปแบบของดีเอ็นเอที่ปรากฏขึ้นหลังจากทำมัลติเพล็กซ์พีซีอาร์ พบว่าการดัดแปลงวิธีการสกัดดีเอ็นเอด้วยวิธีการต่างๆ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการกู้คืนดีเอ็นเอจากวัตถุพยานและทำให้สัญญาณของรูปแบบดีเอ็นเอที่ได้ดีขึ้น (Sweet et al., 1997; Pand and Cheung, 2007)

วิธีการกู้คืนดีเอ็นเอจากวัตถุพยานทางชีวภาพประเภทน้ำลายมีหลายวิธี เช่น phenol-chloroform-isoamyl alcohol (PCIA), Chelex-100® และการใช้ชุดสกัดดีเอ็นเอ (ตัวอย่างเช่น QIAamp®, PrepFiler®, DNA IQTM) ซึ่งแต่ละวิธีก็มีความเหมาะสมในการกู้คืนดีเอ็นเอจากตัวอย่างแตกต่างกัน มีรายงานพบว่า Chelex-100® เหมาะกับการกู้คืนดีเอ็นเอจากตัวอย่างที่ถูกทำลายมากที่สุด (Thacker et al., 2006) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณดีเอ็นเอที่กู้คืนได้จากน้ำลายซึ่งสามารถเก็บตัวอย่างจากผู้ต้องสงสัยในคดี และพบคราบน้ำลายได้ในสถานที่เกิดเหตุ โดยใช้ตัวอย่างน้ำลายแบบสด (Fresh saliva) และแบบคราบแห้งบนไม้พันสำลี (Saliva swabs) ที่สกัดด้วยวิธี PCIA, Chelex-100® และชุดสกัดดีเอ็นเอ Gentra Puregene วิเคราะห์ปริมาณดีเอ็นเอมนุษย์ที่สกัดได้ด้วยเทคนิค Real-Time polymerase chain reaction (real-time PCR) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอที่ต้องการศึกษาอย่างจำเพาะและสามารถติดตามวัดปริมาณการเพิ่มจำนวนของดีเอ็นเอเป้าหมายได้ในทุกๆ รอบของการเพิ่มจำนวนในขณะที่ปฏิกิริยากำลังดำเนินอยู่ ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดปฏิกิริยา และใช้ชุดทดสอบ PSU™- Quant Kit เพื่อประโยชน์สำหรับงานตรวจดีเอ็นเอทางนิติวิทยาศาสตร์

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการกู้คืนดีเอ็นเอมนุษย์จากน้ำลายแบบสด (Fresh saliva) และแบบคราบแห้งบนไม้พันสำลี (Saliva swabs) ด้วยวิธี PCIA, Chelex-100® และชุดสกัดดีเอ็นเอ Gentra Puregene

3. ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้เปรียบเทียบการกู้คืนดีเอ็นเอมนุษย์จากน้ำลายด้วยวิธีการสกัดดีเอ็นเอ 3 วิธี ได้แก่ phenol-chloroform-isoamyl alcohol (PCIA), Chelex-100® และชุดสกัด Gentra Puregene โดยทดสอบกับตัวอย่าง Fresh saliva และ Saliva swabs ที่มีปริมาตรเท่ากันจากอาสาสมัคร 4 คน (ชาย 2 หญิง 2) จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณดีเอ็นเอมนุษย์ที่สกัดได้ด้วยเทคนิค real-time PCR โดยใช้ชุดทดสอบ PSU™- Quant Kit แล้วเปรียบเทียบปริมาณดีเอ็นเอที่กู้คืนได้ด้วย linear regression และและการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจะใช้ Student's t-test

4. วิธีการดำเนินงานวิจัย

4.1 ตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย

4.1.1 ตัวอย่างน้ำลายแบบสด (Fresh saliva) เก็บตัวอย่างน้ำลายจากอาสาสมัคร (ชาย 2 หญิง 2) โดยให้อาสาสมัครอมน้ำสะอาดเป็นเวลา 10 วินาที แล้วบ้วนออก รออีกประมาณ 5 นาที จึงเก็บน้ำลายปริมาตรประมาณ 1.0 ml ด้วยหลอด centrifuge tube ขนาด 1.5 ml ผสมตัวอย่างให้เข้ากันด้วยการ vortex เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °c

4.1.2 แบบคราบแห้งบนไม้พันสำลี (Saliva swabs) ปิเปตตัวอย่างน้ำลายจากอาสาสมัคร (ชาย 2 หญิง 2) ในข้อ (1.1) ปริมาตร 100 µl แล้วนำไปหยดบนไม้พันสำลีปราศจากเชื้อจากนั้นนำไปผึ่งจนแห้งที่อุณหภูมิห้อง

4.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการกู้คืนดีเอ็นเอด้วยวิธี PCIA, Chelex-100® และชุดสกัดดีเอ็นเอ Gentra Puregene

ใช้ตัวอย่างทั้งหมด 2 ชนิด ได้แก่ Fresh saliva และ Saliva swabs เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการกู้คืนดีเอ็นเอ

4.2.1 PCIA (ดัดแปรจาก Sweet, 1996)

(1) ตัวอย่าง Fresh saliva ปิเปตมาปริมาตร 100 µl ใส่ในหลอด microcentrifuge จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 g เป็นเวลา 2 นาที แล้วเทส่วนใสทิ้ง ก่อนเติม lysis buffer (10mM Tris-HCl, pH 8.0; 10 mM EDTA; 0.1 M NaCl; 2% SDS ปริมาตร 600 µl และ proteinase K (20 mg/ml) ปริมาตร 25 µl ลงไปละลายตะกอน แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 56°C เป็นเวลา 1 คืน

(2) ตัวอย่าง Saliva swabs ใช้กรรไกรปราศจากเชื้อตัดปลายสำลีให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้ว นำไปแช่ใน lysis buffer pH 8.0 (10 mM Tris-HCl, pH 8.0; 10 mM EDTA; 100 mM NaCl; 2% SDS) ปริมาตร 600 µl ที่มี proteinase K (20 mg/ml) ปริมาตร 25 µl ที่อุณหภูมิ 56°C เป็นเวลา 1 คืน คีบสำลีออกมาใส่ใน sterile syringe แล้วบีบน้ำออกจากสำลีให้หมด

นำตัวอย่างที่เตรียมได้ในข้อ (1) หรือ (2) มาเติม phenol/chloroform/isoamylalcohol (25:24:1) ปริมาตร 600 µl ลงไปในหลอดที่มีตัวอย่าง แล้วนำไป vortex จนกระทั่งส่วนผสมเป็นสีขาวนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 g เป็นเวลา 10 นาทีย้ายส่วนใสชั้นบนใส่ในหลอด microcentrifuge อันใหม่เติม phenol/chloroform/isoamylalcohol (25:24:1) ปริมาตร 600 µl ลงไป นำไป vortex จนกระทั่งส่วนผสมเป็นสีขาว

นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 g เป็นเวลา 10 นาที ย้ายส่วนใสชั้นบนใส่ในหลอด microcentrifuge อันใหม่ เติมเอธานอลที่เย็นจัด (-20°C) ลงไปในปริมาตรที่เท่ากับสารละลายในหลอด เติม 3 M sodium acetate pH 5.2 ลงไปปริมาตร 80 µl ผสมให้เข้ากัน นำไปไว้ที่อุณหภูมิ -80°C เป็นเวลา 1 คืน เพื่อตกตะกอนดีเอ็นเอ นำมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 g เป็นเวลา 15 นาที เทส่วนใสทิ้ง ผึ่งตะกอนดีเอ็นเอให้แห้ง โดยเปิดฝาหลอดแล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาประมาณ 30 นาที ละลายตะกอนด้วยน้ำ deionized ปริมาตร 50 µl แล้วเก็บสารละลายดีเอ็นเอที่อุณหภูมิ 4°C ก่อนนำไปวิเคราะห์ปริมาณดีเอ็นเอมนุษย์

4.2.2 Chelex-100® (Bio-Rad Laboratones, lnc, USA) (ดัดแปรจาก Sweet et al., 1997)

(1) ตัวอย่าง Fresh saliva ปิเปต Fresh saliva มา 100 µl เติม 5% Chelex (pH 9.0) ลงไป 200 µl นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 56°C เป็นเวลา 30 นาที นำไปต้มที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 8 นาที ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 g เป็นเวลา 15 นาที ดูดเอาเฉพาะส่วนใสไปใส่ในหลอด microcentrifuge อันใหม่ แล้วเก็บที่อุณหภูมิ 4°C ก่อนนำไปวิเคราะห์หาปริมาณดีเอ็นเอมนุษย์

(2) ตัวอย่าง Saliva swabs ใช้กรรไกรปราศจากเชื้อตัดปลายสำลีให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปแช่ในน้ำกลั่นปริมาตร 1.5 ml ที่มี Proteinase K (1 µg/µl) เป็นเวลา 1 คืน ที่อุณหภูมิ 56°C นำไป vortex เป็นเวลา 1 นาที เพื่อให้เซลล์ที่ติดอยู่บนเส้นใยหลุดออกมา นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 56°C เป็นเวลา 1 นาที และบ่มต่อที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 8 นาที เพื่อปลดปล่อยเซลล์ที่ติดอยู่กับเส้นใยบนไม้พันสำลีให้มากที่สุดจากนั้นคีบสำลีออกมาใส่ใน sterile syringe แล้วบีบน้ำออกจากสำลีให้หมด ถ่ายของเหลวทั้งหมดลงหลอด microcentrifuge นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 g เป็นเวลา 5 นาที เติม 5% Chelex ปริมาตร 200 µl ลงบนตะกอนเซลล์ แล้วผสมเบาๆ บ่มที่อุณหภูมิ 56°C เป็นเวลา 30 นาที นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 8 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 g เป็นเวลา 15 นาที ดูดเอาเฉพาะส่วนใสไปใส่ในหลอด microcentrifuge อันใหม่ แล้วเก็บที่อุณหภูมิ 4°C ก่อนนำไปวิเคราะห์หาปริมาณดีเอ็นเอมนุษย์

4.2.3 Gentra Puregene (Gentra Puregene Buccal Cell Kit, QIAGEN, Germany)

(1) บ่มตัวอย่าง Fresh saliva ปริมาตร 100 µl ในหลอด microcentrifuge ที่มี Cell lysis buffer ปริมาตร 300 µl นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 15 นาที

(2) ใช้กรรไกรปราศจากเชื้อตัดปลายสำลีให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วเติม Cell lysis buffer ปริมาตร 300 µl นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นคีบสำลีออกมาใส่ใน sterile syringe แล้วบีบน้ำออกจากสำลีให้หมดนำตัวอย่างที่เตรียมได้ในข้อ (1) หรือ (2) มาเติม Proteinase K ปริมาตร 1.5 µl จากนั้นกลับหลอดไปมาประมาณ 25 ครั้ง แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 55°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เติมสารละลาย RNase A ปริมาตร 15 µl แล้วกลับหลอดไปมา 25 ครั้ง จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำไปบ่มในน้ำแข็งอย่างรวดเร็วเป็นเวลา 1 นาที เติมสารละลาย Protein precipitation ปริมาตร 100 µl แล้วผสมให้เข้ากันโดยการ vortex ที่ความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 20 วินาทีนำไปบ่มในน้ำแข็งเป็นเวลา 5 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 13,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3 นาที ดูดส่วนใสลงในหลอด microcentrifuge อันใหม่ เติม isopropanol ที่เย็นจัด ปริมาตร 300 µl และสารละลาย Glycogen ปริมาตร 0.5 µl ผสมสารละลายให้เข้ากันโดยการกลับหลอดไปมาประมาณ 50 ครั้ง นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 13,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ดูดส่วนใสทิ้ง แล้วทำให้ตะกอนแห้งโดยการคว่ำหลอดลงบนกระดาษทิชชูประมาณ 1 ทำความสะอาดตะกอนดีเอ็นเอโดยเติม 70% ethanol ปริมาตร 300 µl ลงในหลอด แล้วทำการกลับหลอดไปมา นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 13,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที ดูดส่วนใสทิ้ง แล้วทำให้ตะกอนแห้งโดยการคว่ำหลอดลงบนกระดาษทิชชูประมาณ 1 นาที ก่อนนำไปทำแห้งด้วยวิธี air dry

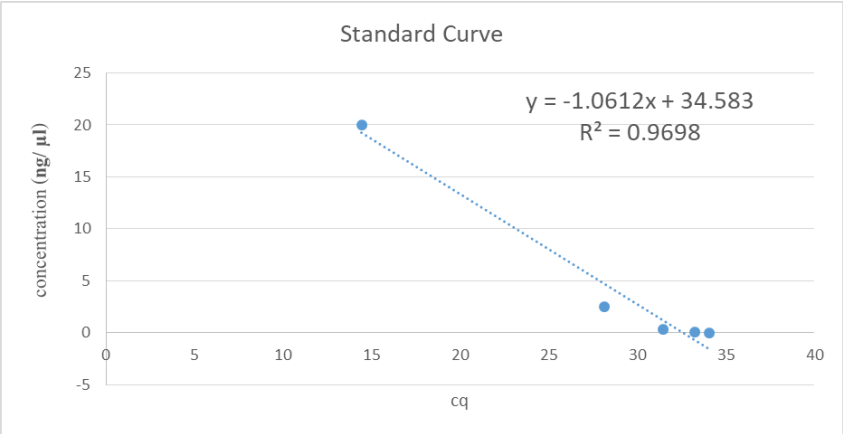
เป็นเวลา 5 นาที เติมสารละลาย DNA Hydration Solution ปริมาตร 100 µl แล้วทำการ vortex ประมาณ 5 วินาที เก็บสารละลายดีเอ็นเอที่อุณหภูมิ 4°C เพื่อทำการทดลองต่อไป

4.3. การวิเคราะห์ปริมาณดีเอ็นเอของมนุษย์ ดีเอ็นเอที่สกัดได้จากตัวอย่าง จะนำมาวิเคราะห์ปริมาณผ่านชุดทดสอบ PSU™- Quant Kit (Songkla University, Thailand) ซึ่งใช้ดีเอ็นเอต้นแบบ (Primer) ร่วมกับตัวตรวจจับ (probe) ที่ถูกออกแบบเป็นสายสั้นๆ ให้มีความจำเพาะต่อดีเอ็นเอมนุษย์ สำหรับ probe จะมีการติดสี Fluorescence (Cy5) ร่วมกับเครื่อง real-time PCR โดยเตรียมส่วนผสมในปฏิกิริยาพีซีอาร์ประกอบด้วย PSU™_ Quant kit Reaction Mix 10 µl, PSU™- Quant kit Primer Mix 8 µl และดีเอ็นเอตัวอย่าง 2 µl ปิเปตส่วนผสม และดีเอ็นเอที่ทราบความเข้มข้นที่มาพร้อมกับชุดทดสอบ PSU™- Quant Kit ลงใน 96-well PCR Plate ที่แช่ในน้ำแข็ง ปิด PCR Plate ด้วย sealing film รีด sealing film เพื่อไล่ฟองอากาศ จากนั้นเขย่า PCR Plate เบาๆ แล้วน้ำไปปั่นเหวี่ยง 3000 rpm 20 วินาที แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Bio-Rad CFX 96 manager โดยตั้งสถานะการทำงานของเครื่อง 95°C 3 นาที แล้วตามด้วย 95°C 15 วินาที 60°C 2 นาที จำนวน 40 รอบ วิเคราะห์หาปริมาณดีเอ็นเอของมนุษย์ที่กู้คืนได้โดยเปรียบเทียบค่า Ct กับค่า Ct ที่วิเคราะห์ได้จากดีเอ็นเอที่ทราบความเข้มข้น

4.4. การเปรียบเทียบปริมาณดีเอ็นเอ เปรียบเทียบปริมาณดีเอ็นเอที่กู้คืนได้จากตัวอย่างด้วย linear regression และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจะใช้ Student's t-test

5. ผลการวิจัย

การหาปริมาณดีเอ็นเอที่กู้คืนได้จะวัดจากค่า Threshold cycle (Ct) โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน Ct ของดีเอ็นเอที่ทราบความเข้มข้น

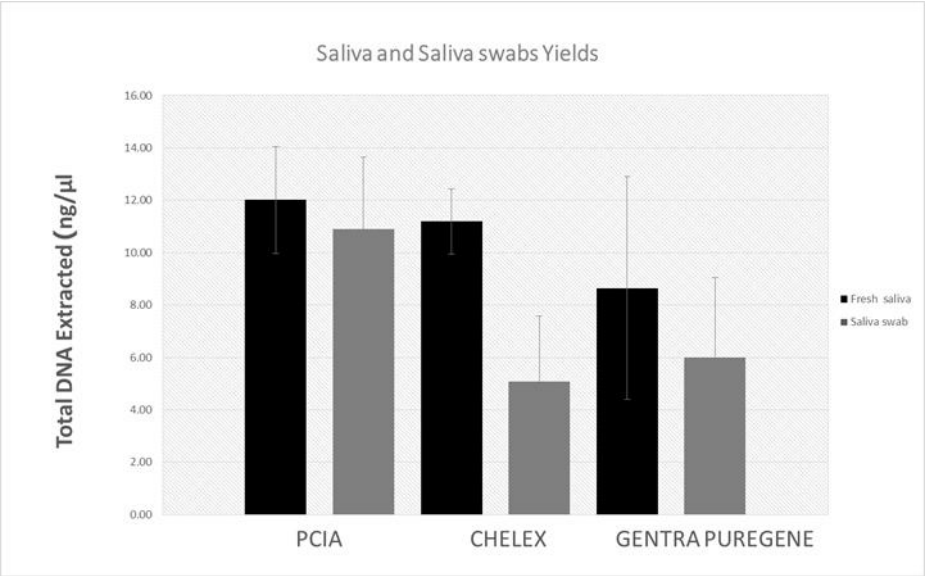


รูปที่ 1: กราฟมาตรฐานของดีเอ็นเอที่ทราบความเข้มข้นที่มาพร้อมกับชุดทดสอบ PSU™_ Quant Kit

ผลการวิเคราะห์ปริมาณดีเอ็นเอที่กู้คืนได้จากตัวอย่าง Fresh saliva และ Saliva swabs ด้วยวิธี PCIA, Chelex-100® และ Gentra Puregene ที่ทำการทดสอบตัวอย่างละ 4 ซ้ำ (F1, F2, M1, M2) พบว่าได้ค่าเฉลี่ย Ct และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานดังตารางที่ 1 และเมื่อนำค่า Ct ไปวิเคราะห์หาปริมาณดีเอ็นเอพบว่าได้ผลดังรูปที่ 2

ตารางที่ 1: Ct ของดีเอ็นเอตัวอย่าง Fresh saliva และ Saliva swabs

Sample	Extraction	F1	F2	M1	M2	$\bar{x}$	SD
Fresh saliva	PCIA	22.37	18.42	21.21	23.07	21.27	2.05
Saliva swab	PCIA	22.54	19.13	21.82	25.83	22.33	2.76
Fresh saliva	Chelex-100®	22.66	20.50	21.67	23.34	22.04	1.24
Saliva swab	Chelex-100®	28.53	26.09	25.56	31.03	27.80	2.51
Fresh saliva	Gentra puregene	29.08	18.85	24.16	25.68	24.44	4.26
Saliva swab	Gentra puregene	29.57	27.22	22.59	28.33	26.93	3.05



รูปที่ 2 ปริมาณดีเอ็นเอมนุษย์ที่กู้คืนได้จากตัวอย่าง Fresh saliva และ Saliva swabs สกัดด้วยวิธีการสกัด 3 วิธี PCIA, Chelex-100® และชุดสกัดดีเอ็นเอ Gentra Puregene

ปริมาณดีเอ็นเอเฉลี่ยที่กู้คืนได้ของตัวอย่างประเภท Fresh saliva ด้วยวิธีการสกัด 3 วิธี พบว่าการสกัดด้วยวิธี PCIA สามารถกู้คืนดีเอ็นเอได้มากที่สุด 12.01 ng/ µl และการสกัดด้วยวิธี Chelex-100® และ Gentra Puregene สามารถกู้คืนดีเอ็นเอได้ 11.19 ng/ µl และ 8.65 ng/ µl ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบชนิดของตัวอย่างพบว่าตัวอย่างประเภท Fresh saliva สามารถกู้คืนดีเอ็นเอได้มากกว่าตัวอย่างประเภท Saliva swab อย่างไรก็ตามตัวอย่าง Saliva swab สามารถกู้คืนดีเอ็นเอได้มากที่สุดด้วยวิธี PCIA (10.89 ng/µl) รองลงมาคือวิธี Gentra Puregene (6.01ng/µl) และ Chelex-100® (5.08 ng/µl) ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบเชิงสถิติโดยใช้ Student's t-test พบว่าปริมาณดีเอ็นเอที่กู้คืนได้จากตัวอย่างประเภท Saliva swabs ด้วยวิธี PCIA มีปริมาณที่มากกว่า Chelex และ Gentra purgene อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % [t_{exp} = 2.933 (6 d.f.) , $P \leq 0.05$]

6. อภิปรายและสรุปผลการทดลอง

ตัวอย่างประเภทน้ำลายสดนี้เมื่ออยู่ในปากจะรวมกับ epithelial cells ที่หลุดลอกจากเยื่อบุกระพุ้งแก้มซึ่งเป็นแหล่งดีเอ็นที่สำคัญ ในสกัดดีเอ็นเอในปัจจุบันมีการนำชุดสกัด Chelex-100® และชุดสกัดดีเอ็นเอ Gentra Puregene มาใช้ในห้องปฏิบัติการทางงนิติวิทยาศาสตร์มากขึ้นเนื่องจากวิธีการดังกล่าวใช้เวลาในการสกัดรวดเร็ว

ส่วนวิธี PCIA เป็นวิธีการสกัดแบบดั้งเดิมใช้สารเคมีที่มีในห้องปฏิบัติการทั่วไปและให้ปริมาณดีเอ็นเอที่สกัดได้เพียงพอและมีคุณภาพสูงเหมาะกับตัวอย่างทางชีวภาพ

วิธี PCIA ในงานวิจัยนี้สามารถกู้คืนดีเอ็นเอมนุษย์จากตัวอย่าง Fresh saliva และ Saliva swabs ได้มากกว่าวิธีอื่น การสกัดจากน้ำลายสดโดยตรงในปริมาณ 100 µl ทำให้ได้ปริมาณดีเอ็นเอที่กู้คืนได้มากกว่าการสกัดน้ำลายที่ป้ายบนไม้พันสำลีที่หยดน้ำลายในปริมาณเท่ากัน เนื่องจากในขั้นตอนการสกัดตัวอย่างน้ำลายที่ป้ายบนไม้พันสำลีอาจทำให้เซลล์ที่ติดบนไม้พันสำลีหลุดออกไม่หมดทำให้ปริมาณดีเอ็นที่สลัดได้มีปริมาณน้อยกว่า และวิธี PCIA ในขั้นตอนการสกัดการเติม lysis buffer ที่มี Tris-HCl, EDTA; NaCl, และ SDS ซึ่งทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ และจะย่อยโปรตีนด้วยเอนไซม์ proteinase K ทำให้เยื่อหุ้ม nucleus แตกออก DNA จะถูกปล่อยออกจาก nucleus มาอยู่ในสารละลาย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการเปรียบเทียบปริมาณดีเอ็นเอที่สกัดจากเลือดของผู้เสียชีวิตโดยวิธี Salting-out กับวิธี PCIA พบว่าการสกัดด้วยวิธี PCIA ได้ปริมาณดีเอ็นเอสูงกว่าวิธี Salting-out อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากวิธี PCIA มีการเติม Na-acetate ทำให้ดีเอ็นเอตกตะกอนเพิ่มขึ้น และการเติม Isoamyl alcohol เพื่อช่วยในการเกิดฟอง และยังช่วยให้ดีเอ็นเอบริสุทธิ์มากขึ้น (กาญจนา สุจิรชาโต และคณะ, 2563) วิธีการสกัดดีเอ็นเอมีผลต่อปริมาณดีเอ็นเอที่กู้คืนได้จากตัวอย่าง จากการเปรียบเทียบปริมาณดีเอ็นเอที่สกัดได้จากกระดูกของหมูด้วยวิธี phenol-chloroform และการใช้ชุดสกัดดีเอ็นเอแบบ silica-based พบว่าการสกัดด้วยวิธี phenol-chloroform ให้ปริมาณดีเอ็นเอมากกว่าการใช้ชุดสกัด (Iyavoo et al., 2013)

อย่างไรก็ตามการสกัดดีเอ็นเอด้วยวิธี Chelex-100® และชุดสกัดดีเอ็นเอ Gentra Puregene สามารถกู้คืนดีเอ็นเอได้มากกว่าวิธี PCIA ซึ่งมีการศึกษาการสกัดดีเอ็นเอจากคราบน้ำลายด้วยการวิธี Modified Chelex โดยเปรียบเทียบวิธีการสกัดแบบ Phenol-chloroform และ Modified Chelex ที่มีการเติม proteinase K ในขั้นตอนการบ่ม และใช้ Microcon-100 (Amicon) Tube พบว่าวิธีสกัดแบบ Modified Chelex ให้ปริมาณดีเอ็นเอที่สกัดได้มากกว่าวิธีสกัดแบบ Phenol-chloroform (Sweet et al.,1996) ซึ่งแตกต่างกับงานวิจัยนี้ และรายงานก่อนหน้านี้ของ Psifidi et al., 2015 ได้เปรียบเทียบ 11 วิธีที่เหมาะสมสำหรับการสกัด Genomic DNA สำหรับ Large-Scale Whole-Genome Genotyping และ Long-Term DNA Banking จากตัวอย่างเลือดพบว่าวิธีการสกัดแบบ In-house, Modified Dx, Modified Tissue, Modified Blood เป็นวิธีการสกัดที่ดีที่สุดในการสกัดจีโนมดีเอ็นเอที่มีความเข้มข้นสูงจากตัวอย่าง buffy coat ส่วนวิธี Phenol-chloroform ให้ปริมาณดีเอ็นที่มีความเข้มข้นสูงแต่ในบางกรณีในการสกัดอาจทำให้ดีเอ็นเอเสียหาย และมีสารยับยั้งในปฏิกิริยา PCR การใช้ชุด Kit จึงมีประสิทธิภาพมากกว่าในการสกัดตัวอย่างจากจีโนมดีเอ็นเอ

สำหรับงานวิจัยนี้วิธี PCIA สามารถกู้คืนดีเอ็นเอมนุษย์จากตัวอย่าง Fresh saliva และ Saliva swabs ได้มากกว่าวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ โดยได้ปริมาณดีเอ็นเอเฉลี่ยเท่ากับ 12.01 ng/ µl และ 10.89 ng/ µl ตามลำดับ จากผลการศึกษานี้แสดงว่าวิธี PCIA เหมาะกับการกู้คืนดีเอ็นเอมนุษย์จากตัวอย่างน้ำลายมากที่สุด

7. ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้ใช้ตัวอย่างประเภทน้ำลายสด และไม้ป้ายน้ำลายเท่านั้น หากทำการวิจัยกับตัวอย่างประเภทอื่นๆที่สามารถพบได้ในสถานที่เกิดเหตุ เช่นก้นบุหรี่ หลอดพลาสติก หมากฝรั่ง เป็นต้น จะทำให้สามารถเลือกวิธีการสกัดที่เหมาะสมกับประเภทตัวอย่างที่ต่างออกไปได้ยิ่งขึ้น ทั้งนี้ขอขอบคุณหลักสูตรนิติวิทยาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์บูรณาการ คณะวิทยาศาสตร์ และศูนย์เครื่องมือกลางคณะเภสัชศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์ทางด้านเครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง

กชพร อักษรนำ. (2558). *การตรวจหาน้ำลายโดยเทคนิค Visible Spectrophotometry และเทคนิค Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR)*(ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). นครปฐม.มหาวิทยาลัยศิลปากร. สืบค้นจาก http://202.44.135.157/dspace/handle/123456789/237

กาญจนา สุจิรชาโต และคณะ.(2563). การศึกษาการเปรียบเทียบปริมาณดีเอ็นเอที่สกัดจากเลือดของผู้เสียชีวิตโดยวิธี Salting-out กับวิธี Phenol-chloroform-isoamyl alcohol. *ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์*, *20*(1),134-151.

Barbaro, Al, Cormaci, P., Falcone, G. (2011). Validation of BTATM lysis buffer for DNA extraction from challenged forensic samples. *Forensic Science International: Genetics Supplement Series*, *3*, e61-e62.

Iyavoo, S., Hadi, S., Goodwin, W. (2013). Evaluation of five DNA extraction systems for recovery of DNA from bone. *Forensic Science International: Genetics Supplement Series*, *4*, e174-e175.

Psifidi A, Dovas CI, Bramis G, Lazou T, Russel CL, et al. (2015). Comparison of Eleven Methods for Genomic DNA Extraction Suitable for Large-Scale Whole-Genome Genotyping and Long-Term DNA Banking Using Blood Samples. PLOS ONE 10(1): e0115960. https://doi.org/10.1371 /journal.pone.0115960

Sweet, D., Lorente, M., Valenzueta, A., Lorente, J.A., Alvarez, J.C. (1996). Increasing DNA extraction yield from saliva stains with a modified chelex method. *Forensic Science International*, *83*, 167-177.

Sweet, D., Lorente, M., Lorente, J.A., Valenzueta, A., Villanueva, E. (1997). An improved method to recover saliva from human skin: The double swab technique. *Journal of Forensic Sciences*, *42*(2), 320-322.

Thacker, C.R., Oguzturun, C., Ball, K.M., Syndercombe Court, D. (2006). An investigation into methods to produce artificially degraded DNA. *International Congress Series*, *1288*, 592-594.

การประยุกต์ใช้หลักการออกแบบทางสถิติในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับวิธีการดมกลิ่นของฉลามเพื่อใช้ในการออกแบบทางอุตสาหกรรม

APPLYING STATISTICAL DESIGN OF EXPERIMENT TO INVESTIGATE APPROPRIATE PARAMETER SETTING OF SHARK SMELL OPTIMISATION FOR INDUSTRIAL DESIGN

กล้า วารีพิทักษ์, สายสัมพันธ์ ซุ้นเจริญ และภูพงษ์ พงษ์เจริญ*

หน่วยวิจัยด้านการวิจัยดำเนินงานและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

***Corresponding's author E-mail: pupongp@nu.ac.th**

บทคัดย่อ

การเพิ่มประสิทธิภาพการค้นหาคำตอบของวิธีเมต้าฮิวริสติกส์มีหลายวิธี หนึ่งในนั้นคือ การกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม วิธีการดมกลิ่นของฉลามเป็นวิธีเมต้าฮิวริสติกส์วิธีการหนึ่งที่จำเป็นต้องสืบหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมก่อนนำไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหา บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสืบหาและตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ของวิธีการดมกลิ่นของฉลามที่เหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาการวางผังเครื่องจักร โดยเริ่มจากการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ฝังกลไกการทำงานของวิธีการดมกลิ่นของฉลามและดำเนินการออกแบบการทดลองเพื่อแก้ปัญหาการวางผังเครื่องจักรด้วยชุดข้อมูล 5 ชุด ที่มีขนาดของปัญหาแตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์ทางสถิติจากผลเฉลยที่ได้รับจากประยุกต์ใช้วิธีการดมกลิ่นของฉลาม แสดงให้เห็นว่าค่าพารามิเตอร์ของวิธีการดมกลิ่นของฉลามมีผลต่อค่าคำตอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกชุดข้อมูล โดยพบว่ารูปแบบการตั้งค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในแต่ละชุดข้อมูลมีความแตกต่างกัน

คำสำคัญ: การวางผังเครื่องจักร การออกแบบโรงงาน วิธีการดมกลิ่นของฉลาม เมต้าฮิวริสติกส์ การออกแบบการทดลอง

ABSTRACT

There are many approaches for improving the performance of metaheuristics, one of which is to adopt the appropriate setting of algorithm's parameters. Shark Smell Optimisation (SSO) is one of the recently developed metaheuristics and has not been statistically investigated on the recommendation of its parameters' setting. This paper presents the study on the investigation of appropriate setting of SSO parameters based on the application of statistical design and analysis of experiment. The SSO-based machine layout designing program was developed and applied to solve five different sizes of machine layout problems. The analysis on the experimental results obtained from SSO indicated that all SSO parameters are statistically significant to its

performance for all problem instances. There is no any single setting of SSO parameters that demonstrates its best performance for solving all problem sizes.

Keywords: Machine Layout, Plant Design, Shark Smell Optimisation Algorithm, Metaheuristics, Design of Experiment

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

วิธีเมต้าฮิวริสติกส์เป็นหนึ่งในวิธีที่ได้รับความนิยมในการนำมาประยุกต์แก้ปัญหาที่มีความซับซ้อน (Valdez et al., 2014) วิธีการดมกลิ่นของฉลามเป็นวิธีเมต้าฮิวริสติกส์วิธีการหนึ่ง ถูกนำเสนอขึ้นโดย Abedinia et al. (2014) วิธีการนี้ได้รับแรงบัลดาลใจจากความสามารถในการล่าเหยื่อด้วยประสาทสัมผัสการรับกลิ่นที่ดีเยี่ยมของฉลาม ซึ่งทำให้ฉลามสามารถระบุตำแหน่งของเหยื่อได้อย่างแม่นยำ จากแรงบันดาลใจดังกล่าวจึงถูกนำมาออกแบบเป็นขั้นตอนวิธีการหาค่าเหมาะที่สุด (Optimisation Algorithm) นั่นคือวิธีการดมกลิ่นของฉลาม

วิธีการดมกลิ่นของฉลามได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนหลากหลายปัญหา เช่น บทความของ Abedinia and Amjady (2015) ได้ประยุกต์ใช้วิธีการดมกลิ่นของฉลามแบบดั้งเดิมและแบบผสมผสานเพื่อแก้ปัญหาการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าจากกังหันลม บทความของ Suliman et al. (2019) ได้ประยุกต์วิธีการดมกลิ่นของฉลามแบบดั่งเดิมแก้ปัญหาการจัดตารางงาน และยังมีอีกหลายบทความที่ได้นำเสนอว่าวิธีการดมกลิ่นของฉลามสามารถให้ผลเฉลยที่ดีกว่าวิธีการอื่น ๆ เช่น วิธีการค้างคาว วิธีการหิ่งห้อย วิธีการค้นหาแบบนกกาเหว่า วิธีเชิงพันธุกรรม วิธีการหาคำตอบเหมาะที่สุดด้วยแมลงช้าง (Nastase et al., 2019; Rao et al., 2019)

การเพิ่มประสิทธิภาพการค้นหาคำตอบของวิธีเมต้าฮิวริสติกส์ทำได้หลายวิธี เช่น การกำหนดค่าพารามิเตอร์ (Parameter Setting) การปรับปรุงกลไกการค้นหาคำตอบ (Modification) และการผสมผสานกลไกการทำงานร่วมกับวิธีเมต้าฮิวริสติกส์อื่น ๆ (Hybridisation) โดยงานวิจัยนี้เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพด้วยการสืบหาและกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีการดมกลิ่นของฉลามเพื่อแก้ปัญหาการวางผังเครื่องจักร (Machine Layout Problem: MLP) ทั้งนี้ ค่าพารามิเตอร์ของวิธีการดมกลิ่นของฉลามมีจำนวน 4 ค่าพารามิเตอร์ ประกอบด้วยการคูณกันระหว่างจำนวนประชากรฉลามและจำนวนรอบการค้นหาคำตอบซ้ำสูงสุด ($NP*K_{max}$) อัตราส่วนความเร็วจำกัดของฉลาม (β_k) ค่าบ่งชี้ความสามารถในการทำความเร็วของฉลาม (η_k) และค่าสัมประสิทธิ์ความเฉื่อยหรืออัตราโมเมนตัม (α_k) โดยดำเนินการผ่านการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (Factorial Design) ซึ่งนำหลักการทดลองและวิเคราะห์ทางสถิติมาใช้ในการศึกษาถึงผลกระทบหลัก (Main Effect) และผลกระทบร่วม (Interactions) ของปัจจัยต่าง ๆ ทำให้ทราบว่าปัจจัยใดที่ส่งผลกระทบต่อค่าคำตอบ และควรตั้งค่าปัจจัยต่างๆ ที่ระดับใดเพื่อให้วิธีการดมกลิ่นของฉลามสามารถค้นหาผลเฉลยได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

จากการทบทวนวรรณกรรมในฐานข้อมูล Scopus ระหว่างปี ค.ศ. 2016 ถึงปี ค.ศ. 2021 พบว่า มีบทความวิจัยที่ได้สืบหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีดมกลิ่นของฉลามจำนวน 1 บทความคือ บทความของ Wei et al. (2019) สำหรับแก้ปัญหาการกำจัดสัญญาณรบกวน แต่อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบงานวิจัยที่สืบหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีการดมกลิ่นของฉลามเพื่อแก้ปัญหาการวางผังเครื่องจักรมาก่อน บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสืบหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีการดมกลิ่นของฉลามสำหรับการแก้ปัญหาการวางผังเครื่องจักรด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) และวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance:

ANOVA) โดยวัตถุประสงค์ของการวิจัย แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย และข้อเสนอแนะจะได้กล่าวถึงอย่างละเอียดในหัวข้อถัดไป

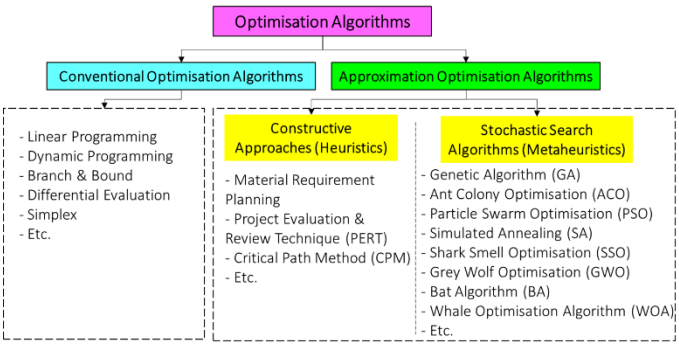
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อสืบหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีการดมกลิ่นของฉลามในการแก้ปัญหาการวางผังเครื่องจักร ด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

3. แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ขั้นตอนวิธีการหาค่าเหมาะที่สุด และวิธีการดมกลิ่นของฉลาม

ขั้นตอนวิธีการหาค่าเหมาะที่สุดแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกคือขั้นตอนวิธีหาคำตอบที่เหมาะที่สุดแบบดั้งเดิม (Conventional Optimisation Algorithms: COAs) อีกกลุ่มหนึ่งคือวิธีการหาคำตอบที่เหมาะที่สุดโดยการประมาณค่า (Approximation Optimisation Algorithms: AOAs) (P. Pongcharoen et al., 2001) แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนวิธีการหาค่าเหมาะที่สุด

ที่มา: ปรับปรุงจาก P. Pongcharoen et al. (2001)

COAs เป็นวิธีที่สามารถค้นหาผลเฉลยเหมาะที่สุด (Optimal Solution) แต่ไม่เหมาะในการนำมาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนเนื่องจากอาจใช้เวลานานในการค้นหาผลเฉลย AOAs เป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับว่ามีความเหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้แก้ปัญหาที่ซับซ้อน ผลเฉลยที่ได้จากวิธี AOAs แม้จะเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับผลเฉลยเหมาะที่สุด (Near Optimal Solution) แต่ทว่าใช้เวลาน้อยกว่ามากเมื่อนำมาเปรียบเทียบกัน ทั้งนี้ AOAs สามารถจำแนกได้อีก 2 วิธีคือ วิธีการหาค่าคำตอบแบบมีโครงสร้างในการค้นหาคำตอบ (Constructive Approach) ซึ่งเป็นวิธีที่มีรูปแบบเฉพาะในการค้นหาคำตอบสำหรับปัญหาใดปัญหาหนึ่งเท่านั้น (Specific Problems) และวิธีการค้นหาคำตอบเชิงสุ่ม (Stochastic Search Algorithm) หรือเมต้าฮิวริสติกส์ (Metaheuristics) ที่สามารถประยุกต์ใช้แก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย

เมต้าฮิวริสติกส์เป็นหนึ่งในวิธีที่นิยมนำมาประยุกต์แก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุด (Optimisation problems) เช่น ปัญหาการวางผังเครื่องจักร (Sooncharoen et al., in press), (Vitayasak et al., 2019) ปัญหาการจัดตารางการผลิต (Chansombat et al., 2019), (Sooncharoen et al., 2020) ปัญหาการจัดตารางเรียนตารางสอน (Thepphakorn & Pongcharoen, 2020) ปัญหาการจัดหน่วยการผลิตแบบเซลลูล่าร์ (Parika et al., 2014) การจัดเส้นทางการขนส่ง (Chainate et al., 2013) และปัญหาการจัดเรียงกล่องลงในตู้คอนเทนเนอร์ (Thapatsuwan et al.,

2012) เป็นต้น โดยมีกลไกการค้นหาคำตอบเชิงสุ่ม (Stochastic search) และวนซ้ำ (Iterative) ในการพัฒนาผลเฉลยให้ที่ดีขึ้นจนได้มาซึ่งผลเฉลยที่มีค่าใกล้เคียงกับผลเฉลยเหมาะที่สุด (Pupong Pongcharoen & Hicks, 2004) ตัวอย่างของวิธีการค้นหาคำตอบเชิงสุ่ม เช่น วิธีการเชิงพันธุกรรม (GA) การหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค (PSO) วิธีการอบอ่อนจำลอง (SA) และวิธีการดมกลิ่นของฉลาม (SSO) เป็นต้น

กระบวนการค้นหาคำตอบของวิธีการดมกลิ่นของฉลามมีทั้งหมด 2 กระบวนการ ได้แก่ การค้นหาอนุภาคของกลิ่นในตอนเริ่มต้น (Finding Initial Odor Particles) ซึ่งเปรียบเสมือนการสร้างคำตอบเริ่มต้น และการเคลื่อนที่เข้าหาเหยื่อของฉลาม (Shark Movement Toward the Prey) โดยการเคลื่อนที่เข้าหาเหยื่อของฉลามมี 2 รูปแบบ คือ การเคลื่อนที่ไปข้างหน้า (Forward Movement) การเคลื่อนที่แบบหมุน (Rotational Movement) (Abedinia et al., 2014) ซึ่งเป็นกลไกในการค้นหาและพัฒนาค่าคำตอบผ่าน 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของวิธีการดมกลิ่นของฉลาม และการสร้างคำตอบเริ่มต้น

ขั้นตอนที่ 2 การเคลื่อนที่ไปด้านหน้าของฉลาม ซึ่งเริ่มจากการคำนวณความเร็วของฉลามด้วยสมการที่ (1) และการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งใหม่ของฉลามด้วยสมการที่ (2)

ขั้นตอนที่ 3 การเคลื่อนที่แบบหมุนของฉลามด้วยสมการที่ (3) เพื่อค้นหาคำตอบในบริเวรโดยรอบตำแหน่งใหม่ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2

$$\left|V_{i,j}^{k}\right| = \min\left[\left|\eta_k . R1 . \frac{\partial(OF)}{\partial x_j}\bigg|_{x_{i,j}^{k}} + \alpha_k . R2 . V_{i,j}^{k-1}\right|, \left|\beta_k . V_{i,j}^{k-1}\right|\right] \tag{1}$$

$J = 1,\ldots,\mathrm{ND},\ i = 1,\ldots,\mathrm{NP},\ k = 1,\ldots,k_{max}$

$$Y_i^{k+1} = X_i^k + V_i^k . \triangle t_k \tag{2}$$

$J = 1,\ldots,\mathrm{NP},\ k = 1,\ldots,k_{max}$

$$Z_i^{k+1,m} = Y_i^{k+1} + R3 . V_i^k \tag{3}$$

$Z = 1,\ldots,\mathrm{M},\ i = 1,\ldots,\mathrm{NP},\ k = 1,\ldots,k_{max}$

เมื่อ

$V_{i,j}^k$ คือ ความเร็วของฉลามที่ในมิติที่ต่างกัน

$R1, R2$ คือ แปรสุ่มที่มีค่าอยู่ในช่วง [0,1]

OF คือ สมการของฟังก์ชันเป้าประสงค์

k คือ จำนวนรอบการค้นหาคำตอบซ้ำ

β_k คือ อัตราจำกัดความเร็วของฉลาม

$R3$ คือ ค่าตัวแปรสุ่ม โดยมีค่าอยู่รในช่วง [-1,1]

η_k คือ ค่าบ่งชี้ความสามารถในการทำความเร็วของฉลาม โดยมีค่าอยู่ในช่วง [0,1]

α_k คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเฉื่อยหรืออัตราโมเมนตัม โดยมีค่าอยู่ในช่วง [0,1]

X_i^k คือ ตำแหน่งของฉลามเริ่มต้น

Y_i^{k+1} คือ ตำแหน่งใหม่ของฉลามที่เกิดจากการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

$Z_i^{k+1,m}$ คือ ตำแหน่งใหม่ที่ได้จากการเคลื่อนที่แบบหมุนของฉลาม

V_i^k คือ ความเร็วของฉลามในรอบการค้นหา

Δt_k คือ ตัวระบุช่วงเวลา

3.2 การออกแบบการทดลอง และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

การออกแบบทดลองเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับการออกแบบการจำลองเหตุการณ์หรือสภาพความเป็นจริงให้อยู่ในสภาพที่สามารถควบคุมได้เพื่อทำให้ผู้ออกแบบสามารถศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรนำเข้า (Input Variables) และผลลัพธ์ที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรนำเข้า (Responses) การทดลองมักจะถูกนำมาใช้เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพในการทำงานของระบบ

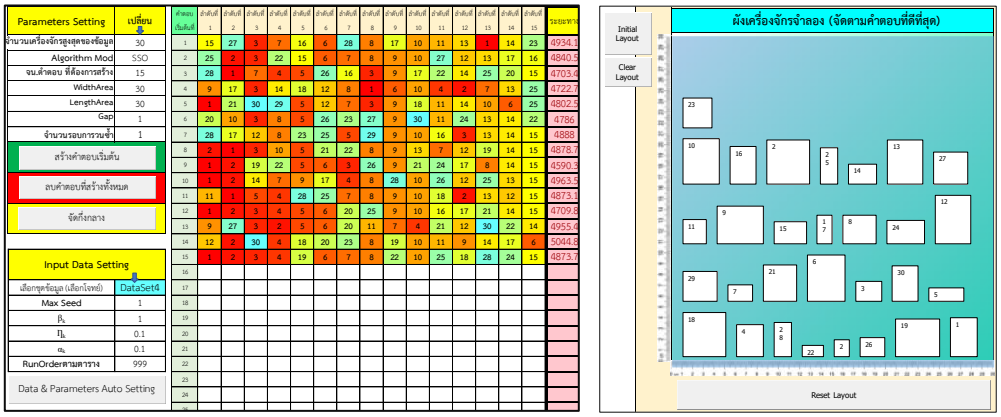
การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล (Factorial Design) เป็นการทดลองที่พิจารณาถึงความเป็นไปได้ของทุกๆ ระดับ (Levels) ของปัจจัย (Factors) ในการทดลองทั้งหมดที่มีความเป็นไปได้ โดยวิธีการออกแบบการทดลองแบบนี้เป็นวิธีการที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพอย่างมากในการค้นหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด (Talbi, 2009) การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล (Factorial Design) สามารถแบ่งได้เป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีการทดลองมีปัจจัยที่สนใจ 2 ปัจจัย และกรณีที่มีปัจจัยในการทดลองมากกว่า 2 ปัจจัย โดยผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ต่อค่าตอบสนองสามารถอธิบายได้จากผลกระทบหลัก (Main Effect) และสามารถอธิบายได้ในแต่ละระดับของปัจจัยหนึ่งใดจะขึ้นกับปัจจัยอื่นๆ ด้วย (Montgomery, 2017)

งานวิจัยในครั้งนี้ได้เลือกใช้การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลสามระดับแบบเต็ม 3^k โดย k คือ จำนวนปัจจัยทั้งหมด ซึ่งถูกแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ ระดับกลาง ระดับสูง สำหรับการสืบค้นค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีการดมกลิ่นของฉลามในการแก้ปัญหาการวางผังเครื่องจักร อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ได้ข้อสรุปในการทดลองที่น่าเชื่อถือนั้นจำเป็นต้องใช้เครื่องมือทางสถิติช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยในงานวิจัยในนี้ใช้วิธีวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) แบบตัวแบบเชิงเส้นทั่วไป (General Linear Model: GLM) ซึ่งมีข้อดีคือ สามารถอธิบายความหมายหรือแปลผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกิดขึ้นจากวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติที่แตกต่างกันให้มีความเชื่อมโยงสอดคล้องกันภายใต้ข้อสรุปที่เป็นไปในทิศทางเดียวกันได้ (พงษ์เดช สารการ และ ฎลกร จำปาหวาย, 2563)

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 การพัฒนาโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผล

การดำเนินการในขั้นตอนนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษา Visual Basic for Application (VBA) ที่ฝังกลไกการทำงานของวิธี SSO เพื่อแก้ MLP ตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์สำหรับประยุกต์ใช้ SSO ในการแก้ไข MLP

ปัญหาการวางผังเครื่องจักรในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยชุดข้อมูล 5 ชุดที่มีความแตกต่างกันในเรื่องของจำนวนเครื่องจักรและผลิตภัณฑ์ ชุดข้อมูลแต่ละชุดจะระบุจำนวนเครื่องจักรและผลิตภัณฑ์ ยกตัวอย่างเช่น ชุดข้อมูล M10P3 หมายความว่า ข้อมูลชุดนี้มีจำนวนเครื่องจักร 10 เครื่อง และมีผลิตภัณฑ์ 3 ผลิตภัณฑ์ที่ต้องดำเนินการผลิต ทั้งนี้ ชุดข้อมูลที่ 1–4 (ชุดข้อมูล M10P3, M20P5, M15P9 และ M30P10) อ้างอิงจาก Nearchou (2006) และชุดข้อมูลที่ 5 (ชุดข้อมูล M30P27) อ้างอิงจาก ณัฏฐพงศ์ คำขาด (2551)

วัตถุประสงค์ของการแก้ปัญหาการวางผังเครื่องจักรในงานวิจัยนี้คือการค้นหาระยะทางการขนถ่ายวัสดุที่ต่ำที่สุด โดยฟังก์ชันเป้าประสงค์แสดงดังสมการที่ (4)

$$Min\ Z \sum_{j=1}^{M}\sum_{i=1}^{M} f_{ij}D_{ij} \quad ; i \neq j \tag{4}$$

เมื่อ M หมายถึงจำนวนเครื่องจักร F หมายถึงความถี่ของการขนถ่ายวัสดุ

i, j หมายถึงลำดับการเรียงตัวของเครื่องจักร D หมายถึงระยะทางระหว่างเครื่องจักร

ข้อตกลงเบื้องต้น (Assumptions) สำหรับปัญหาการวางผังเครื่องจักรในงานวิจัยนี้

1. การจัดเรียงเครื่องจักรจะใช้รูปแบบการจัดเรียงแบบหลายแถว (Multiple Rows Layout)
2. พื้นที่ของโรงงานที่ใช้ในการจัดเรียงเครื่องจักรในงานวิจัยนี้ถูกกำหนดให้เป็นพื้นที่รูปร่างสี่เหลี่ยมมุมฉาก
3. พื้นที่ของเครื่องจักรถูกกำหนดตามความยาวและความกว้างเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก และมีจุดปฏิบัติงานอยู่บริเวณจุดศูนย์กลางของเครื่องจักร และเครื่องจักรทุกเครื่องไม่สามารถหมุนเพื่อเปลี่ยนทิศทางการจัดวางได้
4. ความสูงของเครื่องจักรและความสูงของพื้นที่ที่ใช้ในการจัดเรียงจะไม่นำมาพิจารณา
5. ระบบการขนส่งวัสดุระหว่างเครื่องจักรในระบบการผลิตจะดำเนินการโดยรถขนถ่ายอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicle: AGV) ซึ่งสามารถเคลื่อนที่เป็นแนวตรงในทิศทางที่ขนานกับความกว้างและความยาวของพื้นที่ที่ใช้ในการวางผังเครื่องจักร ทั้งนี้ กระบวนการรับส่งวัสดุด้วยรถ AGV จะคำนวณระยะทางการเคลื่อนที่จากตำแหน่งจุดกึ่งกลางของเครื่องจักรเสมอ
6. เวลาที่ใช้ในกระบวนการขนถ่ายวัสดุ และเวลารอคอยในกระบวนการผลิตจะไม่ถูกนำมาพิจารณา
7. กำหนดให้ขนาดของการสั่งผลิต (Lot Size) มีค่าเท่ากับ 1 ในทุกผลิตภัณฑ์

4.2 ออกแบบการทดลอง (Design of Experiment)

งานวิจัยนี้ดำเนินการออกแบบการทดลองผ่านโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติโดยใช้การทดลองแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบ (Full Factorial Design) การทดลองแบ่งระดับปัจจัยของวิธีการดมกลิ่นของฉลามทั้ง 4 ปัจจัยออกเป็น 3 ระดับ ดังตารางที่ 1 จึงมีการทดลองรวมกัน 81 การทดลอง (มาจาก 3^k โดย k คือ จำนวนปัจจัยทั้งหมด) ทั้งนี้การทดลองมีการทำซ้ำ 5 ครั้ง จึงมีการทดลองรวมทั้งสิ้น 81 x 5 = 405 การทดลองต่อ 1 ชุดข้อมูล

ตารางที่ 1 ปัจจัยและการแบ่งระดับปัจจัยสำหรับการทดลอง

ปัจจัย	ระดับของปัจจัย		
	ต่ำ	กลาง	สูง
จำนวนประชากรฉลาม (NP) / รอบของการค้นหาซ้ำ (K_{max})	25/100	50/50	100/25
อัตราส่วนจำกัดความเร็วของฉลาม (β_k)	1	2	4
ค่าบ่งชี้ความสามารถในการทำความเร็วของฉลาม (η_k)	0.1	0.5	0.9
สัมประสิทธิ์ความเฉื่อย (α_k)	0.1	0.5	0.9

4.3 ทำการทดลองตามลำดับที่ได้ทำการออกแบบ

ขั้นตอนนี้เป็นการดำเนินการทดลองตามลำดับการทดลองที่ได้ทำการออกแบบไว้ผ่านโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผล และทำการบันทึกผลการทดลองเพื่อเตรียมเข้าสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีการทางสถิติต่อไป

4.4 วิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีการทางสถิติ

การวิเคราะห์ผลการทดลองเริ่มจากการวิเคราะห์การกระจายตัวของผลลัพธ์ เพื่อทดสอบว่าผลลัพธ์ดังกล่าวมีการกระจายตัวแบบปกติหรือไม่ก่อนนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) แบบตัวแบบเชิงเส้นทั่วไป (GLM) เพื่อศึกษาว่าปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง รวมถึงการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของวิธีการดมกลิ่นของฉลามทั้ง 4 ค่าที่ทำให้ค่าระยะทางทางการขนถ่ายวัสดุระหว่างเครื่องจักรซึ่งเป็นผลเฉลยของปัญหามีค่าต่ำที่สุด

5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการวิเคราะห์การกระจายตัวของผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง

จากการทำการทดสอบการกระจายตัวผลลัพธ์ของชุดข้อมูลทั้ง 5 ด้วยการทดสอบการกระจายตัวแบบปกติ (Probability Plot) ผ่านโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติที่ร้อยละความเชื่อมั่นเท่ากับ 95

5.2 ผลการวิเคราะห์ผลกระทบระหว่างปัจจัยหลัก และปัจจัยร่วม

ในการวิเคราะห์นั้นจะทำการวิเคราะห์จากค่า P–Value โดยถ้าหากค่า P–Value ของผลกระทบใดมีค่าน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จะสรุปได้ว่าปัจจัยตัวนั้นมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากตารางที่ 2 พบว่าค่า P–Value ของค่าปัจจัยหลักได้แก่การคูณกันระหว่างจำนวนประชากรฉลาม และจำนวนรอบการค้นหาคำตอบซ้ำสูงสุด ($NP*K_{max}$) อัตราส่วนความเร็วจำกัดของฉลาม (β_k) ค่าบ่งชี้ความสามารถในการทำความเร็วของฉลาม (η_k) และค่าสัมประสิทธิ์ความเฉื่อยหรืออัตราโมเมนตัม (α_k) มีค่าน้อยกว่า 0.05 ในชุดข้อมูลที่ 1-5 จึงสรุปได้ว่าค่าปัจจัยหลักดังกล่าวมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 2 ปัจจัยและค่า P–Value ของชุดข้อมูลที่ 1-5

ปัจจัย	ค่า P–Value				
	M10P3	M20P5	M15P9	M30P10	M30P27
NP/K_{max}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
β_k	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
η_k	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
α_k	0.003	0.000	0.023	0.000	0.000
$NP/K_{max}*\beta_k$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$NP/K_{max}*\eta_k$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$NP/K_{max}*\alpha_k$	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
$\beta_k*\eta_k$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
$\beta_k*\alpha_k$	0.044	0.000	0.000	0.000	0.000
$\eta_k*\alpha_k$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$NP/K_{max}*\beta_k*\eta_k$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$NP/K_{max}*\beta_k*\alpha_k$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$NP/K_{max}*\eta_k*\alpha_k$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$\beta_k*\eta_k*\alpha_k$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

อีกทั้งยังพบว่าค่า P–Value ของผลกระทบร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย และผลกระทบร่วมระหว่าง 3 ปัจจัย ค่าน้อยกว่า 0.05 ในทุกชุดข้อมูล จึงสรุปได้ว่าค่าปัจจัยร่วมดังกล่าวมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบ

5.3 สรุปผลการกำหนดค่าพารามิเตอร์ด้วยการวิเคราะห์ GLM

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของวิธีการดังกล่าว พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแบบ (R-Square) ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อผลลัพธ์อยู่ในระดับสูง ทั้งนี้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้วิธีการดมกลิ่นของฉลามในการแก้ไขปัญหาการวางผังเครื่องจักร แสดงได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางสรุปผลการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของแต่ละชุดข้อมูล

ปัจจัย	ชุดข้อมูล				
	M10P3	**M20P5**	**M15P9**	**M30P10**	**M30P27**
NP/K_{max}	50/50	25/100	50/50	25/100	50/50
β_k	1	1	1	1	1
η_k	0.1	0.1	0.9	0.1	0.5
α_k	0.1	0.1	0.9	0.9	0.1

หลังจากสืบทราบรูปแบบการตั้งค่าปัจจัยที่เหมาะสม ผู้วิจัยได้ทำการตั้งค่าปัจจัยตามรูปแบบดังกล่าวเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาการวางผังเครื่องจักร ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ยของระยะทางการขนถ่ายวัสดุมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบการตั้งค่าตามที่ Abedinia et al. (2016) ได้กำหนดค่าพารามิเตอร์ไว้ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบผลเฉลยที่ได้จากการตั้งค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน

ชุดข้อมูล	ค่าพารามิเตอร์ที่ถูกแนะนำไว้		ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม	
	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (เมตร)	**ค่าเฉลี่ย (เมตร)**	**ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (เมตร)**	**ค่าเฉลี่ย (เมตร)**
M10P3	3.37	188.62	2.13	186.69
M20P5	16.66	1348.15	21.02	1,344.51
M15P9	17.02	1432.78	13.02	1,431.05
M30P10	48.08	4286.45	37.91	4,281.22
M30P27	58.96	8398.32	66.08	8,382.45

5.3 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับวิธีการดมกลิ่นของฉลามเพื่อแก้ไขปัญหาการวางผังเครื่องจักร จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ทำให้ทราบว่าค่าพารามิเตอร์ทั้ง 4 ค่าได้แก่ การคูณกันระหว่างจำนวนประชากรฉลามและจำนวนรอบการค้นหาคำตอบซ้ำสูงสุด ($NP*K_{max}$) อัตราส่วนความเร็วจำกัดของฉลาม (β_k) ค่าบ่งชี้ความสามารถในการทำความเร็วของฉลาม (η_k) และค่าสัมประสิทธิ์ความเฉื่อยหรืออัตราโมเมนตัม (α_k)

มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบ ทั้งนี้จากการประยุกต์ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาการวางผังเครื่องจักร พบว่า ประสิทธิภาพการค้นหาคำตอบของวิธีการดมกลิ่นของฉลามมีประสิทธิภาพการค้นหาคำตอบที่ดีขึ้น

6. ข้อเสนอแนะ

การประยุกต์ใช้วิธีการดมกลิ่นของฉลามให้มีประสิทธิภาพสูงสุดควรดำเนินการสืบหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับปัญหาที่ต้องการศึกษาก่อนเสมอ ทั้งนี้งานวิจัยในอนาคตอาจคำนึงถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบของ SSO ด้วยการปรับแต่งกระบวนการค้นหาคำตอบ (Modification) หรือการนำไปผสมผสานกับวิธีการค้นหาคำตอบแบบอื่น (Hybridisation) ด้วยก็ได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณทุนวิจัยคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ 2565 สัญญาเลขที่ R2565C010

8. เอกสารอ้างอิง

ณัฏฐพงศ์ คำขาด. (2551). *การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการพาร์ทิเคิลสวอมออปติไมเซชันและเจเนติกอัลกอริทึมเพื่อการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น.* (วท.ม.), มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

พงษ์เดช สารการ และ ฎลกร จำปาหวาย. (2563). ความครอบคลุมและยืดหยุ่น: ประเด็นที่ควรถูกพิจารณาสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยตัวแบบเชิงเส้นนัยทั่วไปในงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ. *Thai Health Science Journal and community public health, 3* (2).

Abedinia, O., & Amjady, N. (2015). Short-term wind power prediction based on Hybrid Neural Network and chaotic shark smell optimization. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology, 2*(3), 245-254. doi: 10.1007/s40684-015-0029-4

Abedinia, O., Amjady, N., & Ghasemi, A. (2014). A New Metaheuristic Algorithm Based on Shark Smell Optimization. *Complexity, 21*. doi: 10.1002/cplx.21634

Abedinia, O., Amjady, N., & Ghasemi, A. (2016). A new metaheuristic algorithm based on shark smell optimization. *Complexity, 21*(5), 97-116. doi: 10.1002/cplx.21634

Chainate, W., Pongcharoen, P., & Thapatsuwan, P. (2013). Clonal selection of artificial immune system for solving the capacitated vehicle routing problem. *Journal of Next Generation Information Technology, 4*(3), 167-179. doi: 10.4156/jnit.vol4.issue3.20

Chansombat, S., Musikapun, P., Pongcharoen, P., & Hicks, C. (2019). A Hybrid Discrete Bat Algorithm with Krill Herd-based advanced planning and scheduling tool for the capital goods industry. *International Journal of Production Research, 57*(21), 6705-6726. doi: 10.1080/00207543.2018.1471240

Montgomery, D. C. (2017). *Design and analysis of experiments*: John wiley & sons.

Nastase, S., Andrei, C. G., Tica, E. I., Georgescu, S. C., Neagoe, A., & Grecu, I. S. (2019). *Hydropower optimization test-case solved with nature-inspired algorithms.* Paper presented at the 2019 International Conference on ENERGY and ENVIRONMENT, CIEM 2019.

Nearchou, A. C. (2006). Meta-heuristics from nature for the loop layout design problem. *International Journal of Production Economics, 101*(2), 312-328. doi: 10.1016/j.ijpe.2005.02.001

Parika, W., Seesuaysom, W., Vitayasak, S., & Pongcharoen, P. (2014). *Bat algorithm for designing cell formation with a consideration of routing flexibility.* Paper presented at the 2013 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IEEM 2013.

Pongcharoen, P., & Hicks, C. (2004). The development of genetic algorithms for the finite capacity scheduling of complex products, with multiple levels of product structure. *European Journal of Operational Research, 152*, 215-225. doi: 10.1016/S0377-2217(02)00645-8

Pongcharoen, P., Stewardson, D. J., & Hicks, C. (2001). *A Genetic Algorithm for Production Scheduling in the Capital Goods Industry.* (PhD), University of Newcastle upon Tyne.

Rao, Y., Shao, Z., Ahangarnejad, A. H., Gholamalizadeh, E., & Sobhani, B. (2019). Shark Smell Optimizer applied to identify the optimal parameters of the proton exchange membrane fuel cell model. *Energy Conversion and Management, 182*, 1-8. doi: 10.1016/j.enconman.2018.12.057

Sooncharoen, S., Pongcharoen, P., & Hicks, C. (2020). Grey Wolf production scheduling for the capital goods industry. *Applied Soft Computing Journal, 94*. doi: 10.1016/j.asoc.2020.106480

Sooncharoen, S., Vitayasaka, S., Pongcharoena, P., & Hicks, C. (in press). Development of a modified Biogeography-Based Optimisation tool for solving the unequal-sized machine and multi-row configuration facility layout design problem. *ScienceAsia*.

Suliman, Y. M., Yousif, A., & Bashir, M. B. (2019) Shark smell optimization (SSO) algorithm for cloud jobs scheduling. *Vol. 1098 CCIS. Communications in Computer and Information Science* (pp.71-80): Springer.

Talbi, E. G. (2009). *Metaheuristics: From Design to Implementation*: John Wiley and Sons.

Thapatsuwan, P., Pongcharoen, P., Hicks, C., & Chainate, W. (2012). Development of a stochastic optimisation tool for solving the multiple container packing problems. *International Journal of Production Economics, 140*(2), 737-748. doi: 10.1016/j.ijpe.2011.05.012

Thepphakorn, T., & Pongcharoen, P. (2020). Performance improvement strategies on Cuckoo Search algorithms for solving the university course timetabling problem. *Expert Systems with Applications, 161*. doi: 10.1016/j.eswa.2020.113732

Valdez, F., Melin, P., & Castillo, O. (2014). A survey on nature-inspired optimization algorithms with fuzzy logic for dynamic parameter adaptation. *Expert Systems with Applications, 41*(14), 6459-6466. doi: 10.1016/j.eswa.2014.04.015

Vitayasak, S., Pongcharoen, P., & Hicks, C. (2019). Robust machine layout design under dynamic environment: Dynamic customer demand and machine maintenance. *Expert Systems with Applications: X, 3*.

Wei, L. X., Zhao, M. L., Fan, R., & Zhou, H. X. (2019). Parameter tuning of active disturbance rejection control based on ameliorated shark smell optimization algorithm. *Kongzhi yu Juece/Control and Decision, 34*(4), 816-820. doi: 10.13195/j.kzyjc.2017.1302

กลุ่มย่อยที่ 5

วิทยาศาสตร์สุขภาพ

การประมาณอายุจากพัฒนาการของฟันกรามแท้ซี่ที่สาม: เปรียบเทียบการใช้ภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์กับภาพรังสีปกติ

DENTAL AGE ESTIMATION FROM DEVELOPMENT OF THE THIRD MOLAR: COMPARING THE CONE-BEAM COMPUTED TOMOGRAM WITH PLAIN FILM IMAGES

ทพญ.ปนิฐฐา กาบแก้ว
นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมจัดฟัน
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
E-mail: panittha.ka@gmail.com
ผศ.ทพ.ดร.ยสนันท์ จันทรเวคิน
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
E-mail: yosananda@hotmail.com
อาจารย์ ดร.เอดวาร์โด ยูโก ซูซูกิ
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
E-mail: Eduardo.suz@bkkthon.ac.th
รศ.ทพญ.ดร.บุญศิวา ซูซูกิ
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
E-mail: boonsiva.suz@bkkthon.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เปรียบเทียบความสอดคล้องของการประเมินระยะพัฒนาการของฟันโดยใช้ภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์และภาพรังสีปกติ และ (2) เปรียบเทียบอายุจากการคำนวณโดยใช้ระยะพัฒนาการของฟันกรามแท้ซี่ที่สามจากภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์และภาพรังสีปกติ ว่ามีความสอดคล้องกับอายุตามปฏิทินหรือไม่

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาและเป็นการศึกษาแบบย้อนหลัง กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วย ข้อมูลจากภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์และภาพรังสีแพโนรามิก อย่างละ 79 ภาพ จากผู้ป่วยรายเดียวกัน ช่วงอายุตั้งแต่ 12-24 ปี ซึ่งถ่ายไว้ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 ที่คลินิกทันตกรรม มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรีสาขาเชียงใหม่ โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่าง ทำการประเมินระยะพัฒนาการของฟันกรามแท้ซี่ที่สามโดยวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบสหสัมพันธ์ชนิดสเปียร์แมน ทำการคำนวณอายุโดยใช้สูตรของ Thevissen และคณะ แล้วนำอายุที่คำนวณจากฟันกรามแท้ซี่ที่สามในภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์และ

ภาพรังสีปกติกับอายุตามปฏิทินมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบสหสัมพันธ์ชนิดสเปียร์แมน การวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดกระทำโดยแยกเพศชายและเพศหญิง

ผลการวิจัย พบว่าการประเมินระยะพัฒนาการของฟันโดยใช้ภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์และภาพรังสีปกติมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ทั้งเพศชายและเพศหญิง เช่นเดียวกับอายุที่คำนวณจากฟันกรามแท้ซี่ที่สามในภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์และภาพรังสีปกติกับอายุตามปฏิทินมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ทั้งเพศชายและเพศหญิง

คำสำคัญ: ฟันกรามแท้ซี่ที่สาม การประมาณอายุจากฟัน อายุคำนวณ อายุตามปฏิทิน

ABSTRACT

The objectives of this study were (1) to find the congruence of the staging of development of the third molar comparing the cone-beam computed tomogram (CBCT) with plain film images, and (2) to compare the estimated age calculated from the staging of third molar from CBCT and plain film images with chronological age.

In this descriptive and retrospective study, the sample group consisted of 79 cone-beam computed tomogram and panoramic images, each from the same patients, age 12-24 years, taken from August 2017 to December 2020 at Bangkokthonburi University Dental Student Clinic in Chiang Mai, Thailand, using a random sampling method. The developmental stage of the third molar from CBCT was compared to those of plain film using Spearman's rank correlation coefficient. Estimated age calculated from the staging of third molar using the formula of Thevissen et al. and cone-beam computed tomogram and plain film images were compared with chronological age using Spearman's rank correlation coefficient. All data analyses were done separately for males and females.

For the results, the evaluation of the developmental stage of the third molar showed strong positive correlation between the development score from CBCT and plain film radiographs in both males and females ($p = 0.01$). The strong positive correlations between the estimated age from plain film and chronological age were found in both males and females ($p = 0.01$). The strong positive correlations between the estimated age from CBCT radiography and chronological age were found in both males and females ($p = 0.01$).

Keywords: Third Molar, Dental Age Estimation, Estimated Age, Chronological Age

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ในการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน ปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อความสำเร็จของการรักษา คือ ช่วงเวลาที่เหมาะสม ทันตแพทย์จัดฟันจำเป็นต้องประเมินว่าผู้ป่วยอยู่ในช่วงระยะเวลาใดของการเจริญเติบโต บางกรณีจำเป็นต้องให้การรักษาก่อนช่วงที่มีการเจริญเติบโตสูงที่สุด ในขณะที่การรักษาบางอย่างจำเป็นให้พ้นช่วงเวลาดังกล่าวไปก่อน อายุทางชีวภาพ (biological age) บางครั้งอาจมีความแตกต่างจากอายุตามปฏิทิน (chronological age) (Rhrich1 และ Aghoutan, 2019) โดยอาจมีปัจจัยต่างๆมาเกี่ยวข้อง ทั้งปัจจัยทางกรรมพันธุ์และปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม (Li และคณะ, 2020)

การประมาณอายุโดยใช้ฟัน (dental age estimation) เป็นการประเมินอายุทางชีวภาพแบบหนึ่ง ซึ่งสามารถกระทำได้ทั้งการประเมินลักษณะทางกายภาพ การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและลักษณะที่ปรากฏในภาพรังสี โดยเทคนิคที่สามารถนำมาใช้ทางคลินิกนั้นเป็นการประเมินลักษณะทางภาพรังสี ในขณะที่การประเมินลักษณะทางกายภาพและการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีจะมีประโยชน์ในทางนิติทันตวิทยา (forensic dentistry) (Panchbhai, 2011; Puranik และคณะ, 2015)

การประมาณอายุโดยใช้ฟันนั้นมีหลายเทคนิค เช่น วิธีของเดเมอร์เจียน (Demirjian's method) วิธีของนอลลา (Nolla's method) และวิธีของกลีเซอร์และฮันต์ (Gleiser and Hunt's method) (Puranik และคณะ, 2015) ซึ่งแต่ละเทคนิคจะมีความแม่นยำที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ฟันแต่ละซี่จะมีช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการประมาณอายุที่แตกต่างกัน โดยฟันกรามแท้ซี่ที่สาม (third molar) จะเริ่มมีการสะสมแร่ธาตุและปรากฏในภาพรังสีตั้งแต่ช่วงอายุประมาณ 7-10 ปี มีการสร้างรากฟันที่สมบูรณ์ที่อายุประมาณ 18-25 ปี และคงอยู่ตลอดชีวิต (Rhrich1 และ Aghoutan, 2019) ฟันซี่ดังกล่าวจึงเหมาะที่จะใช้ประมาณอายุในช่วงวัยรุ่นถึงวัยผู้ใหญ่ตอนต้น

สำหรับการศึกษาเกี่ยวกับการประมาณอายุโดยใช้ฟันในประเทศไทยนั้นมีรายงานการศึกษาความถูกต้องของค่าจุดตัดคามีเรียร์สำหรับฟันกรามล่างแท้ซี่ที่สามที่ใช้ในการประมาณอายุ 18 ปี (Vongrasameejaroon และ Kunotai, 2019) และพบข้อจำกัดของการใช้ภาพรังสีปกติในการประเมินปลายรากฟันอันเนื่องมาจากตำแหน่งมีการซ้อนทับและมีการพัฒนาของรากฟันที่หลากหลาย (variation) ทำให้ไม่สามารถประเมินลักษณะปลายรากฟันได้หรือส่งผลให้วัดค่าได้คลาดเคลื่อน การประเมินพัฒนาการของฟันกรามแท้ซี่ที่สาม และการประมาณอายุโดยใช้ภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์อาจให้ความละเอียดและแม่นยำสูงในการวัดค่าต่างๆ ที่สนใจในการศึกษา

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบความสอดคล้องของการประเมินระยะพัฒนาการของฟันโดยใช้ภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์และภาพรังสีปกติและเปรียบเทียบอายุจากการคำนวณโดยใช้ระยะพัฒนาการของฟันกรามแท้ซี่ที่สามจากภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์และภาพรังสีปกติว่ามีความสอดคล้องกับอายุตามปฏิทินหรือไม่

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) เปรียบเทียบความสอดคล้องของการประเมินระยะพัฒนาการของฟันโดยใช้ภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์และภาพรังสีปกติ

(2) เปรียบเทียบอายุจากการคำนวณโดยใช้ระยะพัฒนาการของฟันกรามแท้ซี่ที่สามจากภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์และภาพรังสีปกติว่ามีความสอดคล้องกับอายุตามปฏิทินหรือไม่

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประมาณอายุโดยใช้ฟันเป็นการประเมินอายุทางชีวภาพแบบหนึ่ง ซึ่งเทคนิคที่สามารถนำมาใช้ทางคลินิกคือการประเมินโดยใช้ภาพรังสี โดยช่วงอายุที่มีความสำคัญทางคลินิกสำหรับงานทันตกรรมจัดฟันเป็นช่วงวัยรุ่นต่อเนื่องถึงวัยผู้ใหญ่ตอนต้น โดยเริ่มมีการรายงานตั้งแต่ปี ค.ศ. 1941 (Schour และ Massler, 1941) ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งระยะพัฒนาการของฟันแท้และฟันน้ำนมในประชากรอายุตั้งแต่ 4 เดือน ถึง 21 ปี ออกเป็น 21 ระยะ โดยไม่ได้แบ่งเป็นการประเมินอายุของเพศชายและหญิง ซึ่งเป็นข้อจำกัด เนื่องจากเพศชายและเพศหญิงมีพัฒนาการของร่างกายไม่พร้อมกัน ทำให้เทคนิคที่มีการพัฒนาขึ้นมาหลังจากนั้นมักมีการวิเคราะห์แยกระหว่าง

เพศชายและเพศหญิง เช่น เทคนิคของนอลลา (Nolla, 1960) หรือเทคนิคของคาเมอเรียร์ (Cameriere, 2006) ซึ่งประเมินการปิดของรากฟันตั้งแต่ฟันตัดแท้ซี่กลางไปจนถึงฟันกรามแท้ซี่ที่สองล่างซ้าย ผู้วิจัยได้เสนอสูตรจากการวิเคราะห์ถดถอย (regression formula) ว่า อายุ = 8.971 + 0.375g + 1.631x5 + 0.674N0 -1.034s – 0.176sN0 โดยค่า g เป็นตัวแปรของเพศ (gender) ซึ่งกำหนดให้เพศชายเท่ากับ 1 และเพศหญิงเท่ากับ 0 ค่า s เป็นผลรวม (sum) ของระยะรากฟันที่เปิดที่ผ่านกระบวนการปรับค่ามาตรฐาน (normalize) แล้ว ส่วนค่า N0 เป็นจำนวนฟันที่มีการสร้างรากฟันสมบูรณ์

ผู้ที่อยู่ในวัยผู้ใหญ่ตอนต้นจะมีพัฒนาการของรากฟันตั้งแต่ฟันตัดแท้ซี่กลางไปจนถึงฟันกรามแท้ซี่ที่สองอย่างค่อนข้างสมบูรณ์ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะมีเฉพาะฟันกรามแท้ซี่ที่สาม ซึ่งโดยทั่วไปจะขึ้นมาในช่องปากที่ช่วงอายุประมาณ 17-21 ปี นอกจากนี้มีผู้วิจัยบางรายศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงขนาดของโพรงประสาทฟัน เช่น เทคนิคของควัลล์ (Kvaal, 1995) ซึ่งสร้างสมการที่ใช้คำนวณอายุ เท่ากับ 129.8 – (316.4 x m)(6.8 X [W-L]) โดยค่า m หมายถึงค่าเฉลี่ย (mean) ของสัดส่วนทั้งหมด W-L หมายถึงผลต่างระหว่างความกว้างกับความสูงของโพรงประสาทฟัน

สำหรับการใช้พัฒนาการของฟันกรามแท้ซี่ที่สามในการประมาณอายุนั้น จากการทบทวนพบว่ามีเทคนิคที่นิยมใช้อยู่ 3 เทคนิคด้วยกัน เทคนิคแรก คือ การประเมินการปิดของรากฟันของคาเมอเรียร์ซึ่งเริ่มมีรายงานตั้งแต่ปี ค.ศ. 2008 โดย Cameriere และคณะได้ศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคดังกล่าวกับเทคนิคของเดเมอร์เจียนในการประมาณอายุคนผิวขาวที่มีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป (Cameriere และคณะ, 2008) และได้ใช้เทคนิคนี้ในการทดสอบค่าจุดตัดเพื่อแบ่งกลุ่มผู้ที่มีอายุมากและน้อยกว่า 18 ปี และพบว่าสามารถแบ่งกลุ่มได้เป็นอย่างดี ในปี ค.ศ. 2019 Vongrasameejaroon และ Kunotai ได้ใช้เทคนิคนี้ในการทดสอบค่าจุดตัดเพื่อแบ่งกลุ่มอายุ 18 ปีในคนไทย (Vongrasameejaroon และ Kunotai, 2019) พบว่าค่าดังกล่าวมีความไว (sensitivity) เท่ากับ 60.7% ในเพศหญิง และ 45.8% ในเพศชาย มีความจำเพาะ (specificity) เท่ากับ 87.5% ในเพศหญิง และ 93.9% ในเพศชาย

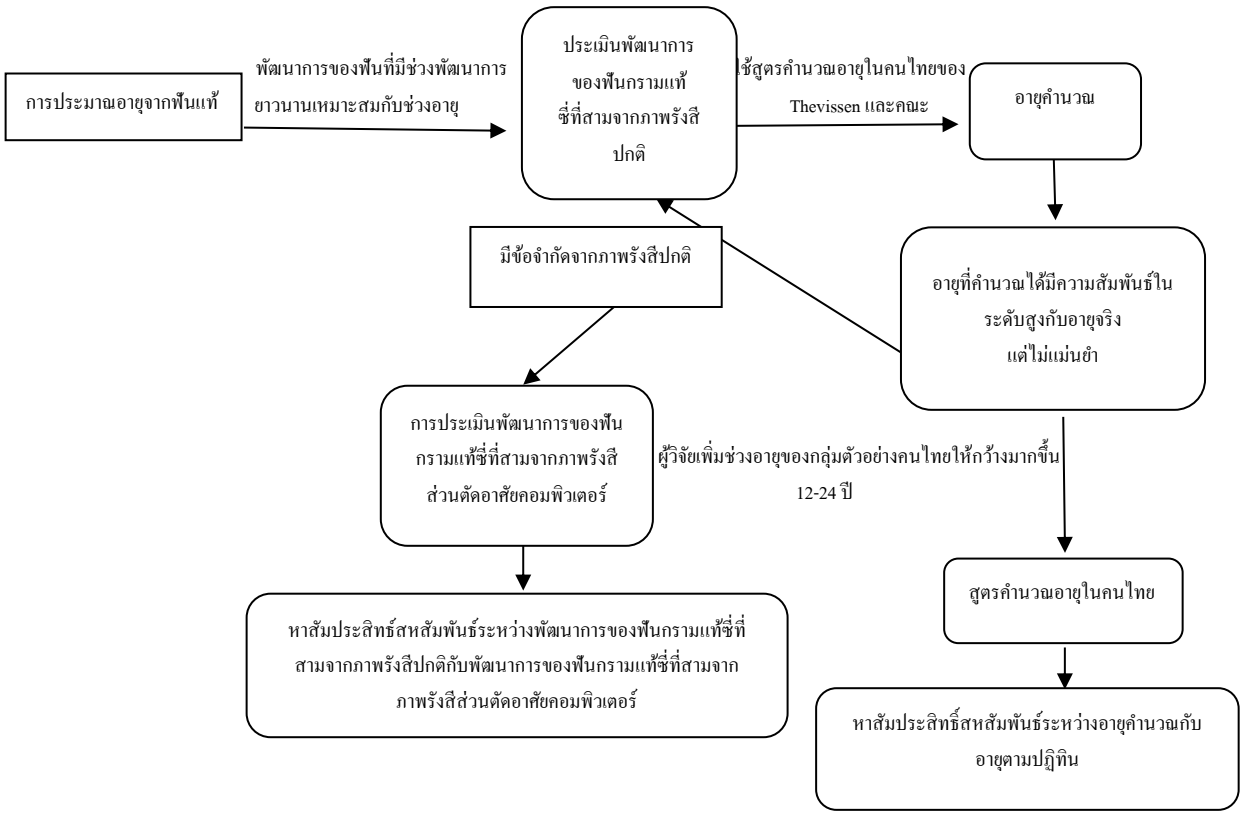
การประมาณอายุโดยพิจารณาจากระยะพัฒนาการของฟันโดยเทคนิคของเดเมอร์เจียนมีการแบ่งพัฒนาการออกเป็น 8 ระยะตั้งแต่ A ถึง H (Demirjian, 1973) ส่วนเทคนิคของกลีเซอร์และฮันต์ (Gleiser และ Hunt, 1955) ปรับปรุงโดยโคห์เลอร์ (Kohler, 1994) แบ่งพัฒนาการออกเป็น 10 ระยะตั้งแต่ระยะที่ 1 ถึง 10 โดยมีการศึกษาในกลุ่มประชากรไทยหลายการศึกษา เช่น งานวิจัยของ Thevissen และคณะซึ่งได้ทำการทดสอบเทคนิคของกลีเซอร์และฮันต์ปรับปรุงโดยโคห์เลอร์ และพัฒนาสูตรที่ใช้ในการคำนวณอายุในประชากรไทย (Thevissen และคณะ, 2009) ส่วน Duangto และคณะได้ใช้เทคนิคของเดเมอร์เจียนในการประมาณอายุคนไทย ตั้งแต่ช่วงวัยเด็ก วัยรุ่น จนถึงวัยผู้ใหญ่ (Duangto และคณะ, 2016)

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Wongwanatpong และคณะซึ่งได้ศึกษาเปรียบเทียบความแม่นยำของเครื่องมือในการประมาณอายุด้วยเทคนิคของเดเมอร์เจียนเปรียบเทียบกับเทคนิคของกลีเซอร์และฮันต์ปรับปรุงโดยโคห์เลอร์ (Wongwanatpong และคณะ, 2020) พบว่าการประมาณอายุด้วยวิธีเดเมอร์เจียนมีความใกล้เคียงกับอายุตามปฏิทิน ในขณะที่เทคนิคของกลีเซอร์และฮันต์ปรับปรุงโดยโคห์เลอร์ อายุที่คำนวณได้มีความสอดคล้องในทิศทางเดียวกันกับอายุตามปฏิทิน แต่มีค่ามากกว่าอายุตามปฏิทิน

นอกจากผลการศึกษาที่พบว่าอายุของคนไทยที่คำนวณจากสูตรมีความสอดคล้อง แต่ขาดความแม่นยำแล้วปัญหาที่พบอีกประการคือการประเมินพัฒนาการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณปลายรากฟัน มักพบลักษณะแปรผันทำให้การกำหนดระยะ หรือการวัดการปิดของรูปลายรากฟันโดยเทคนิคของคาเมอเรียร์จากภาพรังสีปกติ

ซึ่งเป็นภาพ 2 มิติมีความคลาดเคลื่อน จึงเป็นที่มาของการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งทำการศึกษาจากภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ (ภาพ 3 มิติ) ว่าจะมีความแม่นยำสูงกว่าภาพรังสีปกติหรือไม่

3.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

3.3 สมมติฐานการวิจัย

1. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แสดงความสัมพันธ์ในระดับสูงระหว่างพัฒนาการของฟันกรามแท้ซี่ที่สามจากภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์และพัฒนาการของฟันกรามแท้ซี่ที่สามจากภาพรังสีปกติ
2. อายุจากการคำนวณมีความสอดคล้องกับอายุตามปฏิทิน

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยเชิงพรรณนาและเป็นการศึกษาแบบย้อนหลัง

4.2 ประชากรและตัวอย่าง

ใช้ข้อมูลภาพรังสีแพโนรามิกและภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์อย่างละ 79 ภาพ จากผู้ป่วยคนเดียวกันช่วงอายุตั้งแต่ 12-24 ปี ซึ่งถ่ายไว้ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 ที่คลินิกทันตกรรมมหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี สาขาเชียงใหม่ โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่าง

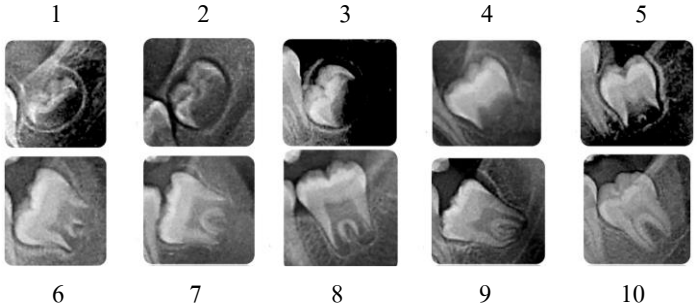
4.3 เครื่องมือวิจัย

กระดาษลอกลาย (tracing paper) จออ่านภาพรังสี (view box) และดินสอ

4.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เป็นการสังเกต (observation) และเก็บรวบรวมข้อมูลส่วนตัว เช่น ชื่อ-นามสกุล เพศ อายุ วันเดือนปีเกิด วันที่ถ่ายภาพรังสี และมีการใช้ภาพถ่ายรังสีจากฐานข้อมูลของผู้ป่วยที่มารับบริการที่คลินิกทันตกรรม มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรีสาขาเชียงใหม่ โดยทำการประเมินระยะการพัฒนาของฟันกรามล่างแท้ซี่ที่สาม โดยวิธีของกลีเซอร์และฮันต์ปรับปรุงโดยโคห์เลอร์ ในทั้งภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์และภาพรังสีปกติ ดังแสดงรูปที่ 2 และ 3

รูปที่ 2 แสดงภาพระนาบต่างๆ ของฟันกรามแท้ล่างซ้ายซี่ที่สามซี่เดียวกันจากภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3 แสดงระยะการพัฒนาของฟันกรามแท้ล่างซี่ที่สามจากภาพรังสีปกติ
โดยวิธีของกลีเซอร์และฮันท์ปรับปรุงโดยโคห์เลอร์

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ความน่าเชื่อถือของผู้ประเมินกระทำโดยสถิติแคปปา ในส่วนของการวัดความสอดคล้องของผู้ประเมินกระทำโดยสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (intraclass correlation) ตัวอย่าง หาความสอดคล้องของการประเมินระยะพัฒนาการของฟันกรามแท้ซี่ที่สามของทั้ง 2 เทคนิคโดยวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบสหสัมพันธ์ชนิดสเปียร์แมน ทำการคำนวณอายุโดยใช้สูตรที่เคยมีรายงาน (Thevissen และคณะ, 2009) แล้วนำอายุที่คำนวณจากฟันกรามแท้ซี่ที่สามในภาพรังสีรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์และภาพรังสีปกติกับอายุตามปฏิทินมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบสหสัมพันธ์ชนิดสเปียร์แมน การวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดกระทำโดยแยกเพศชายและหญิง

5. ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ภาพรังสีทั้งแบบปกติและภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ในผู้ป่วยจำนวน 79 ราย พบมีพัฒนาการของฟันกรามแท้ซี่ที่สามในระยะต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 ความน่าเชื่อถือของผู้ประเมินกระทำโดยสถิติแคปปามีค่าเท่ากับ 0.854 ในภาพรังสี 2 มิติและมีค่าเท่ากับ 0.941 ในภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ ในส่วนของการวัดความสอดคล้องของผู้ประเมินกระทำโดยสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้นมีค่าเท่ากับ 0.912 ในภาพรังสี 2 มิติและมีค่าเท่ากับ 0.946 ในภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์

ตารางที่ 1 แสดงพัฒนาการของฟันกรามแท้ซี่ที่สามในระยะต่างๆจากทั้งภาพรังสีแบบปกติและภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์

ระยะพัฒนาการ	จำนวนซี่ 18 ที่พบจากภาพรังสี		จำนวนซี่ 28 ที่พบจากภาพรังสี		จำนวนซี่ 38 ที่พบจากภาพรังสี		จำนวนซี่ 48 ที่พบจากภาพรังสี	
	ปกติ	CBCT	ปกติ	CBCT	ปกติ	CBCT	ปกติ	CBCT
2	1	0	0	0	0	0	0	0
3	5	1	4	0	7	2	8	1
4	6	4	5	6	5	4	3	4
5	7	8	8	10	5	6	5	6
6	12	12	10	9	8	6	13	7
7	13	8	11	11	16	14	11	12
8	7	10	13	9	8	13	13	10
9	9	6	7	7	17	13	12	11
10	10	7	9	4	5	3	4	4
รวม	70	56	67	56	71	61	69	55

ทำการทดสอบความสอดคล้องระหว่างระยะพัฒนาการของฟันกรามแท้ซี่ที่สาม เมื่อวิเคราะห์จากภาพรังสีปกติกับภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ โดยทำการวิเคราะห์แยกระหว่างเพศชายและเพศหญิง พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) อยู่ในช่วงตั้งแต่ $r = 0.597$- 0.817 ในเพศชายเรียงลำดับตามค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากน้อยไปมาก ได้แก่ ฟันกรามล่างขวาซี่ที่สาม ($r = 0.597$) ฟันกรามล่างซ้ายซี่ที่สาม ($r = 0.639$) ฟันกรามบนขวาซี่ที่สาม ($r = 0.713$) และฟันกรามบนซ้ายซี่ที่สาม ($r = 0.817$) ส่วนในเพศหญิงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในช่วงตั้งแต่ $r = 0.740$ -0.867 เรียงลำดับตามค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากน้อยไปมาก ได้แก่ ฟันกรามบนขวาซี่ที่สาม ($r = 0.740$) ฟันกรามบนซ้ายซี่ที่สาม ($r = 0.754$) ฟันกรามล่างซ้ายซี่ที่สาม ($r = 0.793$) และฟันกรามล่างขวาซี่ที่สาม ($r = 0.867$); $p = 0.01$

เมื่อใช้สูตรคำนวณอายุ จาก Thevissen et al.[18] โดยใช้ระยะพัฒนาการของฟันกรามแท้ซี่ที่สาม ที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพรังสีปกติ ได้ค่าเฉลี่ยของอายุคำนวณเพศหญิงเท่ากับ 18.43 +/- 1.77 ปี ค่าเฉลี่ยของอายุคำนวณเพศชายเท่ากับ 18.95 +/-1.82 ปี ในขณะที่อายุตามปฏิทินได้ค่าเฉลี่ยของอายุเพศหญิงเท่ากับ 18.64 +/- 2.74 ปี ค่าเฉลี่ยของอายุเพศชายเท่ากับ 20.37 +/-2.82 ปี การนำอายุคำนวณจากฟันกรามแท้ซี่ที่สามในภาพรังสีปกติและอายุตามปฏิทินมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบสหสัมพันธ์ชนิดสเปียร์แมนพบว่า อายุคำนวณจากฟันกรามแท้ซี่ที่สามในภาพรังสีปกติและอายุตามปฏิทินมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น

ร้อยละ 99 ทั้งเพศชายและเพศหญิงโดยค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างอายุคำนวณที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพรังสีปกติกับอายุตามปฏิทินในเพศชายเท่ากับ 0.603 (strong positive relationship) ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ระหว่างอายุคำนวณกับอายุตามปฏิทินในเพศหญิงเท่ากับ 0.603 (strong positive relationship); $p = 0.01$

เมื่อใช้การวิเคราะห์ภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ได้ค่าเฉลี่ยของอายุคำนวณเพศหญิงเท่ากับ 18.57 +/- 1.55 ปี ค่าเฉลี่ยของอายุคำนวณเพศชายเท่ากับ 18.91 +/-1.52 ปี การนำอายุคำนวณจากฟันกรามแท้ซี่ที่สามและอายุตามปฏิทินในภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบ สหสัมพันธ์ชนิดสเปียร์แมนพบว่า อายุคำนวณจากฟันกรามแท้ซี่ที่สามในภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์และอายุตามปฏิทินมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ทั้งเพศชายและเพศหญิง และค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างอายุคำนวณที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์กับอายุตามปฏิทินในเพศชายเท่ากับ 0.558 (strong positive relationship) ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ระหว่างอายุคำนวณกับอายุตามปฏิทินในเพศหญิงเท่ากับ 0.686 (strong positive relationship); $p = 0.01$

6. อภิปรายผล

การศึกษาเปรียบเทียบความสอดคล้องของการประเมินระยะพัฒนาการของฟันกรามแท้ซี่ที่สามโดยใช้ภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์และภาพรังสีปกติ และการเปรียบเทียบอายุจากการคำนวณจากฟันกับอายุตามปฏิทินในงานวิจัยครั้งนี้กระทำในกลุ่มตัวอย่างมีช่วงอายุตามปฏิทินระหว่าง 12-24 ปี เนื่องจากเป็นกลุ่มส่วนใหญ่ที่มารับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลแยกเพศชาย เพศหญิง เพราะเพศหญิงมีการเจริญเติบโตเร็วกว่าเพศชาย

จากการศึกษาของ Wongwanatpong และคณะพบว่าการประมาณอายุโดยวิธีของกลีเซอร์และฮันต์ปรับปรุงโดยโคห์เลอร์มีค่าความไวมากกว่าวิธีเดเมอร์เจียนทั้งในฟันซี่ 38 และ 48 ดังนั้นการประมาณอายุโดยวิธีของกลีเซอร์และฮันท์ปรับปรุงโดยโคห์เลอร์สามารถใช้ตรวจคัดกรองบุคคลเบื้องต้นในปริมาณมากๆ ได้ดี (Wongwanatpong และคณะ, 2020) นอกจากนั้นมีหลายงานวิจัยทำในช่วงอายุใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่ผู้วิจัยต้องการศึกษา การประมาณอายุโดยใช้ฟันกรามแท้ซี่ที่สามทำให้การทำนายอายุได้ช่วงกว้างขึ้นและพยายามปรับปรุงให้มีความแม่นยำมากขึ้น และพบว่าระยะพัฒนาการของฟันกรามแท้ซี่ที่สามมีความสัมพันธ์กับอายุและให้ความแม่นยำที่สุดในการประมาณอายุเมื่อเทียบกับเกณฑ์การวัดอื่น (Thevissen และคณะ, 2009; Thevissen และคณะ, 2011; Thevissen และคณะ, 2012)

ผลการศึกษาพบว่าการประเมินระยะพัฒนาการของฟันกรามแท้ซี่ที่สามโดยใช้ภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์มีความสอดคล้องกันกับภาพรังสีปกติ ดังนั้นการประเมินระยะพัฒนาการของฟันเพื่อประมาณอายุจึงสามารถใช้ภาพรังสีปกติได้ อย่างไรก็ตามพบว่าภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์จะสามารถประเมินระยะพัฒนาการของฟันได้ดีกว่าภาพรังสีปกติในกรณีตำแหน่งของรากฟันมีการบิดหมุน ล้มเอียงหรือมีสิ่งบดบัง การใช้ภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นภาพรังสีสามมิติทำให้ผู้วิจัยสามารถประเมินรากฟันได้ทุกระนาบแต่มีข้อจำกัดในเรื่องปริมาณรังสีที่มากกว่าภาพรังสีทางทันตกรรมทั่วไปและมีราคาแพงกว่า กรณีที่ผู้ป่วยมีภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์อยู่แล้วถือเป็นผลดี แต่หากไม่มีก็สามารถใช้ภาพรังสีปกติทดแทนได้

จากผลการศึกษาอายุคำนวณทั้งจากภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์และภาพรังสีปกติมีความสอดคล้องกับอายุตามปฏิทิน แต่มีความคลาดเคลื่อนไม่แม่นยำซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาก่อนหน้านี้ (Wongwanatpong และคณะ, 2020) ซึ่งใช้สูตรของ Thevisson และคณะ ดังนั้นการเลือกประชากรที่ศึกษาควรเพิ่ม

ความจำเพาะของภูมิลำเนาประชากร รวมทั้งเพิ่มจำนวนและการกระจายของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละช่วงอายุให้มากขึ้นก็อาจจะทำให้การพัฒนาสูตรคำนวณอายุมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

ในส่วนของการประเมินอายุจากฟันในการศึกษานี้ใช้ฟันทั้งฟันบนและล่างเพื่อเปรียบเทียบให้ครอบคลุม ทั้งนี้เพราะฟันบนมักถูกโครงสร้างใบหน้าบดบังมากกว่าฟันล่าง ส่วนฟันด้านซ้ายและขวาในกระดูกขากรรไกรเดียวกันมีระยะพัฒนาการที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับรายงานก่อนหน้านี้ (Raungpaka, 1988) ทำให้สามารถเลือกฟันด้านซ้ายหรือขวาทดแทนฟันอีกด้านที่ไม่ชัดเจนหรือหายไปได้ การประเมินอายุจากฟันจากสูตรของ Thevissen และคณะ ซึ่งเป็นสูตรที่เหมาะกับกลุ่มตัวอย่างคนไทยอายุ 15-24 ปี แต่ในการศึกษานี้มีช่วงอายุของกลุ่มตัวอย่างกว้างกว่า จึงอาจมีผลต่อการแปลผล โดยอายุที่คำนวณได้มักต่ำกว่าอายุตามปฏิทินในทั้งสองเพศ การเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่าง และพิจารณาสร้างสูตรใหม่อาจทำให้การแปลผลมีความถูกต้องและใช้ประโยชน์ได้ในวงกว้างมากยิ่งขึ้น

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

(1) กลุ่มตัวอย่างในการศึกษานี้น้อยและการกระจายกลุ่มตัวอย่างตามช่วงอายุต่ำ การนำผลการศึกษาไปใช้อาจต้องพิจารณาร่วมกับการศึกษาอื่นๆ ที่ใกล้เคียง

(2) การประเมินอายุจากฟันจากสูตรของ Thevissen และคณะ เป็นสูตรที่เหมาะกับกลุ่มตัวอย่างคนไทยอายุ 15-24 ปี แต่ในการศึกษานี้มีช่วงอายุของกลุ่มตัวอย่างกว้างกว่า จึงควรระมัดระวังในการนำผลการศึกษาไปใช้

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรทำการวิจัยสร้างสูตรคำนวณโดยใช้สมการถดถอย แล้วทดสอบสูตรคำนวณอายุในคนไทย และหาอัตราร้อยละของผู้ป่วยที่สามารถใช้อายุฟันในการคำนวณหาอายุตามปฏิทิน เพื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นประโยชน์กับสาขาวิชาชีพอื่นๆ

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ที่สามารถดำเนินการและสำเร็จลุล่วงไปได้ดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และทุนสนับสนุนงานวิจัยจากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี และผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อ.ดร.ศุกลรัตน์ อิงชาติเจริญ ที่กรุณาให้คำปรึกษาด้านสถิติ ความรู้ ข้อคิด คำแนะนำและปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนงานวิจัยสำเร็จเรียบร้อยด้วยดี

9. เอกสารอ้างอิง

Cameriere, R., Ferrante, L., & Cingolani, M. (2006). Age estimation in children by measurement of open apices in teeth. *Int J Legal Med, 120*, 49–52.

Cameriere, R., Ferrante, L., De Angelis, D., Scarpino, F., & Galli, F. (2008). The comparison between measurement of open apices of third molars and Demirjian stages to test chronological in living subjects. *Int J Legal Med, 122*, 493–497.

Demirjian, A., Goldstein, H., & Tanner, J.M. (1973). A new system of dental age assessment. *Hum Biol, 45*, 211–27.

Duangto, P., Iamaroon, A., Prasitwattanaseree, S., Mahakkanukrauh, P., & Janhom, A. (2017). New models for age estimation and assessment of their accuracy using developing mandibular third molar teeth in a Thai population. *Int J Legal Med*, *131*(2), 559-68.

Gleiser, I., Hunt, E. (1955). The permanent mandibular first molar: its calcification, eruption and decay. *Am J Phys Anthropol, 13*(2), 253–83.

Kohler, S., Schmelzle, R., Loitz, C., & Pschel, K. (1994). Development of wisdom teeth as a criterion of age determination. *Ann Anat, 176*(4),339–45.

Kvaal, S.I., Kolltveit, K.M., Thomsen, I.O., & Solheim, T. (1995). Age estimation of adults from dental radiographs. *Forensic Sci Int*, *74*, 175-85.

Li, S., Nguyen, T.L., & Wong, E.M. (2020). Genetic and environmental causes of variation in epigenetic aging across the lifespan. *Clin Epigenet, 12*(158), 1-12.

Nolla, C.M. (1960). The development of permanent teeth. *J Dent Children*, *27*, 254-266.

Panchbhai, A.S. (2011). Dental radiographic indicators, a key to age estimation. *Dentomaxillofac Radiol, 40*, 199- 212.

Puranik, M., Priyadarshini, C., & Uma, S. (2015). Dental age estimation methods: a review. *Int J Advanced Health Sci*, *1*, 19-25.

Raungpaka, S. (1988). The study of tooth-development age of Thai children in Bangkok. *J Dent Assoc Thai*, *38*, 72-80.

Rhrich1, F., & Aghoutan, H. (2019). *Embryological development of human molars DOI*: http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.85703

Schour, I., & Massler, M. (1941). Development of human dentition. *J Am Dent Assoc*, *20*, 379-427.

Thevissen, P.W., Pittayapat, P., Fieuws, S., & Willems, G. (2009). Estimating age of majority on third molars developmental stages in young adults from Thailand using a modified scoring technique. *J Forensic Sci, 54*(2), 428-32.

Thevissen, P.W., Fieuws, S., & Willems, G. (2011). Third molar development: measurements versus scores as age predictor. *Arch Oral Biol, 56*, 1035–40.

Thevissen, P.W., Galiti, D., & Willems G. (2012). Human dental age estimation combining third molar(s) development and tooth morphological age predictors. *Int J Legal Med,* http:// DOI 10.1007/s00414-012-0755-x

Vongrasameejaroon, W., & Kunotai, W. (2019). Accuracy of Cameriere's cut-off value for lower third molar in assessing 18 year of age in Thai population. *Thai J Oral Maxillofac Surg*, *33*(1),20-9.

Wongwanatpong, S., Kunotai, W., & Pornsumalee, J. (2020). The accuracy between measurement of Demirjian method and Gleiser and Hunt method modified by Kohler to test chronological age of 18 years old in Thai population. *Thai J Oral Maxillofac Surg, 34*(2), 104-17.

ผลของนมอัลมอนด์ นมวัว นมข้าว นมถั่วเหลืองต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในชาดำชนิดอิงลิชเบรกฟาสต์วัดโดยวิธี DPPH

EFFECT OF ALMOND MILK, COW'S MILK, RICE MILK, SOY MILK ON ANTIOXIDANT CAPACITY IN ENGLISH BREAKFAST TEA MEASURED BY DPPH ASSAY

สัจจพร อินทร์นิพัฒน์
สำนักเวชศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
E-mail: kungkang.inn@hotmail.com
ดร.กานต์ วงศ์ศุภสวัสดิ์
สำนักเวชศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
E-mail: karnt.won@mfu.ac.th

บทคัดย่อ

ชาเป็นเครื่องดื่มที่มีประโยชน์ทางสุขภาพเนื่องมาจากสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นหนึ่งในเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมมาก ผู้ดื่มส่วนหนึ่งชื่นชอบการเติมนมลงในชา อย่างไรก็ตามการเติมนมลงในชาอาจ ส่งผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชา เนื่องจากโปรตีนในนมอาจทำปฏิกิริยากับสารโพลีฟีนอลในใบชาที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญของชา การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อประเมินผลของการเติมนม ได้แก่ นมอัลมอนด์ นมวัว นมข้าว หรือนมถั่วเหลือง ต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชาดำชนิดอิงลิชเบรกฟาสต์ ทดลองโดยวัดปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดของตัวอย่างชา 200 มิลลิลิตร เทียบกับตัวอย่างชาที่เติมนมชนิดต่างๆ และวัดค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างชาที่เติมนมแต่ละชนิดด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) antioxidant assay ผลการศึกษาพบว่า การเติมนมชนิดต่างๆ ลงในชาชนิดอิงลิชเบรกฟาสต์ ไม่ได้เปลี่ยนแปลงปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สรุป สามารถใช้นมอัลมอนด์ นมวัว นมข้าว หรือนมถั่วเหลือง ในการเติมชาอิงลิชเบรกฟาสต์ได้โดยไม่ทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชาลดลง

คำสำคัญ: ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ, ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด, ชาดำ, นม, DPPH

ABSTRACT

Tea, which has various health benefits due to its antioxidant capacity, is a popular beverage worldwide. In Thailand, drinking tea has become more popular these days, and many people like drinking tea with the addition of milk. However, adding milk to tea infusion may interfere with the antioxidant capacity of tea as tea polyphenols which are the main antioxidant may interact with the protein in milk. This study focused on assessing the

consequence of the addition of different kinds of milk, including almond milk, cow's milk, rice milk, and soy milk, on antioxidant of tea infusion. In this study, the total polyphenol content of English breakfast tea infusion 200 ml with and without the addition of 50 mL of each milk was analyzed then 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) antioxidant assay was used to measure the antioxidant capacity of each tea sample. The result shown that English breakfast tea infusion with or without each type of milk, either total polyphenol content or antioxidant capacities measured by DPPH assay, do not change significantly. The data indicated that almond milk, cow's milk, rice milk, or soy milk could be added to English breakfast tea without decreasing the antioxidant capacity of tea.

Keywords: Antioxidant Capacity; Total Polyphenol Content; Black Tea; Milk; DPPH

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ชาเป็นหนึ่งในเครื่องดื่มสุขภาพที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก และยังมีประโยชน์ทางสุขภาพมากมาย ชามีสารโพลีฟีนอลสูง ซึ่งเป็นสารสำคัญในชาที่ทำให้ชามีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ สารอนุมูลอิสระในร่างกายมาจากกระบวนการเผาผลาญเพื่อสร้างพลังงาน และปัจจัยภายนอก เช่น มลภาวะ การสูบบุหรี่ กระบวนการอักเสบ ส่งผลต่อการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์ และทำให้เกิดโรคเรื้อรังได้ การบริโภคชาจึงส่งผลในการลดโรคเรื้อรัง เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง และมะเร็ง (Serafini และคณะ, 2011) สารโพลีฟีนอลในชาพบได้ในชาเขียวและชาดำซึ่งเป็นชาสองชนิดที่เป็นที่นิยมและเป็นที่รู้จัก มีสารฟลาโวนอลที่แตกต่างกันเป็นองค์ประกอบ ในขั้นตอนการผลิตชาเขียว ใบชาจะถูกอบไอน้ำทันทีหลังจากเก็บใบชาเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารโพลีฟีนอล ในกระบวนการผลิตชาดำ ใบชาจะผ่านกระบวนการหมักด้วยเอนไซม์โดยทำให้โครงสร้างในระดับเซลล์ของใบชาแตกออก และทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของใบชาก่อนที่จะอบแห้ง ในขั้นตอนนี้สารโพลีฟีนอลหลักที่พบในใบชาซึ่งประกอบด้วยเอพิคาเทชิน (epicatechin, EC) เอพิคาเทชินกัลเลต (epicatechin gallate, ECG) เอพิกัลโลคาเทชิน (epigallocatechin, EGC) และเอพิกัลโลคาเทชินกัลเลต (epigallocatechin gallate, EGCG) จะถูกเปลี่ยนเป็นสารโพลีฟีนอลในกลุ่มทีอะเฟลวิน (theaflavins) และกลุ่มทีอะรูบิจิน (thearubigins) ที่มีความหนาแน่นมากขึ้นโดยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Del Rio และคณะ, 2004)

องค์ประกอบของชาดำแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันได้มาก ขึ้นกับกระบวนการเตรียมใบชาและกระบวนการหมัก (Graham, 1992) คาเทชินและทีอะเฟลวินในชาดำมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยคาเทชินสามารถยับยั้งการสร้างอนุมูลอิสระด้วยการเป็นสารให้อิเล็กตรอน และยังสามารถจับกับไอออนโลหะในร่างกายและกำจัดอนุมูลอิสระได้ (Rice-Evans และคณะ, 1996) ส่วนทีอะเฟลวินสามารถยับยั้งการสร้างสารที่เกิดจากออกซิเจน (reactive oxygen species) ด้วยการกำจัดอนุมูลอิสระเช่นเดียวกับคาเทชิน

ในประเทศไทย มีความนิยมดื่มชานมมากขึ้น และมีการเติมนมชนิดต่างๆ ลงในชา รวมทั้งนมวัว และนมจากพืช แต่การเติมนมในชาอาจมีผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชา เนื่องจากโพลีฟีนอลที่เป็นสารสำคัญในชาสามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีนในนมและส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของชา และทำให้ประโยชน์ทางสุขภาพจากการดื่มชาลดลง

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อวิเคราะห์ผลของการเติมนมอัลมอนด์ นมวัว นมข้าว หรือนมถั่วเหลือง ต่อปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อวัดโดยการจับอนุมูลอิสระ DPPH ของชาดำชนิดอิงลิชเบรกฟาสต์ ก่อนและหลังเติมนมชนิดต่างๆ

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทดลองด้วยการใช้ fluorescence quenching พบว่าโปรตีนเคซีนในนมสามารถทำปฏิกิริยากับแทนนินซึ่งเป็นสารโพลีฟีนอลที่พบในชา (El-Din และคณะ, 2015) การเติมโปรตีนอัลฟาเคซีนที่พบในนมวัวลดปฏิกิริยาต้านอนุมูลอิสระของสารโพลีฟีนอลในชาเมื่อวัดโดย ABTS (2,2-azinobis-(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) free radical scavenging assay ลงร้อยละ 11-27 (Bourassa และคณะ, 2013) Ryan และ Petit (2010) เปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชาหลังจากเติมนมไขมันเต็ม นมพร่องมันเนย และนมขาดมันเนยในชา โดยวัดด้วย ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay พบว่า การเติมนมขาดมันเนยลดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชามากกว่านมพร่องมันเนยและนมไขมันเต็ม จากข้อมูลเบื้องต้นพบว่าโปรตีนในนมวัวสามารถทำปฏิกิริยากับสารโพลีฟีนอลในชาและส่งผลให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชาลดลง ทั้งนี้การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการเติมนมจากพืชชนิดต่าง ๆ กับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชายังมีน้อย

ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดวัดด้วยวิธีการวิเคราะห์ด้วยการวัดสี (colorimetric method) โดยใช้ Folin–Ciocalteu reagent ตามขั้นตอนของ ISO 14502-1:2005 Folin–Ciocalteu reagent เมื่อทำปฏิกิริยากับโพลีฟีนอลจะให้สารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงิน ซึ่งวัดค่าดูดกลืนแสงได้ที่ความยาวคลื่น 765 nm ทั้งนี้ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดจะคำนวณโดยการเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลาย Gallic acid ซึ่งเป็นสารโพลีฟีนอลที่พบได้ในพืช ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดคำนวณจากสมการ

$$\text{Total polyphenol content} = \frac{(As - b) \times Vs \times DF \times 100}{m \times Ws \times 10000 \times DM}$$

As = ค่าดูดกลืนแสงที่ 765 nm ของตัวอย่าง

b = ค่าจุดตัดแกน Y ของกราฟมาตรฐาน (Y- intercept)

Vs = ปริมาตรสารสกัด (250 ml)

DF = Dilution factor (100)

m = ความชันของกราฟมาตรฐาน

Ws = น้ำหนักตัวอย่างชา (g)

DM = % Dry matter content

รายงานผลวิเคราะห์ปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดในหน่วย % w/w dry basis (Ainsworth และ Gillespie, 2007)

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ สามารถวัดด้วยการวิเคราะห์ความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ซึ่งเป็นสารอนุมูลอิสระที่เสถียรและมีอิเล็กตรอนอิสระอยู่ในโมเลกุลทำให้เกิดสีม่วงวัดได้ด้วยการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm เมื่อทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระ สีม่วงจะ

จางลง (Molyneux, 2004 และ Ainsworth และ Gillespie, 2007) ทั้งนี้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจะคำนวณโดยการเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลาย Trolox ซึ่งเป็นอนุพันธุ์ของวิตามินอีที่ละลายน้ำได้ดีและมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระคำนวณจากการสร้างกราฟ

มาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของ Trolox (μM) กับ % Inhibition หาค่าความชัน (m) และค่าจุดตัดแกน Y (b) จากนั้นจึงนำค่า % Inhibition ของตัวอย่างชามาเทียบเป็นความเข้มข้นของ Trolox (C) ในหน่วย μM แล้วจึงคำนวณความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH

$$\text{\% Inhibition} = \frac{(\text{Abs. control} - \text{Abs. sample}) \times 100}{\text{Abs. control}}$$

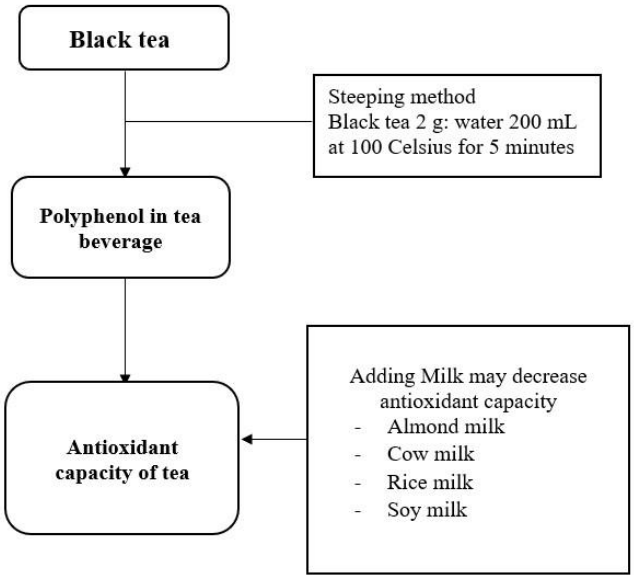
$$\text{ความเข้มข้นของ Trolox (C) ในหน่วย } \mu\text{M} = \frac{(\text{\% Inhibition} - b)}{m}$$

$$\text{ความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH} = \frac{C \times Vs \times DF \times 100}{1{,}000 \times Ws \times DM}$$

Abs	=	ค่าดูดกลืนแสงที่ 517 nm ของตัวอย่าง
b	=	ค่าจุดตัดแกน Y ของกราฟมาตรฐาน (Y- intercept)
C	=	ความเข้มข้นของ Trolox ในหน่วย μM
Vs	=	ปริมาตรสารสกัด (250 ml)
DF	=	Dilution factor (50)
m	=	ความชันของกราฟมาตรฐาน
Ws	=	น้ำหนักตัวอย่างชา (g)
DM	=	% Dry matter content

รายงานผลวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในหน่วย μmol Trolox/1 g dry basis (Molyneux, 2004 และ Ainsworth และ Gillespie, 2007)

3.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

3.3 สมมติฐานการวิจัย

การเติมนมอัลมอนด์ นมวัว นมข้าว หรือนมถั่วเหลือง จะทำให้ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดที่วัดได้และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อวัดโดยการจับอนุมูลอิสระ DPPH ของชาดำชนิดอิงลิชเบรกฟาสต์ลดลง

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 แบบแผนการวิจัย

การวิเคราะห์ผลปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อวัดโดยการจับอนุมูลอิสระ DPPH ทำในห้องปฏิบัติการของสถาบันชาและกาแฟแห่งมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ซึ่งผ่านมาตรฐาน ISO/IEC 17025

4.2 ชาและนมที่ใช้ในการวิจัย

ชาดำอิงลิชเบรกฟาสต์ นมอัลมอนด์ นมวัว นมข้าว และนมถั่วเหลือง ซื้อจากตลาดสรรพสินค้าในประเทศ ข้อมูลทาโภชนาการของนมแต่ละชนิด แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทางโภชนาการของนมแต่ละชนิดที่ใช้ในงานวิจัย

	นมอัลมอนด์	**นมวัว**	**นมข้าว**	**นมถั่วเหลือง**
หนึ่งหน่วยบริโภค, มิลลิลิตร	180	250	250	250
พลังงานทั้งหมด, กิโลแคลลอรี่	60	160	127	123
ไขมันทั้งหมด, กรัม	5	9	2.75	8.5
ไขมันอิ่มตัว, กรัม	1	5	0.25	1
โคเลสเตอรอล, มิลลิกรัม	0	30	ไม่พบ	ไม่พบ
โปรตีน, กรัม	2	8	0.75	7.5
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด, กรัม	2	12	24.7	3.75
ใยอาหาร, กรัม	0	0	0	ไม่พบ
น้ำตาล, กรัม	0	11	13	1.5
โซเดียม, มิลลิกรัม	15	85	145	40
แคลเซียม, มิลลิกรัม	0	240	6.75	300
วิตามินเอ, ไมโครกรัม อาร์ อี	360	64	N/A	N/A
วิตามินบี 1, มิลลิกรัม	0.45	0.09	N/A	N/A
วิตามินบี 2, มิลลิกรัม	0.85	0.425	N/A	N/A
โฟเลต , ไมโครกรัม	120	N/A	N/A	N/A
วิตามินอี, มิลลิกรัมแอลฟา-ที อี	2	N/A	N/A	N/A
เหล็ก, มิลลิกรัม	0	0	N/A	N/A

วิตามินเอ อาร์ อี (RE) = Retinol equivalent, วิตามินอี แอลฟา-ที อี (α-TE) = α-Tocopherol equivalent,
N/A = ไม่มีข้อมูลปรากฏ

4.3 การเตรียมตัวอย่างชา

ตัวอย่างชาที่ใช้ในงานวิจัยเตรียมในห้องปฏิบัติการ โดยใช้ชาดำอิงลิชเบรกฟาสต์ 2 กรัม น้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร ต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 5 นาที จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปรับปริมาตรเป็น 200 มิลลิลิตร กลุ่มตัวอย่างที่ 1 เติมด้วยน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร กลุ่มตัวอย่างที่ 2 เติมด้วยนมอัลมอนด์ 50 มิลลิลิตร กลุ่มตัวอย่างที่ 3 เติมด้วยนมวัว 50 มิลลิลิตร กลุ่มตัวอย่างที่ 4 เติมด้วยนมข้าว 50 มิลลิลิตร กลุ่มตัวอย่างที่ 5 เติมด้วยนมถั่วเหลือง 50 มิลลิลิตร แต่ละกลุ่มตัวอย่างทำการทดลองซ้ำ 4 ครั้ง

4.4 การวิเคราะห์ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด

เตรียมสารละลาย gallic acid มาตรฐาน ความเข้มข้น 1,000 µg/mL จากนั้นเจือจางให้ได้สารละลาย gallic acid ที่ความเข้มข้น 10, 20, 40, 60, 80 และ 100 µg/mL นำสารละลาย gallic acid ที่เจือจางแล้วมาผสมกับ Folin–Ciocalteu phenol reagent (10% v/v) 5 mL และ Na_2CO_3 7.5% (w/v) 4 mL

นำตัวอย่างชาทั้ง 5 กลุ่มที่เตรียมจาก 4.3 มาเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 1:100 จากนั้นนำไปผสมกับ Folin–Ciocalteu phenol reagent (10% v/v) 5 mL และ Na_2CO_3 7.5% (w/v) 4 mL เช่นเดียวกับ gallic acid

ตั้งสารทั้งหมดทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (photoabsorption) ความยาวคลื่น 765 nm สร้างกราฟมาตรฐานโดยใช้ค่าการดูดกลืนแสงของ gallic acid 6 ความเข้มข้น จากนั้นเทียบค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างชากับค่าที่ได้จากกราฟมาตรฐาน และคำนวณเป็นปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดของตัวอย่างชา

4.5 การวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อวัดโดยการจับอนุมูลอิสระ DPPH

เตรียมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 60 µmol และสารละลาย Trolox (6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400, 600, 800 และ 1,000 µmol

ผสมสารละลาย Trolox แต่ละความเข้มข้น 50 ไมโครลิตร กับสารละลาย DPPH 1.95 mL เจือจางตัวอย่างชาทั้ง 5 กลุ่มที่เตรียมจาก 4.3 กลุ่มละ 4 ตัวอย่างให้ได้ความเข้มข้น 1:50 จากนั้นนำตัวอย่างชาที่เจือจางแล้ว 50 ไมโครลิตร ไปผสมกับสารละลาย DPPH 1.95 mL

ตั้งสารทั้งหมดทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืด 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm สร้างกราฟมาตรฐานโดยใช้ค่าการดูดกลืนแสงของ Trolox 6 ความเข้มข้น จากนั้นคำนวณค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างชาโดยเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้กับค่าที่ได้จากกราฟมาตรฐาน

4.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผู้วิจัยเปรียบเทียบปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชาและชานมในแต่ละกลุ่ม โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่ม โดยกำหนดให้ค่า p-value < 0.05 แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตั้งสมมติฐานว่าแต่ละกลุ่มมีการกระจายแบบปกติ และค่าความแปรปรวนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

5. ผลการวิจัย

ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดของตัวอย่างชา แสดงในตารางที่ 2 พบว่า ตัวอย่างของชา ซึ่งได้แก่ ชาอิงลิชเบรกฟาสต์ที่ไม่ได้เติมนม ชาอิงลิชเบรกฟาสต์ที่เติมนมอัลมอนด์ ชาอิงลิชเบรกฟาสต์ที่เติมนมวัว ชาอิงลิชเบรกฟาสต์ที่เติมนมข้าว และชาอิงลิชเบรกฟาสต์ที่เติมนมถั่วเหลือง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.189)

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อวัดโดยการจับอนุมูลอิสระ DPPH แสดงในตารางที่ 3 ผู้วิจัยวิเคราะห์ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของกลุ่มตัวอย่างชาชนิดต่าง ๆ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน ไม่พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.234).

ตารางที่ 2 ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด แสดงเป็น % weight/weight dry basis โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐาน gallic acid

	Total polyphenol (% w/w dry basis)					
Sample	**#1**	**#2**	**#3**	**#4**	**mean**	**SD**
ชาอิงลิชเบรกฟาสต์ + น้ำกลั่น	11.06	12.82	10.68	11.47	11.51	0.93
ชาอิงลิชเบรกฟาสต์ + นมอัลมอนด์	11.18	11.51	10.99	12.06	11.43	0.47
ชาอิงลิชเบรกฟาสต์ + นมวัว	9.07	10.79	11.65	10.23	10.43	1.08
ชาอิงลิชเบรกฟาสต์ + นมข้าว	10.38	10.21	9.90	11.32	10.45	0.61
ชาอิงลิชเบรกฟาสต์ + นมถั่วเหลือง	11.76	10.59	10.78	10.32	10.86	0.63

ตารางที่ 3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อวัดโดยการจับอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างชา ในหน่วย µmol Trolox/1 g dry basis โดยใช้สารละลายมาตรฐาน Trolox

Sample	DPPH-Radical scavenging activity (µmol Trolox/1 g dry basis)					
	#1	#2	#3	#4	mean	SD
ชาอิงลิชเบรกฟาสต์ + น้ำกลั่น	2392.22	2375.44	1999.33	2245.22	2253.05	181.46
ชาอิงลิชเบรกฟาสต์ + นมอัลมอนด์	2297.27	2434.49	2023.07	1847.90	2150.68	264.57
ชาอิงลิชเบรกฟาสต์ + นมวัว	2176.59	2011.68	2019.61	1759.16	1991.76	172.66
ชาอิงลิชเบรกฟาสต์ + นมข้าว	2126.47	1755.58	1986.13	1961.30	1957.37	152.92
ชาอิงลิชเบรกฟาสต์ + นมถั่วเหลือง	2177.27	2250.99	2051.30	1874.04	2088.40	164.98

6. อภิปรายผล

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในชาอิงลิชเบรกฟาสต์หลังจากเติมนมชนิดต่างกันสามารถเรียงจากมากไปน้อย ดังนี้ ชาอิงลิชเบรกฟาสต์ ชาอิงลิชเบรกฟาสต์ที่เติมนมอัลมอนด์ ชาอิงลิชเบรกฟาสต์ที่เติมนมถั่วเหลือง ชาอิงลิชเบรกฟาสต์ที่เติมนมข้าว และชาอิงลิชเบรกฟาสต์ที่เติมนมวัว อย่างไรก็ตามปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในชาแต่ละกลุ่มตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของกลุ่มตัวอย่างชา สามารถเรียงจากมากไปน้อยได้ดังนี้ ชาอิงลิชเบรกฟาสต์ ชาอิงลิชเบรกฟาสต์ที่เติมนมอัลมอนด์ ชาอิงลิชเบรกฟาสต์ที่เติมนมถั่วเหลือง ชาอิงลิชเบรกฟาสต์ที่เติมนมวัว และชาอิงลิชเบรกฟาสต์ที่เติมนมข้าว และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน

การศึกษาด้านผลของการเติมนมกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชาในอดีตมีทั้งที่พบว่าการเติมนมไม่มีผลใดๆ หรือมีผลเพิ่มขึ้นหรือลดลงโดยขึ้นกับวิธีที่ใช้ในการวัด หรือมีผลลดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยในการศึกษานี้ ผู้วิจัยวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวัดการจับอนุมูลอิสระ DPPH ในชาดำชนิดอิงลิชเบรกฟาสต์

Kyle และคณะ (2007) พบว่าการเติมนมลงในชาดำไม่ส่งผลต่อปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในเลือดของอาสาสมัครเมื่อวัดที่ 80 นาทีหลังดื่มชา van der Burg-Koorevaar และคณะ (2011) ทำการทดลองเพื่อประเมินผลของการเติมนมลงในชาดำต่อปริมาณคาเทชินที่ถูกดูดซึมในอาสาสมัคร พบว่าการเติมนมไม่ได้ทำให้ปริมาณคาเทชินในพลาสมาของอาสาสมัครเปลี่ยนแปลง โดยอธิบายว่าสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างโพลีฟีนอลกับโปรตีนในนมอาจถูกย่อยระหว่างการย่อยอาหาร การเติมนมลงในชาจึงไม่ลดปริมาณคาเทชินในพลาสมาจึงไม่มีผลลดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชา

การศึกษาโดย Bourassa และคณะ (2013) แสดงให้เห็นว่าการเติมโปรตีนอัลฟาเคซีนในโพลีฟีนอลจากชาส่งผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารโพลีฟีนอลโดยขึ้นกับวิธีที่ใช้วัด ซึ่งความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารโพลีฟีนอลลดลงเมื่อวัดด้วย ABTS free radical scavenging และ voltammetry ในทางตรงข้ามเมื่อวัดด้วยวิธี lipid peroxidation inhibition พบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น Saovapakhiran และคณะ (2015) พบว่าการเติมนมลงในชาอูหลงส่งผลให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชาอูหลงลดลงเมื่อวัดด้วยวิธี ABTS free radical scavenging method และ cellular antioxidant activity assay ในทางตรงข้าม ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชาอูหลงเพิ่มขึ้นเมื่อวัดด้วยวิธี ferrous ion-chelating assay

Ryan และ Petit (2009) ศึกษาผลของการเติมนมวัวปริมาตร 10, 15 และ 20 มิลลิลิตร กับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชาดำ 200 มิลลิลิตร พบว่าการเติมนมทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชาดำที่วัดด้วยวิธี ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay ลดลง และพบว่าเมื่อใช้นมปริมาตรมากขึ้น ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชาดำยิ่งลดลงมากขึ้น แสดงให้เห็นว่าปริมาณของนมที่มากขึ้นส่งผลให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชาลดลงยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ชนิดของโพลีฟีนอลในชาและชนิดของโปรตีนในนมก็ส่งผลต่อปฏิกิริยาระหว่างสารโพลีฟีนอลกับโปรตีนในนมเช่นกัน Hasni และคณะ (2011) พบว่าสารโพลีฟีนอลที่สกัดจากชาสามารถจับกับทั้งอัลฟาเคซีนและเบตาเคซีนได้ โดยที่เบตาเคซีนจับกับโพลีฟีนอลได้สารประกอบเชิงซ้อนที่แข็งแรงกว่าอัลฟาเคซีน สารโพลีฟีนอลที่มีหมู่ -OH มากกว่าสามารถจับกับเคซีนได้มากกว่า ชาแต่ละชนิดยังมีสารโพลีฟีนอลเป็นองค์ประกอบที่แตกต่างกัน โพลีฟีนอลที่พบเป็นสารหลักในชาเขียวคือ EC, ECG, EGC และ EGCG ในขณะที่โพลีฟีนอลที่พบเป็นสารหลักในชาดำคือทีอะเฟลวินและทีอะรูบิจิน (Del Rio และคณะ, 2004) เนื่องจากใบชาผลิตมาจากพืชตระกูลชา (*Camellia sinensis*) สภาพแวดล้อม เช่น แสงสว่าง อุณหภูมิ น้ำ และสารอาหาร มีผลต่อคุณภาพของใบชา (Hajiboland, 2017) ชาชนิดเดียวกันจากสถานที่ปลูกที่แตกต่างกันจึงมีสารโพลีฟีนอลที่เป็นองค์ประกอบและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน (Zhao และคณะ, 2019) ชาดำที่มาจากแหล่งผลิตที่แตกต่างกันจึงมีสารโพลีฟีนอลแตกต่างกันและอาจทำให้ทำปฏิกิริยากับโปรตีนในนมแตกต่างกัน

การศึกษานี้พบว่าปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลงหลังจากมีการเติมนมชนิดต่างๆ แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างชากับโปรตีนในนมมีความแตกต่างกันได้ โดยขึ้นกับอัตราส่วนของปริมาณนมที่เติมลงในชา ชนิดของนม ชนิดของชา และวิธีการวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ แม้ว่าจะมีการศึกษาในอดีตที่บ่งชี้ว่าโปรตีนในนมสามารถทำปฏิกิริยากับสารโพลีฟีนอลในชา การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการเติมนมทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ นมอัลมอนด์ นมวัว นมข้าว หรือนมถั่วเหลืองในอัตราส่วนนม 50 มิลลิลิตร และชา 200 มิลลิลิตร ไม่ลดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชาดำชนิดอิงลิชเบรกฟาสต์เมื่อวัดด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

การศึกษานี้พบว่าการเติมนมอัลมอนด์ นมวัว นมข้าว หรือนมถั่วเหลือง ไม่ส่งผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชา ผู้ที่ต้องการดื่มชาเพื่อคาดหวังคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสามารถดื่มชานมได้ อีกทั้งนมอัลมอนด์ นมข้าว และนมถั่วเหลือง สามารถใช้แทนนมวัวได้ในผู้ที่ไม่ดื่มนมวัวโดยไม่รบกวนคุณสมบัติของชาในการต้านอนุมูลอิสระ

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยต่อไปอาจทำได้โดย

(1) ใช้วิธีการอื่นในการวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชา

(2) ศึกษาปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนในนมจากพืชและสารโพลีฟีนอลในชาเพิ่มเติม

8. กิตติกรรมประกาศ

เครื่องมือและสารที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจากห้องปฏิบัติการของสถาบันชาและกาแฟแห่งมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ขอบคุณ ดร.ภญ.อาริยา สาริกะภูติ และ รศ.ดร.วงเดือน ปั้นดี สำหรับคำแนะนำที่มีคุณค่าอย่างยิ่งในขณะที่ทำการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้ทำวิจัยไม่มีผลประโยชน์ใดๆ ที่ได้รับจากการทำวิจัยครั้งนี้ งานวิจัยนี้ไม่ได้รับค่าตอบแทนหรือผลประโยชน์อื่นใดจากหน่วยงานของรัฐ เอกชน หรือองค์กรไม่แสวงหากำไรใดๆ

9. เอกสารอ้างอิง

Ainsworth, E. A., & Gillespie, K. M. (2007). Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin–Ciocalteu reagent. *Nature Protocols, 2*(4), 875-877.

Bourassa, P., Côté, R., Hutchandani, S., Samson, G., & Tajmir-Riahi, H. A. (2013). The effect of milk alpha-casein on the antioxidant activity of tea polyphenols. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 128*, 43-49.

Del Rio, D., Stewart, A. J., Mullen, W., Burns, J., Lean, M. E., Brighenti, F., & Crozier, A. (2004). HPLC-MSn analysis of phenolic compounds and purine alkaloids in green and black tea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52*(10), 2807-2815.

El-Din, H. M., El-Messery, T. M., Mehanna, N. S., Ali, A. A., & Hassan, Z. M. (2015). Interaction between some plants tannins and milk protein. *International Journal of Food and Nutritional Sciences, 4*(1), 16-20.

Graham, H. G. (1992). Green tea composition, and polyphenol chemistry. *Preventive Medicine, 21*(3), 334-350.

Hajiboland, R. (2017). Environmental and nutritional requirements for tea cultivation. *Folia Horticulturae, 29*(2), 199-220.

Hasni, I., Bourassa, P., Hamdani, S., Samson, G., & Tajmir-Riahi, H. (2011). Interaction of milk α- and β-caseins with tea polyphenols. *Food Chemistry, 126*(2), 630-639.

ISO 14502-1:2005. Determination of substances characteristic of green and black tea – Part 1: Content of total polyphenols in tea – colorimetric method using Folin–Ciocalteu reagent. International Organization for Standardization

Kyle, J., Morrice, P., McNeill, G., & Duthie, G. (2007). Effects of infusion time and addition of milk on content and absorption of polyphenols from black tea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55*(12), 4889-4894.

Molyneux, P. (2003). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology, 26*(2), 211-219.

Rice-Evans, C., Miller, N., & Paganga, G. (1996). Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology & Medicine, 20*(7), 933-956.

Ryan, L., & Petit, S. (2010). Addition of whole, semiskimmed, and skimmed bovine milk reduces the total antioxidant capacity of black tea. *Nutrition Research, 30*(1), 14-20.

Saovapakhiran, A., Phongsawanit, S., Maneeratprasert, T., Lertsiri, S., & Deetae, P. (2015). Determination of the effects of adding milk and sugar on the antioxidant capacity of oolong tea by chemical and cell culture-based antioxidant assays. *Chiang Mai Journal of Science, 42*, 699-711.

Serafini, M., Del Rio, D., Yao, D. N., Bettuzzi, S., & Peluso, I. (2011). Health benefits of tea. In I. F. F. Benzie & S. Wachtel-Galor (Eds.*), Herbal medicine: Biomolecular and clinical aspects* (2nd ed., pp. 239-261). CRC Press.

van der Burg-Koorevaar, M., Miret, S., & Duchateau, G. (2011). Effect of milk and brewing method on black tea catechin bioaccessibility. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59*(14), 7752-7758.

Zhao, C. N., Tang, G. Y., Cao, S. Y., Xu, X. Y., Gan, R. Y., Liu, Q., Mao, Q. Q., Shang, A., & Li, H. B. (2019). Phenolic profiles and antioxidant activities of 30 tea infusions from green, black, oolong, white, yellow and dark teas. *Antioxidants, 8*(7), 215.

ความสามารถในการเข้าสู่เซลล์ของเชื้อเอนเทอโรคอคคัส ฟีคาลิส สายพันธุ์ที่แยกได้จากคลองรากฟันที่ล้มเหลวจากการรักษา

CELL INTERNALIZATION OF *E. FAECALIS* ISOLATED FROM FAILED ROOT CANAL TREATED TEETH

พัสวี โอวาทพารพร[*1], เกวลิน ธรรมสิทธิ์บูรณ์[2], รวี เถียรไพศาล[3]

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา

Email: mimiipassawee@gmail.com

บทคัดย่อ

Enterococcus faecalis (*E. faecalis*) เป็นเชื้อที่พบว่ามีความเกี่ยวข้องกับการติดเชื้อในฟันที่ล้มเหลวจากการรักษา ซึ่งประกอบด้วย 2 สายพันธุ์คือสายพันธุ์ที่ไม่สามารถย่อยสลายเม็ดเลือดแดง (non-hemolytic) และสายพันธุ์ที่สามารถย่อยสลายเม็ดเลือดแดง (hemolytic) คุณสมบัติหนึ่งที่อาจเป็นปัจจัยก่อโรคสำคัญของเชื้อ คือ ความสามารถในการเกาะติด (total adhesion) และเข้าสู่เซลล์ (internalization) โดยอาจทำให้เชื้อแบคทีเรียสามารถหลบหลีกระบบภูมิคุ้มกันของโฮสต์ และต้านทานต่อยาปฏิชีวนะหรือสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดเชื้อ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเกาะติดและเข้าสู่เซลล์เคอราติโนไซต์ (keratinocyte cell line H357) ระหว่างเชื้อ *E. faecalis* สายพันธุ์ที่แยกได้ทางคลินิก ชนิด non-hemolytic และ hemolytic ด้วย Microplated-based cell invasion assay โดยเลี้ยงเชื้อ *E. faecalis* จำนวน 10^8 CFU/ml ร่วมกับ keratinocyte cell line (H357) บ่มเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นทำการนับจำนวนแบคทีเรียที่เกาะติดและเข้าสู่เซลล์

ผลการศึกษาพบว่า *E. faecalis* สายพันธุ์ hemolytic มีค่าความสามารถในการเกาะติดเซลล์โดยรวม (total adhesion) และค่าความสามารถในการเข้าสู่เซลล์ (internalization) สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับสายพันธุ์ non-hemolytic (91.05±0.72 และ 77.89±2.67 ($p = 0.000$); 73.80±4.61 และ 36.11±2.70 ($p = 0.000$) ตามลำดับ) ในขณะที่สายพันธุ์ non-hemolytic สามารถเกาะติดภายนอกเซลล์ (externalization)ได้มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (41.77±2.88 และ 18.34±5.12; $p = 0.000$ ตามลำดับ)

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า สายพันธุ์ hemolytic สามารถเกาะติดและเข้าสู่เซลล์ได้ดีกว่าสายพันธุ์ non-hemolytic ซึ่งเป็นไปได้ว่า *E. faecalis* ทั้ง 2 สายพันธุ์อาจมีความสามารถในการก่อโรคที่แตกต่างกัน โดยมีผลจากความต่างของความสามารถดังกล่าว ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาต่อไป

คำสำคัญ: *E. faecalis*, การเข้าสู่เซลล์, hemolytic, non-hemolytic

ABSTRACT

Enterococcus faecalis (*E. faecalis*) is a microorganism commonly detected in persistent endodontic infections. Hemolytic and non-hemolytic strains of *E. faecalis* have been previously isolated. Cell adhesion and internalization could be one of the important virulent factors of microorganisms that allow the pathogen to evade

or subvert host immune response and to gain antibiotic resistance. This study aimed to evaluate total adhesion, internalization, and externalization ability of non-hemolytic and hemolytic *E. faecalis* using Microplated-based cell invasion assay. *E. faecalis* (10^8 CFU/ml) were added on a monolayer of keratinocyte cell line (H357) and incubated for 1 hour. Cell adhesion and internalization were assessed.

The results showed that hemolytic *E. faecalis* strains yielded significantly higher total adhesion and internalization ability than non-hemolytic strains (91.05±0.72 and 77.89±2.67 (p = 0.000); 73.80±4.61 and 36.11±2.70 (p = 0.000), respectively) while non-hemolytic strains yielded significantly higher in externalization than hemolytic strains. (41.77±2.88 and 18.34±5.12 (p = 0.000), respectively)

In conclusion, hemolytic *E. faecalis* strains may cause more severe disease by utilizing cell adhesion and internalization and it is possible that both strains of *E. faecalis* may have different pathogenic abilities in which further study is needed.

Keywords: *E. faecalis*, Internalization, Hemolytic, Non-Hemolytic

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

เชื้อที่พบว่ามีความเกี่ยวข้องกับการติดเชื้อในฟันที่ล้มเหลวจากการรักษา คือ *Enterococcus faecalis (E. faecalis)* มีหลากหลายงานวิจัยได้พบว่า *E. faecalis* บางสายพันธุ์สามารถสร้าง hemolysin หรือ cytolysin ซึ่งจัดได้ว่าเป็นปัจจัยก่อโรคที่รุนแรง จากการที่สามารถย่อยสลายเม็ดเลือดแดง มีความเป็นพิษต่อเซลล์เจ้าบ้าน ส่งผลให้มีการทำลายเซลล์เนื้อเยื่อเกิดขึ้น ปัจจัยการก่อโรคที่มีความสำคัญมากอย่างหนึ่งคือการมี Aggregation substance (AS) ซึ่งเป็นโปรตีนที่แสดงออกบนผิวของเชื้อ กระตุ้นการยึดเกาะกันของแบคทีเรีย และรุกรานเข้าสู่เซลล์ enterocyte ได้ [(1)] *E. faecalis* ภายในคลองรากฟันนั้น สามารถพบได้ทั้ง 2 สายพันธุ์คือ non-hemolytic และ hemolytic ซึ่งหากพบว่าเชื้อเหล่านี้สามารถรุกรานเข้าสู่เซลล์ได้ จะเพิ่มความรุนแรงในการก่อโรค และยากต่อการกำจัด เนื่องจากเชื้อเหล่านี้จะสามารถหลบหลีกระบบภูมิคุ้มกันโฮสต์ [(2)] และต้านทานต่อยาปฏิชีวนะหรือสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดเชื้อได้ [(3)] การศึกษานี้จึงต้องการเปรียบเทียบความสามารถในการเกาะติดและเข้าสู่ keratinocyte cell ระหว่างเชื้อ *E. faecalis* สายพันธุ์ non-hemolytic กับ hemolytic ที่แยกได้จากคลองรากฟันที่ล้มเหลวจากการรักษา

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเข้าสู่ keratinocyte cell line H357 ของเชื้อ *E. faecalis* สายพันธุ์ที่แยกได้ทางคลินิกชนิด non-hemolytic และ hemolytic

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

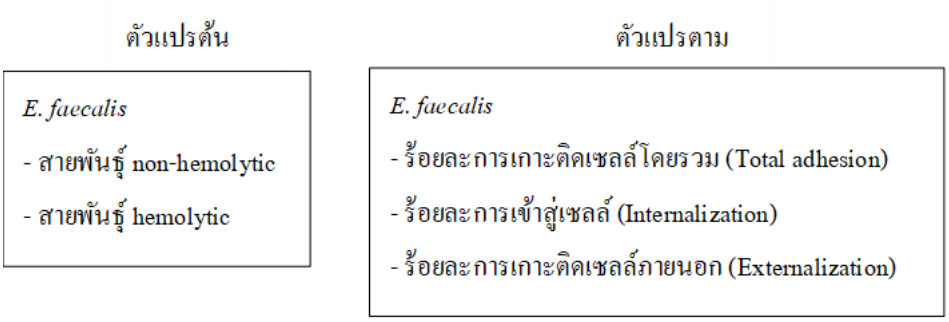
3.1 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

E. faecalis เป็นแกรมบวกรูปร่างกลมหรือรี อาจพบอยู่เป็นเซลล์เดี่ยว อยู่เป็นคู่ หรืออยู่รวมกันเป็นสายสั้นๆ จุลชีพชนิดนี้เป็นกลุ่ม facultative anaerobe พบได้ในการติดเชื้อยืดเยื้อ persistent periradicular lesion ถึงร้อยละ 24-77 [(4)] บางครั้งสามารถพบว่าเป็นเชื้อเพียงชนิดเดียวที่ปรากฏในฟันที่เคยได้รับการรักษาคลองรากฟันมาแล้วแต่

พบการมีรอยโรคปลายรากเกิดขึ้น (periradicular lesions) ทั้งยังพบว่าเชื้อสามารถเข้าไปอยู่ภายใน dentinal tubule ได้ [5,6]

cytolysin toxin ของ *E. faecalis* หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า streptolysin มาจากการที่เชื้อในกลุ่ม Streptococci มีความสามารถในการสลายเม็ดเลือดแดงของทั้งในคน กระต่าย และม้า โดยจะเห็นเป็น zone บน blood agar [7] และยังสามารถสร้าง bacteriocin ที่มีความเป็นพิษต่อเซลล์และแบคทีเรียหลายชนิด และมีความต้านทานต่อยาปฏิชีวนะอีกด้วย โดยความสามารถในการสร้าง hemolysin นั้น พบได้ทั่วไปในแบคทีเรียชนิดแกรมบวกและแกรมลบ มีคุณสมบัติในการสลายเยื่อหุ้มเซลล์ (membrane lytic properties) ทั้งใน eukaryotic cells และ prokaryotic cells ได้ จากการสร้าง cytolysin หรือ bacteriocin อันเป็นปัจจัยก่อโรค [8] นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการรุกรานได้ในส่วนของ urinary tract จากการมีแผลติดเชื้อ และสามารถรวมกลุ่มกันได้ในบริเวณ heart tissue ก่อให้เกิด bacterial endocarditis ได้ [9] โดยกระบวนการก่อโรคในระยะแรก มีการรวมกลุ่ม (colonization) กันที่บริเวณเยื่อบุผิวของโฮสต์ โดยมีการจับด้วย ligand ของแบคทีเรียบน host cells และตามมาด้วยการรุกรานของแบคทีเรีย (internalization) เข้าสู่เซลล์ ซึ่งถือเป็นกลไกก่อโรคที่สำคัญ เนื่องจากจะทำให้เชื้อแบคทีเรียสามารถหลบหลีกระบบภูมิคุ้มกันโฮสต์ [2] และต้านทานต่อยาปฏิชีวนะหรือสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดเชื้อได้ [3]

3.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

3.3 สมมติฐานการวิจัย

ความสามารถในการเกาะติดเซลล์โดยรวม (total adhesion) การเข้าสู่เซลล์ (internalization) และการเกาะติดเซลล์ภายนอก (externalization) keratinocyte cell line H357 ของเชื้อ *E. faecalis* สายพันธุ์ที่แยกได้ทางคลินิกชนิด non-hemolytic และ hemolytic ไม่แตกต่างกัน

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 การเพาะเลี้ยงเซลล์ keratinocyte cell line H357

(1) เลี้ยงเซลล์ด้วยอาหารสำหรับเลี้ยง keratinocyte KGM ทำการบ่มเซลล์ในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 37°C มีความชื้น และมีคาร์บอนไดออกไซด์ 5% นำเซลล์ออกจากภาชนะเลี้ยงเมื่อเซลล์มีปริมาณ 80-90% ของภาชนะ

(2) ทำการถ่ายเซลล์ลงในถาดพลาสติกเลี้ยงเซลล์ชนิด 24 หลุมแบบก้นแบน จำนวน 10^4 เซลล์ต่อหลุม บ่มที่อุณหภูมิ 37°C นาน 3 วัน ในบรรยากาศความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 95 คาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5 หรือจนกว่าเซลล์จะมีปริมาณร้อยละ 90-95 ของภาชนะ

4.2 การเตรียมเชื้อ

(1) การศึกษานี้ใช้เชื้อ *E. faecalis* สายพันธุ์ตัวอย่างที่แยกได้ทางคลินิกจำนวน 12 สายพันธุ์ คือ ชนิด non-hemolytic 6 สายพันธุ์ และ hemolytic 6 สายพันธุ์ โดยสุ่มเลือกจาก *E. faecalis* ทั้งหมดจำนวน 49 สายพันธุ์จากโครงการวิจัยของประไพสิทธิ์ [10] และใช้ *E. faecalis* สายพันธุ์มาตรฐาน ATCC 19433 เป็นกลุ่มควบคุมบวก

(2) นำเชื้อแต่ละสายพันธุ์มาปริมาณ 5 µl มาหยดลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ BA จากนั้น streak เชื้อเพื่อให้แยกเป็นโคโลนีเดี่ยว ทำการเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 37°C เวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาบ่ม ใช้ loop แตะเชื้อที่เป็นโคโลนีเดี่ยว จำนวน 3-5 โคโลนี นำมาใส่ในหลอดทดลองที่ปราศจากเชื้อขนาด 50 ml ซึ่งมีอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลว BHI ปริมาตร20 ml จากนั้นนำไปบ่มในตู้บ่มเชื้อที่ อุณหภูมิ 37°C เวลา 24 ชั่วโมง ปรับปริมาณเชื้อใน DMEM โดยเปรียบเทียบความขุ่นกับ McFarland No.0.5 จะได้เชื้อปริมาณเท่ากับ 10^8 CFU/ml

4.3 ทดสอบความสามารถในการเข้าสู่ keratinocyte cell line H357 ของ เชื้อ *E. faecalis* สายพันธุ์ตัวอย่างที่แยกได้ทางคลินิกชนิด hemolytic non-hemolytic และสายพันธุ์มาตรฐาน ATCC 19433 (ดัดแปลงวิธีการทดลองจาก Kintarak และคณะ ปี 2004) [11]

4.3.1 การทดสอบหาปริมาณเชื้อ *E. faecalis* ตั้งต้น

(1) ทำการนับโคโลนีเริ่มต้นของเชื้อที่ทำการทดสอบ โดยดูดเชื้อ *E. faecalis* ที่ปรับปริมาณเชื้อแบคทีเรียใน DMEM โดยเปรียบเทียบความขุ่นกับ McFarland No. 0.5 ปริมาณ 20 µl มาทำ ten-fold serial dilution ด้วยPBS

(2) นำแต่ละความเข้มข้นที่ได้ปริมาณ 10 µl มาเพาะเลี้ยงบน BA ด้วยวิธี dot plate นำเพลทเข้าบ่มสภาวะ anaerobic incubator ที่อุณหภูมิ 37°C เวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นตรวจนับโคโลนีของเชื้อ *E. faecalis* และจดบันทึกผลเป็นค่า A_0

4.3.2 การทดสอบการเกาะติดเซลล์โดยรวม (Total adhesion)

(1) เติมเชื้อ *E. faecalis* สายพันธุ์ที่แยกได้ทางคลินิกและสายพันธุ์มาตรฐาน ATCC 19433 เตรียมไว้แล้วในขั้นต้นปริมาณ 1 ml ลงในแต่ละหลุมที่มีเซลล์ที่ต้องการทดสอบ (โดยในขั้นตอนนี้จะเตรียมเชื้อที่บ่มร่วมกับเซลล์เหมือนกัน 2 ชุด) จากนั้นทำการบ่มเซลล์และเชื้อทั้ง 2 ชุด เป็นเวลา 1 ชั่วโมงในตู้บ่มเชื้อ ที่อุณหภูมิ 37°C

(2) เมื่อครบเวลานำเซลล์ทั้ง 2 ชุด มาล้างด้วย PBS 2 ครั้ง เพื่อล้างเชื้อที่ไม่เกาะเซลล์ออก จากนั้นแบ่งเซลล์ 1 ชุด มาทำการนับจำนวนโคโลนีของเชื้อที่สามารถเกาะติดเซลล์ โดยการเติม PBS ร่วมกับ 0.05% trypsin-EDTA 1 ml ทุกหลุม เพื่อให้เซลล์หลุดจากพื้นของหลุมและนับจำนวนแบคทีเรียที่เกาะเซลล์ โดยทำการเจือจางแบบ ten-fold serial dilution ด้วย PBS ปริมาณ 180 µl นำแต่ละความเข้มข้นที่ได้ปริมาณ 10 µl มาทำการเพาะเลี้ยงบน BA ด้วยวิธี dot plate นำเพลทเข้าบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

(3) นับจำนวนโคโลนีและจดบันทึกผลเป็นค่า A_1 เพื่อนำมาคำนวณค่า total adhesion ของเชื้อตามสูตร % Total adhesion = $(\log A_1 / \log A_0) \times 100$

4.3.3 การทดสอบการเข้าสู่เซลล์ (Internalization)

(1) นำเซลล์ชุดที่ 2 หลังจากล้างเซลล์ตามขั้นตอน มาทำการเติมยาปฏิชีวนะ gentamicin ความเข้มข้น 200 µg ต่อ ml ที่ละลายด้วย DMEM ในแต่ละหลุม หลุมละ 1 ml เพื่อฆ่าเชื้อที่เกาะอยู่บริเวณรอบๆ ผิวเซลล์ บ่มเซลล์ต่อในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

(2) จากนั้นล้างด้วย PBS 2 ครั้ง แล้วจึงเติม PBS ร่วมกับ 0.05% trypsin-EDTA 1 ml ทุกหลุม และนำมาเจือจางแบบ ten-fold serial dilution ด้วย PBS ปริมาณ 180 µl นำแต่ละความเข้มข้นที่ได้ ปริมาณ 10 µl มาเพาะเลี้ยงบน BA ด้วยวิธี dot plate นำเพลทเข้าบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

(3) นับจำนวนโคโลนีและจดบันทึกผลเป็นค่า A_2 เพื่อนำมาคำนวณค่า internalization ของเชื้อ ตามสูตร % Internalization = (log A_2/ log A_0) x 100

4.3.4 การทดสอบการเกาะติดภายนอกเซลล์ (Externalization)

% Externalization = % Total adhesion - % Internalization

4.4 ตรวจสอบการเข้าสู่ keratinocyte cell line H357 ของเชื้อ *E. faecalis* โดยใช้ Transmission electron microscope

(1) เลือกเชื้อ *E. faecalis* สายพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การเข้าสู่เซลล์มากที่สุด (จากผลการทดลองที่ 4.3.3) จากนั้นดำเนินการตามขั้นตอนการทดสอบการเข้าสู่เซลล์ (ขั้นตอนที่ 4.3.1-4.3.3)

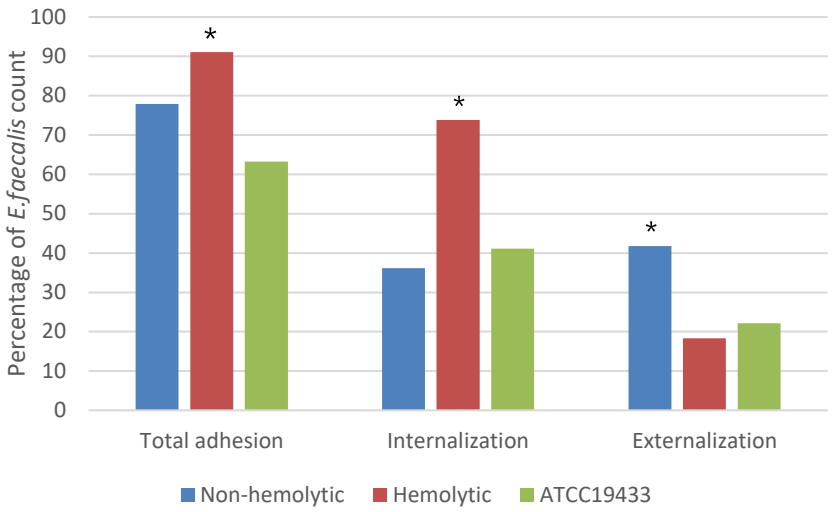
(2) ทำการคงสภาพเซลล์ด้วย 3% Glutaraldehyde จากนั้นส่งให้สำนักเครื่องมือวิทยาศาสตร์และการทดสอบมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เพื่อทำการบันทึกภาพการเข้าสู่เซลล์ keratinocyte cell line H357 ของเชื้อ *E. faecalis* โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน Transmission electron microscope

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

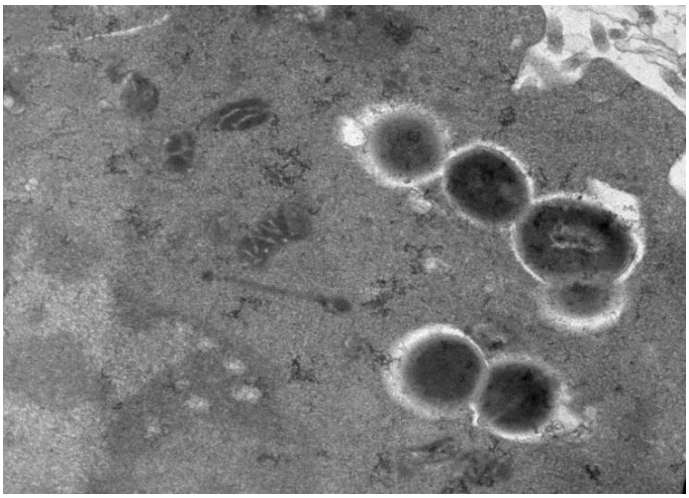
การเปรียบเทียบความสามารถในการเกาะติดเซลล์โดยรวม การเข้าสู่เซลล์ และการเกาะติดเซลล์ภายนอก keratinocyte cell line H357 ของเชื้อ *E. faecalis* สายพันธุ์ที่แยกได้ทางคลินิกชนิด non-hemolytic และ hemolytic จำนวนชนิดละ 6 สายพันธุ์ หากมีการกระจายตัวที่ปกติ จะใช้ t-test แต่หากพบว่ามีการกระจายตัวแบบไม่ปกติ จะใช้ Mann whitney u test

5. ผลการวิจัย

จากผลการทดลองพบว่า *E. faecalis* สายพันธุ์ตัวอย่างที่แยกได้ทางคลินิก มีความสามารถในการเกาะติดเซลล์โดยรวม (total adhesion) ความสามารถในการเข้าสู่เซลล์ (internalization) และความสามารถในการเกาะติดภายนอกเซลล์ (externalization) ได้สูงกว่า *E. faecalis* สายพันธุ์มาตรฐาน ATCC19433 โดย *E. faecalis* สายพันธุ์ที่แยกได้ทางคลินิกชนิด hemolytic มีค่าการเกาะติดเซลล์โดยรวมและเข้าสู่เซลล์เคอราติโนไซต์สูงกว่า non-hemolytic อย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.000$) โดยมีค่าการเกาะติดเซลล์โดยรวมร้อยละ 91.05±0.72 และ 77.89±2.67 ตามลำดับ ค่าการเข้าสู่เซลล์ร้อยละ 73.80±4.61 และ 36.11±2.70 ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามค่าความสามารถในการเกาะติดภายนอกเซลล์ ของเชื้อ *E. faecalis* สายพันธุ์ที่แยกได้ทางคลินิกชนิด non-hemolytic สูงกว่า hemolytic อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.000$) ที่ร้อยละ 41.77±2.88 และ 18.34±5.12 ตามลำดับ ดังแสดงในแผนภาพที่ 2



แผนภาพที่ 2 ความสามารถในการเกาะติดเซลล์โดยรวม (total adhesion) การเข้าสู่เซลล์ (internalization) และการเกาะติดภายนอกเซลล์ (externalization) เคอราติโนไซต์ ของ *E. faecalis* สายพันธุ์ตัวอย่างที่แยกได้ทางคลินิก ชนิด non-hemolytic, hemolytic และสายพันธุ์มาตรฐาน ATCC 19433



แผนภาพที่ 3 ภาพ TEM แสดงการเข้าสู่ keratinocyte cell line H357 ของเชื้อ *E. faecalis*

6. อภิปรายผล

การล้มเหลวจากการรักษาคลองรากฟันจนเกิดการอักเสบไปยังเนื้อเยื่อรอบปลายรากฟันนั้น สาเหตุหลักคือเชื้อแบคทีเรียที่หลงเหลืออยู่ภายในคลองรากฟัน การศึกษาพบว่า เชื้อที่พบว่าเป็นสาเหตุหลักคือ *E. faecalis* โดยพบได้ร้อยละ 24-27 [4] จากการศึกษาของประไพสิทธิ์ [10] ที่ได้ทำการศึกษาชนิดของ *E. faecalis* จากคลองรากฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันล้มเหลว พบว่ามีทั้งสายพันธุ์ที่ไม่สามารถย่อยสลายเม็ดเลือดแดงได้ (non-hemolytic) และสายพันธุ์ที่สามารถย่อยสลายเม็ดเลือดแดงได้ (hemolytic) โดยหากจะศึกษาความสามารถในการก่อโรคในช่องปากนั้น การเลือก keratinocyte cell line H357 ซึ่งมาจากเซลล์มะเร็งเยื่อบุช่องปากเป็นตัวแทนในการศึกษา จึงมีความเหมาะสม เนื่องจากเป็นเซลล์ส่วนใหญ่ในช่องปาก ทำให้ผลมีความถูกต้องน่าเชื่อถือ

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถของเชื้อ *E. faecalis* สายพันธุ์ที่แยกได้ทางคลินิกชนิด non-hemolytic และ hemolytic ในการเกาะติดเซลล์โดยรวมและเข้าสู่เซลล์เคอราติโนไซต์ พบว่ากลุ่ม hemolytic มีความสามารถในการเกาะติดเซลล์โดยรวมและเข้าสู่เซลล์ได้ดีกว่า non-hemolytic อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกลไกที่คาดว่าเกี่ยวข้องคือ Pore-forming-toxins (PFTs) ซึ่งเป็นสารพิษที่สร้างจากเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกเช่น *E. faecalis, S.aureus, S.pneumoniae* เฉพาะกลุ่มที่สามารถผลิต hemolysin หรือชนิด hemolytic โดยมีผลคือสามารถทำลาย epithelial cell barrier ของโฮสต์เซลล์ ทำให้เชื้อสามารถรุกรานเข้าสู่เซลล์ได้ [12] และปัจจัยในเรื่องของการมี intergrin[13,14] กับ fibronectin [15] ซึ่งเป็นไกลโคโปรตีนบนผิวเซลล์ ที่จะช่วยในการยึดเกาะกันระหว่าง eukaryotic cell กับเชื้อแบคทีเรีย [16] โดยสอดคล้องกันกับการศึกษาของ Kintarak และคณะ [11] ที่ทำการศึกษาในเชื้อ *S. aureus* กับ เซลล์เคอราติโนไซต์ แล้วพบว่าการที่เชื้อจะเกาะติดและเข้าสู่เซลล์ได้นั้น มาจาก fibronectin-binding protein ของเชื้อแบคทีเรีย ร่วมกับการที่โฮสต์เซลล์มี intergrins เป็นการส่งเสริมให้เชื้อเกาะติดและเข้าสู่เซลล์ได้ และการศึกษาของ Goldman และคณะ [17] พบว่าเชื้อ *S. aureus* ชนิด hemolytic จะมีกระบวนการที่สามารถกระตุ้นทำให้เซลล์สร้าง β1-intergrins เพิ่มมากขึ้น เป็นผลในการเพิ่มโอกาสที่เชื้อจะเกาะติดและเข้าสู่เซลล์ได้ นอกจากนี้มีการศึกษาที่ระบุว่าเชื้อชนิด hemolytic ยังมีความสามารถในการย่อยสลายนิวโทรฟิลและแมคโครฟาจได้ ซึ่งเป็นการรุกรานระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย [18] เหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นสนับสนุนผลของการศึกษานี้ ที่พบว่า *E. faecalis* สายพันธุ์ที่แยกได้ทางคลินิกชนิด hemolytic มีค่าความสามารถในการเกาะติดเซลล์โดยรวมและค่าความสามารถในการเข้าสู่เซลล์ได้สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับ non-hemolytic และคาดว่า *E. faecalis* สายพันธุ์ที่แยกได้ทางคลินิกชนิด hemolytic จะมีศักยภาพในการรุกรานและก่อโรคได้รุนแรงกว่า เนื่องจากการที่เชื้อสามารถเข้าสู่เซลล์ได้นั้น อาจทำให้เชื้อแบคทีเรียสามารถหลบหลีกระบบภูมิคุ้มกันของโฮสต์และต้านทานต่อยาปฏิชีวนะหรือสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดเชื้อ ซึ่งอาจจำเป็นต้องมีการศึกษาต่อไป

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

(1) การที่เชื้อสามารถเข้าสู่เซลล์ได้นั้น จะทำให้เชื้อสามารถหลบหลีกระบบภูมิคุ้มกันโฮสต์และต้านทานต่อยาปฏิชีวนะหรือสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดเชื้อได้ จึงอาจต้องเปลี่ยนชนิดหรือความเข้มข้นของยาหรือสารเคมีที่มีความสามารถให้การกำจัดเชื้อที่สูงขึ้น

(2) *E. faecalis* สายพันธุ์ที่แยกได้ทางคลินิกชนิด hemolytic มีความสามารถในการเกาะติดเซลล์โดยรวมและสามารถเข้าสู่เซลล์ได้สูงกว่า non-hemolytic ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าจะทำให้เชื้อมีศักยภาพในการก่อโรคที่รุนแรงขึ้น จึงจำเป็นจะต้องมีการวางแผนในการรักษาอย่างดี

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

(1) ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงความสัมพันธ์ระหว่างการเกาะติดและการเข้าสู่เซลล์ของเชื้อ *E. faecalis* กับความรุนแรงในการก่อโรคการอักเสบรอบปลายรากฟัน ในแง่ของระดับการปวด ขนาดของรอยโรคปลายรากฟัน การมีหรือไม่มีรูเปิดของตุ่มหนอง

(2) ควรมีการศึกษาถึง ยีน hemolysin ซึ่งเป็นยีนใน *E. faecalis* สายพันธุ์ hemolytic ที่อาจมีผลทำให้เชื้อสายพันธุ์ hemolytic มีความสามารถในการเกาะติดและเข้าสู่เซลล์ได้ดีกว่าสายพันธุ์ non-hemolytic

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผศ.ดร.ทพญ.เกวลิน ธรรมสิทธิ์บูรณ์, ศ.ดร.รวี เถียรไพศาล และ ดร.นันทิยา พาหุมันโต ที่ได้สละเวลาอันมีค่าแก่ผู้วิจัย เพื่อให้คำปรึกษาและแนะนำตลอดจนตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่ จนงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

9. เอกสารอ้างอิง

(1) Wells CL, Moore EA, Hoag JA, Hirt H, Dunny GM, Erlandsen SL. (2000). Inducible expression of *Enterococcus faecalis* aggregation substance surface protein facilitates bacterial internalization by cultured enterocytes. *Infect Immun, 68*(12), 7190–4.

(2) Bhavsar AP, Guttman JA, Finlay BB. (2007). Manipulation of host-cell pathways by bacterial pathogens. *Nature, 449*(7164), 827-34.

(3) Ellington JK, Harris M, Hudson MC, Vishin S, Webb LX, Sherertz R. (2006). Intracellular *Staphylococcus aureus* and antibiotic resistance: Implications for treatment of staphylococcal osteomyelitis. *J Orthop Res, 24*(1), 87-93.

(4) Sedgley CM, Lennan SL, Clewell DB. (2004). Prevalence, phenotype, and genotype of oral Enterococci. *Oral Microbiol Immunol, 19*(2), 95-101.

(5) Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjogren U. (1998). Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 85*(1), 86-93.

(6) Pinheiro ET, Gomes BPFA, Ferraz CCR. (2003). Microorganisms from canals of root-filled teeth with periapical lesions. *Int Endod J, 36*(1), 1–11.

(7) Van Tyne D, Martin MJ, Gilmore MS. (2013). Structure, function, and biology of the *Enterococcus faecalis* cytolysin. *Toxins (Basel), 5*(5), 895-911.

(8) Coburn PS, Gilmore MS. (2003). The *Enterococcus faecalis* cytolysin: a novel toxin active against eukaryotic and prokaryotic cells. *Cellular Microbiology, 5*(10), 661-669.

(9) Rozdzinski E, Marre R, Susa M. (2001). Aggregation substance-mediated adherence of *Enterococcus faecalis* to immobilized extracellular matrix proteins. *Microbial Pathogenesis, 30*(4), 211-22.

(10) ภัทรมน ประไพสิทธิ์. (2562). *ความชุกของเชื้อเอนเทอโรคอคคัส ฟีคาลิสที่ล้มเหลวจากการรักษาคลองรากฟันที่มีรอยโรคปลายรากด้วยวิธี real-time quantitative PCR (qPCR) และการเพาะเชื้อ*. ภาคนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพช่องปาก, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลานครินทร์.

(11) Kintarak S, Whawell S, Speight PM. (2004). Internalization of *Staphylococcus aureus* by human keratinocytes. *Infect Immun, 72*(10), 5668-5675.

(12) De S, Olson R. (2011). Crystal structure of the Vibrio cholerae cytolysin heptamer reveals common features among disparate pore-forming toxins. *Proc Natl Acad Sci USA, 108*(18), 7385-7390.

(13) Rakita RM, Vanek NN, Jacques-Palaz K. (1999). *Enterococcus faecalis* bearing aggregation substance is resistant to killing by human neutrophils despite phagocytosis and neutrophil activation. *Infect Immun, 67*(11), 6067–75.

(14) Süssmuth SD, Muscholl-Silberhorn A, Wirth R. (2000). Aggregation substance promotes adherence, phagocytosis, and intracellular survival of *Enterococcus faecalis* within human macrophages and suppresses respiratory burst. *Infect Immun, 68*(9), 4900–6.

(15) Hynes RO. (1982). Fibronectins:multifunctional modular glycoproteins. *J Cell Biol, 95*(2), 369–77.

(16) Kreft B, Marre R, Schramm U, Wirth R. (1992). Aggregation substance of *Enterococcus faecalis* mediates adhesion to cultured renal tubular cells. *Infect Immun, 60*(1), 25–30.

(17) Goldmann O, Tuchscherr L, Rohde M. (2016). α-Hemolysin enhances Staphylococcus aureus internalization and survival within mast cells by modulating the expression of β1 integrin: Role of Hla in *S. aureus* -mast cells interactions. *Cell Microbiol, 18*(6), 807–19.

(18) Miyazaki S, Ohno A, Kobayashi I. (1993). Cytotoxic effect of hemolytic culture supernatant from *Enterococcus faecalis* on mouse polymorphonuclear neutrophils and macrophages. *Microbiol Immunol, 37*(4), 265–70.

ปริมาณกระดูกที่สัมพันธ์กับการมีอยู่ของฟันกรามซี่ที่สาม: มุมมองทางทันตกรรมจัดฟัน

BONE AVAILABILITY RELATED TO PRESENCE OF THIRD MOLAR: ORTHODONTICS ASPECT

ทพญ.ฤทธิ์สกุล ปัญจธรรมวิทย์
นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมจัดฟัน
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
E-mail: rittsakul@gmail.com
รศ.ทพ.ทองนารถ คำใจ
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
E-mail: thongnart@hotmail.com
ทพ.ปราชญ์ พลวัฒน์
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
E-mail: prachjj@hotmail.com
ทพญ.ศศธร ภูตินาถ
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
E-mail: auisasathorn@gmail.com

บทคัดย่อ

บทนำ: การจัดฟันเพียงอย่างเดียวเพื่ออำพรางความผิดปกติของโครงสร้างขากรรไกร โดยการเคลื่อนฟันกรามล่างไปด้านไกลกลางเป็นหนึ่งในแนวทางการรักษาผู้ป่วยที่มีโครงสร้างกระดูกขากรรไกรและการสบฟันผิดปกติประเภทที่สาม หนึ่งในปัจจัยที่กำหนดความสำเร็จในการรักษา คือ ปริมาณกระดูกเบ้าฟันในบริเวณรีโทโมลาร์ ซึ่งการคงอยู่ของกระดูกเบ้าฟันนั้นขึ้นอยู่กับการมีอยู่ของฟัน

วัตถุประสงค์: เพื่อเปรียบเทียบปริมาณกระดูกสำหรับเคลื่อนฟันกรามล่างไปด้านไกลกลางในบริเวณรีโทโมลาร์ ระหว่างผู้ป่วยกลุ่มที่ไม่มีฟันกรามซี่ที่สาม มีประวัติถอนหรือผ่าตัดฟันกรามซี่ที่สาม มีฟันกรามซี่ที่สามขึ้นเต็มที่และมีฟันกรามซี่ที่สามขึ้นเพียงบางส่วน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ: กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยภาพรังสีโคนบีมคอมพิวเตดโทโมกราฟฟีจำนวน 120 ภาพในบริเวณรีโทรโมลาร์ของขากรรไกรล่างของผู้ป่วยที่มีโครงสร้างกระดูกขากรรไกรแบบที่หนึ่ง สองและสาม ทำการวัดปริมาณกระดูกในบริเวณรากฟัน ระยะระหว่างจุดกึ่งกลางด้านลิ้นของรากฟันด้านไกลกลางของฟันกรามล่างแท้ซี่ที่สองถึงขอบด้านในกระดูกทึบด้านลิ้นของขากรรไกรล่างส่วนลำตัว ขนานกับเส้นอ้างอิงที่ระดับความสูงแตกต่างกัน 4 ระดับ (2, 4, 6 และ 8 มิลลิเมตร) จากรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟันของฟันกรามล่างแท้ซี่ที่สอง ไปทางปลายรากฟัน

ผลการศึกษา: กลุ่มฟันกรามซี่ที่สามขึ้นเต็มที่และกลุ่มฟันกรามซี่ที่สามขึ้นเพียงบางส่วน มีระยะที่วัดได้มากกว่ากลุ่มไม่มีฟันกรามซี่ที่สามและกลุ่มมีประวัติถอนหรือผ่าตัดฟันกรามซี่ที่สามอย่างมีนัยสำคัญในทุกระดับความสูง ($p<0.001$) ในขณะที่กลุ่มไม่มีฟันกรามซี่ที่สามมีระยะที่วัดได้มากกว่ากลุ่มมีประวัติถอนหรือผ่าตัดฟันกรามซี่ที่สามอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.001$) ที่ระดับความสูง 2 มิลลิเมตร

บทสรุป: กลุ่มที่มีการขึ้นของฟันกรามซี่ที่สามมีปริมาณกระดูกสำหรับเคลื่อนฟันกรามไปด้านไกลกลางมากกว่ากลุ่มที่ไม่พบการมีอยู่ของฟันกรามซี่ที่สาม

คำสำคัญ: ฟันกรามซี่ที่สาม, การเคลื่อนฟันกรามล่างไปด้านไกลกลาง, โคนบีมคอมพิวเตดโทโมกราฟฟี

ABSTRACT

Introduction: Orthodontic camouflage treatment by mandibular molar distalization is one of the alternative treatments to correct skeletal Class III problems. One of the key success factors is bone availability in retromolar area, presence and maintenance of the alveolar bone is tooth-dependent.

Objective: To compare bone availability for mandibular molar distalization in retromolar area between patients with agenesis of third molar (Agenesis M3), history of third molar removal (Removal M3), fully erupted third molar (Full M3) and partial erupted third molar (PE M3).

Materials and Methods: The sample consisted of the cone beam computed tomography (CBCT) images of 120 retromolar areas with prognathic, orthognathic and retrognathic mandible. Bone availability was measured at root levels. The distances between the mid-lingual of distal roots of mandibular second molar and the inner cortex of the inner lingual cortex of the mandibular body parallel to the reference line in 4 different vertical levels (2, 4, 6 and 8 mm) apical to the cementoenamel junction of second mandibular molar were measured.

Results: The available space measured in Full M3 and PE M3 groups were significantly larger than Agenesis M3 and Removal M3 groups at all depths ($p<0.001$). While the available space measured in Agenesis M3 group has significantly greater than Removal M3 only at 2 mm depth ($p<0.001$).

Conclusions: Eruption of third molar have greater bone availability for mandibular molar distalization than absence of third molar.

Keywords: Third Molar, Mandibular Molar Distalization, Cone Beam Computed Tomography

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

แนวทางการรักษาผู้ป่วยที่มีโครงสร้างกระดูกขากรรไกรและการสบฟันผิดปกติประเภทที่สาม ได้แก่ การจัดฟันร่วมกับการผ่าตัดขากรรไกร หรือ การจัดฟันเพียงอย่างเดียวเพื่ออำพรางความผิดปกติของโครงสร้างขากรรไกร (Jing, Han, Guo, Li, & Bai, 2013) ซึ่งการรักษาโดยการจัดฟันเพียงอย่างเดียวนั้นเหมาะสำหรับผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของโครงสร้างกระดูกเพียงเล็กน้อยถึงปานกลาง (K. Chen & Cao, 2015) ในปัจจุบันการเคลื่อนฟันกรามล่างไปด้านไกลกลาง (mandibular molar distalization) โดยอาศัยหลักยึดชั่วคราว (temporary anchorage

device) ถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการจัดฟันชนิดไม่ถอนฟันเพื่อแก้ไขลักษณะของการสบฟันผิดปกติประเภทที่สาม (Kook et al., 2016) ในปัจจุบันทันตแพทย์จัดฟันสามารถเคลื่อนฟันกรามล่างได้ในปริมาณมาก เมื่อใช้หมุดเกลียวขนาดเล็กเป็นหลักยึดชั่วคราว พบว่าสามารถเคลื่อนฟันกรามล่างไปด้านไกลกลางได้ถึง 5 มิลลิเมตร (Agarwal, Shah, Yadav, & Nanda, 2014) อย่างไรก็ตาม ปริมาณการเคลื่อนฟันนั้นถูกจำกัดโดยลักษณะทางกายวิภาคที่เป็นขอบเขตด้านท้ายสุดในการเคลื่อนฟันกรามล่าง โดยขอบเขตด้านท้ายสุดในการเคลื่อนฟันกรามล่างไปด้านไกลกลาง คือ กระดูกทึบด้านลิ้นของขากรรไกรล่างส่วนลำตัว (lingual cortex of the mandibular body) (Choi, Kim, Yang, & Lee, 2018) หากมีกระดูกเบ้าฟันบริเวณด้านท้ายของรากฟันกรามล่างแท้ซี่ที่สองมาก ก็จะมีพื้นที่ในการเคลื่อนฟันกรามล่างไปด้านไกลกลางได้มาก โดยการคงอยู่ของกระดูกเบ้าฟันนั้นสัมพันธ์กับการมีอยู่ของฟันและกระดูกเบ้าฟันจะมีการสะสมตามการเคลื่อนที่ของฟัน หากมีการถอนฟัน กระดูกเบ้าฟันจะมีการฝ่อลีบลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป (Jonasson, Skoglund, & Rythén, 2018) ซึ่งถ้าไม่มีปริมาณกระดูกที่เพียงพอในบริเวณดังกล่าวจะส่งผลให้ไม่สามารถเคลื่อนฟันกรามล่างไปได้ ดังนั้นการเคลื่อนฟันกรามล่างไปด้านไกลกลาง จึงจำเป็นต้องอาศัยทั้งเครื่องมือทางทันตกรรมจัดฟันที่มีประสิทธิภาพและปริมาณกระดูกเบ้าฟันที่เพียงพอ

ฟันกรามซี่ที่สามเป็นฟันซี่ที่มีการฝังคุดมากที่สุด (Dachi & Howell, 1961) ซึ่งมีการศึกษาบทบาทของฟันกรามซี่ที่สามที่เกี่ยวข้องกับงานทางทันตกรรมจัดฟันในหลายแง่มุม เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างฟันกรามซี่ที่สามกับการซ้อนเกของฟัน ปัจจัยที่มีผลต่อการขึ้นหรือการฝังคุดของฟันกรามซี่ที่สาม ผลของการถอนฟันแท้ที่มีต่อฟันกรามซี่ที่สาม เป็นต้น (Almpani & Kolokitha, 2015) แต่ในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาใดที่ศึกษาบทบาทของฟันกรามซี่ที่สามที่มีต่อการสะสมของกระดูกเบ้าฟันในบริเวณรีโทรโมลาร์ (retromolar area) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาผลของการมีอยู่ของฟันกรามซี่ที่สามต่อปริมาณของกระดูกเบ้าฟันที่ใช้ในการเคลื่อนฟันกรามไปด้านไกลกลางในบริเวณรีโทรโมลาร์

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

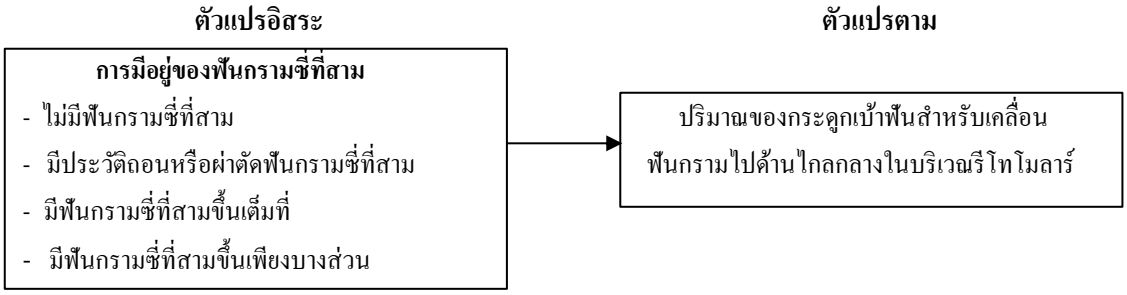
เพื่อเปรียบเทียบปริมาณกระดูกเบ้าฟันสำหรับเคลื่อนฟันกรามไปด้านไกลกลางในบริเวณรีโทโมลาร์ระหว่างผู้ป่วยกลุ่มที่ไม่มีฟันกรามซี่ที่สาม (agenesis), มีประวัติถอนหรือผ่าตัดฟันกรามซี่ที่สาม (history of third molar removal), มีฟันกรามซี่ที่สามขึ้นเต็มที่ (fully erupted) และมีฟันกรามซี่ที่สามขึ้นเพียงบางส่วน(partial erupted)

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีของ Frost (Frost, 1989) กล่าวว่า กระดูกจะมีการปรับรูปตามแรงกระตุ้นเชิงกลที่ได้รับ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการปรับรูปของกระดูกเบ้าฟันได้ Carlsson (Carlsson, 1967) ติดตามการเปลี่ยนแปลงของกระดูกเบ้าฟันในขากรรไกรล่างเป็นเวลา 5 ปีหลังจากถอนฟัน พบว่ากระดูกเบ้าฟันมีการละลายตัวและฝ่อลีบลง ซึ่งในผู้ป่วยบางรายมีการละลายตัวของกระดูกเบ้าฟันเป็นปริมาณมาก จากทฤษฎีและงานวิจัยดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า กระดูกเบ้าฟันมีการเปลี่ยนแปลงตามการมีอยู่ของฟันและแรงกระตุ้นเชิงกล (แรงบดเคี้ยว) ที่ได้รับ

3.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

3.3 สมมติฐานการวิจัย

กลุ่มที่มีฟันกรามซี่ที่สามขึ้นเต็มที่และมีฟันกรามซี่ที่สามขึ้นเพียงบางส่วน มีปริมาณกระดูกเบ้าฟันสำหรับเคลื่อนฟันกรามไปด้านไกลกลางในบริเวณรีโทโมลาร์มากกว่าคนไข้กลุ่มที่ไม่มีฟันกรามซี่ที่สามและกลุ่มมีประวัติถอนหรือผ่าตัดฟันกรามซี่ที่สาม

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 แบบแผนการวิจัย

การศึกษาย้อนหลังเชิงพรรณนา

4.2 ประชากรและตัวอย่าง

ภาพรังสีโคนบีมคอมพิวเตดโทโมกราฟฟีจำนวน 120 ภาพในบริเวณรีโทรโมลาร์ของผู้ป่วยที่มีโครงสร้างกระดูกขากรรไกรแบบที่หนึ่ง สองและสามที่เข้ารับบริการ ณ คลินิกทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี ย้อนหลัง 5 ปี นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 - 2563

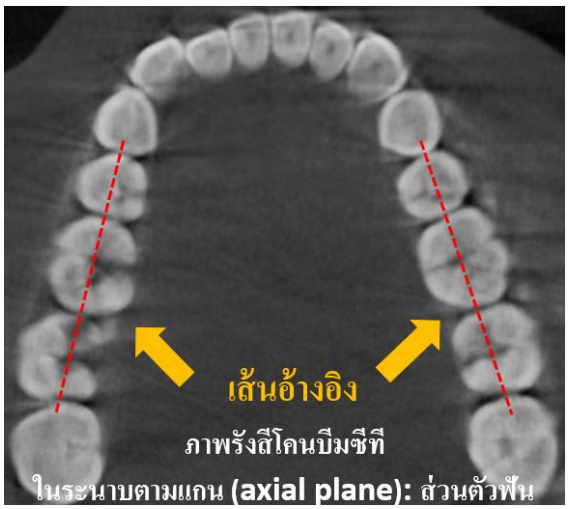
4.3 เครื่องมือวิจัย

- เครื่องถ่ายภาพรังสีโคนบีมคอมพิวเตดโทโมกราฟฟี
- โปรแกรมแสดงภาพสามมิติ ดอลฟิน (Dolphin 3D Imaging software)

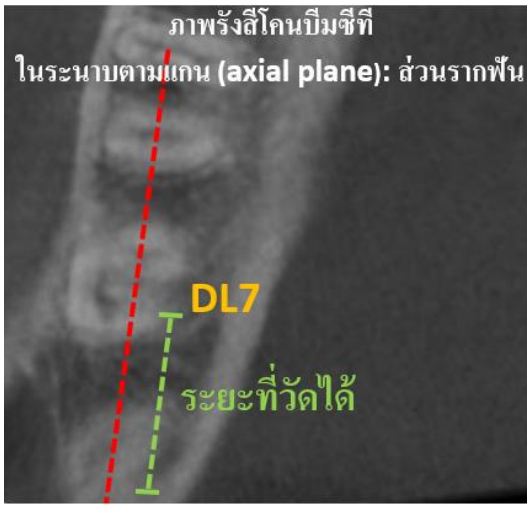
4.4 การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิธีการศึกษา

ภาพรังสีโคนบีมคอมพิวเตดโทโมกราฟฟีจำนวน 120 ภาพในบริเวณรีโทรโมลาร์ของผู้ป่วยที่มีโครงสร้างกระดูกขากรรไกรแบบที่หนึ่ง สองและสาม ถูกจำแนกออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 30 ภาพจำนวนเท่ากัน ได้แก่ กลุ่มที่ไม่มีฟันกรามซี่ที่สาม, มีประวัติถอนหรือผ่าตัดฟันกรามซี่ที่สาม, มีฟันกรามซี่ที่สามขึ้นเต็มที่และมีฟันกรามซี่ที่สามขึ้นเพียงบางส่วน

ภาพรังสีโคนบีมคอมพิวเตดโทโมกราฟฟีถูกแสดงผลผ่านโปรแกรมแสดงภาพสามมิติดอลฟิน จัดตำแหน่งภาพรังสีโดยใช้ระนาบสบฟันในขากรรไกรล่าง (mandibular occlusal plane) ซึ่งเชื่อมต่อระหว่างปุ่มฟันด้านแก้มใกล้กลางของฟันกรามล่างแท้ซี่ที่หนึ่งและปลายฟันตัดล่างแท้ซี่ที่หนึ่งเป็นระนาบอ้างอิง ทำการวัดปริมาณกระดูกในบริเวณรากฟัน โดยวัดระยะระหว่างจุดกึ่งกลางด้านลิ้นของรากฟันด้านไกลกลางของฟันกรามล่างแท้ซี่ที่สองถึงขอบด้านในกระดูกทึบด้านลิ้นของขากรรไกรล่างส่วนลำตัว ขนานกับเส้นอ้างอิง (เส้นที่ลากผ่านร่องกลางฟันของฟันกรามล่างแท้ซี่ที่หนึ่งและสอง) ที่ระดับความสูงแตกต่างกัน 4 ระดับ (2, 4, 6 และ 8 มิลลิเมตร) จากรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟันของฟันกรามล่างแท้ซี่ที่สองไปทางปลายรากฟัน



ภาพที่ 1 แสดงเส้นอ้างอิง : เส้นที่ลากผ่านร่องกลางฟันของฟันกรามล่างแท้ซี่ที่หนึ่งและสอง



ภาพที่ 2 แสดงระยะที่วัดได้ : ระยะระหว่างจุดกึ่งกลางด้านลิ้นของรากฟันด้านไกลกลางของฟันกรามล่างแท้ซี่ที่สอง (DL7) ถึงขอบด้านในกระดูกทึบด้านลิ้นของขากรรไกรล่างส่วนลำตัว ขนานกับเส้นอ้างอิง

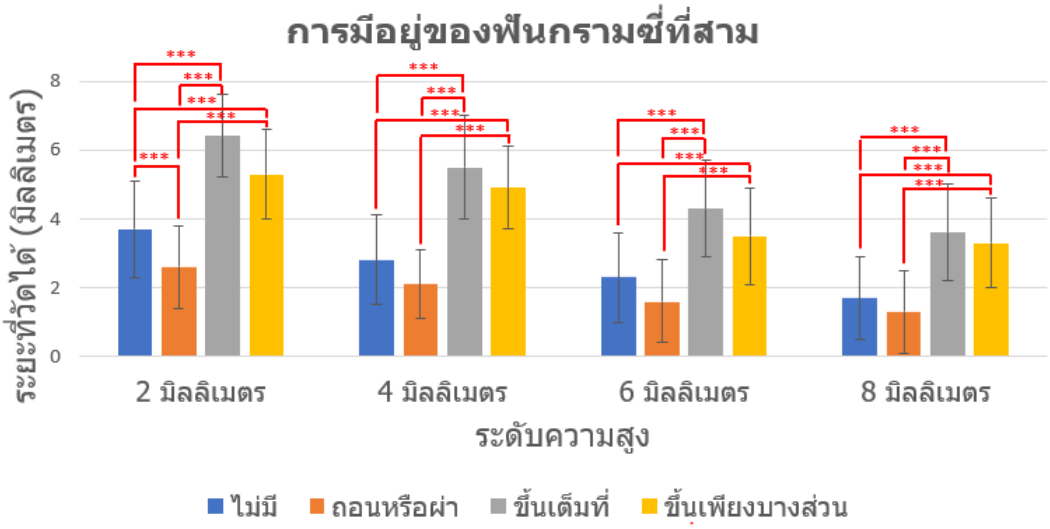
4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติ ANOVA and Multiple comparisons ในการวิเคราะห์ข้อมูล

5. ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงระยะที่วัดได้ (มิลลิเมตร) ของตัวอย่างแต่ละกลุ่มที่ระดับความสูง 2, 4, 6 และ 8 มิลลิเมตรจากรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟันของฟันกรามล่างแท้ซี่ที่สองไปทางปลายรากฟัน

ระดับความสูง	กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2 มิลลิเมตร	ไม่มีฟันกรามซี่ที่สาม	3.7	1.4
	มีประวัติถอนหรือผ่าตัดฟันกรามซี่ที่สาม	2.6	1.2
	ฟันกรามซี่ที่สามขึ้นเต็มที่	6.4	1.2
	มีฟันกรามซี่ที่สามขึ้นเพียงบางส่วน	5.3	1.3
4 มิลลิเมตร	ไม่มีฟันกรามซี่ที่สาม	2.8	1.3
	มีประวัติถอนหรือผ่าตัดฟันกรามซี่ที่สาม	2.1	1.0
	ฟันกรามซี่ที่สามขึ้นเต็มที่	5.5	1.5
	มีฟันกรามซี่ที่สามขึ้นเพียงบางส่วน	4.9	1.2
6 มิลลิเมตร	ไม่มีฟันกรามซี่ที่สาม	2.3	1.3
	มีประวัติถอนหรือผ่าตัดฟันกรามซี่ที่สาม	1.6	1.2
	ฟันกรามซี่ที่สามขึ้นเต็มที่	4.3	1.4
	มีฟันกรามซี่ที่สามขึ้นเพียงบางส่วน	3.5	1.4
8 มิลลิเมตร	ไม่มีฟันกรามซี่ที่สาม	1.7	1.2
	มีประวัติถอนหรือผ่าตัดฟันกรามซี่ที่สาม	1.3	1.2
	ฟันกรามซี่ที่สามขึ้นเต็มที่	3.6	1.4
	มีฟันกรามซี่ที่สามขึ้นเพียงบางส่วน	3.3	1.3



แผนภูมิที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบระยะที่วัดได้ (มิลลิเมตร) ของตัวอย่างแต่ละกลุ่มที่ระดับความสูง 2, 4, 6 และ 8 มิลลิเมตรจากรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟันของฟันกรามล่างแท้ซี่ที่สองไปทางปลายรากฟัน

ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มที่มีฟันกรามซี่ที่สามขึ้นเต็มที่และมีฟันกรามซี่ที่สามขึ้นเพียงบางส่วน มีระยะที่วัดได้มากกว่ากลุ่มไม่มีฟันกรามซี่ที่สามและกลุ่มมีประวัติถอนหรือผ่าตัดฟันกรามซี่ที่สามอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.001$) ในทุกระดับความสูง, กลุ่มที่มีฟันกรามซี่ที่สามขึ้นเต็มที่ มีระยะที่วัดได้ไม่แตกต่างจากกลุ่มมีฟันกรามซี่ที่สามขึ้นเพียงบางส่วนในทุกระดับความสูง ในขณะที่กลุ่มไม่มีฟันกรามซี่ที่สามมีระยะที่วัดได้มากกว่ากลุ่มมีประวัติถอนหรือผ่าตัดฟันกรามซี่ที่สามอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.001$) ที่ระดับความสูง 2 มิลลิเมตร

6. อภิปรายผล

ในปัจจุบัน มีการนำภาพรังสีโคนบีมคอมพิวเตดโทโมกราฟฟีมาใช้อย่างแพร่หลายมากขึ้นในการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน เนื่องจาก สามารถแสดงลักษณะของกระดูกได้ใน 3 ระนาบ ทำให้สามารถเห็นรายละเอียดของกระดูกได้ชัดเจน เช่น รูปร่าง ความกว้าง ความยาว ความสูงและความลาดเอียงของกระดูก เป็นต้น (Kapila & Nervina, 2015)

เดิมทันตแพทย์จัดฟันเชื่อว่าขอบเขตด้านท้ายสุดในการเคลื่อนฟันกรามล่างไปด้านไกลกลาง คือ ขอบด้านหน้าของกระดูกเรมัส (anterior border of the ascending ramus) ซึ่งเป็นลักษณะทางกายวิภาคที่เห็นในภาพรังสีด้านข้างเซฟาโลแกรม และระยะที่สามารถเคลื่อนฟันกรามล่างไปด้านไกลกลางได้ คือระยะระหว่างตัวฟันกรามล่างซี่ที่สองถึงขอบด้านหน้าของกระดูกเรมัส (L.-L. Chen, Xu, Jiang, Zhang, & Lin, 2010) Kim SJ และคณะ (S.-J. Kim, Choi, Baik, Park, & Lee, 2014) ได้ทำการศึกษาปริมาณของกระดูกเบ้าฟันสำหรับเคลื่อนฟันกรามล่างไปด้านไกลกลางในบริเวณรีโทรโมลาร์ที่ความสูงแตกต่างกัน 5 ระดับ (2, 4, 6, 8 และ 10 มิลลิเมตรจากรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟันของฟันกรามล่างแท้ซี่ที่สองไปทางปลายราก) จากภาพรังสีโคนบีมคอมพิวเตดโทโมกราฟฟี พบว่ากระดูกเบ้าฟันในส่วนของรากฟันเป็นตัวกำหนดปริมาณการเคลื่อนที่ของฟันกรามล่างไปด้านไกลกลางที่แท้จริง โดยระยะที่วัดได้จะมีค่าน้อยลงเมื่อเข้าสู่ปลายรากฟัน ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ ที่พบว่าระยะที่วัดได้ในทุกกลุ่มนั้นมีค่าน้อยลงเมื่อเข้าสู่ปลายรากฟันเช่นเดียวกัน ซึ่งสาเหตุที่มีปริมาณกระดูกน้อยลงในบริเวณปลายรากฟันนั้น เกิดจากลักษณะทางกายวิภาคของแอ่งต่อมน้ำลายใต้ขากรรไกรล่าง (submandibular

fossa) ที่มีความคอดเว้าบริเวณใต้ต่อรากฟันกรามล่างแท้ซี่ที่หนึ่งและสอง Kim HJ และคณะ (H.-J. Kim, Jang, & Park, 2019) จึงแนะนำว่าในคนไข้ที่ต้องการเคลื่อนฟันกรามล่างไปด้านไกลกลางในปริมาณมาก ควรมีการประเมินปริมาณกระดูกในบริเวณดังกล่าวโดยการถ่ายภาพรังสีโคนบีมคอมพิวเตดโทโมกราฟฟีก่อนเริ่มทำการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหากับรากฟัน

ในการศึกษานี้ ได้ทำการเปรียบเทียบระยะที่วัดได้ระหว่าง 4 กลุ่มตัวอย่างตามการมีอยู่ของฟันกรามซี่ที่สาม พบว่ากลุ่มที่มีการขึ้นของฟันกรามซี่ที่สาม (กลุ่มฟันกรามซี่ที่สามขึ้นเต็มที่และกลุ่มฟันกรามซี่ที่สามขึ้นเพียงบางส่วน) มีปริมาณกระดูกสำหรับเคลื่อนฟันกรามไปด้านไกลกลางมากกว่ากลุ่มที่ไม่พบการมีอยู่ของฟันกรามซี่ที่สาม (กลุ่มไม่มีฟันกรามซี่ที่สามและกลุ่มมีประวัติถอนหรือผ่าตัดฟันกรามซี่ที่สาม) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดเรื่องการคงอยู่ของกระดูกเบ้าฟันสัมพันธ์กับการมีอยู่ของฟัน (Jonasson et al., 2018)

กลุ่มไม่มีฟันกรามซี่ที่สามมีระยะที่วัดได้มากกว่ากลุ่มมีประวัติถอนหรือผ่าตัดฟันกรามซี่ที่สามอย่างมีนัยสำคัญเฉพาะที่ระดับความสูง 2 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นส่วนบนของกระดูกเบ้าฟัน สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเกิดจากการละลายตัวของกระดูกเบ้าฟันภายหลังการถอนฟัน Araujo และคณะ (Misawa, Lindhe, & Araújo, 2016) พบว่าภายหลังการถอนฟัน กระดูกเบ้าฟันจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งในส่วนของความกว้างและความสูงของกระดูกเบ้าฟัน โดยเฉพาะหากมีการถอนฟันกราม จะมีการเปลี่ยนแปลงของกระดูกเบ้าฟันมาก จากการศึกษาของ Lindhe และคณะ (Lindhe, Karring, & Lang, 2009) ที่สังเกตการเปลี่ยนแปลงของกระดูกเบ้าฟันในมนุษย์ พบว่าหลังจากถอนฟันประมาณสามสัปดาห์ ร่างกายจะเริ่มมีการปรับแต่งกระดูกใหม่ แต่พบว่าความสูงของกระดูกเบ้าฟันอาจลดลงเหลือเพียงครึ่งหนึ่งของความสูงกระดูกเบ้าฟันเดิมเท่านั้น จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้กลุ่มไม่มีฟันกรามซี่ที่สามมีระยะที่วัดได้มากกว่ากลุ่มมีประวัติถอนหรือผ่าตัดฟันกรามซี่ที่สามในตำแหน่งด้านบนของกระดูกเบ้าฟัน

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

(1) ปริมาณของกระดูกเบ้าฟันในบริเวณรีโทรโมลาร์ เป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจเลือกการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันโดยวิธีเคลื่อนฟันกรามล่างไปด้านไกลกลาง ซึ่งพบว่าจะมีปริมาณกระดูกที่เพียงพอในผู้ป่วยที่มีฟันกรามซี่ที่สาม

(2) ความหลากหลายทางกายวิภาคของแอ่งต่อมน้ำลายใต้ขากรรไกรล่าง ทำให้ระยะที่สามารถเคลื่อนฟันกรามล่างไปด้านไกลกลางมีความแตกต่างกันในแต่ละบุคคล จึงแนะนำให้มีการถ่ายภาพรังสีโคนบีมคอมพิวเตดโทโมกราฟฟีบริเวณรีโทรโมลาร์ในคนไข้ที่มีแผนการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันโดยวิธีเคลื่อนฟันกรามล่างไปด้านไกลกลาง เพื่อประเมินปริมาณกระดูกในบริเวณดังกล่าวก่อนเริ่มทำการรักษา

(3) ในคนไข้ที่ต้องการรับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน หากพบว่ามีการมีอยู่ของฟันกรามซี่ที่สาม ควรส่งปรึกษาทันตแพทย์จัดฟันก่อนการถอนหรือผ่าฟันออก เนื่องจาก หากมีการถอนหรือผ่าฟันในบริเวณดังกล่าวเป็นระยะเวลานานก่อนการจัดฟัน อาจจะเกิดการละลายและฝ่อลีบของกระดูกเบ้าฟัน ทำให้ไม่สามารถเคลื่อนฟันตามแผนการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันได้

(4) หากจำเป็นต้องมีการถอนหรือผ่าฟันกรามซี่ที่สามออก ทันตแพทย์ผู้ให้การรักษาควรทำหัตถการด้วยความระมัดระวังและกระทบกระเทือนน้อยที่สุด (atraumatic technique) เพื่อไม่ให้เกิดการแตกหักหรือสูญเสียกระดูกเบ้าฟันมากเกินไป เนื่องจากอาจทำให้เกิดการละลายตัวของกระดูกเบ้าฟันมากขึ้น ส่งผลให้ไม่สามารถเคลื่อนฟันไปในบริเวณดังกล่าวได้

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

(1) มีการออกแบบการศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกระดูกเบ้าฟันในบริเวณรีโทรโมลาร์ และปัจจัยอื่นๆ เช่น ทิศทางของฟันกรามซี่ที่สามที่ฝังคุดอยู่ การเอียงตัวและปริมาณความซ้อนเกของฟันแท้ที่อยู่หน้าต่อฟันกรามซี่ที่สาม เป็นต้น

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณรศ.ทพ.ทองนารถ คำใจ, ทพ.ปราชญ์ พลวัฒน์, ทพญ.ศศธร ภูตินาถ ที่ให้ความกรุณาชี้แนะและช่วยเหลืออย่างดียิ่งตลอดการค้นคว้าวิจัย และผศ.ทพ.ดร.ยสนันท์ จันทรเวคิน ที่อนุเคราะห์ให้คำปรึกษาเรื่องสถิติในงานวิจัย

9. เอกสารอ้างอิง

Agarwal, S., Shah, N., Yadav, S., & Nanda, R. (2014). Mandibular arch retraction with retromolar skeletal anchorage in a Class III open-bite patient. *Journal of clinical orthodontics: JCO, 48*(12), 775-782.

Almpani, K., & Kolokitha, O.-E. (2015). Role of third molars in orthodontics. *World Journal of Clinical Cases: WJCC, 3*(2), 132.

Carlsson, G. (1967). Morphologic changes of the mandible after extraction and wearing of dentures. *Odontol Revy, 18*, 27-54.

Chen, K., & Cao, Y. (2015). Class III malocclusion treated with distalization of the mandibular dentition with miniscrew anchorage: a 2-year follow-up. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics, 148*(6), 1043-1053.

Chen, L.-L., Xu, T.-M., Jiang, J.-H., Zhang, X.-Z., & Lin, J.-X. (2010). Longitudinal changes in mandibular arch posterior space in adolescents with normal occlusion. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics, 137*(2), 187-193.

Choi, Y. T., Kim, Y.-J., Yang, K.-S., & Lee, D.-Y. (2018). Bone availability for mandibular molar distalization in adults with mandibular prognathism. *The Angle Orthodontist, 88*(1), 52-57.

Dachi, S. F., & Howell, F. V. (1961). A survey of 3,874 routine full-mouth radiographs: II. A study of impacted teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, 14*(10), 1165-1169.

Frost, H. (1989). The biology of fracture healing. An overview for clinicians. Part I. Clinical orthopaedics and related research (248), 283-293.

Jing, Y., Han, X., Guo, Y., Li, J., & Bai, D. (2013). Nonsurgical correction of a Class III malocclusion in an adult by miniscrew-assisted mandibular dentition distalization. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics, 143*(6), 877-887.

Jonasson, G., Skoglund, I., & Rythén, M. (2018). The rise and fall of the alveolar process: Dependency of teeth and metabolic aspects. *Archives of oral biology, 96*, 195-200.

Kapila, S., & Nervina, J. (2015). CBCT in orthodontics: assessment of treatment outcomes and indications for its use. *Dentomaxillofacial radiology, 44*(1), 20140282.

Kim, H.-J., Jang, W.-S., & Park, H.-S. (2019). Anatomical Limits for Distalization of Lower Posterior Molars with Micro-Implant Anchorage. *Journal of clinical orthodontics: JCO, 53*(5), 305-313.

Kim, S.-J., Choi, T.-H., Baik, H.-S., Park, Y.-C., & Lee, K.-J. (2014). Mandibular posterior anatomic limit for molar distalization. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics, 146*(2), 190-197.

Kook, Y.-A., Park, J. H., Bayome, M., Kim, S., Han, E., & Kim, C. H. (2016). Distalization of the mandibular dentition with a ramal plate for skeletal Class III malocclusion correction. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics, 150*(2), 364-377.

Lindhe, J., Karring, T., & Lang, N. P. (2009). *Periodontologia clinica e implantologia odontologica/Clinical Periodontology and Implant Dentistry*: Ed. Médica Panamericana.

Misawa, M., Lindhe, J., & Araújo, M. G. (2016). The alveolar process following single‐tooth extraction: a study of maxillary incisor and premolar sites in man. *Clinical oral implants research, 27*(7), 884-889.

ความชุกของเชื้อพอไฟโรโมแนส จิงจิวาลิส ฟิวโซแบคทีเรียม นิวคลีเอทัม และเอนเทอโรคอคคัส ฟีคาลิส ในรอยโรคร่วมระหว่างโรคเนื้อเยื่อในและโรคปริทันต์ โดยวิธี REAL-TIME PCR

PREVALENCE OF *PORPHYROMONAS GINGIVALIS, FUSOBACTERIUM NUCLEATUM*, AND *ENTEROCOCCUS FAECALIS* IN ENDODONTIC-PERIODONTAL LESIONS DETECTED BY REAL-TIME PCR

พรชนก ศรีสังข์*, เกวลิน ธรรมสิทธิ์บูรณ์, รวี เถียรไพศาล

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา

E-mail: Phonchanok456@gmail.com

บทคัดย่อ

รอยโรคร่วมระหว่างโรคเนื้อเยื่อในและโรคปริทันต์ (endodontic-periodontal lesions) เป็นรอยโรคที่เกิดจากการติดเชื้อของเนื้อเยื่อในและของเนื้อเยื่อรอบรากฟันในเวลาเดียวกัน จากหลายการศึกษาก่อนหน้าพบความชุกของเชื้อ *Enterococcus faecalis, Fusobacterium nucleatum* และ *Porphyromonas gingivalis* ซึ่งอาจเป็นเชื้อสาเหตุของรอยโรคดังกล่าว แต่พบความชุกและปริมาณที่แตกต่างกัน จึงเป็นวัตถุประสงค์ในการศึกษานี้ เพื่อศึกษาความชุกและปริมาณของเชื้อ *E. faecalis, F. nucleatum* และ *P. gingivalis* โดยวิธี real-time PCR ทำการเก็บเชื้อจากร่องลึกปริทันต์ที่ลึกที่สุดและเชื้อในคลองรากฟันของผู้ป่วย 10 ราย ที่มีรอยโรคร่วมระหว่างโรคเนื้อเยื่อในและโรคปริทันต์ นำตัวอย่างที่ได้มาศึกษาโดยการสกัดดีเอ็นเอ แล้วศึกษาความชุกและปริมาณของ *E. faecalis, P. gingivalis* และ *F. nucleatum* โดยวิธี real-time PCR ผลการศึกษาพบความชุกของเชื้อ *E. faecalis* ในคลองรากฟัน ร้อยละ 90 และในร่องลึกปริทันต์ ร้อยละ 100 ส่วนความชุกของเชื้อ *F. nucleatum* ในคลองรากฟัน และร่องลึกปริทันต์ ร้อยละ 100 ความชุกของเชื้อ *P. gingivalis* ในคลองรากฟัน ร้อยละ 10 ในร่องลึกปริทันต์ ร้อยละ 50 ผลการศึกษาปริมาณของเชื้อ พบ *E. faecalis* ในคลองรากฟัน เฉลี่ย 5.83±2.12 log CFU/mL ในร่องลึกปริทันต์ เฉลี่ย 6.71±0.74 log CFU/mL เชื้อ *F. nucleatum* ในคลองรากฟัน เฉลี่ย 2.44±1.45 log CFU/mL ในร่องลึกปริทันต์ เฉลี่ย 4.48±1.27 log CFU/mL เชื้อ *P. gingivalis* ในคลองรากฟัน เฉลี่ย 0.17±0.53 log CFU/mL ในร่องลึกปริทันต์ เฉลี่ย 1.80±2.21 log CFU/mL จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าความชุกของเชื้อ *E. faecalis* และ *F. nucleatum* สูงทั้งในร่องลึกปริทันต์และคลองรากฟัน โดยเชื้อ *E. faecalis* มีปริมาณมากกว่า *F. nucleatum* และ *P. gingivalis* อีกทั้งในฟันที่พบ *E. faecalis* ทั้งในร่องลึกปริทันต์และคลองราก-ฟันมีลักษณะทางคลินิกที่รุนแรงกว่าฟันที่พบ *E. faecalis* เพียงตำแหน่งเดียว

คำสำคัญ: รอยโรคร่วมระหว่างโรคเนื้อเยื่อในและโรคปริทันต์ (endodontic-periodontal lesions), *P. gingivalis, F. nucleatum, E. faecalis* และ real-time PCR

ABSTRACT

Endodontic-periodontal (endo-perio) lesions can be defined as pathological change in both the pulp and the periodontal tissue. Infection of root canal and periodontal tissue by *Enterococcus faecalis, Fusobacterium nucleatum* and *Porphyromonas gingivalis* may be the major cause of infection in endo-perio lesions. However, the different findings of *E. faecalis, F. nucleatum* and *P. gingivalis* were reported. The aim of this study was to investigate the prevalence and amount of *E. faecalis, F. nucleatum* and *P. gingivalis* using real-time PCR. Samples were collected from periodontal pocket and root canal of 10 patients with endo-perio lesions. DNA extractions were performed and the prevalence and amount of *E. faecalis, F. nucleatum* and *P. gingivalis* were examined using real-time PCR.

The prevalence of *E. faecalis, F. nucleatum* and *P. gingivalis* were 90%, 100% and 10% in root canals and 100%, 100%, and 50% in periodontal pockets, respectively. The mean number of *E. faecalis, F. nucleatum* and *P. gingivalis* were 5.83±2.12 log CFU/mL, 2.44±1.45 log CFU/mL, and 0.17±0.53 log CFU/mL in root canal and 6.71±0.74 log CFU/mL, 4.48±1.27 log CFU/mL, and 1.80±2.21 log CFU/mL in periodontal pocket, respectively.

In conclusion, the prevalence of *E. faecalis* and *F. nucleatum* were high in the root canals and periodontal pocket. The presence of *E. faecalis* strains in both root canal and periodontal pocket was related to severe clinical symptoms.

Keywords: Endodontic-Periodontal Lesion, *P. gingivalis, F. nucleatum, E. faecalis*, and real-time PCR

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

รอยโรคร่วมระหว่างโรคเนื้อเยื่อในและโรคปริทันต์ (endodontic-periodontal lesions) คือ รอยโรคที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นผลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างโรคของเนื้อเยื่อในและโรคของเนื้อเยื่อรอบปลายรากฟันในซี่เดียวกัน รอยโรคอาจเกิดจากโรคเนื้อเยื่อในฟันก่อน หรือเกิดจากโรคของเนื้อเยื่อรอบปลายรากฟันก่อน หรือเกิดแยกกันก็ได้ ความสัมพันธ์ระหว่างโรคเนื้อเยื่อในและโรคปริทันต์ ยังไม่เป็นที่แน่ชัด โดยมีการศึกษาของ Gomes และคณะ[3] รายงานว่าเชื้อแบคทีเรียในคลองรากฟันและในร่องลึกปริทันต์ ของฟันที่มีรอยโรคร่วมระหว่างโรคเนื้อเยื่อในและโรคปริทันต์มีความคล้ายคลึงกัน แต่การศึกษาของ Simon และคณะ[18] ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองเนื้อเยื่อ จากการศึกษาที่ผ่านมายังไม่สามารถสรุปความแตกต่างความชุกของเชื้อ *P. gingivalis, F. nucleatum* และ *E. faecalis* ในรอยโรคร่วมระหว่างโรคเนื้อเยื่อในและโรคปริทันต์ จึงเป็นที่มาของการศึกษานี้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาความชุกและปริมาณของเชื้อ *P. gingivalis, F. nucleatum* และ *E. faecalis* ที่พบในคลองรากฟันและร่องลึกปริทันต์ของฟันที่มีรอยโรคร่วมระหว่างโรคเนื้อเยื่อในและโรคปริ-ทันต์ ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเชื้อ และ real-time PCR

2. ศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะทางคลินิกที่พบ *E. faecalis* ทั้งในร่องลึกปริทันต์และคลองรากฟันกับลักษณะทางคลินิกที่พบ *E. faecalis* ในร่องลึกปริทันต์หรือของรากฟัน

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาก่อนหน้าพบว่าความชุกของเชื้อ *P. gingivalis, F. nucleatum* และ *E. faecalis* มีแนวโน้มแตกต่างกันระหว่างภายในคลองรากฟันกับภายในร่องลึกปริทันต์ กล่าวคือ ภายในคลองรากฟันจะพบ *P. gingivalis* ร้อยละ 12-74 *F. nucleatum* ร้อยละ 0-100 และ *E. faecalis* ร้อยละ 18-100 ส่วนในร่องลึกปริทันต์จะพบ *P. gingivalis* ร้อยละ 28-92 *F. nucleatum* ร้อยละ 18-100 และ *E. faecalis* ร้อยละ 10-100[1-5, 7-10, 14-19] โดยความชุกของเชื้อแบคทีเรียที่แตกต่างกันนี้อาจเกิดจาก วิธีการคัดเลือกผู้ป่วย การเก็บตัวอย่าง วิธีการศึกษา ความแตกต่างทางภูมิศาสตร์ ระดับความรุนแรงของโรค การศึกษาเชื้อโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับและถือเป็นวิธีมาตรฐานในการยืนยันวินิจฉัยชนิดของเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งทำได้ง่าย ประหยัดค่าใช้จ่าย และเชื้อแบคทีเรียที่เพาะเลี้ยงจะยังมีชีวิตอยู่ สามารถเก็บเชื้อไว้ศึกษาในอนาคตได้ แต่อาจไม่เหมาะกับเชื้อบางชนิดที่เจริญเติบโตได้ยาก[10] real-time PRC หรือ quantitative PCR (qPCR) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอที่ต้องการศึกษาอย่างจำเพาะและสามารถติดตามวัดปริมาณการเพิ่มจำนวนของดีเอ็นเอเป้าหมายได้ ทำให้สามารถระบุเชื้อได้แม่นยำกว่า แต่มีความใช้จ่ายสูง[6, 13]

จากการศึกษาที่ผ่านมายังไม่สามารถสรุปความแตกต่างความชุกของเชื้อ *P. gingivalis, F. nucleatum* และ *E. faecalis* ในรอยโรคร่วมระหว่างโรคเนื้อเยื่อในและโรคปริทันต์ อีกทั้งวิธีการศึกษาอาจมีผลต่อความชุกและปริมาณของเชื้อ จึงเป็นที่มาของการศึกษานี้

3.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม
ตำแหน่งที่เก็บเชื้อ - คลองรากฟัน - ร่องลึกปริทันต์	- ความชุกของเชื้อ *P. gingivalis, F. nucleatum* และ *E. faecalis* - ปริมาณเชื้อ *P. gingivalis, F. nucleatum* และ *E. faecalis*

แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

3.3 สมมติฐานการวิจัย

1. ความชุกและปริมาณของเชื้อ *P. gingivalis, F. nucleatum* และ *E. faecalis* ไม่มีความแตกต่างกัน
2. ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางคลินิกที่พบในฟันที่พบ *E. faecalis* ในร่องลึกปริทันต์และคลองรากฟัน กับการพบ *E. faecalis* เฉพาะในร่องลึกปริทันต์หรือคลองรากฟัน

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 การคัดเลือกผู้ป่วย (Patient selection)

ผู้ป่วยอายุ 18 ปี ขึ้นไป มีฟันแท้ที่มีการสร้างรากเสร็จสมบูรณ์ จำเป็นต้องได้รับการรักษาคลองรากฟันและมีร่องลึกปริทันต์ มากกว่าหรือเท่ากับ 6 มิลลิเมตร อย่างน้อย 2 ตำแหน่ง

4.2 การเก็บตัวอย่าง (Sample collection)

เก็บข้อมูลทั่วไป ตรวจภายในช่องปาก ถ่ายภาพรังสี เก็บเชื้อในร่องลึกปริทันต์ (ที่ลึกที่สุด) โดยใช้กระดาษซับรูปกรวยแหลมขนาดกลางสอดในร่องเหงือก 30 วินาที แล้วนำมาใส่ใน sterile tube ที่ประกอบด้วย RTF (reducing transport fluid) 1 มิลลิลิตร จากนั้นทำการเก็บเชื้อในคลองรากฟัน กรอเปิด access ด้วยหัวกรอกากเพชรความเร็วสูง ใส่น้ำเกลือปราศจากเชื้อ (sterile saline solution) ปริมาณ 20 ไมโครลิตรเข้าสู่คลองรากฟัน แล้วใช้ #15 H-file ตะไบผนังคลองรากฟันโดยรอบในทิศทางขึ้นลง แล้วเก็บเชื้อเช่นเดียวกับในร่องลึกปริทันต์

4.3 การหาปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดและเชื้อ *E. faecalis, P. gingivalis* และ *F. nucleatum* โดยวิธี real-time PCR

1. การทำกราฟมาตรฐานของการศึกษา

การศึกษานี้ใช้เชื้อ *E. faecalis* ATCC 19433, *P. gingivalis* ATCC 33277, *F.nucleatum* ATCC 25586 สำหรับทำกราฟมาตรฐานของเชื้อ *E. faecalis, P. gingivalis* และ *F.nucleatum* ตามลำดับ

2. การหาปริมาณเชื้อในตัวอย่างที่เก็บได้จากคลองรากฟัน

นำตัวอย่างมาสกัดดีเอ็นเอ โดยชุดสกัดดีเอ็นเอที่มีไพรเมอร์จำเพาะต่อ *E. faecalis*, *P. gingivalis* และ*F.nucleatum* จากนั้นนำสารสกัดดีเอ็นเอปริมาณ 5 ไมโครลิตร ในน้ำยา real-time (Sensi-FASTTMSYBR kit, Biotine Reagent Ltd., California, USA) ที่มีไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อเชื้อที่ศึกษาเข้าเครื่อง real-time PCR (CFX96 TouchTM Real-Time PCR detection system Bio-Rad, USA) เพื่อทำปฏิกิริยา หลังจากนั้นนำค่า Ct ที่ได้มาคำนวณตามสูตรที่ได้จากกราฟมาตรฐานข้างต้น เพื่อหาปริมาณเชื้อ

4.4 การจำแนกสายพันธุ์ของ *E. faecalis* ทางจีโนไทป์ โดยวิธี arbitrarily - primed polymerase chain reaction (AP-PCR)

สกัด DNA ของเชื้อ *E. faecalis* ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเชื้อ ที่พบทั้งในตำแหน่งร่องลึกปริ-ทันต์และในคลองรากฟันด้วยชุดสกัดดีเอ็นเอ (PureDireX DNA extraction kit)

การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของเชื้อด้วยวิธี arbitrarily-primed polymerase chain reaction (AP-PCR) โดยใช้ ERIC primer โดยมี ERIC 1R primer คือ 5'-ATGTAAGCTCCTGGGGATTCAC-3' และ ERIC 2 primer คือ 5'- AAGTAAGTGACTGGGGTGAGCG- วิเคราะห์ PCR amplicons ด้วย อิเล็กโตรโฟริสิสใน polyacrylamide gel ที่ย้อมด้วยสี silver

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ความชุกของเชื้อ *E. faecalis, P. gingivalis* และ *F. nucleatum* เป็นอัตราร้อยละของตัวอย่างที่พบ
2. ปริมาณเชื้อ *E. faecalis, P. gingivalis* และ *F. nucleatum* และแบคทีเรียทั้งหมดรายงานเป็น log CFU/mL

5. ผลการวิจัย

ข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ได้จากคลองรากฟันและร่องลึกปริทันต์จำนวน 10 ซี่ จากผู้ป่วย 10 คน อายุ 18-64 ปี เฉลี่ย 49.5 ปี เพศชาย 6 คน เพศหญิง 4 คน เป็นฟันหน้า 1 ซี่ ฟันหลัง 9 ซี่ โดยมีสาเหตุจากรอยโรคเนื้อเยื่อในปฐมภูมิ 1 ซี่ รอยโรคเนื้อเยื่อในปฐมภูมิตามด้วยโรคปริทันต์ทุติยภูมิ 1 ซี่ รอยโรคโรคปริทันต์ปฐมภูมิตามด้วยเนื้อเยื่อในทุติยภูมิ 1 ซี่ และรอยโรคร่วมที่แท้จริง 7 ซี่ โดยมีลักษณะทางคลินิกดังตารางที่ 1

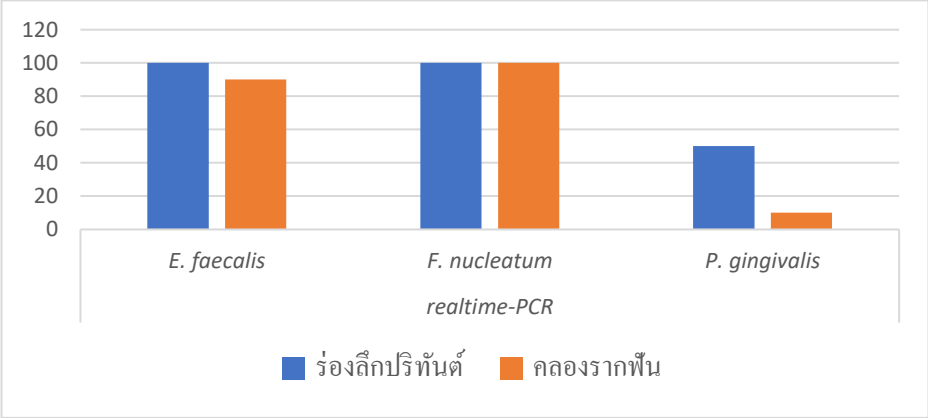
ตารางที่ 1 ข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง (n = 10)

Clinical parameters		N (%)	Clinical parameters		N (%)
Plaque index	0-1	8 (80)	Percussion	+	7 (70)
	2-3	2 (20)		-	3 (30)
CAL	no	5 (50)	CAL	No	5 (50)
	>2 mm	5 (50)		>2 mm	5 (50)
Tooth mobility	0-1	2 (20)	Previously pain	Asymptomatic	5 (50)
	2-3	8 (80)		Pain	5 (50)

การเปรียบเทียบความชุกและปริมาณของเชื้อ *E. faecalis, F. nucleatum* และ *P. gingivalis*

ความชุกของเชื้อ *E. faecalis*, *F. nucleatum* และ *P. gingivalis* ดังแสดงในแผนภาพที่ 2

พบแบคทีเรียทั้งหมดในคลองรากฟัน เฉลี่ย 6.43±2.03 log CFU/mL ในร่องลึกปริทันต์ เฉลี่ย 7.93±0.71 log CFU/mL เชื้อ *E. faecalis* ในคลองรากฟัน เฉลี่ย 5.83±2.12 log CFU/mL ในร่องลึกปริทันต์ เฉลี่ย 6.71±0.74 log CFU/mL เชื้อ *F. nucleatum* ในคลองรากฟัน เฉลี่ย 2.44±1.45 log CFU/mL ในร่องลึกปริทันต์ เฉลี่ย 4.48±1.27 log CFU/mL เชื้อ *P. gingivalis* ในคลองรากฟัน เฉลี่ย 0.17±0.53 log CFU/mL ในร่องลึกปริทันต์ เฉลี่ย 1.80±2.21 log CFU/mL



แผนภาพที่ 2 ความชุกของ *E.faecalis, F.nucleatum* และ *P.gingivalis* ในร่องลึกปริทันต์และคลองรากฟัน (n = 10)

การเปรียบเทียบลักษณะทางคลินิกของฟันที่พบเชื้อ *E.faecalis* ที่พบในร่องลึกปริทันต์และคลองรากฟันกับฟันที่พบ *E. faecalis* ในร่องลึกปริทันต์หรือคลองรากฟัน โดยวิธีการเพาะเลี้ยงเชื้อ

พบว่ามีฟัน 3 ซี่ ที่พบเชื้อ *E.faecalis* ที่พบทั้งในร่องลึกปริทันต์และคลองรากฟัน จากผู้ป่วย 3 คน อายุ 52-62 ปี เฉลี่ย 57 ปี โดยมีสาเหตุจากรอยโรคโรคปริทันต์ปฐมภูมิตามด้วยเนื้อเยื่อในทุติย-ภูมิทั้ง 3 ซี่ และอีก 7 ซี่ พบเชื้อ *E. faecalis* ในร่องลึกปริทันต์หรือคลองรากฟัน จากผู้ป่วย 7 คน อายุ 18-64 ปี เฉลี่ย 46.29 ปี โดยมีสาเหตุจากรอยโรคเนื้อเยื่อในปฐมภูมิ 1 ซี่ รอยโรคเนื้อเยื่อในปฐมภูมิตามด้วยโรคปริทันต์ทุติยภูมิ 1 ซี่ รอยโรคโรคปริทันต์ปฐมภูมิตามด้วยเนื้อเยื่อในทุติยภูมิ 4 ซี่ และรอยโรคร่วมที่แท้จริง 1 ซี่ พบว่าฟันที่พบเชื้อ *E.faecalis* ที่พบทั้งในร่องลึกปริทันต์และคลองราก-ฟัน จะมีลักษณะทางคลินิกที่รุนแรงกว่า ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลกลุ่มตัวอย่างที่พบเชื้อ *E.faecalis* ที่พบทั้งในร่องลึกปริทันต์และคลองรากฟัน (n = 3) และตัวอย่างที่พบ *E. faecalis* ในร่องลึกปริทันต์หรือคลองรากฟัน (n = 7) โดยวิธีการเพาะเลี้ยงเชื้อ

Conditions		Percentage		Conditions		Percentage	
		$Ef_{\text{PP and RC}}$ n=3 (%)	$Ef_{\text{PP or RC}}$ n=7 (%)			$Ef_{\text{PP and RC}}$ n=3 (%)	$Ef_{\text{PP or RC}}$ n=7 (%)
Percussion	pain	100.00%	0.00%	Periodontitis (grade)	B	0.00%	14.29%
	sensitive	0.00%	57.14%		C	100.00%	85.71%
	negative	0.00%	42.86%	Tooth mobility	0-1	0.00%	42.86%
CAL	1-2 mm	33.33%	57.15%		2-3	100.00%	57.14%
	3-4 mm	66.67%	42.86%	Root condition	Normal	33.33%	100.00%
Periodontitis (stage)	I-II	0.00%	57.15%		Ext. resorption	66.67%	0.00%

6. อภิปรายผล

ผลการศึกษาความชุกของของเชื้อด้วยวิธี real-time PCR พบความชุกของเชื้อ *E. faecalis* ในคลองรากฟัน ร้อยละ 90 ในร่องลึกปริทันต์ ร้อยละ 100 ความชุกของเชื้อ *F. nucleatum* ในคลองรากฟัน ร้อยละ 100 ในร่องลึกปริทันต์ ร้อยละ 100 ความชุกของเชื้อ *P. gingivalis* ในคลองรากฟัน ร้อยละ 10 ในร่องลึกปริทันต์ ร้อยละ 50 สอดคล้องกับการศึกษาที่ใช้วิธีการศึกษาระดับโมเลกุล โดยพบความชุกของเชื้อ *E. faecalis* ในคลองรากฟัน ร้อยละ 100 ในร่องลึกปริทันต์ ร้อยละ 100 ความชุกของเชื้อ *F. nucleatum* ในคลองรากฟัน ร้อยละ 100 ในร่องลึกปริทันต์ ร้อยละ 100 ความชุกของเชื้อ *P. gingivalis* ในคลองรากฟัน ร้อยละ 20-45 ในร่องลึกปริทันต์ ร้อยละ 40-60[3, 4, 13] แต่การศึกษาของ Rovia และคณะ[16] พบความชุกของเชื้อ *E. faecalis* ในคลองรากฟัน ร้อยละ 30 ในร่องลึกปริทันต์ ร้อยละ 10 และการศึกษาของ Li และคณะ[12] พบความชุกของเชื้อ *F. nucleatum* ในคลองรากฟัน ร้อยละ 25 ในร่องลึกปริทันต์ ร้อยละ 50 ซึ่งความชุกที่แตกต่างกันนี้ อาจเกิดจากเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้ป่วย วิธีการเก็บตัวอย่าง ขั้นตอนในห้องปฏิบัติการที่แตกต่างกัน

ผลการศึกษาปริมาณเชื้อเมื่อศึกษาด้วยวิธี real-time PCR พบ เชื้อ *E. faecalis* ในคลองรากฟัน เฉลี่ย 5.83±2.12 log CFU/mL ในร่องลึกปริทันต์ เฉลี่ย 6.71±0.74 log CFU/mL เชื้อ *F. nucleatum* ในคลองรากฟัน เฉลี่ย 2.44±1.45 log CFU/mL ในร่องลึกปริทันต์ เฉลี่ย 4.48±1.27 log CFU/mL เชื้อ *P. gingivalis* ในคลองรากฟัน เฉลี่ย 0.17±0.53 log CFU/mL ในร่องลึกปริทันต์ เฉลี่ย 1.80±2.21 log CFU/mL ปริมาณแบคทีเรียที่ได้จากวิธี real-time PCR สูง เนื่องจาก real-time PCR มีความไวต่อในการตรวจพบเชื้อสูง คือสามารถตรวจพบแบคทีเรียได้แม้มีปริมาณเพียง 1-10 เซลล์[6,13]

การศึกษาของ Gomes และคณะ[3] พบ *E. faecalis* สูงทั้งในคลองรากฟันและร่องลึกปริทันต์ สอดคล้องกับการศึกษาของ Souto และ Colombo[20] ที่พบ *E. faecalis* ได้บ่อยในผู้ป่วยที่มีภาวะปริ-ทันต์อักเสบ คาดว่าการติดเชื้อในร่องลึกปริทันต์อาจเป็นผลหลักของ *E. faecalis* ในการศึกษานี้พบ *E. faecalis* มีความชุกสูง และมีปริมาณสูงกว่า *F. nucleatum* และ *P. gingivalis* และยังพบลักษณะทางคลินิกที่รุนแรงของเคสที่พบ *E. faecalis* ทั้งในร่องลึกปริทันต์และคลองรากฟัน เปรียบเทียบกับลักษณะทางคลินิกเมื่อพบ *E. faecalis* เพียงตำแหน่งเดียว คือ มีการเคาะเจ็บ การสูญเสียระดับการยึดเกาะมากกว่า ระดับการโยกของฟัน 2-3 และภาวะปริทันต์อักเสบรุนแรง

รอยโรคร่วมระหว่างโรคเนื้อเยื่อในและโรคปริทันต์ เป็นรอยโรคที่รักษายาก การพยากรณ์โรคไม่ดี จากผลการศึกษาพบ *E. faecalis* ที่ตรงกันในร่องลึกปริทันต์และคลองรากฟัน ซึ่งมีแนวโน้มการดำเนินโรคที่รุนแรงกว่าการพบ *E. faecalis* เพียงตำแหน่งเดียว หากนำเชื้อ *E. faecalis* ที่แยกได้จากการเพาะเชื้อมาศึกษาปัจจัยการก่อโรคหรือความสามารถในการเกิดโรค จะทำให้วางแผนการรักษาได้อย่างเหมาะสม

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

(1) สามารถพยากรณ์การดำเนินของรอยโรคร่วมระหว่างโรคเนื้อเยื่อในและโรคปริทันต์ได้ดีขึ้น

(2) สามารถเลือกน้ำยาล้างคลองรากฟันและยาฆ่าเชื้อในคลองรากฟันได้อย่างเหมาะสมในการกำจัดเชื้อ

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

(1) เชื้อ *E. faecalis* ที่แยกได้จากการเพาะเชื้อมาศึกษาปัจจัยการก่อโรคหรือความสามารถในการเกิดโรค

(2) เพิ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา เพื่อผลการศึกษาที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

8. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือจาก ศาสตราจารย์ ดร.รวี เถียรไพศาล อาจารย์ที่ปรึกษา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทพญ. เกวลิน ธรรมสิทธิ์บูรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.นันทิยา พาหุมันโต ที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัยอย่างสุดความสามารถ

9. เอกสารอ้างอิง

1. Bouillaguet S, Manoil D, Girard M, Louis J, Gaïa N, Leo S, et al. Root Microbiota in Primary and Secondary Apical Periodontitis. *Front microbiol.* 2018; 9:1–11.

2. Debelian GJ. Analysis of Symptomatic and Asymptomatic Primary Root Canal Infections in Adult Norwegian Patients. *J Endod.* 2011; 37(9):1206–12.

3. Gomes BPFA, Berber VB, Kokaras AS, Chen T, Paster BJ. Microbiomes of Endodontic-Periodontal Lesions before and after Chemomechanical Preparation. *J Endod.* 2015;1–10.

4. Duque TM, Prado M, Herrera DR, Gomes BPFA. Periodontal and endodontic infectious / inflammatory profile in primary periodontal lesions with secondary endodontic involvement after a calcium hydroxide-based intracanal medication. *Clin Oral Invest.* 2018; 23(1):53–63.

5. Gomes BPFA, Pinheiro ET, Sousa ELR, Jacinto RC. *Enterococcus faecalis* in dental root canals detected by culture and by polymerase chain reaction analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006; 102:247–53.

6. Han YW. *Fusobacterium nucleatum*: A commensal-turned pathogen. *Curr Opin Microbiol.* 2015;23:141–7.

7. Han YW, Redline RW, Li M, Yin L, Hill GB, Mccormick TS. *Fusobacterium nucleatum* Induces Premature and Term Stillbirths in Pregnant Mice : Implication of Oral Bacteria in Preterm Birth. *Infect Immun.* 2004; 72(4):2272–9.

8. Herrera D, Valdes BR, Alonso B, Feres M. Acute periodontal lesions (periodontal abscesses and necrotizing periodontal diseases) and endo-periodontal lesions. *J Clin Periodontol.* 2018; 45:S78–94.

9. Kipioti A, Nakou M, Legakis N, Mitsis F. Microbiological findings of infected root canals and adjacent periodontal pockets in teeth with advanced periodontitis. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol.* 1984; 58(2):213–20.

10. Kurihara H, Kobayashi Y, Francisco IA, Isoshima O, Nagai A, Murayama Y. A microbiological and immunological study of endodontic-periodontic lesions. *J Endod.* 1995; 21(12):617–21.

11. Lačević A, Foschi F, Pojskić L, Pojskić N, Bajrović K, Izard J. Correlation of periodontal pathogens in concurrent endodontic-periodontal diseases. *Oral Biol Dent.* 2015; 3(1):5.

12. Li H, Guan R, Sun J, Hou B. Bacteria community study of combined periodontal-endodontic lesions using denaturing gradient gel electrophoresis and sequencing analysis. *J Periodontol.* 2014; 85(10):1442-9.

13. Louzada LM, Arruda-vasconcelos R, Duque TM, Casarin RC V, Feres M. Clinical Investigation of Microbial Profile and Levels of Endotoxins and Lipoteichoic Acid at Different Phases of the Endodontic Treatment in Teeth with Vital Pulp and Associated Periodontal Disease. *J Endod.* 2020;1–12.

14. Ozbek SM, Oabek A, Erdogan AS. Analysis of *Enterococcus faecalis* in samples from Turkish patients with primary endodontic infections and failed endodontic treatment by real-time PCR SYBR green method. *Appl Oral Sci.* 2009; 17(5):370–4.

15. Pereira V, Stipp RN, Fonseca DC, Pereira LJ, Ho F. Detection and Clonal Analysis of Anaerobic Bacteria Associated to Endodontic-Periodontal Lesions. *J Periodontol.* 2011;82:1767–75.

16. Rovai E da S, Matos F de S, Kerbauy WD, Cardoso FG da R, Martinho FC, Oliveira LD de, et al. Microbial Profile and Endotoxin Levels in Primary Periodontal Lesions with Secondary Endodontic Involvement. *Braz Dent J.* 2019;30:356–62.

17. Rupf S, Kannengießer S, Merte K, Pfister W, Sigusch B. Comparison of profiles of key periodontal pathogens in periodontium and endodontium. *Endod Dent Traumatol.* 2000; 9:269–75.

18. Simon JHS. GD, Frank AL. The Relationship of Endodontic-Periodontic Lesions. *J Periodontol.* 1972; 202–8.

19. Simring M, Goldberg M. The Pulpal Pocket Approach: Retrograde Periodontitis. *J Periodontol.* 1964; 35(1):22–48.

20. Souto R, Colombo APV. Prevalence of *Enterococcus faecalis* in subgingival biofilm and saliva of subjects with chronic periodontal infection. *Arch Oral Biol.* 2008; 53(2):155–60.

การประเมินผลการรักษา 3 ปีหลังการผ่าตัดกรอกระดูกทึบร่วมกับการปลูกถ่ายกระดูกและซีจีเอฟเพื่อการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน

THREE YEARS FOLLOW UP AUGMENTED CORTICOTOMY ASSISTED ORTHODONTICS USING CONCENTRATED GROWTH FACTOR

นายศรายุทธ จันทร์หอม
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
E-mail: za-zo-ze@hotmail.com
รศ.ทพ.ทองนารถ คำใจ
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
E-mail: Thongnart@hotmail.com
ผศ.ทพ.ดร.ยสนันท์ จันทรเวคิน
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
E-mail: yosananda@hotmail.com
อาจารย์ ทพญ.เบญจม์ภัทร วงศ์ไพบูลย์
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
E-mail: benjapat_bo@hotmail.com

บทคัดย่อ

ในงานศัลยกรรมเพื่อช่วยให้การรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน มีการใช้การผ่าตัด กรอกระดูกทึบรอบรากฟันร่วมกับการปลูกถ่ายกระดูกและใช้ซีจีเอฟได้รับการพิสูจน์ว่า เป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มความหนากระดูกด้านริมฝีปากที่บริเวณ 1/3 ตรงกลางและ 1/3 ปลายรากของความยาวรากฟันและเร่งการเคลื่อนฟันในการจัดฟันภายหลังการผ่าตัด การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสภาวะปริทันต์ในการผ่าตัดกรอกระดูกทึบร่วมกับการปลูกถ่ายกระดูกและซีจีเอฟเพื่อการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันโดยติดตามผลการรักษา 3 ปี

สภาวะปริทันต์ของผู้ป่วย 8 รายถูกประเมินโดย 4 พารามิเตอร์ทางคลินิก: ความลึกของร่องปริทันต์ ระยะรอยต่อเคลือบฟันและเคลือบรากฟันถึงขอบเหงือก การสูญเสียระดับเหงือกยึดทางคลินิก ความกว้างของเหงือกยึด ข้อมูลถูกเก็บก่อนการผ่าตัด (T0) ภายหลังการผ่าตัด 12 เดือน (T1) 24 เดือน (T2) และ 36 เดือน (T3)

ผลการวิจัย ค่าเฉลี่ยของความลึกร่องปริทันต์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญจาก T0-T3 ระยะรอยต่อเคลือบฟันและเคลือบรากฟันถึงขอบเหงือกเพิ่มขึ้นจาก T0-T3 การสูญเสียระดับเหงือกยึดทางคลินิกเพิ่มขึ้นจาก T0-T3 และความกว้างของเหงือกยึดเพิ่มขึ้นจาก T0-T3 ผลในเชิงบวกของการผ่าตัดกรอกระดูกทึบร่วมกับการปลูกถ่ายกระดูกและซีจีเอฟสามารถลดความลึกร่องปริทันต์ รักษาระดับเหงือกยึดทางคลินิกและความแน่นของฟันในระดับปลอดภัย เพิ่มความกว้างของเหงือกยึด อย่างไรก็ตามผลในเชิงลบพบว่าระยะรอยต่อเคลือบฟันและเคลือบรากฟันถึงขอบเหงือกเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ความหนาของกระดูกรอบปลายรากฟันด้านริมฝีปาก ความลึกของร่องปริทันต์ ระยะรอยต่อเคลือบฟันและเคลือบรากฟันถึงขอบเหงือก การสูญเสียระดับเหงือกยึดทางคลินิก ความกว้างของเหงือกยึด

ABSTRACT

Augmented-corticotomy assisted orthodontics (ACAO) using concentrated growth factor (CGF) has been proven to be an effective procedure for gaining labial bone thickness at 1/3 middle, 1/3 apical of root length and accelerated orthodontic tooth movement after surgery. This study aims to evaluate the periodontal status after using CGF in ACAO in adult orthodontics patients.

The objective of this study is to evaluate clinical periodontal status in ACAO using CGF at 1, 2 and 3 years follow up

In this study, the periodontal status of eight patients was evaluated by four clinical parameters: Probing depth (PD), Gingival margin level (CEJ-GM), Clinical attachment loss (CAL), Attached gingiva width (AG). The data were collected before surgery (T0), after surgery 12 months (T1), 24 months (T2) and 36 months (T3).

Major Findings: The mean PD significantly decreased from T0 to T3. CEJ-GM increases from T0 to T3. CAL not significantly increase from T0 to T3. AG increase from T0-T3. The positive effects, ACAO using CGF can reduce PD, maintain CAL within the safety limit, and increase AG after surgery. However, the negative effects of this procedure were increased CEJ-GM.

Keywords: Labial bone thickness, Probing depth, Gingival margin level, Clinical attachment loss, Attached gingiva width

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

เป้าหมายหลักของรักษาทางทันตกรรมจัดฟันคือการสบฟันที่มีเสถียรภาพ โดยทั่วไปแล้วการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันนั้นจะใช้เวลาประมาณ 2-3 ปี ในช่วงต้นปี ค.ศ. 2000 นั้นได้มีวิทยาการเร่งการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันให้เร็วขึ้นทำให้ใช้เวลาในการรักษาน้อยลง

การผ่าตัดกรอกระดูกทึบร่วมกับการปลูกถ่ายกระดูกและซีจีเอฟเพื่อการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันนั้นเป็นการเร่งการเคลื่อนฟันซึ่งได้รับการยอมรับว่าสามารถทำให้การรักษาเร็วขึ้น 3 เท่าเมื่อเทียบกับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันในแบบปกติ นอกจากนี้วิธีการดังกล่าวยังเพิ่มความเสถียรภาพหลังจากรับการรักษาทันตกรรมจัดฟันในบริเวณฟันหน้าล่าง (M. T. Wilcko, Wilcko, Pulver, Bissada, & Bouquot, 2009) ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันแบบปกติและในแบบที่มีการปลูกกระดูกร่วมด้วย โดยพบว่าหลังจากรับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันเสร็จเมื่อเวลาผ่านไปหลายปีการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันแบบปกติจะมีการกลับมาซ้อนเกที่ฟันหน้ามากกว่าการรักษาในแบบที่มีศัลยกรรมกระดูกร่วมกับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน

งานศัลยกรรมโดยการกรอกระดูกทึบรอบปลายรากนั้น (Cano, Campo, Bonilla, & Colmenero, 2012), (Cano et al., 2012) เป็นการทำให้เซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงรูปร่างกระดูกถูกกระตุ้นและมีผลลดความหนาและความต้านทานของกระดูก ทำให้ฟันเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้นเป็นปรากฏการณ์เฉพาะบริเวณที่ทำให้ฟันเคลื่อนที่ได้เร็ว (Regional acceleratory phenomena, RAP) หลังจากนั้นกระดูกจะมีการสะสมแร่ธาตุกลับคืนเข้าไปในกระดูกและกลับมาแข็งแรงอีกครั้ง (Liou, 2016), (M. T. Wilcko, Wilcko, & Bissada, 2008) นอกจากนี้

การรักษาทางทันตกรรมจัดฟันที่มีการเคลื่อนฟันออกไปทางด้านริมฝีปากอาจทำให้เกิดเหงือกร่นหรือมีความผิดปกติที่กระดูกโดยมักจะเกิดกับผู้ป่วยที่มีชนิดเหงือกที่บาง

ในปัจจุบันมีกลุ่มงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการผ่าตัดกรอกระดูกทึบร่วมกับการปลูกถ่ายกระดูกและซีจีเอฟเพื่อการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันนั้นเช่น งานวิจัยของ หัฏฐพณ คำใจ และคณะ (2563) ซึ่งได้ใช้ซีจีเอฟร่วมด้วย โดยในกลุ่มตัวอย่างมี 8 คน จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการวัดความหนาของกระดูกด้านริมฝีปากโดยใช้ภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ลำรังสีรูปกรวยทันทีหลังจากทำการศัลยกรรมและในช่วงเวลาเดือนที่ 6 และ 12 โดยผลการศึกษาพบว่าการผ่าตัดกระดูกทึบร่วมกับปลูกกระดูกและใช้ซีจีเอฟ ทำให้มีความหนาของกระดูกเพิ่มขึ้นตั้งแต่บริเวณปลายรากขึ้นมาถึงกลางรากฟัน งานวิจัยของ สุชานาฏ วิเศษศิริ และคณะ (2563) พบว่าในกลุ่มตัวอย่างที่รับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันแล้วมีการลดความซ้อนเกในช่วงเวลาต่างๆ ได้แก่ สัปดาห์แรก 1 เดือน 3 เดือน 6 เดือนและ 1 ปีหลังการทำศัลยกรรมร่วมกับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน โดยคนไข้ 7 คนจาก 8 คนมีความพึงพอใจในการรักษาโดยรวมทั้งหมดและไม่มีอาการแทรกซ้อนจากหัตถการดังกล่าว และงานวิจัยของ เกริกวัชร สุริยาอัมพร และคณะ (2564) ซึ่งได้ติดตามสภาวะปริทันต์หลังจากทำการผ่าตัดกรอกระดูกทึบร่วมกับการปลูกถ่ายกระดูกและซีจีเอฟเพื่อการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันดังกล่าว รายงานว่าค่าเฉลี่ยของความลึกร่องปริทันต์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญจากก่อนทำศัลยกรรมไปถึงเดือนที่ 6 และ 12 หลังทำศัลยกรรม ระยะรอยต่อเคลือบฟันและเคลือบรากฟันถึงขอบเหงือกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่หลังทำศัลยกรรมไปถึงเดือนที่ 6 และ 12 หลังทำศัลยกรรม การสูญเสียระดับเหงือกยึดทางคลินิกเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญจากก่อนทำหัตถการเทียบกับเดือนที่ 6 และ 12 หลังทำหัตถการ ความกว้างของเหงือกยึดเพิ่มขึ้นจากก่อนทำหัตถการไปถึงเดือนที่ 6 หลังทำศัลยกรรมและค่อยๆ ลดลงในเดือนที่ 12 หลังทำหัตถการ นอกจากนี้ความแน่นของฟันลดลงในเดือนที่ 6 และ 12 หลังทำหัตถการเมื่อเทียบกับก่อนทำการผ่าตัดกรอกระดูกทึบร่วมกับการปลูกถ่ายกระดูกและซีจีเอฟเพื่อการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน ผลในเชิงบวกสามารถลดความลึกร่องปริทันต์ รักษาระดับเหงือกยึดทางคลินิกและความแน่นของฟันในระดับปลอดภัย เพิ่มความกว้างของเหงือกยึด อย่างไรก็ตามก็ยังมีผลเชิงลบของวิธีนี้คือระยะรอยต่อเคลือบฟันและเคลือบรากฟันถึงขอบเหงือกเพิ่มขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อประเมินลักษณะทางคลินิกของสภาวะปริทันต์ภายหลังจากการผ่าตัดกรอกระดูกทึบร่วมกับการปลูกถ่ายกระดูกและซีจีเอฟเพื่อการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน โดยติดตามผลการรักษา 3 ปี

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปี 2001 มีงานศึกษาเกี่ยวกับงานศัลยกรรมและทันตกรรมจัดฟัน (W. M. Wilcko, Wilcko, Bouquot, & Ferguson, 2001) ได้ทำการศึกษาวิธีการผ่าตัดกระดูกทึบร่วมกับทันตกรรมจัดฟัน พบว่าวิธีการนี้ช่วยลดเวลาในการรักษาอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังรายงานอีกว่าการทำศัลยกรรมนี้ทำให้ฟันเคลื่อนที่เร็วขึ้นจากการสูญเสียและกลับคืนแร่ธาตุสู่กระดูก ไม่ใช่ฟันเคลื่อนไปพร้อมกับแท่งกระดูกที่รองรับตัวฟัน โดยพบว่าการศึกษาโดยใช้เครื่องเอกซ์เรย์คอมพิวเตอร์ซีทีสแกนแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงระดับแร่ธาตุในกระดูกขณะที่ฟันมีการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วในบริเวณกระดูกที่ทำการศัลยกรรมเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า Regional acceleratory phenomena (RAP) ซึ่งกระบวนการนี้จะกระตุ้นการปรับเปลี่ยนของกระดูกและมีผลให้ความต้านทานบริเวณนั้นลดลง

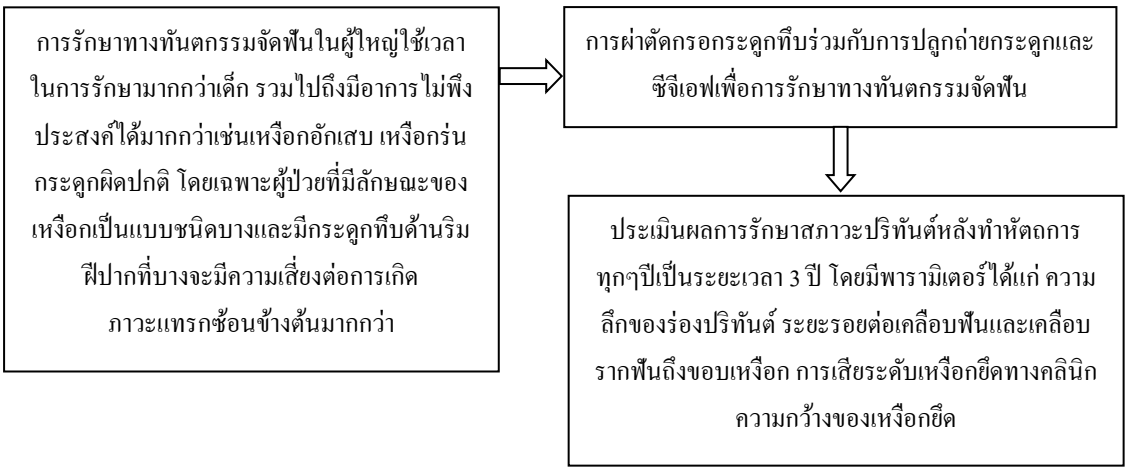
ปี 2009 มีนักคณะวิจัย (M. T. Wilcko et al., 2009) ได้คิดค้นวิธีศัลยกรรมแบบใหม่โดยพัฒนามาจากวิธีการของ Kole (Köle, 1959) และ Suya (Suya, 1991) โดยวิธีใหม่นี้จะมีการนำเอากระดูกที่สามารถละลายได้มาปลูกที่บริเวณที่ต้องการสร้างกระดูกเพื่อเหนี่ยวนำเซลล์สร้างกระดูกมาบริเวณนี้ซึ่งมีอวัยวะปริทันต์รองรับ และเรียกเทคนิคนี้ว่า Periodontally Accelerated Osteogenic Orthodontic (PAOO).

นอกจากนี้ยังมีงานศึกษาของนักวิจัยบางกลุ่ม (Wang et al., 2014) ได้ทำการศึกษาในผู้ป่วยที่มีกระดูกบางด้านริมฝีปากในขากรรไกรล่างและได้รับการผ่าตัดกระดูกทึบและปลูกถ่ายกระดูกร่วมกับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน เมื่อใช้ภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ลำรังสีรูปกรวย พบว่ากระดูกทางด้านริมฝีปากมีความหนามากขึ้นหลังทำหัตถการ 3 เดือนและยังคงอยู่ในปีที่ 2 หลังถอดเครื่องมือทันตกรรมจัดฟัน

ในปัจจุบันการหายในทางปริทันต์นั้นมีการอธิบายโดยทฤษฎีของ Melcher (Melcher, 1976) โดยกล่าวว่าการหายของอวัยวะปริทันต์และฟันนั้นขึ้นอยู่กับเซลล์ต้นกำเนิดได้แก่เนื้อเยื่อบุผิวเหงือก เนื้อเยื่อยึดต่อเหงือก กระดูกเบ้าฟันและเอ็นยึดปริทันต์ โดยการที่จะเกิดการฟื้นฟูสภาพเนื้อเยื่อปริทันต์ (Periodontal regeneration) อย่างสมบูรณ์นั้นเกิดจากเซลล์ของเอ็นยึดปริทันต์และเซลล์รอบเส้นเลือดในกระดูก (Melcher, McCulloch, Cheong, Nemeth, & Shiga, 1987) แต่โดยส่วนใหญ่การหายจะเป็นการซ่อมแซม (Periodontal repair) โดยเซลล์ที่มาจากเนื้อเยื่อบุเหงือกและเนื้อเยื่อยึดต่อเหงือก

การรักษาเพื่อฟื้นฟูสภาพเนื้อเยื่อปริทันต์เป็นหัตถการด้วยการทำความสะอาดผิวฟันและรากฟันแล้วทำการปลูกถ่ายกระดูกเพื่อหวังให้มีการสร้างกระดูก เคลือบรากฟันและเอ็นยึดปริทันต์ใหม่ เพื่อให้กระบวนการนี้ประสบผลสำเร็จในการรักษาจะต้องป้องกันไม่ให้เนื้อเยื่อบุผิวจากเหงือกเจริญเข้ามาที่ผิวรากฟันซึ่งเป็นที่ปลูกถ่ายกระดูกโดยใช้แผ่นกั้น (Melcher, 1976) ซึ่งแผ่นกั้นที่นำมาใช้จะเป็นตัวกั้นไม่ให้เนื้อเยื่อบุเหงือกซึ่งเจริญเติบโตเร็วกว่าการสร้างกระดูกแทรกตัวเข้ามาในบริเวณที่ทำการปลูกถ่ายกระดูก ซึ่งกระบวนการปลูกกระดูกและใช้แผ่นกั้นพบว่ามีประสิทธิภาพในการฟื้นฟูสภาพเนื้อเยื่อปริทันต์ (Guillemin, Mellonig, & Brunsvold, 1993), (Shallhorn, 1988) โดยการหายแบบฟื้นฟูสภาพเนื้อเยื่อปริทันต์นั้นจะยังได้ระดับความสูงของกระดูกจากการสร้างกระดูกใหม่ ในส่วนเนื้อเยื่อยึดต่อเหงือกและเส้นใยคอลลาเจนใหม่ก็มาจากการสร้างของเคลือบรากฟัน (Alpiste Illueca, Buitrago Vera, Grado Cabanilles, Fuenmayor, & Gil Loscos, 2006)

3.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

3.3 สมมติฐานการวิจัย

การผ่าตัดกรอกระดูกทึบร่วมกับการปลูกถ่ายกระดูกและซีจีเอฟเพื่อการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน สามารถคงสภาพหรือปรับปรุงสภาวะปริทันต์เมื่อติดตามผลการรักษา 3 ปี

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 แบบแผนการวิจัย

เป็นการศึกษาวิจัยสถิติเชิงพรรณนาและศึกษาไปข้างหน้า

4.2 ประชากรและตัวอย่าง

ผู้ป่วย 8 ราย อายุเฉลี่ย 46.5 ปี ได้ทำการผ่าตัดกรอกระดูกทึบร่วมกับการปลูกถ่ายกระดูกและซีจีเอฟเพื่อการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน โดยทำในขากรรไกรบน 6 คนและทำในขากรรไกรล่าง 7 คนเริ่มทำการรักษาตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ.2561 คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

4.3 เครื่องมือวิจัย

1. เครื่องมือตรวจปริทันต์ (periodontal probe) และแผ่นบันทึกการตรวจทางปริทันต์
2. อุปกรณ์และเครื่องเจาะกระดูก
3. กระดูกและซีจีเอฟ
4. อุปกรณ์การรักษาทางทันตกรรมจัดฟันชนิดติดแน่น

4.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เป็นการตรวจสังเกตและเก็บรวบรวมข้อมูลทั่วไป ชื่อ นามสกุล เพศ อายุ วันเดือนปีเกิด วันที่ทำหัตถการ และทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทางคลินิก โดยทำการตรวจสภาวะปริทันต์ตามพารามิเตอร์ที่ติดตามได้แก่ ความลึกของร่องปริทันต์ ระยะรอยต่อเคลือบฟันและเคลือบรากฟันถึงขอบเหงือก การสูญเสียระดับเหงือกยึดทางคลินิกและความกว้างของเหงือกยึดโดยต้องทำการเก็บข้อมูลเหล่านี้ก่อนการทำการศัลยกรรมร่วมกับการจัดฟันและติดตามผลการรักษาไปทุกๆ ปีเป็นเวลา 3 ปี

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

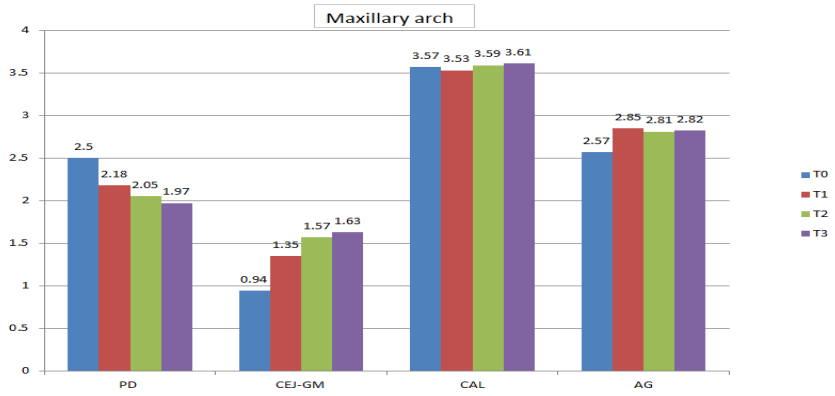
ค่าจากการตรวจประเมินของสภาวะปริทันต์ในแต่ละพารามิเตอร์มาวิเคราะห์ทางสถิติในแต่ละช่วงเวลาตั้งแต่ก่อนทำไปจนถึงปีที่ 3 ด้วยสถิติ one way ANOVA

5. ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลสภาวะปริทันต์ของผู้ป่วยทั้ง 8 คนซึ่งเป็นการดูผลโดยรวมโดยแยกตามขากรรไกรในแต่ละช่วงเวลา

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของค่าพารามิเตอร์ทางคลินิก (PD, CEJ-GM, CAL, AG)ในช่วงเวลา T0, T1, T2, T3 ในขากรรไกรบน

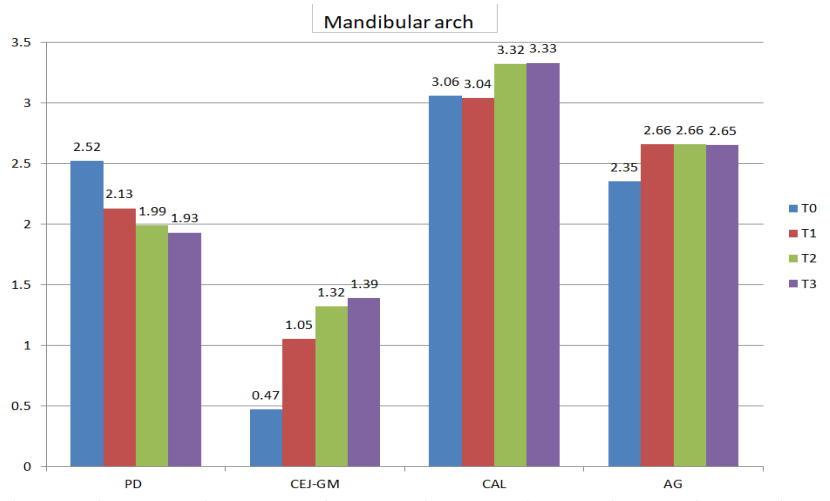
Maxilla	PD	CEJ-GM	CAL	AG
T0	2.5±0.69	0.94±1.28	3.57±1.49	2.57±0.55
T1	2.18±0.51	1.35±1.21	3.53±1.19	2.85±0.55
T2	2.05±0.22	1.57±1.21	3.59±1.06	2.81±0.34
T3	1.97±0.21	1.63±1.19	3.61±1.05	2.82±0.41



กราฟแท่งที่ 1 ค่าเฉลี่ยของค่าพารามิเตอร์ทางคลินิก (PD, CEJ-GM, CAL, AG) ในช่วงเวลา T0, T1, T2, T3 ในขากรรไกรบน

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของค่าพารามิเตอร์ทางคลินิก (PD, CEJ-GM, CAL, AG)ในช่วงเวลา T0, T1, T2, T3 ในขากรรไกรล่าง

Mandible	PD	CEJ-GM	CAL	AG
T0	2.52±0.56	0.47±0.96	3.06±1.28	2.35±0.72
T1	2.13±0.44	1.05±0.91	3.04±1.09	2.66±0.61
T2	1.99±0.21	1.32±0.73	3.32±0.71	2.66±0.44
T3	1.93±0.20	1.39±0.73	3.33±0.73	2.65±0.43



กราฟแท่งที่ 2 ค่าเฉลี่ยของค่าพารามิเตอร์ทางคลินิก (PD, CEJ-GM, CAL, AG) ในช่วงเวลา T0, T1, T2, T3 ในขากรรไกรล่าง

จากตารางที่ 1, 2 และกราฟแท่งที่ 1, 2 ค่าเฉลี่ยของความลึกของร่องปริทันต์ ในขากรรไกรบนพบว่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่ T0 (2.5±0.69 mm) ไปถึง T3 (1.97±0.21 mm) และในขากรรไกรล่างก็พบว่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญเช่นกันตั้งแต่ T0 (2.52±0.56 mm) ไปถึง T3 (1.93±0.20 mm) ในส่วนของค่าระยะรอยต่อเคลือบฟันและเคลือบรากฟันถึงขอบเหงือก ในขากรรไกรบนพบว่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่ T0 (0.94±1.28 mm)

ไปถึง T3 (1.63±1.19 mm) และในขากรรไกรล่างก็พบว่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเช่นกันตั้งแต่ T0 (0.47±0.96 mm) ไปถึง T3 (1.39±0.73 mm)

ในส่วนค่าการสูญเสียระดับเหงือกยึดทางคลินิกในขากรรไกรบนพบว่าเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญตั้งแต่ T0 (3.57 ±1.49 mm) ไปถึง T3 (3.61±1.05 mm) และในขากรรไกรล่างก็พบว่าเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญเช่นกันตั้งแต่ T0 (3.06±1.28 mm) ไปถึง T3 (3.33±0.73 mm)

ค่าความกว้างของเหงือกยึดในขากรรไกรบนพบว่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่ T0 (2.57±0.55mm) ไปถึง T3 (2.82±0.41 mm) และในขากรรไกรล่างก็พบว่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเช่นกันตั้งแต่ T0 (2.35±0.72 mm) ไปถึง T3 (2.65±0.43 mm)

6. อภิปรายผล

ผู้ป่วยที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยเป็นคนไข้ผู้ใหญ่ที่รับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันซึ่งควบคุมสภาวะปริทันต์ได้ดีแต่มีลักษณะของเหงือกที่บางรวมถึงมีกระดูกด้านริมฝีปากที่บางด้วย ซึ่งผู้ป่วยกลุ่มนี้ได้รับการปลูกถ่ายกระดูกด้านริมฝีปากเนื่องจากในการรับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน ในช่วงที่ฟันมีการเคลื่อนที่อาจทำให้เกิดความผิดปกติในบริเวณกระดูกที่บางและอาจเกิดเหงือกร่นได้ (Bartzela, Türp, Motschall, & Maltha, 2009) (Beertsen, McCulloch, & Sodek, 1997)

งานศึกษาในปี พ.ศ. 2563 (หัฏฐพณ คำใจ และคณะ, 2563) ได้ทำการประเมินความหนาของกระดูกทางด้านริมฝีปากโดยใช้ภาพรังสีส่วนตัดโดยอาศัยคอมพิวเตอร์ลำรังสีรูปกรวย หลังจากทำการผ่าตัดกรอกระดูกทึบร่วมกับการปลูกถ่ายกระดูกและซีจีเอฟเพื่อการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของวิธีการศัลยกรรมนี้ว่ามีความหนาของกระดูกเพิ่มขึ้นจากบริเวณปลายรากมาถึงกลางรากแสดงถึงความเสถียรภาพของกระดูกเมื่อเวลาผ่านไป 1 ปี

นอกจากนี้ยังมีงานศึกษา (เกริกวัชร สุริยาอัมพร และคณะ, 2563) ได้ทำการศึกษาในวิธีการทำศัลยกรรมเช่นเดียวกันนี้ พบว่า ความลึกของร่องปริทันต์จะมีปริมาณลดลง แต่ระยะรอยต่อเคลือบฟันและเคลือบรากฟันถึงขอบเหงือกเพิ่มขึ้น การสูญเสียระดับเหงือกยึดทางคลินิกเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญและความกว้างของเหงือกยึดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในระยะเวลา 1 ปี

ค่าความลึกของร่องปริทันต์ที่ลดลงนั้นเป็นเรื่องสำคัญอย่างมากหลังจากทำการรักษาทางปริทันต์เพราะเป็นการแสดงให้เห็นการตอบสนองต่อการรักษาโรคในแนวโน้มที่ดีขึ้นและเกิดสภาวะปริทันต์ดีขึ้น (Greenstein, 1997) อีกทั้งยังสามารถทำความสะอาดได้ดีขึ้น ซึ่งในการศึกษานี้ก็พบว่าความลึกของร่องลึกปริทันต์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่ T0-T3 ซึ่งเป็นผลจากการหายจากการอักเสบของเหงือก ระยะรอยต่อเคลือบฟันและเคลือบรากฟันถึงขอบเหงือกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่ T0-T3 แต่การสูญเสียระดับเหงือกยึดทางคลินิกเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญแสดงให้เห็นว่าไม่มีการทำลายโครงสร้างปริทันต์ที่รุนแรง (Newman, Takei, Klokkevold, & Carranza, 2011) ความกว้างของเหงือกยึดนั้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่ T0-T3 ซึ่งจะส่งผลให้การดูแลสุขภาพอนามัยในช่องปากมีประสิทธิภาพมากขึ้น

โดยสรุปการประเมินผลการรักษา 3 ปีหลังการรักษาโดยวิธการผ่าตัดกรอกระดูกทึบร่วมกับการปลูกถ่ายกระดูกและซีจีเอฟเพื่อการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงสภาวะปริทันต์และการคงสภาพอยู่ในระดับที่ปลอดภัย การรักษาด้วยวิธีการนี้จึงถือเป็นทางเลือกหนึ่งของการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันโดยเฉพาะในผู้ใหญ่ได้

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

(1) ใช้เป็นข้อพิจารณาในการรักษาให้ข้อมูลการรักษาแก่ผู้ป่วย

(2) นำไปใช้เป็นข้อเปรียบเทียบผลการรักษาจากวิธีการรักษาที่ใกล้เคียงกัน

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

(1) ประเมินผลการรักษาหลังจากถอดเครื่องมือทางทันตกรรมจัดฟัน

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ที่สามารถดำเนินการและสำเร็จลุล่วงไปได้ดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และทุนสนับสนุนงานวิจัยจากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

9. เอกสารอ้างอิง

เกริกวัชร สุริยาอัมพร, ทองนารถ คำใจ, ปวิตรา ไวเกษตรกรณ์, นวพร ฤทธิ์วิรุฬห์, ธนสิน บุญทวีคุณ. การเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อปริทันต์ภายหลังวิธีการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันโดยการกรอกระดูกทึบร่วมกับการเสริมกระดูกและคอนเซนเทรตเต็ดโกรทแฟกเตอร์. *วารสารศัลยศาสตร์ช่องปากและแม็กซิลโลเฟเชียล,* 2564(35), 53-63

สุชานาฏ วิเศษศิริ, บุญศิวา ซูซูกิ, ทองนารถ คำใจ. (2563). *ประสิทธิผลของการเคลื่อนฟันโดยใช้เทคนิคการผ่าตัดกระดูกทึบร่วมการปลูกถ่ายกระดูกและโกรทแฟคเตอร์เข้มข้น.* การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติครั้งที่ 8 และนานาชาติครั้งที่ 4 มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี กรุงเทพมหานคร 26 เมษายน 2563.

หัฏฐพณ คำใจ, บุญศิวา ซูซูกิ, เอดวาร์ดโด ยูโก้ ซูซูกิ, ทองนารถ คำใจ. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนาของกระดูกริมฝีปากหลังทำการผ่าตัดกรอกระดูกทึบร่วมกับการปลูกถ่ายกระดูกและซีจีเอฟเพื่อการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันโดยใช้ภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ลำรังสีรูปกรวย. *วารสารศัลยศาสตร์ช่องปากและแม็กซิลโลเฟเชียล* 2563(34), 35-43.

Alpiste Illueca, F. M., Buitrago Vera, P. J., Grado Cabanilles, P. D., Fuenmayor, V., & Gil Loscos, F. (2006). *Periodontal regeneration in clinical practice.*

Bartzela, T., Türp, J. C., Motschall, E., & Maltha, J. C. (2009). Medication effects on the rate of orthodontic tooth movement: a systematic literature review. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics, 135*(1), 16-26.

Beertsen, W., McCulloch, C. A., & Sodek, J. (1997). The periodontal ligament: a unique, multifunctional connective tissue. *Periodontology 2000, 13*(1), 20-40.

Cano, J., Campo, J., Bonilla, E., & Colmenero, C. (2012). Corticotomy-assisted orthodontics. *Journal of clinical and experimental dentistry, 4*(1), e54.

Greenstein, G. (1997). Contemporary interpretation of probing depth assessments: diagnostic and therapeutic implications. *A literature review. Journal of periodontology, 68*(12), 1194-1205.

Guillemin, M. R., Mellonig, J. T., & Brunsvold, M. A. (1993). Healing in periodontal defects treated by decalcified freeze-dried bone allografts in combination with ePTFE membranes: (I). Clinical and scanning electron microscope analysis. *Journal of Clinical Periodontology, 20*(7), 528-536.

Köle, H. (1959). Surgical operations on the alveolar ridge to correct occlusal abnormalities. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, 12*(5), 515-529.

Liou, E. (2016). The development of submucosal injection of platelet rich plasma for accelerating orthodontic tooth movement and preserving pressure side alveolar bone. *APOS trends in orthodontics, 6*(1), 5-5.

Melcher, A. (1976). On the repair potential of periodontal tissues. *Journal of periodontology, 47*(5), 256-260.

Melcher, A., McCulloch, C., Cheong, T., Nemeth, E., & Shiga, A. (1987). Cells from bone synthesize cementum-like and bone-like tissue in vitro and may migrate into periodontal ligament in vivo. *Journal of periodontal research, 22*(3), 246-247.

Newman, M. G., Takei, H., Klokkevold, P. R., & Carranza, F. A. (2011). *Carranza's clinical periodontology: Elsevier health sciences.*

Shallhorn, R. (1988). Combined osseous composite grafting root conditioning and guided tissure regeneration. Int. *J. Periodont. Rest. Dent, 4*, 9-31.

Suya, H. (1991). *Corticotomy in orthodontics.* Mechanical and biological basics in orthodontic therapy.

Wang, B., Shen, G., Fang, B., Yu, H., Wu, Y., & Sun, L. (2014). Augmented corticotomy-assisted surgical orthodontics decompensates lower incisors in Class III malocclusion patients. *Journal of oral and maxillofacial surgery, 72*(3), 596-602.

Wilcko, M. T., Wilcko, W. M., & Bissada, N. F. (2008). *An evidence-based analysis of periodontally accelerated orthodontic and osteogenic techniques: a synthesis of scientific perspectives*. Paper presented at the Seminars in Orthodontics.

Wilcko, M. T., Wilcko, W. M., Pulver, J. J., Bissada, N. F., & Bouquot, J. E. (2009). Accelerated osteogenic orthodontics technique: a 1-stage surgically facilitated rapid orthodontic technique with alveolar augmentation. *Journal of oral and maxillofacial surgery, 67*(10), 2149-2159.

Wilcko, W. M., Wilcko, M. T., Bouquot, J., & Ferguson, D. J. (2001). Rapid orthodontics with alveolar reshaping: two case reports of decrowding. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry, 21*(1), 9-20.