บทความวิจัย

มอดูลการคูณแบบเฟธฟุล
On Faithful Multiplication Modules

ครรชิต แซ่โฮ่[1] และสารภี ไชยรัตน์[2*]

Kanchit Saeho[1] and Sarapee Chairat[2*]

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของบทความนี้เพื่อศึกษามอดูลการคูณแบบเฟธฟุล ${}_RM$ บนริงสลับที่ R พร้อมเอกลักษณ์และหาสมบัติเพิ่มเติมและลักษณะเฉพาะของมอดูลย่อยของมอดูล ${}_RM$ และสมบัติอื่นที่เกี่ยวข้อง ผลลัพธ์หลักที่ได้คือการสมมูลกันบนมอดูลการคูณแบบเฟธฟุล ${}_RM$ ของมอดูลเซมิซิมเปิล ริงเซมิซิมเปิล และริงอันตรสัณฐาน นอกจากนี้ยังพบเงื่อนไขบางประการที่ทำให้มอดูลซีเอส ริงซีเอส และริงอันตรสัณฐานสมมูลกันบนมอดูลการคูณ

คำสำคัญ : มอดูลการคูณ มอดูลเฟธฟุล มอดูลเซมิซิมเปิล มอดูลซีเอส

Abstract

The aims of this paper are to study faithful multiplication modules ${}_RM$ over a commutative ring R with identity and to find out further properties and characterizations of submodules of ${}_RM$ and some related basic results. The main results are equivalent semisimple module, semisimple ring and their endomorphism ring on faithful multiplication modules. Moreover, some conditions were found for CS-module, CS-ring and their endomorphism ring to be equivalent on faithful multiplication modules.

Keywords : Multiplication modules, Faithful modules, Semisimple modules, CS-modules.

[1] นิสิตปริญญาโท สาขาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93110

[2] อ.ดร., สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93110

[*] Corresponding author: e-mail: c_sarapee@hotmail.com Tel. 074-693995 ext. 2510

Introduction

Let R be a commutative ring with identity and M a left unitary R-modules and let $S = \mathrm{End}_R(M)$ be the ring of endomorphism of M. If N is a submodule of M then residual of N by M, denoted by $(N : M)$, is the set $\{r \in R \mid rM \subseteq N\}$. In case $N = 0$, the ideal $(0 : M)$ is called the annihilator of M, denoted by $\mathrm{Ann}(M)$. An R-module M is called faithful if $\mathrm{Ann}(M) = 0$. An R-module M is said to be a multiplication R-module if each submodule of M has the form IM, for some ideal I of R, [2]. It is clear that every cyclic module is a multiplication module. Note that let N be a submodule of a multiplication R-module M. Then there exists an ideal I of R such that $N = IM$. Thus $I \subseteq (N : M)$ and hence $N = IM \subseteq (N : M)M \subseteq N$, so that $N = (N : M)M$. It follows that an R-module M is a multiplication module if and only if $N = (N : M)M$ for every submodule N of M. An ideal A of R which is a multiplication module is called a multiplication ideal, [10]. Various properties of multiplication modules are considered. For basic properties of a multiplication module one may refer to [2], [4] and [10].

In this paper we investigate some further properties and characterizations of faithful multiplication modules and some related basic results. Moreover, we examine some conditions of semisimple module, semisimple ring and their endomorphism ring are equivalent and CS-module, CS-ring and their endomorphism rings are equivalent on multiplication module.

Some characterizations of faithful multiplication modules

We establish some characterizations of faithful multiplication modules. We begin with the following lemmas.

Lemma 0.1 [4, Theorem 1.6] Let M be a faithful R-module. Then M is a multiplication module if and only if

(1) $\bigcap_{\lambda\in\Lambda} I_\lambda M = (\bigcap_{\lambda\in\Lambda} I_\lambda)M$ for any non-empty collection of ideals I_λ ($\lambda \in \Lambda$) of R, and

(2) for any submodule N of M and ideal A of R such that $N \subset AM$, there exists an ideal B with $B \subset A$ and $N \subseteq BM$.

Lemma 0.2 [4, Theorem 2.2] Let M_λ ($\lambda \in \Lambda$) be a collection of R-modules. If $M = \bigoplus_{\lambda\in\Lambda} M_\lambda$ is a multiplication module, then M_λ is a multiplication module for each $\lambda \in \Lambda$.

Lemma 0.3 [4, Theorem 3.1], Let M be a faithful multiplication R-module, then the following statements are equivalent.

(1) M is finitely generated.

(2) If A and B are ideals of R such that $AM \subseteq BM$ then $A \subseteq B$.

(3) $M \neq AM$ for any proper ideal A of R.

Lemma 0.4 [6, Lemma 1.10] Let M be an R-module and $S = \mathrm{End}_R(M)$. If M is a multiplication module over a ring R, then M is a faithful multiplication module over a ring S.

Lemma 0.5 [7, Theorem 2.6] If M is a faithful multiplication R-module, then M is finitely generated.

Lemma 0.6 [8, Theorem 2.4] If M is a finitely generated multiplication R-module, then $\mathrm{End}_R(M) \cong R/\mathrm{Ann}(M)$ as rings. Moreover, if M is faithful then $\mathrm{End}_R(M) \cong R$.

Lemma 0.7 [9, Proposition 2.2] If M is a multiplication R-module, then M is a finitely generated as an R-module if and only if M is a finitely generated as an S-module.

Lemma 0.8 [11, 20.8] For a semisimple R-module **M.** Then M is finitely generated if and only if

$End_R(M)$ is a semisimple ring.

1. Maximal and minimal submodules

In this section, we give some more information about relationships between maximal ideals of a ring R and maximal submodules of a multiplication R-module M. Recall that, a submodule N of an R-module M is called *maximal submodule* of M if $N \neq M$ and for any submodule K of M such that $N \subset_{>} K$ (N is a submodule of K) implies $K = M$ or $K = N$ and N is called minimal submodule of M if $N \neq 0$ and for any submodule K of M such that $K \subset_{>} N$ implies $K = 0$ or $K = N$, [5].

Proposition 1.1 Let M be a faithful multiplication R-module. Then a submodule N of M is maximal if and only if there exists maximal ideal I of R such that $N = IM$.

Proof Suppose that N is a maximal submodule of M. Then there exists an ideal I of R such that $N = IM$. It is sufficient to prove that I is a maximal ideal of R. For any ideal J of R such that $I \subset J \subseteq R$. Thus, $N = IM \subset JM \subseteq M$. Since N is a maximal submodule of M, $JM = M$. By Lemma 0.3 (2), $J = R$. Therefore, I is a maximal ideal of R. Conversely, suppose that $N = IM$ for some maximal ideal I of R. Let X be a submodule of M such that $N \subseteq X \subseteq M$. Thus, $I \subseteq (X : M) \subseteq R$. Since I is a maximal ideal of R, either $(X : M) = I$ or $(X : M) = R$. If $(X : M) = I$, then $X = (X : M)M = N$. If $(X : M) = R$ then $X = (X : M)M = M$. This show that N is a maximal submodule of M.

Corollary 1.2 Let M be a faithful multiplication R-module and N a submodule of M. Then N is a maximal submodule of M if and only if $(N : M)$ is a maximal ideal of R.

In the next proposition, we show some results which are dually properties of maximal submodules of multiplication modules.

Proposition 1.3 Let M be a faithful multiplication R-module. Then a submodule N of M is minimal if and only if there exists a minimal ideal I of R such that $N = IM$.

Proof Suppose that N is a minimal submodule of M. Then there exists an ideal I of R such that $N =$ IM. It is sufficient to prove that I is a minimal ideal of R. For any ideal J of R such that $J \subseteq I$. Thus, $JM \subseteq IM$. By hypothesis, either $JM = 0$ or $JM = IM$. Since M is faithful, $J = 0$ and by Lemma 0.3 (2), $J = I$. Therefore, I is a minimal ideal of R. Conversely, assume that $N = IM$ for some minimal ideal I of R. Let X be a submodule of M such that $X \subseteq N$. Thus, $(X : M) \subseteq I$. By assumption, either $(X : M) = 0$ or $(X : M) = I$. If $(X : M) = 0$ then $X = 0$. If $(X : M) = I$ then $X = (X : M) M = N$. This show that N is a minimal submodule of M.

Corollary 1.4 Let M be a faithful multiplication R-module and N a submodule of M. Then N is a minimal submodule of M if and only if $(N : M)$ is a minimal ideal of R.

2. Essential and co-essential submodules

In this section we will be concerned with relationships between essential respectively. co-essential ideals of a ring R and essential resp. co-essential submodules of a multiplication R-module M. Recall that, a submodule N of R-module M is called essential in M, $N \subset_e M$, if for each submodule X of M, $N \cap X = 0$ implies X = 0. If N is essential in M, we say that M is an essential extension of N. Dually, N is called co-essential in M, if for each submodule X of M, N+X = M implies X = M. An ideal I of R is called essential resp. co-essential in R if I is an es sential resp. co-essential in $_R$R as an R-module [5].

Proposition 2.1 Let M be a faithful mul-

tiplication R-module. Then a submodule N of M is essential in M if and only if there exists an essential ideal I of R such that $N = IM$.

Proof Suppose that N is an essential submodule of M. Then there exists an ideal I of R such that $N = IM$. It is sufficient to prove that I is an essential ideal of R. For any ideal J of R such that $I \cap J = 0$. Let $J \neq 0$ we have JM is non-zero submodule of M. Thus, $N \cap JM = 0$ by Lemma 0.1 (1). Since N is an essential submodule of M, $JM = 0$, a contradiction. Thus $J = 0$ and we obtain I is an essential ideal of R. Conversely, suppose that $N = IM$ for some essential ideal I of R. Let X be a submodule of M such that $N \cap X = 0$. Since M is a multiplication module, there exists an ideal J of R such that $X = JM$. Thus, $(I \cap J)M = 0$ by Lemma 0.1 (1). This implies $I \cap J \subseteq \mathrm{Ann}(M) = 0$ and hence $J = 0$ because I is an essential in R. Therefore, $X = 0$ and N is an essential submodule of M.

Corollary 2.2 Let M be a faithful multiplication R-module and N a submodule of M. Then N is essential in M if and only if $(N : M)$ is essential in R.

Lemma 2.3 Let M be a faithful multiplication R-module and N a submodule of M. Then $\mathrm{Ann}(N) = \mathrm{Ann}(N : M)$. In particular, N is a faithful submodule of M if and only if $(N : M)$ is a faithful ideal of R. Proof The proof is straightforward.

Proposition 2.4 Let M be a faithful multiplication R-module, N a submodule of M and I an ideal of R. Then the following statements are satisfied.

(1) If IN is essential in M, then I is essential in R and N is essential in M.

(2) If N is a faithful submodule of M, then N is essential in M.

(3) If N is essential in M and I is faithful, then IN is essential in M.

(4) If I is essential in R and N is faithful, then IN is essential in M.

Proof (1) The proof is straightforward.

(2) Suppose that N is a faithful submodule of M. Let X be a submodule of M such that $N \cap X = 0$. Since M is a multiplication module, $N = (N : M)M$ and $X = (X : M)M$. Thus, $[(N : M) \cap (X : M)]M = 0$ and this implies that $(N : M)(X : M) = 0$ because M is a faithful. It follows that $(X : M) \subseteq \mathrm{Ann}(N : M) = \mathrm{Ann}(N) = 0$, by Lemma 2.3. So that $(X : M) = 0$ and we obtain $X = 0$. According, N is essential in M.

(3) Suppose N is essential in M and I is faithful. Let X be a submodule of M such that $IN \cap X = 0$. Then $I(N \cap X) = 0$ and hence $N \cap X \subseteq \mathrm{Ann}(I) = 0$. By hypothesis, $X = 0$ and IN is essential in M.

(4) Suppose I is essential in R and N is faithful. Let X be a submodule of M such that $IN \cap X = 0$. Then $(IM \cap X)N = 0$ and N faithful implies that $IM \cap X = 0$. Since I is essential in R and by Proposition 2.1, IM is essential in M and hence, $X = 0$. Consequently, IN is essential in M.

In the next proposition, we present some results which are dually properties of essential submodules of multiplication modules.

Proposition 2.5 Let M be a faithful multi plication R-module. Then a submodule N of M is co-essential in M if and only if there exists a co-essential ideal I of R such that $N = IM$.

Proof Suppose that N is a co-essential submodule of M. Then there exists an ideal I of R such that $N = IM$. It is sufficient to prove that I is a co-essential ideal of R. For any ideal J of R such that $I + J = R$. Then, we have JM is a submodule of M and $N + JM = RM$. Since N is a co-essential submodule of M, $JM = RM$ and hence, $J = R$ by Lemma 0.3 (2).

Therefore, I is a co-essential ideal of R. Conversely, suppose that $N = IM$ for some co-essential ideal I of R. Let X be a submodule of M such that $N + X = M$. Since M is a multiplication module, there exists an ideal J of R such that $X = JM$. Thus, $(I + J)M = M$ and this implies that $I + J = R$ by Lemma 0.3 (2), and hence $J = R$ because I is co-essential in R. Therefore, $X = M$ and N is a co-essential submodule of M.

Corollary 2.6 Let M be a faithful multiplication R-module and N a submodule of M. Then N is co-essential in M if and only if $(N : M)$ is co-essential in R.

Proposition 2.7 Let M be a faithful multiplication R-module, N a submodule of M and I an ideal of R. Then the following statements are satisfied.

(1) If N is co-essential in M, then IN is co-essential in M.

(2) If I is co-essential in R, then IN is co-essential in M.

Proof (1) The proof is straightforward.

(2) Suppose that I is co-essential in R. Let X be a submodule of M such that $IN + X = M$. Since M is a multiplication module, $N = (N : M)M$ and $X = (X : M)M$. Thus, $M = IN + X = [I(N : M)+ (X : M)]M \subseteq [I+(X : M)]M \subseteq M$, so that $[I+(X : M)]M = M$. By Lemma 0.3 (2), $I + (X : M) = R$ and hence $(X : M) = R$ since I is co-essential in R. Therefore, $X = M$ and IN is co-essential in M.

3. Uniform and co-uniform submodules

In this section we prove some propositions concerned with relationships between uniform resp. co-uniform ideals of a ring R and uniform resp. co-uniform modules submodules of a multiplication R-module M. Let us recall that an R-module M is said to be uniform module if the intersection of any two non-zero submodules of M is non-zero, [10]. An R-module M is said to be co-uniform if for every proper submodule of M is co-essential in M, [1].

Proposition 3.1 Let M be a faithful multiplication R-module. Then a submodule N of M is uniform if and only if there exists uniform ideal I of R such that $N = IM$.

Proof Suppose that N is a uniform submodule of M. Then there exists an ideal I of R such that $N = IM$. It is sufficient to prove that I is uniform. For any non-zero ideal A and B of I, we have AM and BM are non-zero submodule of N. Thus, $(A \cap B)M = AM \cap BM$ 0 by hypothesis. Hence, $A \cap B \neq 0$ and we have I is a uniform ideal of R. Conversely, suppose that $N = IM$ for some uniform ideal I of R. Let V and W be non-zero submodules of N. By Lemma 0.1 (2), we can choose non-zero subideals A and B of I such that $V = AM$ and $W = BM$. Thus, $V \cap W = AM \cap BM = (A \cap B)M$ by Lemma 0.1 (1). By hypothesis, $A \cap B \neq 0$ and hence $V \cap W \neq 0$ because M is a faithful. This implies that N is a uniform submodule of M. The proof is complete.

Corollary 3.2 Let M be a faithful multipli cation R-module and N a submodule of M. Then N is a uniform submodule of M if and only if $(N : M)$ is a uniform ideal of R.

Proposition 3.3 Let M be a faithful multi plication R-module. Then M is co-uniform if and only if every proper ideal of R is co-essential.

Proof Suppose that M is co-uniform. Let I be a proper ideal of R such that $I + J = R$ for every ideal J of R. Thus, $IM + JM = M$. Since I is a proper ideal of R and by Lemma 0.3 (3), $IM \neq M$. By hypothesis, $JM = M$ and hence $J = R$ by Lemma 0.3 (2). Therefore, I is co-essential in R. Conversely, suppose that every proper ideal of R

is co-essential. Let N be a proper submodule of M such that $N + X = M$ for every submodule X of M. Then $N = IM$ and $X = JM$ for some ideals I, J of R. Thus, $(I + J)M = M$. This implies that $I + J = R$, by Lemma 0.3 (2). Since $N \neq M$, we also have $I \neq R$. By hypothesis, $J = R$ this show that $X = M$. Consequently, M is co-uniform.

Main results

4. Semisimple modules

In this section we study relationships between semisimple module, semisimple ring and their endomorphism ring. We recall that, an R-module M is said to be semisimple module if every submodule of M is a direct summand of M and a ring R is called semisimple ring if R is semisimple as an R-module, [3]. Before we get our results, we need the following lemma.

Lemma 4.1 Let M be a faithful multi plication R-module and I, J be ideals of R. Then $M = IM \oplus JM$ if and only if $R = I \oplus J$.

Proof Suppose that $M = IM \oplus JM$. Then $RM = IM + JM = (I + J)M$, by Lemma 0.3 (2), we have $R = I + J$, and $(I \cap J)M = 0$, which implies that $I \cap J = 0$ since M is a faithful. Therefore, $R = I \oplus J$. Conversely, suppose that $R = I \oplus J$. Since I and J are ideals of R, IM and JM are submodules of M. Thus, $M = IM + JM$ and by Lemma 0.1 (1), we have $IM \cap JM = (I \cap J)M = 0$. Therefore, $M = IM \oplus$JM.

We are now ready to state our main theorems of this section.

Theorem 4.2 Let M be a faithful multiplication R-module over a ring R and let $S = \mathrm{End}_R(M)$. Then the following statements are equivalent.

(1) M is a semisimple R-module.

(2) R is a semisimple ring.

(3) S is a semisimple ring.

(4) M is a semisimple S-module.

Proof (1) $\Rightarrow$ (2). Suppose M is a semisimple R-module. Let I be an ideal of R. Then IM is a submodule of M and by hypothesis, there is a submodule N of M such that $M = IM \oplus N$. Since M is a multiplication R-module, $N = JM$ for some ideal J of R. Thus, $M = IM \oplus JM$ and by Lemma 4.1 we have $R = I \oplus J$. Therefore, R is a semisimple ring.

(2) $\Rightarrow$ (3). Assume that R is a semisimple ring. Since M is a faithful multiplication R-module and by Lemma 0.5, we have M is a finitely generated faithful multiplication R-module and hence $S \cong R$ by Lemma 0.6. Since R is a semisimple ring, S is a semisimple ring.

(3) $\Rightarrow$ (4). Suppose S is a semisimple ring. Since M is a multiplication R-module and by Lemma 0.4, M is a faithful multiplication S-module. Let N be an S-submodule of M. Then $(N : M)$ is an ideal of S and by assumption, there is an ideal J of S such that $S = (N : M) \oplus J$. By Lemma 4.1 we have $M = (N : M)M \oplus JM$. Thus, $M = N \oplus JM$. Therefore, M is a semisimple S-module.

(4) $\Rightarrow$ (1). Assume M is a semisimple S-module. Since M is a multiplication R-module and by Lemma 0.4, M is a faithful multiplication S-module and M is a finitely generated S-module by Lemma 0.5. By Lemma 0.8, $\mathrm{End}_S(M)$ is a semisimple ring. By Lemma 0.6, we have S $\mathrm{End}_S(M)$. Since $\mathrm{End}_S(M)$ is a semisimple ring, thus S is a semisimple ring. Since M is a faithful multiplication R-module and by Lemma 0.5, M is a finitely generated multiplication R-module and hence $S \cong R$ by Lemma 0.6. Since S is a semisimple ring, thus R is a semisimple ring. Similary with the proof of (3) $\Rightarrow$ (4), we have M is a semisimple R-module. The proof is complete.

Recall that a submodule N of R-module M

is called *closed* in M if it has no proper essential extension in M. Note that every submodule of R-module M is a direct summand of M if and only if every submodule of M is closed, [5, 139].

Corollary 4.3 Let M be a faithful multiplication R-module and N a submodule of M. Then N is closed in M if and only if $(N : M)$ is closed in R.

5. CS-modules

We close this section with relationships between CS-module, CS-ring and their endomorphism ring. Recall that, an R-module M is called CS-module (or extending module) if every submodule of M is essential in a direct summand of M. Equivalently, M is CS-module if and only if every closed submodule in M is a direct summand of M. A ring R is called CS-ring if R is CS-module as an R-module, [3].

The following theorem could be considerably helpful in the study of the relationship between CS-module, CS-ring and their endomorphism ring on multiplication module.

Theorem 5.1 Let M be a faithful multiplication module over a ring R and let $S = \mathrm{End}_R(M)$. Then the following statements are equivalent.

(1) M is a CS-module as an R-module.

(2) R is a CS-ring.

(3) S is a CS-ring.

(4) M is a CS-module as an S-module.

Proof (1) $\Rightarrow$ (2). Suppose that M is a CS-module as an R-module. Let I be an ideal of R. Then IM is a submodule of M and by hypothesis, there is a submodule N of M such that $IM \subset_e N \subset^{\oplus} M$. Since M is a multiplication module, $N = JM$ for some ideal J of R. Thus, $IM \subset_e JM \subset^{\oplus} M$. By Lemma 0.2, JM is a multiplication module and from Proposition 2.1, we have $I \subset_e J$. Next we show that $J \subset^{\oplus} R$. Since $JM \subset^{\oplus} M$, there exists a submodule K of M such that $M = JM \oplus K$. Since M is a multiplication module, $K = AM$ for some ideal A of R. Thus, $M = JM \oplus AM$. By Lemma 4.1, $R = J \oplus A$. Therefore, R is a CS-ring.

(2) $\Rightarrow$ (3). Assume that R is a CS-ring. Since M is a faithful multiplication R-module and by Lemma 0.5, M is finitely generated faithful multiplication R-module and hence $S \cong R$ by Lemma 0.6. Since R is CS-ring, S is a CS-ring.

(3) $\Rightarrow$ (4). Suppose that S is a CS-ring. Since M is multiplication R-module and by Lemma 0.4, M is a faithful multiplication S-module. Let N be a closed S-submodule of M. Then $(N : M)$ is closed in S by Corollary 4.3. Since S is a CS-ring, there is an ideal J of S such that $S = (N : M) \oplus J$. By Lemma 4.1, $M = (N:M)M \oplus JM$. Thus $M = N \oplus JM$. Therefore, M is a CS-module as an S-module.

(4) $\Rightarrow$ (1). Suppose that M is a CS-module as an S-module. Similar with the proof of (1) (2), we have S is a CS-ring. By Lemma 0.5, M is a finitely generated faithful multiplication R-module and hence $S \cong$ R by Lemma 0.6. Since S is a CS-ring, R is a CS-ring. Similar with the proof of (3) $\Rightarrow$ (4), we have M is a CS-module as an R-module.

We close this section with the addition property of CS-module which is multiplication module.

Proposition 5.2 Let M be a multiplication R-module. If M is a CS-module, then so is any submodule N of M.

Proof Suppose that M is a CS-module and N is a submodule of M. Let A be a submodule of N. By hypothesis, $M = K \oplus T$ for some submodules K, T of M where A is essential in K. Since N is a submodule of M, $N = (N : M)M \subseteq (N \cap K) + (N \cap T)$ N. So that N =

$(N \cap K) + (N \cap T)$, and hence $(N \cap K) \cap (N \cap T) = 0$ since $M = K \oplus T$. Thus, $N = (N \cap K) \oplus (N \cap T)$. It is easy to see that A is essential in $N \cap K$. Therefore, N is a CS-module.

Acknowledgement

First of all I would like to thank my advisor Dr.Sarapee Chairat for guidance, encouragement and support throughout the process of this work. I would like to express my gratitude to Department of Mathematics, Thaksin University, for the necessary facility, for warm hospitality and kind friendship.

References

[1] Anderson, F. W. and Fuller, K. R. (1992). **Rings and Categories of Modules.** (2nd ed). London : Springer-Verlag.

[2] Barnard A. (1981). "Multiplication Modules," **Journal of Algebra.** 71(1), 174–178.

[3] Dung, N.V. Huynh, D.V. Smith, P. F. and Wisbauer, R. (1994). **Extending Modules.** London : Pitman.

[4] El-Bast, Z. A. and Smith, P.F. (1988). "Multiplication Modules," **Communication in Algebra.** 16(4), 755–779.

[5] Kasch, F. (1982). **Modules and Rings.** London : Academic Press.

[6] Lee, S. C. (2010). "Multiplication Modules whose Endomorphism Rings are Integral Domains," **Bulletin of the Korean Mathematical Society.** 47(5), 1053–1066.

[7] Lee, D. and Lee, H. (1993). "Some Remarks on Faithful Multiplication Modules," **Journal of Chungcheong Mathematical Society.** 6(1), 131–137.

[8] Naoum, Adil. G. (1990). "On the Ring of Endomorphism of a Finitely Generated Multiplication Modules," **Periodica Mathematica Hungarica.** 32(2), 249–255.

[9] Naoum, Adil. G. and Al-Aubaidy, Wassan. K. H. (1995). "A Note on Multiplication Modules and Their Rings of **Endomorphisms," Kyungpook Mathematics Journal.** 35(2), 223–228.

[10] Smith, P.F. (1988). "Some Remarks on Multiplication Modules," **Archiv der Mathematik.** 50(3), 223–235.

[11] Wisbauer, R. (1991). **Foundations of Module and Ring Theory: A handbook for study and research.** Philadelphia : Gordon and Breach.

บทความวิจัย

การแก้ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งแบบหลายวัตถุประสงค์และหลายลำดับขั้น : กรณีศึกษาโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้

The Solution of Selecting Multi- Objective and Multi- Stages Location Problem : A Case Study in Palm Oil Industry in Specific Development Area of Southern Border Provinces of Thailand

ปรุพห์ มะยะเฉี่ยว[1*] และระพีพันธ์ ปิตาคะโส [2]

Paroon Mayachearw[1*] and Rapepan Paitakes

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาสถานที่ตั้งลานเทปาล์มน้ำมันในเขตพัฒนาเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนภาคใต้ของประเทศไทย โดยพิจารณาวัตถุประสงค์ 3 ด้าน คือ ด้านเศรษฐศาสตร์ สิ่งแวดล้อม และความเสี่ยงต่อความปลอดภัยในการก่อวินาศกรรมบนเส้นทางการขนส่ง ซึ่งเป็นรูปแบบการขนส่งแบบหลายลำดับชั้นและหลายวัตถุประสงค์ คือพิจารณาการส่งวัตถุดิบ ทะลายผลปาล์มจากแหล่งปลูกปาล์มของเกษตรกรไปยังลานเทปาล์มน้ำมันที่จะเปิดและจากลานเทปาล์มน้ำมันที่เปิดไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม โดยเป็นการนำเสนอตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในรูปของโปรแกรมเชิงจำนวนเต็มแบบผสมจำนวนจริง และได้ทำการหาคำตอบจากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นด้วย โปรแกรมลินโก้ เวอร์ชั่น 11 (Lingo V.11) จากการประมวลผลพบว่า การให้น้ำหนักในสมการเป้าหมายมีผลต่อจำนวนและสถานที่ตั้งลานเทปาล์มน้ำมันที่จะเปิด รวมทั้งมีผลต่อค่าของสมการเป้าหมายอีกด้วย ซึ่งพบว่า ตำบลโคกเคียน ของจังหวัดนราธิวาส มีศักยภาพที่จะเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันมากที่สุด โดยตำบลดังกล่าวมีอัตราการเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันได้ถึงร้อยละ 100 เพราะว่าอยู่ใกล้สถานที่ตั้งโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มจึงมีความปลอดภัยในการขนส่งมากที่สุด เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองเปลี่ยนน้ำหนักของสมการเป้าหมาย 10 กรณี

คำสำคัญ : ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้ง, โรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม, การตัดสินใจแบบหลายวัตถุประสงค์, ทะลายผลปาล์ม

[1*] นิสิตบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 34190

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร., ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 34190

[*] Corres ponding author : โทรศัพท์ / โทรสาร 0-4535-3324 e-mail:paroon27@hotmail.com

Thaksin.J., Vol.15 (1) January-June 2012

Abstract

The purpose of this research is to find out the location of oil palm collecting center in specific development area of southern border provinces of Thailand. There are three objectives that are considered as ; economics, environment and the risk of transportation sabotage in the multi stages multi-objective transportation model. Firstly, considering the raw material , the bunches of oil palm fruits from agriculturists' plantations are delivered to opened oil palm collecting center and then to oil palm production plant . It is presented by using the Mathematical model in the form of an integer number mixed with a real number programming developed from LINGO V.11. which is applied to find out the answers of these problems. From the computational results, we find that providing the weight factors in various sides in objective equations affected on both the number and location of the opened oil palm collecting centers including on values of objective equation . It shows that Kok Kian district in Narathiwat province has probably the most potential to locate the opened oil palm collecting center about absolutely 100%, because it is close to the oil palm production plant so that it has the most safety on transportation sabotage. After changing the weight factors of three sides in the mathematical model as 10 total cases of objective equations. They provide the same results.

Keywords : Location selective problem , Oil plam production plant , Multi - objective decision , Bunchs of oil-palm fruits

บทนำ

ปัญหาวิกฤติด้านพลังงานเป็นปัญหาสำคัญที่ทั่วโลกได้รับผลกระทบและมีแนวโน้มที่จะรุนแรงมากขึ้นเรื่อยๆสำหรับประเทศไทยได้รับผลกระทบจากภาวะวิกฤติพลังงานซึ่งเนื่องจากจะต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานและน้ำมันเป็นหลักเพื่อใช้ในการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และความมั่นคงโดยเฉพาะกลุ่มภาคอุตสาหกรรมและการขนส่งที่มีแนวโน้มการใช้พลังงานสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องอีกทั้งราคาน้ำมันยิ่งเพิ่มสูงมากตามราคาของตลาดโลก ด้วยเหตุนี้ทำให้ทางรัฐบาลได้มีนโยบายเพื่อหาทางออกโดยการหาพลังงานทดแทนจากผลผลิตทางการเกษตร เช่น เอทานอล และไบโอดีเซล เป็นต้น เพื่อลดการนำเข้าพลังงาน

จากนโยบายของรัฐบาลเพื่อหาแนวทางในการหาพลังงานทดแทนจากผลผลิตทางการเกษตรนั้นได้มีการกำหนดยุทธศาสตร์อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน ปี 2547- 2552 ซึ่งกำหนดนโยบายหลักเพื่อผลักดันส่งเสริมให้เกษตรกรมีการปลูกปาล์มน้ำมัน เพื่อปลูกพืชทดแทนพลังงาน เพื่อรองรับการก่อสร้างโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ในเขตนิคมสหกรณ์บาเจาะ ตำบลโคกเคียน อำเภอเมืองนราธิวาส [1]

ReVell and Eiselt, [2] ได้ระบุว่าปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งจะมีลักษณะเฉพาะอยู่ 4 ประการด้วยกัน คือ (1) ตำหน่งที่ตั้งของลูกค้าที่มีที่ตั้งแน่นอนอยู่แล้วที่ใดที่หนึ่งหรืออยู่บนเส้นทางการขนส่ง (2) ตำแหน่งที่ตั้งโรงงานที่ต้องการ (3) ตำแหน่งที่ตั้งของทั้งลูกค้าและโรงงานต้องการและ (4) ค่าระยะทางหรือเวลาในการเดินทางระหว่างโรงงานกับที่ตั้งลูกค้า [4]

Jozefowiez และคณะ [3].ได้มีการนำเสนอถึงการตัดสินใจในวัตถุประสงค์ที่มากกว่าหนึ่งวัตถุประสงค์ สิ่งที่มักเกิดขึ้นก็คือวัตถุประสงค์บางอย่างอาจจะขัดแย้งกันเองภายใน ดังนั้นจึงต้องมีการเปลี่ยนมุมมองของปัญหาให้เป็นแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multiobjective) ซึ่งในที่นี้จะพิจารณาวัตถุประสงค์

ด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมและความเสี่ยงด้านการก่อวินาศกรรม

อย่างไรก็ตาม การศึกษาในครั้งนี้จะเป็นการเลือกสถานที่ตั้งแบบสองระดับ ซึ่งคล้ายกับปัญหาที่ Jacobsen, S.K. and Madsen, O.B.G,L.(1980). ได้นำเสนอไว้ คือ ปัญหาการเลือกสถานที่ตั้งและการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะแบบสองระดับ (two - level location-routing problem) [4]

ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาข้อมูลจากสภาพพื้นที่และที่ตั้งของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มพร้อมทั้งปริมาณการปลูกปาล์มตลอดจนเส้นทางในการขนส่งในพื้นที่จังหวัดนราธิวาสเพื่อจะนำมากำหนดสถานะของปัญหาในการวิจัยโดยกำหนดเป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในรูปของกำหนดการเชิงเส้นที่เป็นเลขจำนวนเต็ม (Integer linear programming) แล้วนำข้อมูลมาประมวลผลและได้ทำการหาคำตอบจากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นด้วย โปรแกรม LINGO V.11 โดยทำการเปลี่ยนค่าน้ำหนักตามสมการวัตถุประสงค์ในด้านต่างๆ เพื่อทำการวิเคราะห์และทดสอบตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นซึ่งนำมาพิจารณาถึงศักยภาพในการหาตำแหน่งที่ตั้งที่จะเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมัน ดังภาพที่ 1

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการเลือกทำเลที่ตั้ง

ก. ดัชนี

i พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน

j ลานเทปาล์มที่จะเปิด

k โรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม

ข. ตัวแปรตัดสินใจ

n_{ij} ปริมาณปาล์มน้ำมันที่ขนส่งจากแหล่งเพาะปลูกปาล์ม (i) ไปยังลานเทปาล์ม (j)

C_{jk} ปริมาณปาล์มน้ำมันที่ขนส่งจากลานเทปาล์ม (j) ไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม (k)

$$y_{ij} \begin{cases} 1 & \text{ถ้า (i) ส่งวัตถุดิบไปยังลานเทปาล์ม j} \\ 0 & \text{หากเป็นอย่างอื่น} \end{cases} \qquad \forall_i \forall_j$$

$$z_j \begin{cases} 1 & \text{ถ้าลานเทปาล์ม j เปิด} \\ 0 & \text{หากเป็นอย่างอื่น} \end{cases} \qquad \forall_j$$

ค. พารามิเตอร์

m ราคาปาล์มน้ำมันที่รับซื้อจากเกษตรกร(บาท/ตัน)

Q ราคาปาล์มน้ำมันที่ส่งไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม (บาท/ตัน)

α สัดส่วนราคาที่ดินที่จะทำการเปิดลานเทปาล์ม (บาท / ไร่)

f ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (emission factor) สำหรับการขนส่งระหว่างแหล่งเพาะปลูกปาล์ม (i) ไปยังลานเทปาล์ม (j) และลานเทปาล์ม (j) ไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม (k)

g รัศมีของแรงระเบิดที่มีผลกระทบต่อประชากร โดยใช้สูตรพื้นที่วงกลม πr^2

d_{ij} ระยะทางการขนส่งระหว่างแหล่งเพาะปลูกปาล์ม (i) ไปยังลานเทปาล์ม (j)

DD_{jk} ระยะทางการขนส่งระหว่างลานเทปาล์ม (j) ไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม (k)

L_j ราคาที่ดินของลานเทปาล์มที่จะเปิด(j)(บาท/ไร่)

CE_j ราคาในการปรับพื้นที่ลานเทปาล์มที่จะเปิด (j) (บาท)

CF_j ราคาค่าใช้จ่ายส่วนอื่นๆ ในการเปิดลานเทปาล์ม (j) (บาท)

R_{ij} ความน่าจะเป็นที่เกิดการระเบิดระหว่างแหล่งเพาะปลูก (i) ไปยังลานเทปาล์ม (j)

RR_{jk} ความน่าจะเป็นที่เกิดการระเบิดระหว่างลานเทปาล์ม (j) ไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม (k)

POP_{ij} ความหนาแน่นของประชากรในแถบเส้น

ทางการขนส่ง ระหว่างแหล่งเพาะปลูกปาล์ม (i) ไปยังลานเทปาล์ม (j) ที่เสี่ยงต่อการก่อวินาศกรรม

PPO_{jk} ความหนาแน่นของประชากรในแถบเส้นทางการขนส่งระหว่าง ลานเทปาล์ม (j) ไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม (k) ที่เสี่ยงต่อการก่อวินาศกรรม

NN_j ความน่าจะเป็นที่เกิดการระเบิด ณ ลานเทปาล์ม (j) ที่เปิด

PP_j ความหนาแน่นของประชากร ณ ลานเทปาล์ม (j) ที่เปิด และเสี่ยงต่อการก่อวินาศกรรม

$ETBD_{jk}$ ปริมาณปาล์มน้ำมันจาก J ไป k

ง. สมการเป้าหมายด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic objectives)

$$\text{Minimize} \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} d_{ij}y_{ij} + \sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K} DD_{jk}r_{jk} + \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} mn_{ij} + \sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K} QC_{jk}$$

$$+\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} n_{ij}\alpha L_j Z_j + \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} n_{ij}\alpha CE_j Z_j + \sum_{j=1}^{J} Z_j CF_j \quad (1)$$

จ. สมการเป้าหมายด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental objectives)

$$\text{Minimize} \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} fn_{ij} + \sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K} fc_{jk} \quad (2)$$

ฉ. สมการเป้าหมายด้านการก่อวินาศกรรม (Sabotage objectives)

$$\text{Minimize} \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} R_{ij}\, g\, PoP_{ij} Y_{ij} + \sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K} RR_{jk} g PPO_{jk} r_{jk} + \sum_{j=1}^{J} NN_j PP_j g Z_j \quad (3)$$

ช. สมการขอบข่าย (Constraints)

Subject to ;

$$\sum_{i=1}^{I} n_{ij}y_{ij} \le \text{Capacity}_j \quad \forall_j \quad (4)$$

$$y_{ij} \begin{cases} 1 & \text{ถ้า (i) ส่งวัตถุดิบไปยังลานเทปาล์ม j} \\ 0 & \text{หากเป็นอย่างอื่น} \end{cases} \quad \forall_i \forall_j \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^{J} y_{ij} \ge 1 \quad \forall_i \quad (6)$$

$$z_j \begin{cases} 1 & \text{ถ้าลานเทปาล์ม j เปิด} \\ 0 & \text{หากเป็นอย่างอื่น} \end{cases} \quad \forall_j \quad (7)$$

$$z_j = y_{ij} \quad \forall_i \forall_j \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^{J} z_j \ge 1 \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^{I} n_{ij}y_{ij} = \sum_{k=1}^{K} ETBD_{jk} \quad \forall_j \quad (10)$$

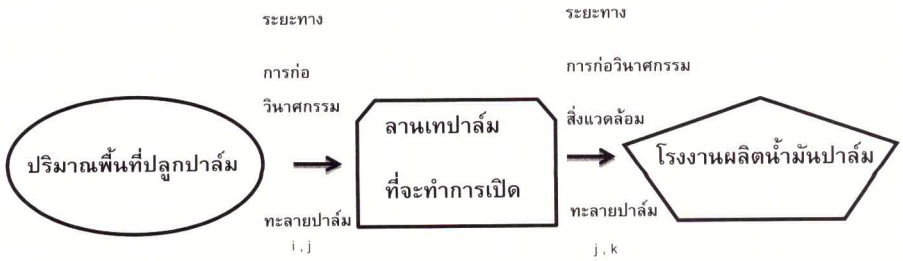
$$\sum_{j=1}^{J} ETBD_{jk} \le \text{Capacity of } k \quad (11)$$

สมการเป้าหมายด้านเศรษฐศาสตร์ประกอบด้วย 7 พจน์ พจน์แรก และพจน์ที่สอง คือ สมการต้นทุนด้านระยะทางในการขนส่งวัตถุดิบ พจน์ที่สาม และพจน์ที่สี่ คือ สมการต้นทุนด้านวัตถุดิบซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณวัตถุดิบและราคาวัตถุดิบ พจน์ที่ห้า คือ สมการต้นทุนที่เกี่ยวกับราคาที่ดินที่จะเปิดเป็นลานเทปาล์ม พจน์ที่หก คือ สมการต้นทุนที่เกี่ยวกับราคาสิ่งปลูกสร้างที่ขึ้นอยู่กับขนาดของลานเทปาล์มที่จะเปิด และพจน์ที่เจ็ด คือ สมการต้นทุนที่เกี่ยวกับราคาการลงทุนที่ไม่เกี่ยวข้องกับขนาดของลานเทปาล์มที่จะเปิด สมการเป้าหมายด้านสิ่งแวดล้อมจะอ้างอิงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกจากกระบวนการในการขนส่งวัตถุดิบซึ่งประกอบด้วยสมการ 2 พจน์ พจน์แรก คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้น้ำมันดีเซลในการขนส่งวัตถุดิบปริมาณ n ผ่านเส้นทาง (i , j) และพจน์ที่สอง คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้น้ำมันดีเซลในการขนส่งวัตถุดิบปริมาณ n ผ่านเส้นทาง (j, k) สำหรับสมการเป้าหมายด้านความปลอดภัยในการก่อวินาศกรรมในเส้นทางการขนส่งจะประกอบด้วยกัน 3 พจน์ โดยพจน์แรก คือ สมการความปลอดภัยในการก่อวินาศกรรมบนเส้นทางการขนส่ง (i, j) พจน์ที่สอง คือ สมการความปลอดภัยในการก่อวินาศกรรมบนเส้นทางการขนส่ง (j, k) และพจน์ที่สาม คือ สมการด้านความปลอดภัยในการก่อวินาศกรรม ณ ลานเทปาล์มที่จะทำการเปิด (j) ดังนั้น

สมการด้านความปลอดภัยในการก่อวินาศกรรมจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของจำนวนประชากรต่อพื้นที่ซึ่งจะได้รับผลกระทบในเส้นทางการขนส่งและจำนวนครั้งที่การระเบิดจะเกิดเป็นตัวบ่งชี้ความเสี่ยง สมการขอบข่ายที่สี่ เป็นสมการที่ระบุว่าปริมาณวัตถุดิบ i จะถูกส่งไปยังลานเทปาล์มน้ำมัน j ต้องไม่เกินความจุที่ลานเทปาล์มน้ำมัน j รับได้ สมการขอบข่ายที่ห้า และสมการขอบข่ายที่หก เป็นตัวแปรตัดสินใจว่าแหล่งวัตถุดิบจะส่งวัตถุดิบให้ลานเทปาล์มที่จะเปิด สมการขอบข่ายที่เจ็ด เป็นตัวแปรตัดสินใจว่าจะเปิดลานเทปาล์ม j หรือไม่ สมการขอบข่ายที่แปดและสมการขอบข่ายที่เก้า เป็นสมการที่จำกัดให้มีการรับวัตถุดิบจากแหล่งเดียวสำหรับลานเทปาล์ม 1 ลาน สมการขอบข่ายที่สิบ เป็นสมการที่ระบุว่าปริมาณปาล์มน้ำมัน ณ ลานเทปาล์ม j ที่เปิดจะถูกส่งไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม k ทั้งหมด สมการขอบข่ายที่สิบเอ็ด เป็นตัวแปรตัดสินใจว่าวัตถุดิบจากลานเทปาล์ม (j) ถูกส่งไปยังโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม (k) ต้องไม่เกินกำลังของโรงงานที่รับได้

อภิปรายผลและสรุปผล

เมื่อทำการทดลองประมวลผลโดยซอฟท์แวร์สำเร็จรูป LINGO V.11 และหาคำตอบจากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น พบว่าการให้น้ำหนักกับสมการวัตถุประสงค์ในด้านต่างๆ ที่ต่างกันจะส่งผลให้พื้นที่ที่จะทำการเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันแตกต่างกัน โดยหากให้น้ำหนักในด้านสิ่งแวดล้อมและด้านเศรษฐศาสตร์มากกว่าปัจจัยอื่นจะพบว่า พื้นที่ตั้งในตำบลโคกเคียน และตำบลไพรวัน จังหวัดนราธิวาส มีศักยภาพที่จะเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันได้และทั้งยังให้ค่าฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ที่เท่ากันดังที่แสดงในตารางที่ 2 ในทางกลับกันหากให้น้ำหนักกับสมการวัตถุประสงค์ด้านความเสี่ยงต่อความปลอดภัยจากการก่อวินาศกรรมบนเส้นทางขนส่ง จะพบว่า ลานเทปาล์มที่จะเปิดควรอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับที่ตั้งโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม เพื่อลดความเสี่ยงดังกล่าวจะเห็นได้ว่าลานเทปาล์มน้ำมันมีแนวโน้มที่จะเปิดในตำแหน่งของตำบลโคกเคียน จังหวัดนราธิวาสมากที่สุด กล่าวคือเมื่อมีการเปลี่ยนน้ำหนักของสมการวัตถุประสงค์ใน 10 กรณี พบว่าตำบลโคกเคียน มีศักยภาพที่จะเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันมากถึง 10 กรณีหรือมีโอกาสถึงร้อยละ100 ทั้งนี้เนื่องจากตำแหน่งที่ตั้งลานเทปาล์มน้ำมันดังกล่าวอยู่ในทำเลที่ตั้งใกล้กับสถานที่ตั้งโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม ซึ่งทำให้การขนส่งทะลายปาล์มน้ำมันซึ่งเป็นวัตถุดิบมีต้นทุนที่ไม่สูงนักเมื่อเทียบกับการเปิดลานเทปาล์มน้ำมันในตำแหน่งอื่น และยังส่งผลกระทบในสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าในระยะทางขนส่งไกลอีกด้วย ในอนาคตผู้วิจัยมีแนวคิดเห็นในการพัฒนาระบบฮิวริสติก (Heuristic Method) ที่มีส่วนสำคัญในการทำวิจัยต่อไป เพื่อที่จะรองรับกับวิธีการคำนวณหาที่ตั้ง ดังเช่น การเลือกทำเลที่ตั้งลานเทปาล์มน้ำมันเพื่อป้อนโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มในจังหวัดนราธิวาสที่มีปริมาณข้อมูลที่มากพอสมควร ในบทความเรื่องนี้



ภาพที่ 1 รูปแบบการขนส่งทะลายปาล์มน้ำมันไปยังลานเทปาล์มน้ำมันที่จะเปิดและโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม

ตารางที่ 1 ปริมาณทะลายปาล์มน้ำมันที่ได้จากแหล่งปลูกที่จะถูกส่งไปยังลานเทปาล์มน้ำมันที่จะเปิด

ลำดับที่	แหล่งปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่จังหวัดนราธิวาส	ปริมาณทะลายปาล์มน้ำมัน (ตันต่อวัน)
1	ตำบลบางนาค	2.65
2	ตำบลลำภู	3.56
3	ตำบลมะนังตะยอ	0.058
4	ตำบลบางปอ	1.97
5	ตำบลกะลุวอ	0.45
6	ตำบลกะลุวอเหนือ	2.92
7	ตำบลโคกเคียน	50.43
8	ตำบลเจ๊ะเห	0.88
9	ตำบลไพรวัน	12.37
10	ตำบลพร่อน	3.02
	รวม	**78.308**

ตารางที่ 2 ผลการทดลองเปลี่ยนน้ำหนักของสมการวัตถุประสงค์ในด้านต่างๆ

กรณีที่	เศรษฐศาสตร์	สิ่งแวดล้อม	ความเสี่ยงด้านความปลอดภัย	ตำแหน่งลานเทปาล์มที่ควรเปิด*	จำนวนลานเทปาล์มที่เปิด	ค่าของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์	หน่วย
1	10	10	80	7,8	2	13.969	ล้านบาท
2	20	20	60	7,8	2	13.965	ล้านบาท
3	30	30	40	7,8	2	13.965	ล้านบาท
4	40	40	20	7,9	2	13.964	ล้านบาท
5	50	50	0	5,7	2	13.964	ล้านบาท
6	80	10	10	7,9	2	13.964	ล้านบาท
7	60	20	20	7,9	2	13.964	ล้านบาท
8	40	30	30	7,9	2	13.964	ล้านบาท
9	0	50	50	7,8	2	13.965	ล้านบาท
10	20	40	40	7,8	2	13.965	ล้านบาท

*แสดงตำบลที่จะเปิดเป็นลานเทปาล์มน้ำมันอ้างอิงจากตารางที่ 1

คำขอบคุณ

ผู้เขียนขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาที่พิจารณาให้ทุนการศึกษาและวิจัย และอธิการบดีมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ และเพื่อนร่วมงานที่ให้โอกาสในการศึกษาตลอดทั้งคณาจารย์และเจ้าหน้าที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีที่คอยแนะนำและให้การช่วยเหลือเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมส่งเสริมสหกรณ์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2551.**สรุปรายงานโครงการส่งเสริมการดำเนินธุรกิจโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มจังหวัดนราธิวาส และ โครงการเพิ่มพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้.**

[2] ReVell , C.S ., Eiselt , H.A.(2005) "Location analysis: A synthesis and servey" , **European Journal of Operational Research**. 165, 1-19

[3] Jozefowiez, N. Semet, F. and Talbi, E. (2008). Multi-objective vehicle routing problems. **European Journal of Operational Research.** 189, 293 - 309

[4] Jacobsen, S.K. and Madsen, O.B.G,L. (1980). A comparative study of heuristics for a two level routing-location problem. **European Journal of Operational Research,** 6, 378 - 387

บทความวิจัย

ผลของโปรแกรมการสอนต่อความรู้และพฤติกรรมการส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัย ของผู้ปกครองเด็กที่ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแพะแม่แฝกใหม่

Effects of Teaching Program on Knowledge and Behaviors of Guardians in Promoting Preschool Child Development at the Paemaefackmai Day Care Center

ศรินทร์ทิพย์ ชวพันธุ์*

Sarinthip Chawaphanth*

บทคัดย่อ

การวิจัยกึ่งทดลองแบบสองกลุ่มนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลของโปรแกรมการสอนต่อความรู้และพฤติกรรมการส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัยของผู้ปกครองเด็กอายุ 2-5 ปี กลุ่มทดลอง 40 คนได้รับโปรแกรมการสอน ส่วนกลุ่มควบคุม 40 คนไม่ได้รับโปรแกรมการสอน วัดผลก่อนและหลังการทดลองโดยใช้แบบวัดความรู้และแบบสอบถามพฤติกรรมการส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัยที่มีค่าความเชื่อมั่น 0.89 และ 0.97 ตามลำดับ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนาและสถิติทดสอบที ผลการวิจัยพบว่าหลังการทดลองค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้และพฤติกรรมของกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการสอนสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

คำสำคัญ : ความรู้และพฤติกรรมการส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัย, ผู้ปกครอง

Abstract

This two-group quasi-experimental research was to examine the effects of a teaching program on knowledge and behaviors of guardians in promoting preschool child development age 2-5 years old. The 40 subjects in the intervention group received the teaching program, while the 40 subjects in the control group did not receive the program.

The data were collected before and after intervention using a knowledge test and behavior questionnaires which the reliability was 0.89 and 0.97, respectively. The hypotheses were tested using t-test. The results revealed that after the intervention, the mean knowledge and behavior scores of the experimental group were significantly higher than those of the control group ($p < 0.01$) and higher than those before the intervention ($p < 0.01$).

Keywords : Knowledge and behaviors in promoting preschool child development, Guardians

---

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คณะพยาบาลศาสตร์แมคคอร์มิค มหาวิทยาลัยพายัพ เชียงใหม่ 50000

*Corresponding author : E-mail: sarinthip_c@hotmail.com, Tel. 053-242532 ext. 4108

บทนำ

จากรายงานการสำรวจพัฒนาการเด็กปฐมวัย (แรกเกิดถึง 5 ปี) ในปีพ.ศ. 2550 [1] จากทั่วประเทศไทย พบว่า เด็กมีพัฒนาการรวมทุกด้านปกติร้อยละ 67.7 ลดลงจากปีพ.ศ.2547 และ 2546 ซึ่งอยู่ที่ร้อยละ 72 และ 79.9 ตามลำดับ สงสัยล่าช้าร้อยละ 32.3, 28.0 และ 21.1 ตามลำดับ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ สกาวรัตน์ เทพรักษ์ และคณะ [2] ที่ประเมินพัฒนาการเด็กปฐมวัยในปี พ.ศ. 2550 จำนวน 880 คนในภาคกลางและภาคตะวันตก 8 จังหวัด พบว่าเด็กมีพัฒนาการรวมปกติร้อยละ 61.7 จารุณี จตุรพรเพิ่มและคณะ [3] ศึกษาภาวะโภชนาการและพัฒนาการเด็กปฐมวัยในศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ที่ศูนย์อนามัยที่ 4 ราชบุรีพบว่าเด็กมีพัฒนาการด้านการใช้ภาษาสมวัยร้อยละ 66.0 ซึ่งทั้ง [2] และ [3] พบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพัฒนาการเด็ก คือการศึกษาของผู้ปกครอง และ สินีนาฏ จิตต์ภักดี [4] พบว่าเด็กปฐมวัยจำนวน 384 คนที่มารับบริการในคลินิกเด็กดีของโรงพยาบาลชุมชน 10 แห่งในจังหวัดเชียงใหม่ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินพัฒนาการรายด้านถึงร้อยละ 36.5 สาเหตุส่วนหนึ่งเนื่องจากผู้ปกครองมีระดับการศึกษาชั้นประถมศึกษา

ผลการวิจัยจำนวนหนึ่งพบว่าสิ่งสำคัญการส่งเสริมให้เด็กมีพัฒนาการที่ดีสมวัยคือต้องส่งเสริมครอบครัวและบุคคลที่เกี่ยวข้องกับเด็กให้มีความรู้และมีพฤติกรรมการส่งเสริมพัฒนาการเด็กที่ถูกต้องเหมาะสม [2,3,5] โดยเฉพาะในช่วงปฐมวัย เพราะเป็นช่วงที่สมองเด็กพัฒนาอย่างรวดเร็ว [6,7]

จากรายงานสรุปผลการดำเนินงานปี พ.ศ. 2549 ของสถานีอนามัยแม่แฝกใหม่ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าผู้ปกครองเด็กปฐมวัยขาดความรู้ความเข้าใจในการส่งเสริมพัฒนาการเด็กที่อาจทำให้เกิดปัญหาต่อพัฒนาการเด็ก อีกทั้งปัจจุบันบิดามารดาส่วนใหญ่ต้องออกไปประกอบอาชีพนอกบ้านทำให้มีเวลาดูแลใกล้ชิดบุตรน้อยลง และขาดญาติผู้ใหญ่เป็นที่พึ่งในการเลี้ยงดูเด็ก เด็กปฐมวัยร้อยละ 93.36 (239 คน) ของตำบลแม่แฝกใหม่จึงถูกนำไปฝากเลี้ยงที่ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กที่มีอยู่ 2 แห่ง ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแพะแม่แฝกใหม่มีเด็กประมาณ 180 คน ซึ่งศูนย์นี้ไม่เคยจัดการอบรมให้ความรู้แก่ผู้ปกครองเกี่ยวกับการดูแลเด็กอย่างเป็นรูปธรรม และผู้ปกครองเด็กในศูนย์นี้ส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาชั้นประถมศึกษา [8] จากข้อมูลข้างต้นสะท้อนถึงปัญหาที่จะทำให้เด็กในศูนย์นี้มีพัฒนาการล่าช้า ถ้าเด็กมีพัฒนาการล่าช้าแม้เพียงด้านเดียวจะมีผลกระทบต่อพัฒนาการด้านอื่นๆด้วย ทำให้เด็กไม่สามารถดูแลตัวเองได้ตามวัยและเป็นภาระของครอบครัวอย่างต่อเนื่อง แต่เด็กที่มีพัฒนาการล่าช้าถ้าได้รับการส่งเสริมพัฒนาการภายในช่วง 5 ปีแรกเด็กจะมีพัฒนาการดีขึ้นกว่าเดิมได้ [4] ผู้วิจัยตระหนักถึงความสำคัญและความจำเป็นเร่งด่วนที่ต้องมีการจัดโปรแกรมการสอนแก่ผู้ปกครองเด็กในศูนย์นี้ให้มีความรู้ ความเข้าใจเพียงพอที่จะนำไปสู่การปฏิบัติปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัยให้เป็นไปตามวัยอย่างถูกต้องเหมาะสมและต่อเนื่อง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เปรียบเทียบความรู้และพฤติกรรมการส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัยระหว่างผู้ปกครองกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการสอนและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมการสอน ก่อนการทดลอง
2. เปรียบเทียบความรู้และพฤติกรรมการส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัยระหว่างผู้ปกครองกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการสอนและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมการสอน หลังการทดลอง
3. เปรียบเทียบความรู้และพฤติกรรมการส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัยของผู้ปกครองกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการสอน ก่อนและหลังการทดลอง
4. เปรียบเทียบความรู้และพฤติกรรมการส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัยของผู้ปกครองกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมการสอน ก่อนและหลังการทดลอง

สมมติฐานของการวิจัย

1. ค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้และพฤติกรรมการส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัยของผู้ปกครองกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการสอนและกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมการสอน ก่อนการทดลองไม่แตกต่างกัน

2. ค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้และพฤติกรรมการส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัยหลังการทดลองของผู้ปกครองกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการสอนสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมการสอน

3. ค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้และพฤติกรรมการส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัยของผู้ปกครองกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการสอน หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง

4. ค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้และพฤติกรรมการส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัยของผู้ปกครองกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมการสอน ก่อนและหลังการทดลองไม่แตกต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (quasi-experimental research) แบบสองกลุ่ม คือกลุ่มทดลองได้รับโปรแกรมการสอนและกลุ่มควบคุมไม่ได้รับโปรแกรมการสอน วัดผลก่อนและหลังการทดลอง (pretest-posttest control group designs) กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ปกครองของเด็กอายุ 2-5 ปีที่มารับบริการที่ศูนย์ฯ ระหว่างเดือนตุลาคม 2550 ถึง เดือนมกราคม 2551 จำนวน 80 คน การเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้การสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) จากประชากรทั้งหมด 160 คน ด้วยการจับฉลากแบบไม่มีการแทนที่ แบ่งเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยการสุ่มแบบจับคู่ (randomized matching) จากการเรียงลำดับคะแนนความรู้และคะแนนพฤติกรรมก่อนการทดลอง (pretest) แล้วแยกแต่ละคู่ให้อยู่ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 40 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยคือโปรแกรมการสอน ประกอบด้วย แผนการสอน และคู่มือการส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัย 5 ด้าน คือ การเคลื่อนไหว การใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กและสติปัญญา การเข้าใจภาษา การใช้ภาษา และการช่วยเหลือตนเองและสังคม ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรมและบางส่วนดัดแปลงจากคู่มือส่งเสริมพัฒนาการเด็ก : การทดสอบและฝึกทักษะ [9] ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา โดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน และปรับแก้ตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิก่อนนำไปทดลองใช้กับผู้ปกครองมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาจำนวน 5 คน

เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรม แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ 1) ข้อมูลทั่วไปของผู้ปกครองและเด็ก 2) แบบวัดความรู้เรื่องการส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัยของผู้ปกครอง 33 ข้อ ประกอบด้วยข้อคำถามเชิงบวกซึ่งเป็นความรู้ที่ถูกต้อง 21 ข้อ และข้อคำถามเชิงลบซึ่งเป็นความรู้ที่ไม่ถูกต้อง 12 ข้อ ที่ครอบคลุมพัฒนาการทั้ง 5 ด้าน คำตอบเป็นแบบเลือกตอบ 2 ตัวเลือก คือ ถูกต้องและไม่ถูกต้อง 3) แบบสอบถามพฤติกรรมการส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัยของผู้ปกครอง ประกอบด้วยข้อคำถามเชิงบวก 24 ข้อ ที่ครอบคลุมพฤติกรรมการส่งเสริมพัฒนาการเด็กทั้ง 5 ด้าน ลักษณะการตอบคำถามเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (rating scales) 5 ระดับ ผ่านการตรวจสอบโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ได้ค่าความตรงตามเนื้อหา (content validity index) ของแบบวัดความรู้และแบบสอบถามพฤติกรรมเท่ากับ 0.88 และ 1.00 ตามลำดับ ปรับแก้ตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิแล้วนำไปทดลองใช้กับผู้ปกครองที่มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาจำนวน 30 คน จากนั้นคำนวณค่าความเชื่อมั่น (reliability) ของแบบวัดความรู้โดยใช้คูเดอร์ริชาร์ดสัน 20 (Kuder–Richardson 20) ได้เท่ากับ 0.89 และแบบสอบถาม

พฤติกรรมโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟ่าร์ครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ได้เท่ากับ 0.97 รวมทั้งนำแบบวัดความรู้ไปวิเคราะห์ ได้ค่าความยากง่าย (p) เท่ากับ 0.60 และค่าอำนาจจำแนก (r) เท่ากับ 0.72

การพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง

หลังจากคณะกรรมการวิจัยของมหาวิทยาลัยพายัพได้อนุมัติทุนอุดหนุนการวิจัยนี้แล้ว ผู้วิจัยทำการพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่างโดยแจ้งให้ผู้ดูแลเด็กที่ศูนย์ฯ ทราบว่าผู้วิจัยจะทำการศึกษาผลของโปรแกรมการสอนต่อความรู้และพฤติกรรมการส่งเสริมพัฒนาการของผู้ปกครองเด็กอายุ 2-5 ปีที่ศูนย์ฯ จำนวน 80 คน พร้อมทั้งอธิบายวัตถุประสงค์ วิธีการวิจัย และประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัยครั้งนี้ และให้ผู้ดูแลเด็กเป็นผู้ติดต่อเชิญผู้ปกครอง โดยแจ้งว่าการเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสมัครใจ สามารถตอบรับ ปฏิเสธ หรือยุติการเข้าร่วมการวิจัยเมื่อใดก็ได้โดยไม่มีผลต่อผู้ปกครองและเด็ก เมื่อผู้ปกครองยินดีเข้าร่วมการวิจัย ผู้วิจัยแนะนำตัว อธิบายวิธีการวิจัย และประโยชน์ที่จะได้รับจากการเข้าร่วมการวิจัยโดยละเอียด พร้อมทั้งแจ้งว่าข้อมูลที่ได้จากการวิจัยนี้จะนำเสนอในภาพรวมโดยไม่ระบุชื่อแต่ใช้รหัสแทน ข้อมูลทุกอย่างจะถือเป็นความลับและใช้เพื่อการวิจัยเท่านั้น และให้ผู้ปกครองกลุ่มตัวอย่างลงนามในแบบตอบรับการเข้าร่วมการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูล ดำเนินการ 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ประเมินความรู้และพฤติกรรมการส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัยของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ก่อนการอบรม (pretest) แล้วนำผลการวิเคราะห์ที่ได้ไปวางแผนการอบรมผู้ปกครองกลุ่มทดลองในขั้นที่ 2

ขั้นที่ 2 ให้โปรแกรมการสอน (teaching program) กับกลุ่มทดลอง โดยการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องการส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัยตามแผนการสอนจำนวน 2 ครั้ง คือ

ครั้งที่ 1 การให้ความรู้แก่กลุ่มทดลอง โดยอบรมรายกลุ่มใหญ่รวมกันทั้ง 40 คน ซึ่งผู้วิจัยบรรยายโดยใช้สื่อพาวเวอร์พ้อยท์ (Power Point) ประกอบการสาธิตวิธีการส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัย ใช้เวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นแบ่งกลุ่มทดลองเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 10 คน เพื่อปฏิบัติการส่งเสริมพัฒนาการเด็กตามที่ได้รับการอบรมโดยมีผู้เชี่ยวชาญประจำแต่ละกลุ่มให้คำแนะนำ รวมทั้งให้คู่มือการส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัยเพื่อให้กลุ่มทดลองได้ศึกษาทบทวนความรู้ด้วยตนเองที่บ้านและเป็นแนวทางในการปฏิบัติการการส่งเสริมพัฒนาการเด็ก ใช้เวลา 2 ชั่วโมง

ครั้งที่ 2 การติดตามความก้าวหน้าของความรู้และพฤติกรรมการส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัยและเสริมความรู้ในส่วนที่พร่องแก่กลุ่มทดลองหลังการอบรมครั้งที่หนึ่ง 3 สัปดาห์โดยอบรมรายกลุ่มย่อย 4 กลุ่มๆละ 10 คนโดยผู้เชี่ยวชาญประจำแต่ละกลุ่ม ใช้เวลา 2 ชั่วโมง ส่วนกลุ่มควบคุมไม่ได้ให้โปรแกรมการสอนทั้ง 2 ครั้งแต่ได้รับคู่มือการส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัยหลังจากเสร็จสิ้นการวิจัย

ขั้นที่ 3 ประเมินความรู้และพฤติกรรมการส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัยของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ใน 1 สัปดาห์หลังการอบรมครั้งที่ 2 (posttest)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างโดยการแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าพิสัยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้และพฤติกรรมของผู้ปกครองระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ก่อนและหลังการทดลอง ใช้สถิติ independent sample t-test เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้และพฤติกรรมของผู้ปกครองภายในกลุ่มก่อนและหลังการทดลอง ใช้สถิติ paired t-test

ผลการวิจัย

ผู้ปกครองในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีอายุเฉลี่ย 33.65 ปี (S.D. = 1.51) และ 33.95 ปี (S.D. = 1.27) ตามลำดับ ส่วนใหญ่เป็นมารดาของเด็กร้อยละ 72.5 และ 57.5 ตามลำดับ รองลงมาเป็นบิดาของเด็กร้อยละ 12.5 และ 25.0 ตามลำดับ จบการศึกษาระดับประถมศึกษามากที่สุดร้อยละ 37.5 และ 32.5 ตามลำดับ รองลงมาเป็นอนุปริญญา/ปริญญาตรีร้อยละ 17.5 และ มัธยมศึกษาตอนต้นร้อยละ 25.0 ตามลำดับ ทั้งสองกลุ่มประกอบอาชีพรับจ้างมากที่สุดร้อยละ 47.5 และ 65.0 ตามลำดับเด็กของผู้ปกครองกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมส่วนใหญ่มีอายุเฉลี่ย 2.90 ปี (S.D. = 1.36) และ 3.48 ปี (S.D. = 0.17) ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงร้อยละ 52.5 และ 55.0 ตามลำดับ เด็กของผู้ปกครองกลุ่มทดลองส่วนใหญ่กำลังเรียนชั้นเตรียมอนุบาลร้อยละ 52.5 ส่วนกลุ่มควบคุมกำลังเรียนชั้นอนุบาลสองมากที่สุดร้อยละ 40.0 ก่อนการทดลองค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้และพฤติกรรมของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันแต่หลังการทดลองค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้และพฤติกรรมของกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการสอนสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (ตารางที่ 1) กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการสอนมีคะแนนเฉลี่ยความรู้และพฤติกรรมหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (ตารางที่ 2) ส่วนกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมการสอนมีคะแนนเฉลี่ยความรู้ก่อนและหลังการทดลองไม่แตกต่างกัน แต่คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมหลังการทดลองต่ำกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้และพฤติกรรมระหว่างผู้ปกครองในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการทดลอง

คะแนน	กลุ่มทดลอง (n = 40)		กลุ่มควบคุม (n = 40)			
	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.	t	p-value
คะแนนความรู้	29.43	1.93	23.40	2.98	10.735	0.000*
คะแนนพฤติกรรม	4.81	0.14	4.14	0.29	13.387	0.000*

* $p < 0.01$

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้และพฤติกรรมของผู้ปกครองกลุ่มทดลอง ก่อนและหลังการทดลอง

คะแนน	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง			
	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.	t	p-value
คะแนนความรู้	24.53	2.26	29.43	1.93	-10.013	0.000*
คะแนนพฤติกรรม	4.49	0.45	4.81	0.14	-4.432	0.000*

* $p < 0.01$

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้และพฤติกรรมของผู้ปกครองกลุ่มควบคุม ก่อนและหลังการทดลอง

คะแนน	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง			
	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.	t	p-value
คะแนนความรู้	23.93	2.30	23.40	2.98	0.952	0.347
คะแนนพฤติกรรม	4.53	0.37	4.13	0.29	5.217	0.000*

* $p < 0.01$

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาพบว่า ก่อนการทดลองค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้และพฤติกรรมของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน ซึ่งสนับสนุนสมมติฐานข้อ 1 แต่หลังการทดลองค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้และพฤติกรรมของกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการสอนสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ซึ่งสนับสนุนสมมติฐานข้อ 2 วิธีการการให้ความรู้และผลของการวิจัยนี้สอดคล้องกับการวิจัยของ ธนพร โกมะหะวงศ์ [6] อภิปรายได้ว่าจากข้อมูลทั่วไป กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมีคุณลักษณะพื้นฐานที่คล้ายคลึงกัน ดังนั้นหลังการทดลอง คะแนนของกลุ่มทดลองเพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากผลของโปรแกรมการสอนที่ผู้ปกครองกลุ่มทดลองได้รับจากการวิจัยนี้ [10] กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการสอนมีค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้และพฤติกรรมหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ซึ่งสนับสนุนสมมติฐานข้อ 3 อธิบายได้ว่าโปรแกรมการสอนที่กลุ่มทดลองได้รับโดยการบรรยายประกอบการสาธิตและให้ผู้เรียนปฏิบัติไปพร้อมกับผู้สอนต่อจากนั้นให้ผู้เรียนปฏิบัติเอง ร่วมกับการใช้คู่มือ มีประสิทธิภาพมากพอที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ดี จนสามารถประสมประสานความรู้ทางทฤษฎีและการฝึกปฏิบัติที่ได้รับ ไปปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการปฏิบัติการส่งเสริมพัฒนาการเด็กที่ไม่พึงประสงค์ ให้เป็นพฤติกรรมที่พึงประสงค์ได้ [6,11,12]รวมทั้งผู้ปกครองส่วนใหญ่เป็นมารดาที่มีบุตรอยู่ในวัยที่สอดคล้องกับโปรแกรมการสอนและคู่มือ ทำให้มีความสนใจและต้องการให้บุตรมีพัฒนาการที่ดี จึงทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพจนสามารถนำไปปฏิบัติพฤติกรรมการส่งเสริมพัฒนาการเด็กได้ดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมการสอน และผลการวิจัยจำนวนหนึ่งพบว่าความรู้มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรม [6,11,12] ส่วนกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมการสอนมีค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ก่อนและหลังการทดลองไม่แตกต่างกัน ซึ่งสนับสนุนสมมติฐานข้อ 4 ของการวิจัย เนื่องจากข้อมูลทั่วไปของกลุ่มควบคุมพบว่า ผู้ปกครองจบการศึกษาระดับประถมศึกษามากที่สุด แม้ส่วนใหญ่จะเคยได้รับความรู้เกี่ยวกับการส่งเสริมพัฒนาการเด็กจากพยาบาลหรือเจ้าหน้าที่สาธารณสุขโดยตรงและจากสื่อโทรทัศน์ ซึ่งอาจจะเป็นความรู้ทางทฤษฎี แต่ไม่ได้ทดลองฝึกปฏิบัติจริง ทำให้กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการสอนและไม่ได้รับคู่มือจากการวิจัยนี้ยังคงขาดความรู้ ความเข้าใจในการส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัยอย่างถูกต้องเหมาะสมและชัดเจน ค่าเฉลี่ยคะแนนพฤติกรรมหลังการทดลองต่ำกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ผลการวิจัยนี้แตกต่างจากผลการวิจัยก่อนๆ ซึ่งพบว่าคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมของผู้ปกครองกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมการสอนก่อนและหลังการทดลองไม่แตกต่างกัน [6,11] การที่ผลการทดลองไม่สนับสนุนสมมติฐานข้อ 4 เนื่องจากกลุ่มควบคุมไม่ได้รับโปรแกรมการสอนและคู่มือจากการวิจัยนี้ ประกอบกับกลุ่มควบคุมจบการศึกษาระดับประถมศึกษามากที่สุด จึงทำให้ขาดศักยภาพในการเรียนรู้

และการเข้าถึงข้อมูล รวมทั้งไม่ทราบความสำคัญของการส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัย จึงไม่ได้ปฏิบัติพฤติกรรมการส่งเสริมพัฒนาการเด็กอย่างถูกต้องเหมาะสม จารีศรี นิราช [13] พบว่าความรู้มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรม ซึ่งความรู้เป็นปัจจัยพื้นฐานที่ทำให้มนุษย์รู้จักคิดพิจารณาในการที่จะปฏิบัติพฤติกรรมที่ถูกต้องเหมาะสม หลายการวิจัยพบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพัฒนาการรวมของเด็กปฐมวัยคือการศึกษาของผู้ปกครองเด็ก สกาวรัตน์ เทพรักษ์ และคณะ [2] พบว่าเด็กปฐมวัยที่ผู้ปกครองมีการศึกษาระดับมัธยมศึกษาอนุปริญญา/ปริญญา มีพัฒนาการปกติสมวัยสูงกว่าเด็กปฐมวัยที่ผู้ปกครองมีการศึกษาระดับประถมศึกษา จารุณี จตุรพรเพิ่มและคณะ [3] พบว่า เด็กปฐมวัยที่ผู้ปกครองมีการศึกษาระดับอนุปริญญา/ปริญญา มีพัฒนาการด้านภาษาปกติสมวัยมากกว่าเด็กปฐมวัยที่ผู้ปกครองมีการศึกษาระดับมัธยม และ ศิริกุล อิสรานุรักษ์ และคณะ [14] ในโครงการการพัฒนาระดับสติปัญญาเด็กวัยต่างๆของประเทศ พ.ศ.2544 พบว่าแม่ที่มีการศึกษาดี ย่อมจัดกิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้ให้แก่เด็กได้อย่างมีประสิทธิผล และมีความสนใจศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับพัฒนาการเด็กได้ดีทั้งนี้ผู้วิจัยตระหนักดีที่ผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมการสอนมีคะแนนพฤติกรรมฯลดลง ดังนั้นภายหลังจากเสร็จสิ้นการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้มอบคู่มือฯ และสื่อดีวีดี(Digital Versatile Disc, DVD)ที่ได้บันทึกไว้ขณะที่ให้โปรแกรมการสอนแก่กลุ่มทดลอง ให้แก่ผู้ปกครองกลุ่มควบคุมเพื่อศึกษาด้วยตนเองที่บ้านและเป็นแนวทางในการปฏิบัติการการส่งเสริมพัฒนาการเด็ก

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้โปรแกรมการสอนร่วมกับการให้คู่มือไปศึกษาทบทวนความรู้ด้วยตนเองที่บ้านมีประสิทธิภาพทำให้ให้ผู้ปกครองมีความรู้ความเข้าใจในวิธีการ และเห็นความสำคัญของการส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัย จึงสามารถประสมประสานความรู้ทางทฤษฎีและทักษะในการปฏิบัติ นำไปสู่การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการส่งเสริมพัฒนาการเด็กได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและมีคุณภาพดีขึ้น ดังนั้นโปรแกรมการสอนนี้ สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนในสถาบันการศึกษา รวมทั้งในคลินิกสุขภาพเด็กดีในโรงพยาบาลและในชุมชน ให้ผู้ปกครองมีโอกาสได้เพิ่มพูนความรู้และร่วมมือกับครูในการส่งเสริมพัฒนาการเด็กให้เป็นไปตามวัยอย่างถูกต้องเหมาะสมและต่อเนื่องทั้งที่บ้านและที่ศูนย์ฯ เพื่อให้เด็กมีพัฒนาการสมวัยและเติบโตอย่างมีคุณภาพตั้งแต่ปฐมวัย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยพายัพที่สนับสนุนทุนในการวิจัย (ปีการศึกษา 2550) และศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแพะแม่แฝกใหม่ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ที่อนุเคราะห์สถานที่ในการดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2551). **ความรู้เพื่อประชาชน.** สืบค้นเมื่อ 12 กันยายน 2555 จาก http://www.anamai.moph.go.th/ewt_news.php?nid=641&filename=index

[2] สกาวรัตน์ เทพรักษ์ พรณิชา ชุณหคันธรส จารุณี จตุรพรเพิ่ม และวัฒนา ตรองพาณิชย์. (2550). **การศึกษาวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้ดูแลเด็กในการส่งเสริมพัฒนาการเด็กปฐมวัย.สืบค้นเมื่อ 12 กันยายน 2555** จาก hc4rb.anamai.moph.go.th/files/abstract/2551/ndc51-full.pdf

[3] จารุณี จตุรพรเพิ่ม สกาวรัตน์ เทพรักษ์ และวัฒนา ตรองพาณิชย์. (2550). **การศึกษาภาวะโภชนาการและพัฒนาการเด็กปฐมวัยในศูนย์เด็กเล็กกลุ่มจังหวัดที่ 6 และ 7 ปี 2550.** ศูนย์อนามัยที่ 4

ราชบุรี. สืบค้นเมื่อ 12 กันยายน 2555 จาก http://hpe4.anamai.moph.go.th/hpe/child/article5.php

[4] สินีนาฏ จิตต์ภักดี. (2541). **พัฒนาการเด็กที่มารับบริการในคลินิกเด็กดีของโรงพยาบาลชุมชน จังหวัดเชียงใหม่.** กลุ่มงานการพยาบาลศูนย์ส่งเสริมพัฒนาการเด็กภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข.

[5] ปิยพรรณ ตระกูลทิพย์. (2547). **สรุปผลการดำเนินโครงการส่งเสริมพัฒนาเด็กไทยให้มีสุขภาพดีในเขต 9 ประจำปีงบประมาณ 2547 ศูนย์อนามัยที่ 9 พิษณุโลก.** สืบค้นเมื่อวันที่ 21 กรกฎาคม 2550 จาก http://hpc9.anamai.moph.go.th/data48/report47_tom/1.doc.

[6] ธนพร โกมะหะวงศ์. (2544). **ผลการสร้างแรงจูงใจร่วมกับการใช้คู่มือพัฒนาการแม่ลูกผูกพันที่มีต่อความรู้ การรับรู้ และพฤติกรรมการส่งเสริมพัฒนาการบุตรของมารดา.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พยาบาลสาธารณสุข). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยมหิดล.

[7] ยูนิเซฟ ประเทศไทย. (2552). **การพัฒนาเด็กปฐมวัย.** สืบค้นเมื่อวันที่ 12 กันยายน 2555 จาก http://www.unicef.org/thailand/tha/education_6555.html

[8] สถานีอนามัยเจดีย์แม่ครัว ตำบลแม่แฝกใหม่ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่. (2548). **รายงานสรุปผลการดำเนินงาน ปีพ.ศ. 2548.**

[9] โรงพยาบาลราชานุกูล สถาบันสุขภาพจิต กระทรวงสารธารณสุข. (2537). **คู่มือส่งเสริมพัฒนาการเด็กการทดสอบและฝึกทักษะ (จำนวน 4 เล่ม).** (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

[10] Burns, N. and Grove, S.K. (2001). **The practice of nursing research : conduct, critique, & utilization.** (4thed). Philadelphia : Saunders.

[11] ศุภร น้อยใจบุญ. (2545). **ผลของการส่งเสริมพัฒนาการทารก ต่อความรู้ ความสามารถตนเอง และพฤติกรรมของ บิดามารดาในการส่งเสริมพัฒนาการบุตร.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พยาบาลสาธารณสุข). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยมหิดล.

[12] สถาบันเด็ก มูลนิธิเด็ก. (2545). **บทบาทของพ่อแม่ในการส่งเสริมพัฒนาการลูก คู่มือการให้ความรู้แก่พ่อแม่ผู้ปกครอง เรื่องการเลี้ยงดูเด็กอายุต่ำกว่า 3 ปีในโครงการวิจัยเรื่องการพัฒนารูปแบบการให้ความรู้แก่พ่อแม่ผู้ปกครองในการเลี้ยงดูเด็กด้อยโอกาสอายุต่ำกว่า3 ปีในชุมชน.** สืบค้นเมื่อวันที่ 21 กรกฎาคม 2550 จากhttp://www.childthai.org/cic2/ce057.htm

[13] จารีศรี นิราช. (2541). **ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เกี่ยวกับพัฒนาการบุตรวัยก่อนเรียน การรับรู้บทบาทบิดา กับการปฏิบัติตามบทบาทของบิดาในการเลี้ยงดูบุตรวันก่อนเรียน.** วิทยานิพนธ์ พยาบาลศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยบูรพา.

[14] ศิริกุล อิศรานุรักษ์, สุธรรม นันทมงคลชัย และดวงพร แก้วศิริ. (2546). **รายงานการวิจัยโครงการการพัฒนาระดับสติปัญญาเด็กวัยต่างๆ ของประเทศ ระยะที่ 2: การส่งเสริมพัฒนาการด้านการเรียนรู้แก่เด็กโดยครอบครัวและการประเมินผล.** สถาบันพัฒนาการสาธารณสุขอาเซียน

บทความวิจัย

คุณลักษณะของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีน
Characteristics of Mixed Rice Husk-Glycerol Briquette

จอมภพ แววศักดิ์[1] พงษ์ศักดิ์ จิตตบุตร[2*] ยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล[3] และกำพล ประทีปชัยกูร[4]
Jompob Waewsak[1] Pongsak Jittabut[2*] Yutthana Tirawanichakul[3] and Gampol Prateepchaikul[4]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาคุณลักษณะของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนที่อัตราส่วนต่างๆ กันผลการวิเคราะห์แบบประมาณแสดงให้เห็นว่าแท่งเชื้อแกลบผสมกลีเซอรีนที่อัตราส่วนแกลบต่อกลีเซอรีน 3 kg:0-500 ml มีค่าปริมาณคาร์บอนคงตัวอยู่ในช่วง 13-16.8% ปริมาณสารระเหยมีค่าอยู่ในช่วง 57.8-64.5% เถ้ามีค่าอยู่ในช่วง 18.1-19.4% และความชื้นมีค่าอยู่ในช่วง 4.2-6.2% ผลการวิเคราะห์แบบแยกธาตุของแท่งเชื้อเพลิงผสมกลีเซอรีนที่อัตราส่วนแกลบผสมกลีเซอรีน 3 kg: 0-500 ml มีค่าดังนี้ คาร์บอนมีค่าอยู่ในช่วง 39.5-41.8% ไฮโดรเจนมีค่าอยู่ในช่วง 5.3-5.8% ออกซิเจนมีค่าอยู่ในช่วง 34.2-35.6% ไนโตรเจนมีค่าอยู่ในช่วง 0.25-0.37% และซัลเฟอร์มีค่าเท่ากับ 0.04% โดยมีค่าความร้อนอยู่ในช่วง 3,585-3,916 kcal/kg ค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 1,098.78-1,167.17 kg/m^3 ค่าความต้านแรงกดอยู่ในช่วง 6.35-26.4 MPa โดยที่สูตรเคมีของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนที่ให้ค่าความร้อนสูงสุดที่อัตราส่วนแกลบต่อกลีเซอรีน 3 kg:500 ml คือ $CH_{1.67}O_{0.61}$

คำสำคัญ : ค่าความร้อน, แท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีน, คุณลักษณะของเชื้อเพลิง

Abstract

The main objective of this research was to study the fuel characteristics of mixed rice husk-glycerol briquettes. Results by proximate analysis showed that the content of compounds in mixed rice husk-glycerol briquettes 3 kg:0-500 ml was as follows: 57.8-64.5% volatile matter, 13-16.8% the fixed carbon, 18.1-19.4% ash content, and 4.2-6.2% the moisture content respectively. Results by ultimate analysis indicated that mixed rice husk-glycerol briquettes of 3 kg:0-500 ml were composed of C 39.5-41.8%, H 5.3-5.8%, O 34.2-35.6%, N 0.25-0.37%

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง พัทลุง 93110
[2*] นิสิตบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง พัทลุง 93110
[3] รองศาสตราจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา 90110
[4] รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา 90110
[*] Corresponding author : E-mail pongsak_cy@hotmail.com โทร. 074-693975 โทรสาร 074-693975

and S 0.04% respectively. The high heating value of mixed rice husk-glycerol briquettes was 3,585-3,916 kcal/kg. The density of the briquettes was 1,098.78-1,167.17 kg/m^3 and the compressive strength was in the range of 6.35-26.4 MPa. Based upon the results from proximate and ultimate analyses, the chemical formula of the standard briquettes was $CH_{1.67}O_{0.61}$.

Keywords : Heating value, Rice husk-glycerol briquettes, Fuel characteristics

บทนำ

ปัจจุบันชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่สะอาดและมีความสาคัญในการนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิง โดยได้มีการนำชีวมวลมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง ซึ่งเป็นการนำวัสดุชีวมวลไปผ่านเทคโนโลยีอย่างง่ายที่มีราคาถูก และเหมาะสม สาหรับการจัดการโดยชุมชนขนาดเล็กหรือบริษัทเอกชน [1] ก่อนหน้านี้ในต่างประเทศได้มีการศึกษาถ่านอัดแท่งจากฟางข้าวสาลี [2] และเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเช่น ก้านมัสตาร์ด ก้านข้าวโพด และถั่วลิสง [3] ในประเทศมาเลเซียนั้นมีเศษวัสดุเหลือทิ้งจากปาล์มน้ำมัน เช่น กะลาปาล์ม และกากใย ซึ่งได้ถูกเปลี่ยนเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีค่าความร้อนเท่ากับ 16.4 MJ/kg มีเถ้าร้อยละ 6 และความชื้นร้อยละ 12 [4] ปัจจุบันได้มีการศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากของเสียอุตสาหกรรมมากขึ้น เช่น เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกระดาษและกากมะพร้าวซึ่งมี ปริมาณความชื้นร้อยละ 5.4 ถึงร้อยละ 13.3 [5] การศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำฟางข้าวและรำข้าวมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงแข็งโดยการอัดร้อน [6] การใช้ไม้ยูคาลิปตัสและแกลบจากอุรุกวัยมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง [7] นอกจากนั้นเศษกระดาษเพียงอย่างเดียวยังสามารถทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งได้โดยใช้วัสดุผสานหรือผสมกับฟางข้าวสาลี [8,9] เช่นเดียวกับเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งโรงงานฝ้าย [10] เป็นต้นสำหรับประเทศไทยนั้นได้ให้ความสนใจกับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพิ่มขึ้นอย่างมากทั้งจากภาครัฐและภาคเอกชน โดยภาครัฐได้ตั้งเป้าหมายการใช้พลังงานหมุนเวียนให้ได้ร้อยละ 20.3 จากการประมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าภายในปี พ.ศ. 2565 [11] โดยชีวมวลเป็นพลังงานหมุนเวียนอีกชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพสูงในประเทศไทย [12] โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อเพลิงชีวมวลจำพวกแกลบเนื่องจาก มีศักยภาพและปริมาณแหล่งเชื้อเพลิงอยู่มาก [13-17] ปัจจุบันมีการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงแกลบโดยมีกำลังการผลิตติดตั้งรวมกันทั้งสิ้น 10 MW และในจังหวัดพัทลุงนั้นมีการเพาะปลูกข้าว 301,811 ไร่ ได้ผลผลิตรวมทั้งสิ้น 105,633 ตันต่อปี [18] ผลผลิตของข้าวนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตอาหารและผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากข้าว ส่วนแกลบที่เป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ซึ่งมีจำนวนมากจึงได้มีการคิดค้นที่จะนำแกลบมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่า นอกจากนี้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจะมีกลีเซอรีนเหลือจากกระบวนการกลั่นไบโอดีเซลประมาณร้อยละ 5-20 [19] กลีเซอรีนที่เหลือสามารถนำไปทำสบู่และผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดต่างๆ ดังจะเห็นได้ว่าการใช้ประโยชน์จาก กลีเซอรีนจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลยังน้อยอยู่ ดังนั้นการผลิตถ่านอัดแท่งจากแกลบผสมกลีเซอรีนเพื่อเป็นการเพิ่มค่าความร้อนและนำไปใช้ในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่นจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาคุณลักษณะของแท่งเชื้อแกลบผสมกลีเซอรีน โดยทำการวิเคราะห์คุณสมบัติด้วยวิธีการตามมาตรฐาน ASTM เช่น การวิเคราะห์แบบประมาณ (proximate analysis) การวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (ultimate analysis) และการหาค่าความร้อน (heating value) ของแท่ง

เชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีน และวิเคราะห์คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของเชื้อเพลิงชีวมวลในรูปของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนในอัตราส่วนต่างๆ โดยใช้วิธีการตามมาตรฐาน มอก. 1505-2541 เช่น ค่าความหนาแน่น (density) และค่าความต้านทานแรงกด (compressive strength) ของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีน เป็นต้น

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

1.1 การเตรียมตัวอย่างและส่วนผสม โดยการนำแกลบที่ได้จากโรงสีข้าวในพื้นที่จังหวัดพัทลุงที่มีค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 ชั่งน้ำหนักครั้งละ 3 กิโลกรัม ไม่รวมภาชนะ ผสมกับกลีเซอรีนในอัตราส่วน 100 ml 200 ml 300 ml 400 ml และ 500 ml ตามลำดับ ตารางที่ 1 แสดงเงื่อนไขที่ใช้ในการทำแท่งเชื้อแกลบผสมกลีเซอรีน

1.2 นำส่วนผสมไปทำการอัดร้อนด้วยเครื่องอัดร้อนเชื้อเพลิงชีวมวลด้วยอุณหภูมิอยู่ในช่วง 250-350 องศาเซลเซียส โดยมีสายเทอร์โมคัปเปิ้ลเป็นเซนเซอร์ในการวัดอุณหภูมิให้กับตู้ควบคุมอุณหภูมิ มอเตอร์ที่ใช้มีขนาด 32 แรงม้า ลักษณะของเครื่องอัดร้อนเชื้อเพลิงชีวมวลแสดงดังภาพที่ 1

1.3 นำแท่งเชื้อเพลิงที่ผ่านกระบวนการอัดร้อนไปตัดให้มีขนาด 10 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งเชื้อเพลิงมีขนาดคงที่ 5 เซนติเมตร ซึ่งมีน้ำหนักประมาณ 0.5 กิโลกรัม แสดงดังภาพที่ 2 แล้วนำไปทดสอบสมบัติทางเคมีได้แก่ ค่าการวิเคราะห์แบบประมาณ (proximate analysis) การวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (ultimate analysis) และค่าความร้อน (heating value) วิธีทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 3173-03 (2008), ASTM D 3174-04, ASTM D 3175-07, ASTM D 3172-07a, ASTM D 5373-08, ASTM D 3179-02, ASTM D 3177-02 (2007), ASTM D 3176-89 (2002) และ ASTM D 5865-07a ตามลำดับ ส่วนการทดสอบสมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางวิศวกรรมได้แก่ การทดสอบแรงกด (compressive strength) และค่าความหนาแน่น (density) ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมบัติทางฟิสิกส์และวิศวกรรมแสดงดังภาพที่ 2 โดยทำการทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 1505-2541

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

เชื้อเพลิงชีวมวลในรูปของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนในอัตราส่วนต่างๆ จะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นเชื้อเพลิงแก๊ส (gaseous fuel) โดยแท่งเชื้อเพลิงที่ได้สามารถนำไปใช้เผาไหม้ได้โดยตรงและผ่านกระบวนการ

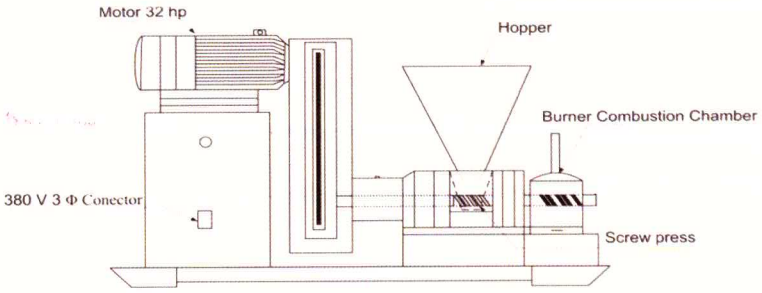
ตารางที่ 1 เงื่อนไขและอัตราส่วนผสมในการทำถ่านอัดแท่งด้วยวิธีการอัดร้อน

ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง	อัตราส่วนผสม แกลบ (kg) : กลีเซอรีน (ml)
1	3:0
2	3:100
3	3:200
4	3:300
5	3:400
6	3:500

แก๊สซิฟิเคชั่น (gasification) แต่การนำแท่งเชื้อเพลิงไปใช้ในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่นจะมีค่าความร้อนสูงกว่าการนำเชื้อเพลิงชีวมวลในรูปของแข็งไปเผาไหม้โดยตรง (direct combustion) ดังนั้นการวิเคราะห์คุณลักษณะ (characteristics) ของเชื้อเพลิงจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการออกแบบระบบแก๊สซิฟิเคชั่น การวิเคราะห์และทดสอบแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนสามารถทำได้โดยใช้วิธีการตามมาตรฐาน ASTM โดยมีผลการวิเคราะห์แสดงดังนี้

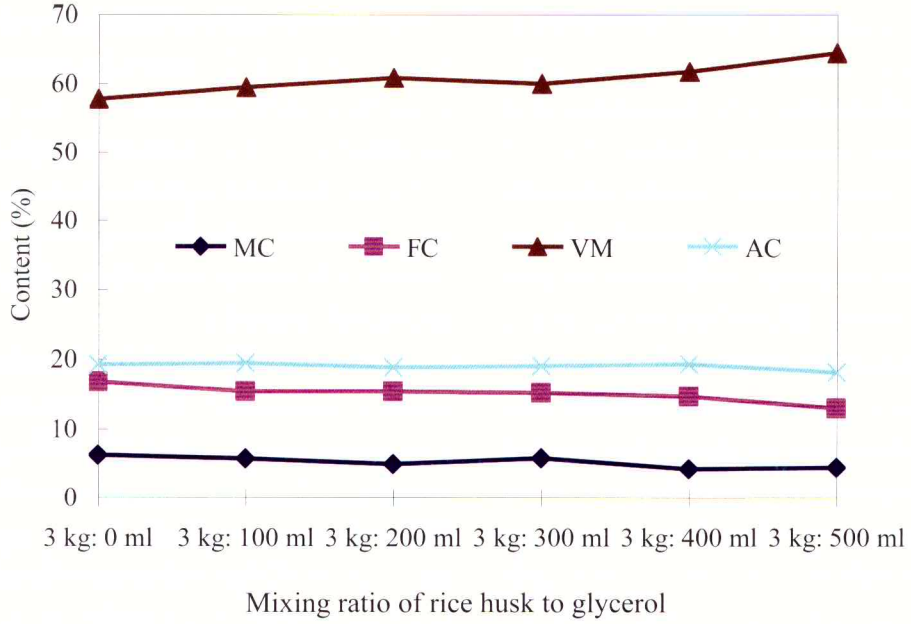
การวิเคราะห์ประมาณของแท่งเชื้อเพลิงผสมกลีเซอรีนในอัตราส่วนต่างๆ มีผลการวิเคราะห์ ดังนี้ ปริมาณคาร์บอนคงตัว (FC) มีค่าอยู่ในช่วง 13-16.8% ปริมาณสารระเหย (VM) มีค่าอยู่ในช่วง 57.8-64.5% เถ้า (AC) มีค่าอยู่ในช่วง 18.1-19.4% และความชื้น (MC) มีค่าอยู่ในช่วง 4.2-6.2% ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 3 ส่วนการวิเคราะห์แบบแยกธาตุของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนในอัตราส่วนต่างๆ มีผลการวิเคราะห์ดังนี้ คาร์บอนมีค่าอยู่ในช่วง 39.5-41.8% ไฮโดรเจนมีค่าอยู่ในช่วง 5.3-5.8% ออกซิเจนมีค่าอยู่ในช่วง34.2-35.6%ไนโตรเจนมีค่าอยู่ในช่วง0.25-0.37% และ ซัลเฟอร์มีค่าอยู่ในช่วง 0.04% ตามลำดับ แสดงอิทธิพลของความชื้นที่มีต่อธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจนไนโตรเจนและซัลเฟอร์ในแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนดังภาพที่ 4

สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนในแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 3,585-3,916 kcal/kg แสดงดังภาพที่ 5 โดยแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนในอัตราส่วน3:500แต่ค่าความร้อนสูงสุดที่ได้ยังต่ำกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) โดยผลการวิเคราะห์นี้มีสูตรเคมีของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนในอัตราส่วน 3:500 คือ $CH_{1.67}O_{0.61}$

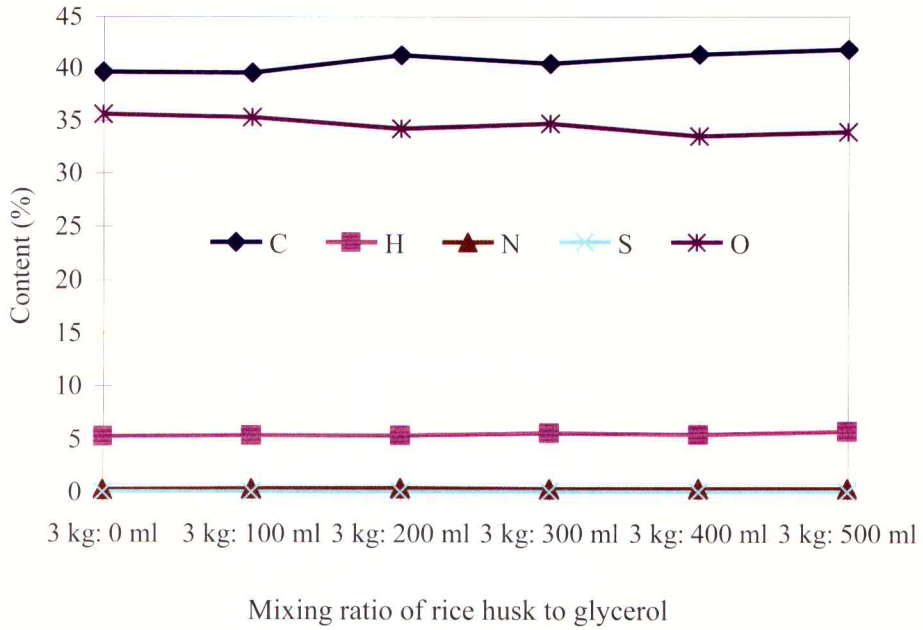


ภาพที่ 1 เครื่องอัดร้อนเชื้อเพลิงชีวมวล

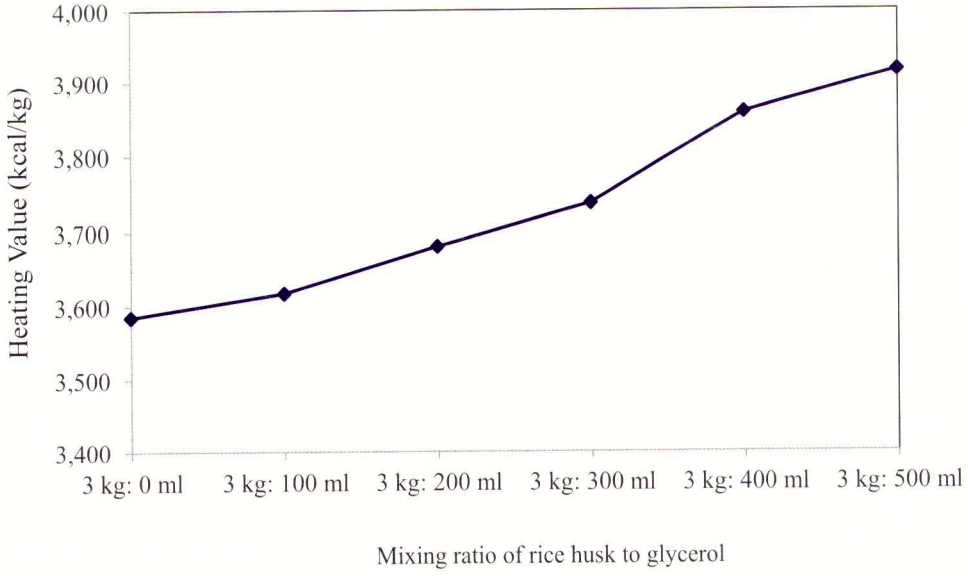
ภาพที่ 2 ลักษณะของตัวอย่างที่ส่งทดสอบ ณ กรมวิทยาศาสตร์บริการ



ภาพที่ 3 ปัจจัยของปริมาณกลีเซอรีนที่มีต่อปริมาณคาร์บอนคงตัว ปริมาณสารระเหย เถ้า และความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีน



ภาพที่ 4 ปัจจัยของปริมาณกลีเซอรีนที่มีต่อปริมาณ C H O N S ของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีน

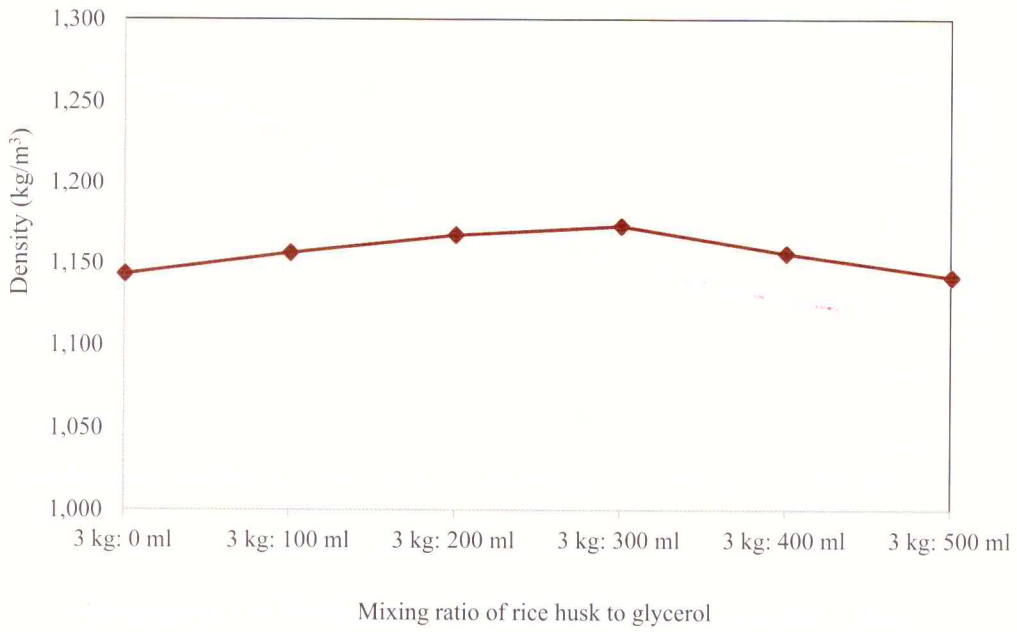


ภาพที่ 5 อิทธิพลของกลีเซอรีนที่มีต่อค่าความร้อนในแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีน

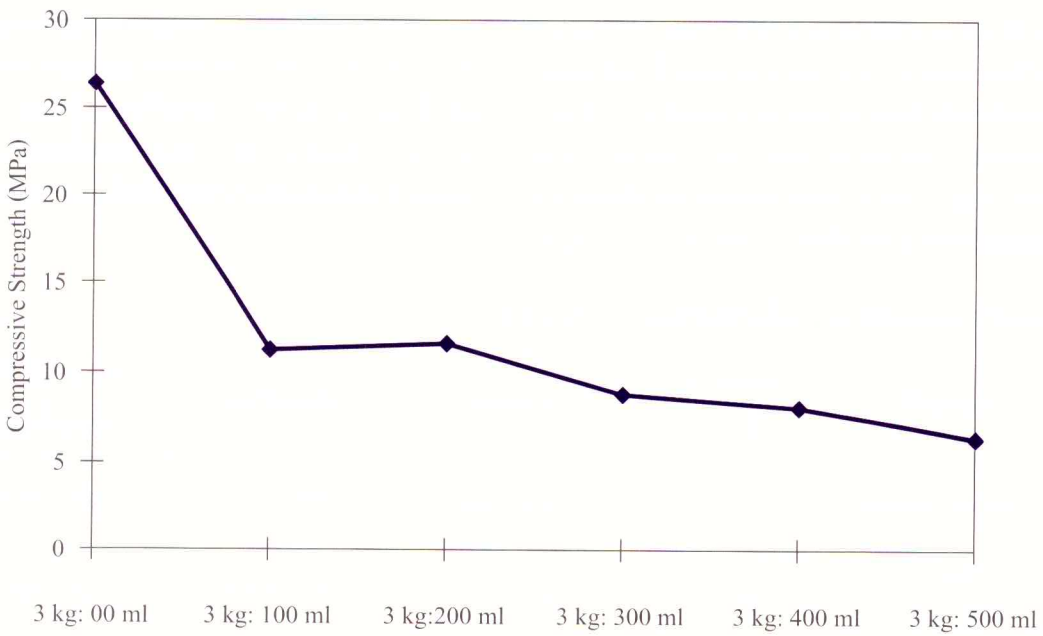
ผลการนำแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนในอัตราส่วนต่างๆ ไปทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางฟิสิกส์และวิศวกรรม ตามมาตรฐาน มอก. 1505-2541 ผลจากการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนที่อัตราส่วนแกลบผสมกลีเซอรีนที่อัตราส่วนผสม 3:200 มีค่าความหนาแน่นสูงสุดประมาณ 1,167.17 kg/m^3 และความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนมีค่าอยู่ในช่วง 1,098.78-1,167.17 kg/m^3 แสดงดังภาพที่ 6 ส่วนการวิเคราะห์ค่าความต้านแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนที่อัตราส่วนแกลบต่อกลีเซอรีน 3:0 จะให้ค่าความต้านแรงกดสูงสุดประมาณ 26.4 MPa และค่าความต้านแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสม กลีเซอรีนจะอยู่ในช่วง 6.35-26.4 MPa แสดงดังภาพที่ 7 และเปรียบเทียบคุณสมบัติกับแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตจากวัสดุชนิดอื่นๆ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติกับแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตจากวัสดุชนิดอื่นๆ

คุณสมบัติ	แกลบผสมกลีเซอรีน	กากกาแฟ	เปลือกทุเรียน	ทะลาย+เส้นใยปาล์มน้ำมัน
ความร้อน (kcal/kg)	3,585-3,916	5,000 – 5,400	3,609 - 3,844	2,040 – 2,821
ความหนาแน่น (kg/m^3)	1,098-1,167	665 – 675	2,900- 3,200	267 – 546
ความต้านทานแรงกด (MPa)	6.35-26.4	0.025 – 0.089	0.54-1.20	-



ภาพที่ 6 ความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีน



ภาพที่ 7 ความต้านแรงอัดของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีน

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์โดยประมาณของแท่งเชื้อเพลิงผสมกลีเซอรีนในอัตราส่วนต่างๆ ผลการวิเคราะห์ค่าดังนี้ ปริมาณคาร์บอนคงตัวมีค่าอยู่ในช่วง 13-16.8% ปริมาณสารระเหยมีค่าในช่วง 57.8-64.5% เถ้ามีค่าอยู่ในช่วง 18.1-19.4% และความชื้นมีค่าอยู่ในช่วง 4.2-6.2% ส่วนการวิเคราะห์แบบแยกธาตุของแท่งเชื้อเพลิงผสมกลีเซอรีนในอัตราส่วนต่างๆ ผลการวิเคราะห์ค่าอยู่ดังนี้ คาร์บอนมีค่าอยู่ในช่วง 39.5-41.8% ไฮโดรเจนมีค่าอยู่ในช่วง 5.3-5.8% ออกซิเจนมีค่าอยู่ในช่วง 34.2-35.6% ไนโตรเจนมีค่าอยู่ในช่วง 0.25-0.37% และซัลเฟอร์มีค่าอยู่ในช่วง 0.04% และผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนในแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีน มีค่าอยู่ในช่วง 3,585-3,916 cal/g แต่ค่าความร้อนที่ได้นี้ยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) ผลจากการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนจะอยู่ในช่วง 1,098.78-1,167.17 kg/m^3 ส่วนการวิเคราะห์ค่าความต้านแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนจะอยู่ในช่วง 6.35-26.4 MPa โดยมีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยเท่ากับ 2.62 บาท/กิโลกรัม จากการศึกษา พบว่า สัดส่วนของกลีเซอรีนที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงดังนั้นในการนำกลีเซอรีนไปผสมกับวัสดุชนิดอื่นๆ เพื่อผลิตแท่งเชื้อเพลิงนั้นควรทำการผสมที่หลายอัตราส่วนเพื่อให้ได้สัดส่วนที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งานต่อไป

คำขอบคุณ

โครงการวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดินมหาวิทยาลัยทักษิณปี พ.ศ. 2553 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) โครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปี พ.ศ. 2551 ขอขอบคุณสถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมัน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่ให้ความอนุเคราะห์กลีเซอรีนเพื่อใช้ในการทดลองและกรมวิทยาศาสตร์บริการที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางฟิสิกส์

เอกสารอ้างอิง

[1] The Agency for the Assessment and Application Technology. (2007). **Charcoal as an alternative fuel.** http://www.ristek.go. id; 25 November 2009 [Indonesian].

[2] Smith I, Probert S, Stokes R, Hansford R. (1997). **The briquetting of wheat straw.** J Agric Eng Res 1977;22:105e11.

[3] Tripathi AK, Iyer PVR, Kandpal TC. (1998). **A techno-economic evaluation of biomass briquetting in India.** Biomass Bioenerg 14(5e6):479e88.

[4] Husain Z, Zainac Z, Abdullah Z. (2002). Briquetting of palm fibre and shell from the processing of palm nuts to palm oil. Biomass Bioenerg 22:505e9.

[5] Olorunnisola A. (2007). **Production of fuel briquettes from waste paper and coconut husk admixtures.** Agric Eng Int CIGR Ejourna 19:1e11.

[6] Chou CS, Lin SH, Lu WC. (2009). **Preparation and characterization of solid biomass fuel made from rice straw and rice bran.** Fuel Process Technol 90:980e7.

[7] Amaya A, Medero N, Tancredi N, Silva H, Deiana C. (2007). **Activated carbon briquettes from biomass materials.** Bioresour Technol 98:1635e41.

[8] Demirbas, A. (1999). **Physical properties of briquettes from waste paper and wheat straw mixtures.** Energy Convers Manag 40:437e45.

[9] Demirbas, A, S, ahin A. (1998). **Short communication: evaluation of biomass residue briquetting waste paper and wheat straw mixtures.** Fuel Process Technol 55:175e83.

[10] Coates W. (2000). **Using cotton plant residue to produce briquettes.** Biomass Bioenerg 18:201e8.

[11] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2553). **แผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี,** Available from: http://www.dede.go.th/dede/fileadmin/upload/nov50/mar52/REDP_present.pdf.

[12] Zainal, Z. A., Ali, R., Lean, C. H. and Seetharamu, K. N. (2001). **Prediction of Performance of a Downdraft Gasifier using Equilibrium Modeling for Different Biomass Materials.** Energy Conversion and Management. 42, 1499-1511.

[13] สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. (2545). **การส่งเสริมการใช้พลังงานจากชีวมวลของประเทศไทย.** วารสารนโยบายพลังงาน. ฉบับที่ 55. มกราคม-มีนาคม 2545. กรุงเทพมหานคร.

[14] Prasertsan, S. and Sajjakulnukit. (2006). **Biomass and Biogas Energy in Thailand: Potential Opportunity and Barriers.** Renewable Energy. 31, 599-610.

[15]กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. (2543). **รายงานพลังงานของประเทศไทย ปี2543.** วารสารรายงานพลังงานของประเทศไทย. ฉบับที่ 1. หน้า 2-10.

[16]กรมพัฒนาและสงเสริมพลังงาน.(2544). **อัตราส่วนวัสดุเหลือใช้ต่อผลผลิตแฟคเตอร์ของการใช้เป็นพลังงาน และแฟคเตอร์วัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการนำไปใช้.** รายงานผลการสำรวจวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร.

[17] ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. (2542). **อัตราส่วนวัสดุเหลือใช้ต่อผลผลิต.** สถิติการเกษตรของประเทศไทย. ปีเพาะปลูก 2543/2544. กรุงเทพฯ.

[18] กรมพัฒนาที่ดิน. (2552). **รายงานผลการสำรวจ/ปรับปรุงแผนที่สภาพการใช้ ที่ดินรายจังหวัด,** Available from http://osl101.ldd.go.th/luse/luse_product52.htm.

[19] แพลน เอ็นเนอร์จี (ไทยแลนด์). (2553). **ขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซล,** Available from: http://www.planenergy.co.th/node/22.

บทความวิจัย

การพัฒนาและประเมินผลโปรแกรมการสร้างเสริมพฤติกรรมออกกำลังกาย แบบมีส่วนร่วม ตามแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงระยะพฤติกรรม: กรณีศึกษา แกนนำสุขภาพชุมชน กลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท จังหวัดสงขลา

Developing and Testing the Effect of Participatory Stage-Based Exercise Promoting Program for Community Health Leaders: A Case Study of the One-Baht Pledge-Saving Group, Songkhla Province

ชุลีพร เอกรัตน์[1*] สุกัญญา โลจนาภิวัฒน์[2] และ แสงอรุณ อิสระมาลัย[2]

Chuleeporn Ekkarat[1*], Suganya Lojanapiwat[2] And Sang-arun Isaramalai[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงพัฒนานี้ วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินผลของโปรแกรมการสร้างเสริมพฤติกรรมออกกำลังกาย ตามแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงระยะพฤติกรรม ของแกนนำสุขภาพชุมชนกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท จังหวัดสงขลา จำนวน 40 คน ประยุกต์ใช้ขั้นตอนการพัฒนาแนวปฏิบัติการพยาบาลของสภาวิจัยทางการแพทย์และสุขภาพแห่งชาติ ประเทศออสเตรเลีย แบบจำลองขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม และแนวคิดการมีส่วนร่วมในการพัฒนาโปรแกรม ดำเนินการ 2 ระยะ คือ ระยะการพัฒนา และระยะตรวจสอบคุณสมบัติของโปรแกรม ทดสอบประสิทธิผลของโปรแกรม โดยใช้สถิติไคสแควร์ (Chi-square)

ผลการศึกษา ได้โปรแกรมการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย ซึ่งประกอบด้วย แผนการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย คู่มือการออกกำลังกาย และแนวทางการใช้โปรแกรม การทดสอบประสิทธิผลของโปรแกรม พบว่า หลังการใช้โปรแกรมจำนวนกลุ่มเป้าหมายที่มีพฤติกรรมการออกกำลังกายได้มาตรฐานตามเกณฑ์ การเสริมสร้างสมรรถนะร่างกายสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ตามเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p < .05$)

ดังนั้น โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น สามารถนำไปใช้ในการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกายได้ อย่างไรก็ตาม ในการนำไปใช้ควรมีการปรับให้เหมาะสมกับบริบทและความต้องการของกลุ่ม

คำสำคัญ : พฤติกรรมการออกกำลังกาย, แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงระยะพฤติกรรม

---

[1] นักศึกษาปริญญาโท พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการพยาบาลเวชปฏิบัติชุมชน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[2] ผศ.ดร., ภาควิชาการพยาบาลสาธารณสุข คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[*] Corresponding author: E-mail: jajaann@hotmail.com Tel. 081-5393447

Thaksin.J., Vol.15 (1) January-June 2012

Abstract

This study aimed to develop a participatory stage-based exercise promoting program and test its effect on exercise behaviors of community health leaders. All 40 leaders of the one-baht pledge-saving group were selected. The transtheoretical model and concept of participation were integrated to form the program activities. The developing processes were based on those of the Australian Health and Medical Research Council and consisted of two phases : 1) program development, and 2) program evaluation testing of the program effectiveness on exercise behaviors using non-parametric statistic analysis (chi-square). Testing the effect of the program on exercise behaviors according to the standard after attending the program maintained their performance at standard level ($p < .05$).

The study results provide support for the benefit of community participation and behavior modification through stage-based exercise promoting program for the specific groups who intend to perform exercise behavior. However, such program should be tailored to fit with the context and needs of the target population.

Keywords : Exerciser behavior, Transtheoretical model,

บทนำ

อิทธิพลของกระแสโลกาภิวัฒน์ได้ส่งผลให้ประเทศไทยเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและวัฒนธรรม จึงส่งผลให้ประชาชนเจ็บป่วยด้วยโรคที่เกิดจากพฤติกรรมสุขภาพ เสียชีวิตด้วยโรคที่ป้องกันได้ เช่นโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคไขมันในหลอดเลือดสูง เป็นต้น ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการดูแลสุขภาพสูงขึ้น [1] จากผลการสำรวจของสำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข ปี 2552 พบว่า คนไทยตายด้วยโรคหัวใจคิดเป็น28.96ต่อประชากรแสนคนตายด้วยโรคความดันเลือดสูงและโรคหลอดเลือดในสมอง คิดเป็น 20.8 ต่อประชากรแสนคน [2] โรคเหล่านี้มีปัจจัยสำคัญที่เกิดจากพฤติกรรมสุขภาพ โดยเฉพาะการขาดการออกกำลังกายที่เพียงพอ ถ้าหากประชาชนมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพที่เหมาะสม มีพฤติกรรมการออกกำลังกายที่สม่ำเสมอ จะสามารถป้องกันโรคเรื้อรังที่อาจจะเกิดขึ้นโดยเฉพาะโรคอ้วนลงพุง โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน และโรคหลอดเลือดหัวใจ [3]

ปัจจุบันชุมชนเข้ามามีบทบาทในการสร้างเสริมสุขภาพของประชาชนภายใต้การดำเนินงานตามกลยุทธ์การสร้างความเข้มแข็งของชุมชน โดยขับเคลื่อนให้เกิดการรวมตัวกันของประชาชนในชุมชน เพื่อจัดตั้งเป็นองค์กรชุมชน มีการดำเนินกิจกรรมตามวัตถุประสงค์ขององค์กรชุมชน ช่วยให้สมาชิกเกิดการเรียนรู้ร่วมกัน กระบวนการสร้างความเข้มแข็งขององค์กรชุมชน จำเป็นต้องอาศัยการมีส่วนร่วมของสมาชิก ในการร่วมตัดสินใจ ร่วมดำเนินการ ร่วมรับผลประโยชน์ และร่วมประเมินผล [4] เพื่อให้องค์กรชุมชนมีศักยภาพในการพึ่งพาตนเอง ดังนั้น การสร้างเสริมสุขภาพจึงควรเริ่มต้นจากการสร้างเสริมสุขภาพในกลุ่มแกนนำองค์กรชุมชน เพื่อเป็นต้นแบบในการดูแลสุขภาพให้กับสมาชิก

จากการทบทวนวรรณคดีที่เกี่ยวข้อง พบว่า การประยุกต์ใช้แบบจำลองขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม แนวคิดการมีส่วนร่วม สามารถสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกายได้ จากการศึกษาของสมนึกและทิพยเนตร [5] พบว่า การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมตามแบบจำลองขั้นตอนการเปลี่ยนพฤติกรรมส่งผลให้ผู้สูงอายุมีพฤติกรรมสุขภาพด้านการออก

กำลังกายเพื่อป้องกันโรคเรื้อรังเพิ่มขึ้น ดังนั้น การสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกายโดยการออกแบบกิจกรรมตามแบบจำลองขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม จะสามารถส่งเสริมให้ประชาชนมีพฤติกรรมการออกกำลังกายเพิ่มขึ้น

กลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท เป็นองค์กรชุมชนหนึ่งที่มีความเข้มแข็ง โดยมีการดำเนินงานที่เน้นการออมจากการลดรายจ่าย เพื่อตั้งเป็นกองทุนสวัสดิการชุมชนให้กับสมาชิก มีเป้าหมายร่วมกันของกลุ่ม คือ สร้างสังคมดี คนมีความสุข จากศึกษาพบว่าไม่มีการดำเนินงานของกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท ในด้านการสร้างเสริมสุขภาพ และขาดการประสานและใช้แหล่งประโยชน์ในการดำเนินการสร้างเสริมสุขภาพของแกนนำสุขภาพชุมชน [6]

จากการศึกษา บริบทของแกนนำกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาทร่วมกับเจ้าหน้าที่สาธารณสุขโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลน้ำขาว อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา พบว่า แกนนำกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท จำนวน 40 คน มีพฤติกรรมการออกกำลังกาย คือ ออกกำลังกายน้อยกว่าสัปดาห์ละ 3 ครั้ง ร้อยละ 70 ออกกำลังกายแต่ละครั้งประมาณ 30-60 นาที ร้อยละ 62 มีภาวะน้ำหนักตัวเกิน คือค่าดัชนีมวลกาย มากกว่า 23.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร2 ร้อยละ 75 และจากการสอบถามความพร้อมในการออกกำลังกาย โดยการสนทนากลุ่ม พบว่าแกนนำกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท มีความพร้อมในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมคือมีความตั้งใจสูงและพร้อมที่จะปรับเปลี่ยนพฤติกรรม อยู่ในระยะเริ่มคิดตัดสินใจหรือขั้นลังเลใจ ซึ่งเป็นระยะที่บุคคลตั้งใจจะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมภายใน 6 เดือนข้างหน้าตามแบบจำลองขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของโปรชาสกาและคณะ [7,8]

จากความเข้มแข็งของกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท ในการจัดสวัสดิการชุมชน อีกทั้งพื้นที่มีแหล่งประโยชน์ในการสนับสนุนการสร้างพฤติกรรมการออกกำลังกาย ได้แก่ องค์การบริหารส่วนตำบลน้ำขาว มีกองทุนสุขภาพ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลน้ำขาว โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลคลองแงะ และมีกลุ่มออกกำลังกายในชุมชน แต่พบว่าแกนนำกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท มีพฤติกรรมการออกกำลังกายที่ไม่เหมาะสม และเริ่มคิดตัดสินใจ ที่จะปรับเปลี่ยนพฤติกรรม ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาและประเมินผลโปรแกรมการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกายตามแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงระยะพฤติกรรมของแกนนำสุขภาพชุมชน กลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท จังหวัดสงขลา โดยการพัฒนาโปรแกรมจะประยุกต์ใช้ขั้นตอนการพัฒนาแนวปฏิบัติการพยาบาลของสภาวิจัยทางการแพทย์และสุขภาพแห่งชาติ ประเทศออสเตรเลีย [9] ร่วมกับแบบจำลองขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและแนวคิดการมีส่วนร่วมของชุมชน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมการสร้างเสริมพฤติกรรมออกกำลังกาย ตามแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงระยะพฤติกรรม ของแกนนำสุขภาพชุมชน กลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท จังหวัดสงขลา

2. เพื่อประเมินผลของโปรแกรมการสร้างเสริมพฤติกรรมออกกำลังกายตามแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงระยะพฤติกรรม โดยการเปรียบเทียบพฤติกรรมการออกกำลังกายของแกนนำสุขภาพชุมชน กลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท จังหวัดสงขลา ก่อนและหลังการใช้โปรแกรม

กรอบแนวคิด

1. แบบจำลองขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม (Transtheoretical Model หรือ Stage of Change) ของโปรชาสกาและคณะ [7,8] นำมาใช้ในการพัฒนาขั้นตอนและกระบวนการในการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย ของแกนนำกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท โดยใช้กระบวนการปรับพฤติกรรมตามแบบจำลองขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม 2 กระบวนการ คือ กระบวนการปรับความรู้สึกนึกคิด (cognitive or

experiential process) ประกอบด้วย 5 วิธี ดังนี้ 1) การปลุกจิตสำนึกด้วยความตระหนัก (consciousness rising) 2) การเร้าอารมณ์และความรู้สึก (catharsis/dramatic) 3) การประเมินตนเอง (self-reevaluation) 4) การรับรู้สิ่งแวดล้อมที่สนับสนุนพฤติกรรมสุขภาพ (social liberation) และ 5) การทำพันธะสัญญาต่อตนเอง (self-liberation) และกระบวนการเปลี่ยนพฤติกรรม ประกอบด้วย 5 วิธี ดังนี้ 1) การหาแรงสนับสนุนทางสังคม (helping relationships) 2) การทดแทนด้วยสิ่งอื่น (counter conditioning) 3) การประเมินของพฤติกรรมเดิมที่มีต่อสิ่งแวดล้อมและบุคคลอื่น (environmental reevaluation) 4) การลดอุปสรรคและเพิ่มปัจจัยสนับสนุนการสร้างพฤติกรรมใหม่ (stimulus control) และ 5) การให้แรงเสริม (reinforcement management)

2. แนวคิดการมีส่วนร่วม ผู้วิจัยนำแนวคิดการมีส่วนร่วมของ โคเฮน และอัฟฮอฟฟ์ [4] มาใช้ในการพัฒนาและประเมินผลโปรแกรมการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย ประกอบด้วยการให้ผู้เกี่ยวข้องเข้ามามีส่วนร่วมใน 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ โดยจัดประชุมแกนนำสุขภาพชุมชนกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท ประธานกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท บุคลากรองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เจ้าหน้าที่สาธารณสุขของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล เพื่อพิจารณาความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของการใช้โปรแกรมการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย

2) การมีส่วนร่วมในการดำเนินการ โดยแกนนำกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาทเข้ามาร่วมปฏิบัติตามโปรแกรม

3) การมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์ โดยประชุมแกนนำสุขภาพชุมชนกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท ประธานกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท บุคลากรองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และเจ้าหน้าที่สาธารณสุขของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล เพื่อร่วมพิจารณาสิ่งที่ได้รับจากการใช้โปรแกรมการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย

4) การมีส่วนร่วมในการประเมินผล โดยประชุมแกนนำสุขภาพชุมชนกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท ประธานกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท บุคลากรองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และเจ้าหน้าที่สาธารณสุขของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล เพื่อพิจารณาปัญหาอุปสรรค จากการใช้โปรแกรมการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย เพื่อหาแนวทางในการแก้ไข พัฒนาโปรแกรม

วิธีการศึกษา

ระยะพัฒนาโปรแกรม

ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ 1) การพิจารณากำหนดปัญหาและขอบเขตของปัญหา 2) การทบทวนหลักฐานเชิงประจักษ์ 3) การพัฒนาโปรแกรมการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย โดยการพัฒนาแนวทางการใช้โปรแกรมการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย สำหรับแกนนำสุขภาพชุมชนกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท ขั้นตอนการใช้โปรแกรม เงื่อนไขในการใช้โปรแกรมสำหรับพยาบาลและเจ้าหน้าที่สาธารณสุข และแผนภูมิการใช้โปรแกรม โดยแผนการสร้างเสริมพฤติกรรม มีเนื้อหาประกอบด้วย ขั้นตอน วัตถุประสงค์ วิธีการ ผู้รับผิดชอบ สื่อ/อุปกรณ์ที่ใช้ สถานที่ และระยะเวลาที่ดำเนินการ มีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การประเมินตนเอง ระยะเวลา สัปดาห์ ที่ 1

1. ตรวจสุขภาพรายบุคคล ได้แก่ การวัดสัญญาณชีพการเจาะเลือดเพื่อตรวจระดับน้ำตาลในเลือดและระดับไขมันในเลือด หาค่าดัชนีมวลกาย เส้นรอบเอวรอบสะโพก

2. ประเมินพฤติกรรมการสร้างเสริมสุขภาพด้านการออกกำลังกาย

3. ถ่ายรูปก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกายและมอบหมายให้นำรูป

5 ปีก่อนมาในการประชุมกลุ่มครั้งต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 การให้ความรู้ ขั้นตอนที่ 3 การทำพันธะสัญญา และขั้นตอนที่ 4 การหาแรงสนับสนุนทางสังคม ระยะเวลา สัปดาห์ ที่ 2

1.รายงานผลการตรวจสุขภาพของแกนนำกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท เป็นรายบุคคลและนำเสนอเป็นรายกลุ่ม และเปรียบเทียบภาพลักษณ์ที่เปลี่ยนแปลงจากภาพถ่ายเมื่อ 5 ปีก่อน

2.ให้ความรู้ความสำคัญของการออกกำลังกาย หลักการและวิธีการออกกำลังกายที่ถูกต้องความรู้เกี่ยวกับการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย และให้แกนนำกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท เป็นผู้เลือกวิธีการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกายด้วยตนเอง

3. ประชุมกลุ่ม เพื่อร่วมกันกำหนดเป้าหมายในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม และให้แกนนำสุขภาพชุมชนประกาศต่อบุคคลอื่นว่าจะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและมีการทำสัญญาเป็นลายลักษณ์อักษร โดยให้แกนนำกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท บันทึกสัญญาเป็นลายลักษณ์อักษรและประกาศในที่ประชุมกลุ่ม

4. จับคู่บัดดี้ เพื่อนช่วยเพื่อนในการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย โดยการตรวจสอบการบันทึกการออกกำลังกายของคู่ตนเอง และให้ประธานกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท ตรวจสอบการบันทึกของคู่บัดดี้ หลังการบันทึกทุกครั้ง และคอยติดตามการออกกำลังกายของแกนนำสุขภาพชุมชน

5. ให้ข้อมูลกลุ่มออกกำลังกายในชุมชน ให้กับแกนนำกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท เป็นทางเลือกในการออกกำลังกาย

ขั้นตอนที่ 5 การให้แรงเสริม ระยะเวลาสัปดาห์ที่ 5, 8, 11

ติดตามการออกกำลังกาย พร้อมทั้งให้แรงเสริม โดยการกล่าวชื่นชมในการประชุมกลุ่ม การให้กำลังใจและการให้รางวัล ในการประชุมกลุ่มทุกครั้ง

ขั้นตอนที่ 6 การลดอุปสรรคและเพิ่มปัจจัยสนับสนุนพฤติกรรมใหม่ ระยะเวลา สัปดาห์ ที่ 5, 8, 11 ประชุมกลุ่มสะท้อนคิดให้แกนนำกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท ร่วมค้นหา อุปสรรคในการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย และร่วมหาแนวทางแก้ไข ในการประชุมกลุ่มทุกครั้ง

ขั้นตอนที่ 7 การประเมินผล ระยะเวลา สัปดาห์ ที่ 13, 14

1. ตรวจสุขภาพรายบุคคล และรายงานผลการตรวจสุขภาพของแกนนำกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท เป็นรายบุคคล และนำเสนอเป็นรายกลุ่ม

2. ประเมินพฤติกรรมการสร้างเสริมสุขภาพด้านการออกกำลังกาย ของแกนนำกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท ด้วยการถ่ายรูปของตนเองหลังเข้าร่วมโปรแกรมการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกายพิจารณาความเปลี่ยนแปลงของรูปถ่าย ก่อนและหลังเข้าร่วมโปรแกรม พิจารณาให้รางวัลผู้ที่มีพฤติกรรมการสร้างเสริมสุขภาพอยู่ในระดับดี

ระยะตรวจสอบคุณสมบัติของโปรแกรม

ตรวจสอบโปรแกรม 3 องค์ประกอบ คือ 1) แนวทางการใช้โปรแกรมการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย สำหรับแกนนำสุขภาพชุมชน กลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท 2) แผนการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย สำหรับแกนนำสุขภาพชุมชน กลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท 3) คู่มือการออกกำลังกาย และแบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา ให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ประกอบด้วยที่ปรึกษาเครือข่ายสัจจะวันละ 1 บาท แพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างเสริมสุขภาพ อาจารย์พยาบาลที่มีประสบการณ์ด้านการสร้างเสริมสุขภาพ พยาบาลวิชาชีพที่มีประสบการณ์ในการพัฒนากลุ่มออกกำลังกาย และนักเวชศาสตร์การกีฬา

เครื่องมือที่ใช้ คือ โปรแกรมการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย ประกอบด้วย 1) แนวทางการใช้โปรแกรมการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย 2) แผนการสร้างเสริมพฤติกรรมการออก

กำลังกาย 3) คู่มือการออกกำลังกาย ดำเนินการตามขั้นตอนของโปรแกรมการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย โดยการประชุมแกนนำกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท จำนวน 6 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 3 เดือน

วิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบพฤติกรรมการออกกำลังกาย กับเกณฑ์มาตรฐาน คือ การออกกำลังกายติดต่อกันอย่างสม่ำเสมอนาน 30 นาทีขึ้นไป อย่างน้อย 3-5 ครั้ง ต่อสัปดาห์ ก่อนและหลังการเข้าร่วมโปรแกรมการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย โดยใช้สถิติไคสแควร์ (Chi-square)

ผลการศึกษา

พฤติกรรมการออกกำลังกายของแกนนำกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท ก่อนและหลังการเข้าร่วมโปรแกรม

ก่อนการนำโปรแกรมการสร้างเสริมพฤติกรรมออกกำลังกาย ไปใช้ พบว่า แกนนำมีพฤติกรรมการออกกำลังกายต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือ การออกกำลังกายติดต่อกันอย่างสม่ำเสมอนาน 30 นาทีในระดับที่มากกว่าปกติ อย่างน้อย 3-5 ครั้ง ต่อ สัปดาห์ จำนวน 28 คน หลังการใช้โปรแกรม พบว่า แกนนำมีพฤติกรรมการออกกำลังกายตามเกณฑ์มาตรฐานเพิ่มขึ้น เป็นจำนวน 35 คน

เมื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมการออกกำลังกายของแกนนำกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาทพฤติกรรมการออกกำลังกายของ แกนนำกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท จังหวัดสงขลา ภายหลังการใช้โปรแกรมการสร้างเสริมพฤติกรรมออกกำลังกาย เพิ่มขึ้นกว่าก่อนได้รับโปรแกรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p < .05$)

อภิปรายผล

เปรียบเทียบพฤติกรรมการออกกำลังกายก่อนและหลังการใช้โปรแกรม พบว่า พฤติกรรมการออกกำลังกายเพิ่มสูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) อธิบายได้ว่าโปรแกรมการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกายที่พัฒนาขึ้น สามารถสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกายได้ ดังนี้

1.การมีส่วนร่วมของผู้เกี่ยวข้องในโปรแกรม การให้ผู้เกี่ยวข้องเข้ามามีส่วนร่วมในทุกขั้นตอนของโปรแกรม ทำให้กลุ่มเป้าหมาย และผู้ที่เกี่ยวข้องเห็นถึงความสำคัญของการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย เกิดความต่อเนื่องของการดำเนินการของโปรแกรม และนำไปสู่การจัดกิจกรรมการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกายของกลุ่มเป้าหมาย และขยายผลสู่สมาชิกในครอบครัว และชุมชน สะท้อนให้เห็นถึงผลการออกแบบโปรแกรม ที่เน้นการมีส่วนร่วมของกลุ่ม ซึ่งแตกต่างจากโปรแกรมการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกายเดิมที่ส่วนใหญ่มุ่งให้ความรู้เท่านั้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สมใจและนิตยา [10] ที่ประยุกต์ใช้ทฤษฎีขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและกระบวนการมีส่วนร่วมในการส่งเสริมการออกกำลังกายของประชาชน มีคะแนนการรับรู้ความสามารถตนเองในการออกกำลังกาย และการรับรู้ประโยชน์ของการออกกำลังกายของประชาชน เพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนดำเนินโครงการ เนื่องจากการส่งเสริมสุขภาพการออกกำลังกายอย่างยั่งยืน ต้องมาจากการมีส่วนร่วมของประชาชน

2. กระบวนการ และวิธีการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย

การพัฒนาโปรแกรมได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม การทบทวนหลักฐานเชิงประจักษ์ ความต้องการและบริบทของกลุ่มในการพัฒนาขั้นตอน และวิธีการในการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย ในระยะพฤติกรรมของกลุ่มแกนนำสัจจะวันละ 1 บาท คือ เริ่มคิด ตัดสินใจ ที่จะสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย ส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย สอดคล้องกับการศึกษาของ สมใจ [11] ในการนำแบบจำลองขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมประยุกต์ใช้ในการวางแผน ดำเนินการ และประเมินผลการจัดโปรแกรมในการส่งเสริมสุขภาพ

นอกจากนี้วิธีการที่ใช้ในการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย สอดคล้องกับความต้องการของกลุ่ม และบริบทของพื้นที่ สนับสนุนการมีส่วนร่วมของผู้เกี่ยวข้องในการใช้โปรแกรม ส่งผลให้มีพฤติกรรมออกกำลังกายเพิ่มขึ้น ซึ่งมีรายละเอียดของวิธีการสร้างเสริมพฤติกรรมที่เกิดจากการทบทวนหลักฐานเชิงประจักษ์ที่เกี่ยวข้องและความต้องการของกลุ่ม ซึ่งอภิปรายได้ดังนี้

2.1 การตรวจสุขภาพและการรายงานผลการตรวจสุขภาพ เป็นการกระตุ้นให้แกนนำสุขภาพชุมชน กลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท หันมาให้ความสำคัญกับการออกกำลังกาย เนื่องจากแกนนำกลุ่มสุขภาพชุมชน กลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท ไม่เคยได้รับการตรวจสุขภาพจากหน่วยงานของภาครัฐ

2.2 การถ่ายรูปก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกายและมอบหมายให้นำรูป 5 ปีก่อนมาในการประชุมกลุ่มครั้งต่อไป เป็นวิธีการที่เกิดจากความต้องการของแกนนำสุขภาพชุมชน กลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท เพื่อการเปรียบเทียบภาพลักษณ์ของตนเอง กับเพื่อน และภาพลักษณ์ของตนเองที่เปลี่ยนไปจาก 5 ปีที่ผ่านมา ทำให้เกิดแรงจูงใจในการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย การต้องการเปลี่ยนแปลงตนเองให้มีภาพลักษณ์ที่ดีขึ้น

2.3 การบันทึกพฤติกรรมการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องทุกสัปดาห์ มีการติดตามตรวจสอบโดยคู่บัดดี้เพื่อนช่วยเพื่อน เป็นการกระตุ้นให้เกิดการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย ของแกนนำสุขภาพชุมชน กลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท

2.4การจับคู่บัดดี้ในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นการเพิ่มปัจจัยสนับสนุนในการสร้างเสริมพฤติกรรมที่ดี และจากความเข้มแข็งของแกนนำกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท ที่มีความตั้งใจในการสร้างพฤติกรรมการออกกำลังกาย มีการประเมินตนเองและตัดสินใจเลือกวิธีการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกายตามความเหมาะสมของสภาพร่างกายของแต่ละบุคคลร่วมกับการค้นหาอุปสรรคและหาแนวทางแก้ไขร่วมกันในการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง จึงส่งผลให้แกนนำสุขภาพชุมชนกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท มีพฤติกรรมการออกกำลังการเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของสมนึกและทิพยเนตร (2551) มีการจัดกิจกรรมในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีสุขภาพดีไม่มีโรค โดยการประเมินตนเอง ค้นหาปัญหาอุปสรรค และหาแนวทางแก้ไข ฝึกออกกำลังกายที่เหมาะสมกับระดับบุคล ส่งผลให้ผู้สูงอายุมีพฤติกรรมออกกำลังกายที่ดี

ดังนั้นโปรแกรมการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกายที่พัฒนาขึ้นโดยประยุกต์แนวคิดกระบวนการพัฒนาโปรแกรมจากขั้นตอนการพัฒนาแนวปฏิบัติการพยาบาลของสภาวิจัยทางการแพทย์และสุขภาพแห่งชาติ ประเทศออสเตรเลีย แบบจำลองขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม และแนวคิดการมีส่วนร่วม พบว่า ช่วยในการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย ของแกนนำสุขภาพชุมชน กลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท จังหวัดสงขลาได้ผลดี

จุดแข็งในการศึกษา การศึกษาครั้งนี้ มีความพร้อมของแกนนำสุขภาพชุมชน กลุ่มสัจจะวันละ1 บาท และการมีส่วนร่วมของหน่วยงานโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล องค์การบริหารส่วนตำบล ในการสนับสนุนการสร้างเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย

ข้อจำกัดในการศึกษา การนำโปรแกรมไปใช้ในกลุ่มแกนนำ กลุ่มอื่นๆ อาจจะยังไม่สามารถกระทำได้ทันที ควรมีการปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับบริบทและความต้องการของกลุ่ม เนื่องจากกลุ่มแกนนำต่างๆมีลักษณะกลุ่มที่มีความแตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป ควรใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม เนื่องจากกระบวนการวิจัยสนับสนุนการมีส่วนร่วมและการเรียนรู้ของผู้เกี่ยวข้องในทุกขั้นตอน และมีความยืดหยุ่นตามสถานการณ์ได้มากกว่า

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จึงขอขอบคุณอาจารย์คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ขอขอบคุณแกนนำกลุ่มสัจจะวันละ 1 บาท ต.น้ำขาว อ.จะนะ จ.สงขลา ขอขอบคุณแพทย์ พยาบาลวิชาชีพ โรงพยาบาลจะนะ จ.สงขลา ขอขอบคุณวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี สุราษฎร์ธานี

เอกสารอ้างอิง

[1] ชื่นฤทัย กาญจนะจิตรา. (2552). **สุขภาพคนไทยเพื่อสุขภาวะแห่งมวลมนุษย์ หยุดความรุนแรง.** สถาบันวิจัยประชากร และสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล.

[2] กลุ่มภาระกิจด้านข้อมูลข่าวสารและสารสนเทศสุขภาพ. (2552). **สถิติการตาย ปี 2552.** สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ ค้นเมื่อวันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2553, จาก http: // bps.ops.moph. go.th/ statistica/2.3.4-52 pdf.

[3] พรรณี ทิพย์ธราดล, สุวิภา นิตยางกูล, สุธาทิพย์ ภัทรกุลวณิชย์, และลินดา จำปาแก้ว. (2552). **แนวปฏิบัติสำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุขในการจัดบริการคัดกรองและเสริมทักษะการปรับพฤติกรรมสุขภาพลดเสี่ยง ลดโรคไม่ติดต่อในสถานบริการและในชุมชน.** กรุงเทพฯ: บริษัท อิโมชั่น อาร์ต จำกัด

[4] Cohen, J.M. & Uphoff, .N.T. (1980). Participation's Place in rural development. Seeking crarity through Specificity. **World Development,** 8(3), 213-235.

[5] สมนึก กุลสถิตพร และทิพยเนตร อริยปิติพันธ์. (2551). **การประยุกต์ The Transtheoretical Model ในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพเพื่อป้องกันโรคเรื้อรังในผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ในชนบท กรณีศึกษา ตำบลดอนกรวย อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี.** รายงานการวิจัย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[6] สถาบันพัฒนาองค์กรชุมชน. (2552). **คู่มือการดำเนินการโครงการสนับสนุนการจัดสวัสดิการชุมชน.** กรุงเทพฯ: แอ๊บป๊า พริ้นติ้ง กรุ๊ป.

[7] Prochaska,J.O.,& Velicer,W.(1997). The Transtheoretical Model of health behavior change. **American Journal of Health Promotion,** 12(1), 38-48.

[8] อุมาพร ปุญญโสพรรณ. (2547). **แนวคิดทฤษฎีการสร้างเสริมสุขภาพและการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม.** ในวรรณี จันทร์สว่าง และปิยนุช จิตตนูนท์ (บรรณาธิการ), รายวิชาการพยาบาลเพื่อสร้างเสริมสุขภาพ (หน้า 30-45). สงขลา: คณะพยาบาลศสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[9] National Health and Medical Research Council. (1998). **A guide to the development, implementation and evaluation of clinical practice guidelines.** Retrieved April 10, 2009 from http://ausinfo.gov.au/general/gen_hottobuy.htm

[10] สมใจ วินิจกุล และนิตยา งามดี. (2553). **การมีส่วนร่วมของชุมชนในการส่งเสริมพฤติกรรมการออกกำลังกาย.** รายงานการวิจัย. วิทยาลัยพยาบาลเกื้อการุณย์ สำนักการแพทย์.

[11] สมใจ วินิจกุล. (2552). การประยุกต์ทฤษฎีขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการส่งเสริมสุขภาพ. **วารสารเกื้อการุณย์,** 16 (2), 16.

บทความวิจัย

ผลของระยะกักเก็บที่มีต่อการเกิดแก๊สชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมยาง ที่บำบัดด้วยกระบวนการไร้ออกซิเจนจากถังปฏิกรณ์แบบตรึงฟิล์ม

Effect of Hydraulic Retention Time on Biogas Formation from Rubber Industrial Wastewater Treated by Anaerobic Fixed Film Reactor

ปณิดา หลงกูนัน[1] จรงค์พันธ์ มุสิกะวงศ์[2] และชญานุช แสงวิเชียร[3*]

Panida Longkunan[1], Charongpan Musikavong[2] and Chayanoot Sangwichein[3*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะเวลากักเก็บที่ 15 10 และ 5 วัน ที่มีผลต่อการเกิดแก๊สชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมยาง โดยใช้ถังปฏิกรณ์ไม่ใช้ออกซิเจนแบบตรึงฟิล์ม (Anaerobic fixed film reactor, AFFR) ซึ่งความเข้มข้นของ COD ทั้งหมดที่เข้าระบบมีค่าเฉลี่ยเป็น 5,196-11,548 มิลลิกรัม/ลิตร จากการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพการกำจัด COD ลดลง เมื่อระยะเวลากักเก็บลดลง โดยประสิทธิภาพการกำจัด COD เฉลี่ยที่ 75-90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งระยะเวลากักเก็บที่เหมาะสมที่สุดในการเกิดแก๊สชีวภาพคือ ที่ระยะเวลากักเก็บเป็น 10 วัน สามารถให้ผลได้ของมีเทนเป็น 0.21 มิลลิลิตร แก๊สมีเทน/มิลลิกรัม COD ที่ถูกบำบัด และมีประสิทธิภาพการกำจัด COD อยู่ที่ 81.04 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ระบบบำบัดไม่ใช้ออกซิเจนแบบตรึงฟิล์ม (AFFR) สามารถนำมาผลิตแก๊สชีวภาพและบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมยางได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : ก๊าซชีวภาพ น้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมยาง กระบวนการหมักไร้ออกซิเจนจากถังปฏิกรณ์แบบตรึงฟิล์ม

Abstract

The objective of this work was to study the effect of hydraulic retention time at 15, 10 and 5 days on biogas formation from rubber industrial wastewater using an anaerobic fixed film reactor (AFFR). The total average of influent COD of the system was 5,196-11,548 milligrams/liters. The results indicated that the COD removal efficiency decreased with decreasing hydraulic retention time as the average removal efficiency was 75-90 percent. The optimizing hydraulic retention time for biogas formation was 10 days, which gave the methane yield 0.21 ml

[1] นิสิตบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 90110

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 90110

[3*] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 90110

[*] Corresponding author : E-mail: chayanoot.s@psu.ac.th โทรศัพท์/โทรสาร: 074-287307

CH_4/mg COD remove and 81.04 percent of COD removal efficiency. Therefore, using the AFFR was found to be applicable to produce biogas and wastewater treatment from rubber industrial wastewater effectively.

Keywords : Biogas, Rubber industrial wastewater, Anaerobic fixed film reactor

บทนำ

ยางพารา (Hevea brasilienensis Muell. Arg.) เป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญของประเทศโดยอุตสาหกรรมยางพาราที่สำคัญที่สุดคืออุตสาหกรรมน้ำยางข้นซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่ตลาดโลกความต้องการเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่ตามมานั่นคือปัญหาน้ำเสีย โดยลักษณะน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้นนี้ประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูง คือมีค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ (Chemical Oxygen Demand, COD) อยู่ระหว่าง 672-23,300 มิลลิกรัม/ลิตร และมีความเป็นกรดสูง [1] ซึ่งสามารถนำมาบำบัดด้วยกระบวนการทางชีวภาพโดยอาศัยจุลินทรีย์ในการบำบัดด้วยวิธีไม่ใช้ออกซิเจน โดยมีผลพลอยได้เป็นแก๊สชีวภาพ (Biogas) ที่มีองค์ประกอบหลัก คือ แก๊สมีเทน [2] นำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ [3] ดังนั้น การบำบัดโดยอาศัยจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจนจึงกลายเป็นกระบวนการที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย กระบวนการแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR), Up-flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) และกระบวนการหมักไม่ใช้ออกซิเจนแบบตรึงฟิล์ม (Anaerobic Fixed FilmReactor,AFFR) ในแต่ละกระบวนการข้างต้นมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันดังต่อไปนี้ สำหรับระบบ UASB มีข้อกำจัดการใช้งานในเรื่องของการควบคุมดูแลยาก เนื่องจากต้องพยายามรักษาตะกอนของแบคทีเรียในระบบให้เหมาะสม โดยต้องควบคุมการล้างออก (Wash Out) ซึ่งเป็นสภาวะที่ตะกอนเบาหลุดออกจากระบบได้ง่ายมาก อีกทั้งน้ำเสียที่ป้อนเข้าสู่ระบบควรมีสารแขวนลอยต่ำ ส่วนระบบ AFFR ไม่เหมาะสำหรับการบำบัดน้ำเสียที่มีสารแขวนลอยสูง เพราะอาจเกิดการสะสมและอุดตันของสารแขวนลอยในระบบจะเห็นได้ว่าแต่ละวิธีจะขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของน้ำเสีย ดังนั้น การนำน้ำเสียที่เหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมาผ่านกระบวนการบำบัดโดยวิธีการบำบัดดังที่กล่าวข้างต้น จะสามารถเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า "กระบวนการเกิดแก๊สชีวภาพ"

งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษากระบวนการเกิดแก๊สชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้นด้วยกระบวนการหมักไม่ใช้ออกซิเจนแบบตรึงฟิล์ม ซึ่งเป็นระบบที่สามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ได้สูง ต้นทุนในการเดินระบบต่ำ เนื่องจากไม่มีการกวนผสมเมื่อเทียบกับระบบแบบถังย่อยสัมผัสโดยการกวนแบบสมบูรณ์ (CSTR) นอกจากนี้ระบบแบบตรึงฟิล์มแบคทีเรียจะสะสมอยู่บนตัวกลาง ทำให้ควบคุมระบบได้ง่าย โดยไม่ต้องรักษาระดับตะกอนของแบคทีเรียในระบบให้เหมาะสม ไม่ต้องควบคุมการสร้างเม็ดตะกอนให้จับตัวกันเป็นเม็ดเมื่อเทียบกับระบบ UASB งานวิจัยนี้จึงคาดว่าจะช่วยสนับสนุนและผลักดันการผลิตแก๊สชีวภาพจากน้ำเสีย ลดการนำเข้าเชื้อเพลิง ลดปัญหาสิ่งแวดล้อม และส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

น้ำเสียและหัวเชื้อจุลินทรีย์แบบเม็ด (Granular Sludge)

น้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมยางได้รับความอนุเคราะห์จากโรงงานไทยฮั้วยางพารา ตำบลท่าช้าง อำเภอบางกล่ำ จังหวัดสงขลา น้ำเสียที่ได้ถูกปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้อยู่ในช่วง 6.5-7.5 โดยใช้ 6 นอร์มอลของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และ 6 นอร์มอลของกรดซัลฟิริก (H_2SO_4) ซึ่งคุณลักษณะ

ของน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมยางประกอบด้วยอุณหภูมิ 29-32 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่าง 4.89-5.64 สภาพด่าง 850-975 มิลลิกรัม/ลิตร ในรูป $CaCO_3$ กรดอินทรีย์ระเหยง่าย 2,362-2,880 มิลลิกรัม/ลิตร ในรูป CH_3COOH ความเข้มข้น COD 5,196-11,548 มิลลิกรัม/ลิตร, ของแข็งแขวนลอย 257-1213 มิลลิกรัม/ลิตร, เจลดาห์ลไนโตรเจนทั้งหมด 463-585 มิลลิกรัม/ลิตร และซัลเฟต 1,337-2,885 มิลลิกรัม/ลิตร และหัวเชื้อจุลินทรีย์แบบเม็ด (Granular Sludge) ได้รับความอนุเคราะห์จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ของโรงงานห้องเย็นโชติวัฒน์ ตำบลนาหม่อม อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา โดยน้ำเสียและหัวเชื้อจุลินทรีย์จะถูกเก็บไว้ในห้องเย็น 4 องศาเซลเซียสเมื่อต้องการนำมาใช้วางไว้จนถึงอุณหภูมิห้อง ซึ่งน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมยางอาจมีเศษขี้ยาง ทั้งนี้จำเป็นต้องมีการกรองเศษขี้ยางออกก่อนป้อนเข้าสู่ระบบเพื่อป้องกันการอุดตันต่อระบบ

ถังปฏิกรณ์แบบตรึงฟิล์ม

ถังปฏิกรณ์แบบตรึงฟิล์ม (Anaerobic fixed film reactor, AFFR) ทำด้วยท่อกลวงพลาสติกอะคริลิกใส (Acrylic plastic) เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 20 เซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตร สูง 33.3 เซนติเมตร ถังปฏิกรณ์สามารถบรรจุน้ำเสียได้ประมาณ 10 ลิตร แต่ปริมาตรใช้งานของถังหมักเป็น 8.9 ลิตร ภายในบรรจุด้วย PVC raschig rings ถูกใช้เป็นตัวกลางกรอง เพื่อให้จุลินทรีย์เกาะติดและสร้างฟิล์มภายในระบบหมัก ซึ่งมีพื้นที่ผิวจำเพาะเป็น 207 ตารางเมตร/ลูกบาศก์เมตร น้ำเสียถูกป้อนเข้าสู่ระบบด้วย Peristaltic pump (Masterflex, Model 7520-47, Barrington Co., Illinois) แก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นถูกวัดด้วยวิธีกระบวนการแทนที่น้ำและเก็บตัวอย่างแก๊สชีวภาพไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบของแก๊สมีเทนกระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนจากถังปฏิกรณ์แบบตรึงฟิล์ม

การเริ่มต้นระบบ เริ่มต้นระบบโดยการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ (Seed) ที่นำมาจากระบบบำบัด UASB ของห้องเย็นโชติวัฒน์ จำกัด ในรูปของ MLSS (Mixed liquor suspended solid) ในถัง 20,000 มิลลิกรัม/ลิตร แล้วเติมน้ำเสียเข้าระบบจนได้ปริมาตรใช้งาน (Working volume) คือ 8.9 ลิตร หลังจากนั้นทิ้งระบบให้เชื้อจุลินทรีย์ปรับสภาพ และเพื่อไม่ให้เกิดสภาวะ Shock load ต่อจุลินทรีย์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ระยะเวลากักเก็บ เมื่อทิ้งให้จุลินทรีย์ปรับสภาพครบ 24 ชั่วโมงแล้ว เริ่มป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบหมักไร้อากาศแบบตรึงฟิล์มที่ระยะเวลาการกักเก็บของเหลวที่ 15 10 และ 5 วัน ภายใต้อุณหภูมิและสภาวะปกติของห้องปฏิบัติการ การทดลองให้ดำเนินต่อไปจนถึงสภาวะคงที่ โดยกำหนดจากค่า COD ของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบ ให้ค่าเบี่ยงเบนไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์

คุณลักษณะน้ำเสียจากกระบวนการหมักไร้ออกซิเจนแบบตรึงฟิล์ม นำมาวิเคราะห์ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) สภาพด่าง (Alkalinity) กรดไขมันระเหยง่าย (Volatile Fatty Acid, VFA) ความเข้มข้น COD (Total Chemical Oxygen Demand, TCOD) และของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid, SS โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ตาม Standard Method for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition [4] ส่วนปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นจากระบบ วัดด้วยวิธีการแทนที่น้ำในทุกๆ วัน และเก็บตัวอย่างแก๊สเพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพด้วย Gas Chromatography-Thermal Conductivity Detector (GC-TCD) Hewlette Packard รุ่น HP6890 โดยใช้ Thermal Conductivity Detector (TCD) เป็น Detector ใช้แก๊สฮีเลียมเป็นแก๊สนำพา

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

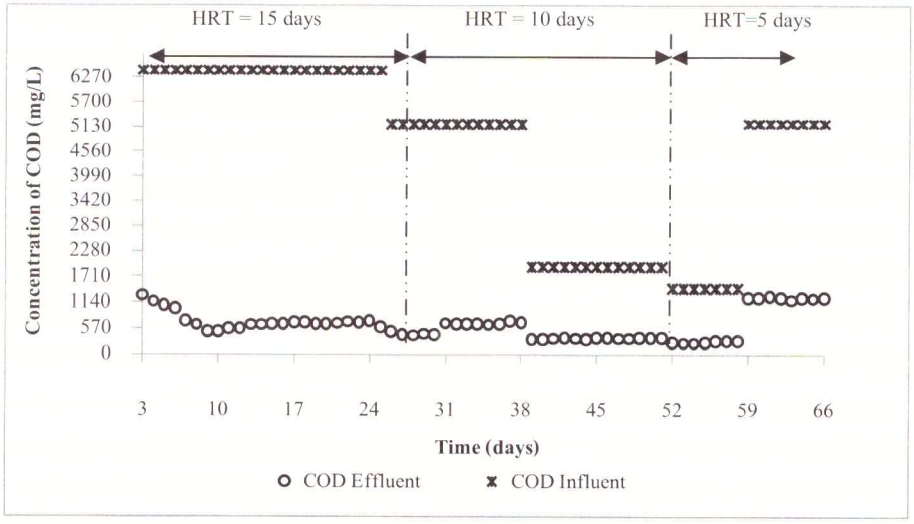
ผลของระยะเวลาการกักเก็บที่มีต่อประสิทธิภาพการบำบัดของถังหมักไม่ใช้ออกซิเจนแบบตรึงฟิล์ม

จากผลของระยะเวลากักเก็บที่แตกต่างกัน คือ 15 10 และ 5 วัน แสดงให้เห็นว่า เมื่อระยะเวลาการกักเก็บของเหลวลดลง ประสิทธิภาพการกำจัด COD ลดลง โดยประสิทธิภาพในการกำจัด COD เฉลี่ย

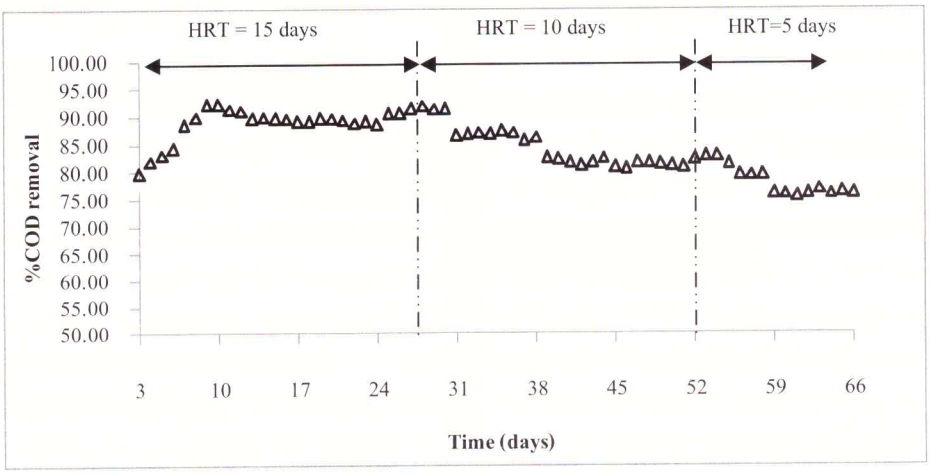
ที่ระยะเวลาการกักเก็บของเหลว 15 10 และ 5 วัน มีค่าเท่ากับ 89.06, 81.04, และ 76.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลากักเก็บ 15 วัน ให้ประสิทธิภาพในการกำจัด COD สูงสุด เมื่อเทียบกับที่ระยะเวลากักเก็บ 10 และ 5 วัน ซึ่งให้ประสิทธิภาพการกำจัด COD ได้ดีอยู่ในช่วง 90 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 2 และภาพที่ 3) แสดงให้เห็นว่าเวลาที่ใช้ในการบำบัดไม่ควรต่ำกว่า 5 วัน ซึ่งเป็นไปตามข้อสรุปของธงชัยและวิบูลลักษณ์ (2540) [5]

ในส่วนของปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่าย สภาพด่างและปริมาณของแข็งแขวนลอยซึ่งในระหว่างเกิดกระบวนการย่อยสลายกรดและการเกิดแก๊สมีเทนนั้น ที่สภาวะความเป็นกรด-ด่างเป็นกลางจะเหมาะสมสำหรับการเกิดกระบวนการผลิตแก๊สมีเทน โดยทั่วไปแล้วหากความเป็นกรด-ด่างน้อย จุลินทรีย์ที่ผลิตมีเทนจะถูกยับยั้งส่งผลทำให้ปริมาณของกรดไขมันระเหยง่ายเพิ่มขึ้นและทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำลง [6] จากผลการทดลองได้แสดงความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยง่ายแสดงดังภาพที่ 4 ในช่วงเวลา 3 ถึง 66 วัน พบว่าที่ระยะเวลาการกักเก็บ 15 วัน มีความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยง่ายสะสมในระดับต่ำสุดอยู่ในช่วง 150 ถึง175มิลลิกรัม/ลิตรซึ่งพบว่ามีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสม คือ 50-500 มิลลิกรัม/ลิตร อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับที่ระยะเวลากักเก็บ 10 และ 5 วัน ค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยง่ายมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นถึง 660 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเกินช่วงที่เหมาะสม ทั้งนี้ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่ายสูงสุดที่ยอมรับได้คือ 2,000 มิลลิกรัม/ลิตร [7]

จากผลการทดลอง ค่าความเป็นกรด-ด่างมีแนวโน้มลดลงอยู่ในช่วง 6.85-7.59 ดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันระเหยง่าย ประกอบกับค่าสภาพด่างมีแนวโน้มคงที่ ส่งผลให้ที่ระยะเวลาการกักเก็บ 5 วันมีอัตราส่วนของกรดไขมันระเหยง่ายต่อสภาพด่างมากกว่า 0.4 ซึ่งเป็นสภาวะที่จุลินทรีย์สร้างมีเทนมีจำนวนลดลง ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัด COD ลดลงด้วย และพบว่าแก๊สชีวภาพจะเกิดขึ้นได้ดีที่ความเป็นกรด-ด่างที่ 6.0-8.0 [8] ในระยะสุดท้ายของการทดลองค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าต่ำกว่า 7.00 เนื่องจากระยะเวลากักเก็บลดลง ทำให้



ภาพที่ 2 ความเข้มข้น COD ที่ทางออกของถังหมักไม่ใช้ออกซิเจนแบบตรึงฟิล์มที่ระยะเวลากักเก็บต่างๆ



ภาพที่ 3 ประสิทธิภาพการกำจัด COD ของถังหมักไม่ใช้ออกซิเจนแบบตรึงฟิล์มที่ระยะเวลากักเก็บต่างๆ

อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น ส่วนของค่าเฉลี่ยของสภาพด่างของน้ำเสียในระบบแต่ละระยะเวลากักเก็บอยู่ในช่วง 1,470 - 1,560 มิลลิกรัม/ลิตร ในรูป $CaCO_3$ ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นจากสภาพน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบ (ภาพที่ 4)

จากผลการทดลองพบว่า ค่าสภาพด่างมีค่าอยู่ในช่วงค่าที่เหมาะสมต่อการเกิดแก๊สชีวภาพ คือมีค่าอยู่ในช่วง 1,000-5,000 มิลลิกรัม/ลิตร ในรูป $CaCO_3$ [7] ส่วนปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียตอนเริ่มต้นและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบที่ระยะเวลากักเก็บ 15 10 และ 5 วัน แสดงดังภาพที่ 4 พบว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยที่ระยะเวลากักเก็บ 15 วัน ลดลงอยู่ในช่วง 190 - 626 มิลลิกรัม/ลิตร ในขณะที่ระยะเวลากักเก็บลดลงที่ 5 วัน ปริมาณของแข็งแขวนลอยมีค่าลดลงอยู่ในช่วง 46 -115 มิลลิกรัม/ลิตร สรุปได้ว่าเมื่อระยะเวลากักเก็บลดลงจะส่งผลทำให้ปริมาณของแข็งแขวนลอยลดลง เนื่องจากที่ระยะเวลากักเก็บ 5 และ 10 วัน ความเร็วของน้ำเสียที่ผ่านเข้าสู่ระบบจะสูงกว่าที่ระยะเวลากักเก็บ 15 วัน มีผลทำให้จุลินทรีย์หลุดออกจากระบบมากในช่วงที่เริ่มปรับเปลี่ยนระยะกักเก็บเป็น 10 และ 5 วัน แต่เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว ปริมาณจุลินทรีย์ที่ออกจากระบบจะมีแนวโน้มลดลง ซึ่งเกิดจากจุลินทรีย์หลุดออกจากระบบน้อย ส่งผลมาจากข้อดีของระบบ Immobilized cell [9] ซึ่งเกิดจากจุลินทรีย์ถูกตรึงอยู่บนผิวของตัวกลางกรอง ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบ ทำให้ของแข็งแขวนลอยที่วัดได้มีปริมาณลดลง สอดคล้องกับการรายงานของ เมธี (2546) [10]

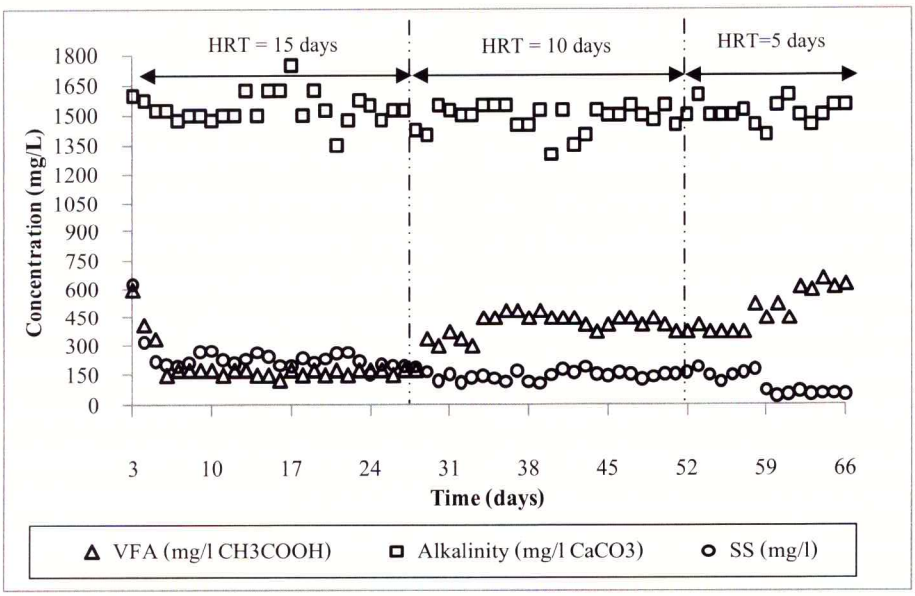
ปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นตลอดการทดลองที่ระยะเวลากักเก็บ 15 10 และ 5 วัน แสดงไว้ในภาพที่ 6 พบว่าที่ระยะเวลากักเก็บ 15 วัน ให้ปริมาณแก๊สชีวภาพสูงสุดเท่ากับ 1,115 มิลลิลิตร/วัน และจะลดลงต่ำสุดที่ระยะเวลากักเก็บเดียวกัน ทั้งผลเนื่องมาจากจุลินทรีย์ถูกยับยั้งด้วยปริมาณ COD ในน้ำเสียซึ่งที่ระยะเวลากักเก็บ 15 วัน น้ำเสียมีปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์เริ่มต้นสูงสุด ส่งผลให้เกิดการปรับสภาพของจุลินทรีย์ทำให้ปริมาณแก๊สชีวภาพลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อลดระยะเวลากักเก็บเป็น 10 และ 5 วัน ปริมาณแก๊สชีวภาพค่อยๆ เพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากที่ระยะเวลากักเก็บที่ 10 และ 5 วัน น้ำเสียมีปริมาณความเข้มข้น COD เริ่มต้นต่ำกว่าที่ 15 วัน ทำให้จุลินทรีย์ปรับสภาพกับน้ำเสียได้ง่ายกว่า จึงทำให้ลดสภาวะการยับยั้งจุลินทรีย์ได้ ซึ่งความเข้มข้น COD ก่อนเข้าระบบที่ระยะกักเก็บ 15 10 และ 5 วัน มีความแตกต่างกันมาก และน้ำเสียไม่ได้ถูกควบคุมความเข้มข้น COD ก่อนเข้าสู่ระบบ โดยความเข้มข้น COD ที่ระยะกักเก็บ 10 และ 5 วันมีค่าต่ำ

จุลินทรีย์ที่ถูกตรึงอยู่บนตัวกลางกรองยังสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดี ทำให้ปริมาณแก๊สชีวภาพยังคงเพิ่มขึ้น และผลจากความแตกต่างของระยะเวลากักเก็บที่ 15 10 และ 5 วัน นี้ จะให้ผลได้ค่าแก๊สมีเทนเป็น 0.11 0.21 และ 0.09 มิลลิลิตรแก๊สมีเทน/มิลลิกรัม COD ที่ถูกบำบัด ตามลำดับ

จากผลข้างต้นชี้ให้เห็นว่า ระยะเวลากักเก็บ 10 วัน ที่อัตราการป้อน 0.89 ลิตรต่อวัน มีความเหมาะสมสำหรับการผลิตแก๊สมีเทน และสรุปได้ว่าที่ระยะเวลากักเก็บที่ 10 วัน มีประสิทธิภาพเป็นที่ยอมรับได้ทั้งการกำจัด COD และการเกิดแก๊สมีเทน ซึ่งเมื่อเทียบกับผลการรายงานของ เมธี [10] โดยได้ศึกษาแบบจำลองฟิล์มชีวะในถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศโดยการใช้น้ำเสียสังเคราะห์ ได้ระบุว่า ประสิทธิภาพในการกำจัด COD ที่ระยะเวลากักเก็บ 10 7 5 และ 4 วัน (อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เป็น 0.6 กิโลกรัม COD/ลูกบาศก์เมตร/วัน) เท่ากับ 94.3 78.7 65.0 และ 59.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยได้สรุปไว้ว่าประสิทธิภาพการกำจัด COD ลดลง เมื่อระยะเวลากักเก็บลดลง

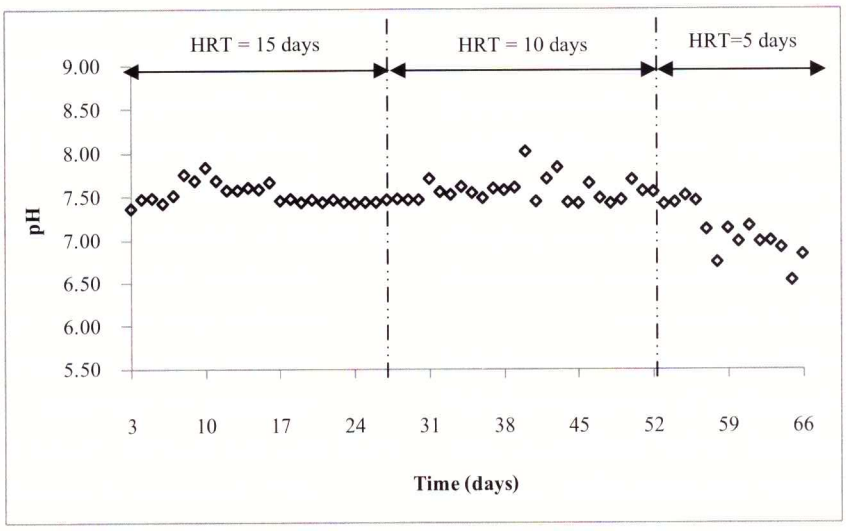
สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาผลของระยะเวลาการกักเก็บที่ 15 10 และ 5 วันที่มีต่อการเกิดแก๊สชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมยางโดยกระบวนการหมักไร้ออกซิเจนในถังปฏิกรณ์แบบตรึงฟิล์ม จะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาการกักเก็บลดลงที่ 15 10 และ 5 วัน ประสิทธิภาพการกำจัด COD จะลดลง และพบว่าระยะเวลากักเก็บที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเกิดแก๊สชีวภาพคือ ที่ 10 วัน โดยให้ผลได้แก๊สมีเทนเป็น 0.21 มิลลิลิตรแก๊สมีเทน/มิลลิกรัม COD ที่ถูกบำบัด ซึ่งมีประสิทธิภาพการกำจัด COD เท่ากับ 81.04 เปอร์เซ็นต์ น้ำทิ้งที่ออกจากกระบวนการหมักไร้ออกซิเจนแบบตรึงฟิล์มยังมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ สูงกว่าที่มาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนดไว้ ดังนั้นการนำกระบวนการหมักไร้ออกซิเจนแบบตรึงฟิล์มไปใช้ในระดับโรงงานจริงจึงต้องคำนึงถึงมาตรฐานอุตสาหกรรม

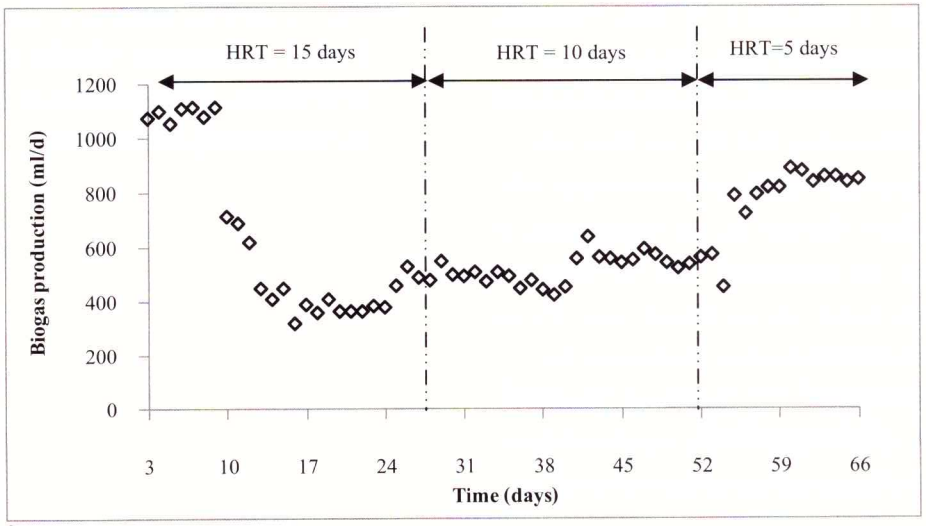


ภาพที่ 4 ปริมาณกรดไขมันระเหยง่าย สภาพด่าง และปริมาณของแข็งแขวนลอยของถังหมักไม่ใช้ออกซิเจนแบบตรึงฟิล์มที่ระยะเวลากักเก็บต่างๆ

โดยการนำไปใช้ร่วมกับขั้นตอนอื่นๆ เพื่อให้น้ำทิ้งที่ออกจากกระบวนการนี้มีคุณลักษณะที่ผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรม ดังนั้นหากมีการนำกระบวนการหมักไร้ออกซิเจนแบบตรึงฟิล์มไปใช้เป็นระบบบำบัดขั้นต้นซึ่งมีประสิทธิการกำจัด COD อยู่ในช่วง 60-70 เปอร์เซ็นต์ ก่อนที่จะนำน้ำเสียไปบำบัดในระบบตะกอนเร่งซึ่งมีการใช้งานกันเป็นส่วนใหญ่ในโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้น นอกจากจะได้ผลพลอยได้เป็นแก๊สชีวภาพแล้วยังช่วยลดพลังงานที่ต้องใช้ในการให้ออกซิเจนแก่น้ำเสียในระบบตะกอนเร่งอีกด้วย



ภาพที่ 5 ความเป็นกรด- ด่างของถังหมักไม่ใช้ออกซิเจนแบบตรึงฟิล์มที่ระยะเวลากักเก็บต่างๆ



ภาพที่ 6 ปริมาณแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้ของถังหมักไม่ใช้ออกซิเจนแบบตรึงฟิล์มที่ระยะเวลากักเก็บต่างๆ

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนในการทำวิจัยและภาควิชาวิศวกรรมเคมีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สำหรับความช่วยเหลือเอื้ออำนวยความสะดวกในทุกๆ ด้านในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2548. **แนวปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกันและลดมลพิษ อุตสาหกรรมน้ำยางข้น.** Available online: www.pcd.go.th/count/waterdl.cfm?FileName=rubbertree.pdf. (สืบค้นเมื่อ 12 มกราคม 2553)

[2] สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ. กิตติมา ไกรพีรพรรณ. 2551. **"ก๊าซชีวภาพ" พลังงานทางเลือก.** Available online: http://www.biotec.or.th/biotechnology-th/newsdetail.asp?id=3307. (สืบค้นเมื่อ 3 มกราคม 2553)

[3] Kenedy, K. J. and Lentz, E. M. 2000. "Treatment of landfill leachate using sequencing batch and continuous flow upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactors. **Wat. Res.** 14: 3640-3656.

[4] APHA (American Public Health Association). 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed. American Wastewater Association and Water Environment Federation, Washington, DC.

[5] ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และวิบูลลักษณ์ วิสุทธิศักดิ์. 2540. **คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย.** กรุงเทพมหานคร: สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

[6] Amit Kumar, Asheesh Kumar Yadav, T. R. Sreekishnan , Santosh Satya and C.P. Kaushik. 2008. "Treatment of low strength industrial cluster wastewater by anaerobic hybrid reactor". **Bioresource Technology.** 99:3123-3129.

[7] กัลยา ศรีสุวรรณ. 2543. "การปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศของโรงงานน้ำยางข้น". ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.

[8] Bhavik K. Acharaya, Sarayu Mohana and Datta Madamwar. 2008. "Anaerobic treatment of distillery spent wash – A study on upflow anaerobic fixed film bioreactor". **Bioresource Technology.** 99: 4621-4626.

[9] H. Chua, W.F Hu, P.H.F. Yu and M.W.L. Cheung. 1997. Responses of anaerobic fixed film reactor to hydraulic shock loading. **Bioresource Technology.** 61: 79-83.

[10] เมธี วงศ์ผาสุกโชติ. 2546. **"แบบจำลองฟิล์มชีวะในถังปฏิกรณ์แบบกรองไร้อากาศ".** วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.

บทความวิจัย

ผลของสภาวะในการทำแห้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า

Effect of Drying Conditions on Quality of Dry Fermented Catfish (pla-duk-ra)

อมรรัตน์ ถนนแก้ว[1*] สุทธิรักษ์ เพชรรัตน์[2] และ สายใจ วิบูลย์พันธ์[3]

Amonrat Thanonkaew[1*], Suttirak Pecharat[2] and Saijai Wiboonpun[3]

บทคัดย่อ

ปลาดุกร้าเป็นอาหารพื้นเมืองในภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งใช้วิธีการทำแห้งแบบดั้งเดิมในการแปรรูปปลาดุก แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลทางด้านวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำแห้งปลาดุกร้านั้นค่อนข้างมีน้อย ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นถึงการศึกษาผลของสภาวะในการแปรรูปต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า โดยศึกษาสภาวะในการทำแห้ง 5 สภาวะ คือ การทำแห้งโดยการตากแดด (S1-Sun) และการใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (S2-Oven 30) อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (S3-Oven 40) และอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (S4-Oven 50) ซึ่งมีความเร็วลม 1,000 เมตร/นาที และ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีความเร็วลม 1500 เมตร/นาที (S5-Oven 30+) พบว่าสภาวะในการทำแห้งมีผลโดยตรงต่อคุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์ กายภาพ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า อุณหภูมิและความเร็วลมในการแปรรูปที่เพิ่มขึ้นของตัวอย่าง S4-Oven 50 และ S5-Oven 30+ ส่งผลให้ปลาดุกร้ามีปริมาณความชื้น ค่า aw และการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ต่ำกว่าตัวอย่างอื่น ($p<0.05$) ในตัวอย่างดังกล่าวมี พีเอช ความเข้มข้นของเกลือและน้ำตาล สูงกว่าตัวอย่างอื่น ($p<0.05$) ซึ่งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ เนื่องจากมีลักษณะแห้งและแข็งจนเกินไป ปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูปโดยวิธีการตากแดดแบบดั้งเดิม (S1-Sun) มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์สูงกว่าปลาดุกร้าที่ผ่านการทำแห้งด้วยตู้อบแห้ง ($p<0.05$) ปลาดุกร้าที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง/วัน เป็นระยะเวลา 5 วัน ความเร็วลม 1,000 เมตร/นาที (S2-Oven 30) มีคุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์ กายภาพ และประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากปลาดุกร้าที่ผลิตโดยวิธีการตากแดดแบบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$).

คำสำคัญ : ปลาดุกร้า การแปรรูป การทำแห้ง การเปลี่ยนแปลงคุณภาพ

---

[1]ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ 93110

[2]นักวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 90112

[3]นิสิตระดับปริญญาโท หลักสูตรการจัดการทรัพยากรการเกษตรอย่างยั่งยืน คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ 93110

[*]Corresponding author : E-mail apsara.2555@gmail.com โทรศัพท์/โทรสาร 074-693-996

Thaksin.J., Vol.15 (1) January-June 2012

Abstract

Dry fermented catfish (Pla-duk-ra) is a local product in southern Thailand. Drying is the traditional technique used during the processing of Pla-duk-ra. However, the existing information in scientific literature in relation to drying of Pla-duk-ra is very scarce. Therefore, the aim of this study was to study the effect of drying conditions on quality of Pla-duk-ra. Five processing conditions were used for production of Pla-duk-ra; the conventional method (S1-Sun), the hot air oven at 30°C with air velocity 1,000 m/min (S2-Oven 30), the hot air oven at 40°C with air velocity 1000 m/min (S3-Oven 40), the hot air oven at 50°C with air velocity 1,000 m/min (S4-Oven 50), and the hot air oven at 30°C with air velocity 1,500 m/min (S5-Oven 30+). The increasing of temperature and air velocity in the S4-Oven 50 and S5-Oven 3+ treatments caused Pla-duk-ra to have lower moisture content, water activity and microorganism content than that of other samples ($p<0.05$). On the other hand, those samples had higher pH, salt content and sugar content than that of other samples ($p<0.05$). The sensory test showed that they had an unacceptable quality with too much dryness and hardness. Pla-duk-ra produced by the conventional method (S1-Sun) had higher microbial content than that those processed with the hot air oven. The sample from S2-Oven 30 treatment had no significant difference in chemical, microbiological, physical and sensory properties with sample from S1-Sun treatment. In conclusion, the drying conditions had directly effect on the chemical, microbiological, physical and sensory properties of Pla-duk-ra.

Keywords : Dry fermented catfish (Pla-duk-ra), Processing, Drying, Quality changes

บทนำ

ปลาดุกร้า หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำปลาดุกขนาดที่เหมาะสมมาตัดหัว เอาเครื่องในและไขมันในช่องท้องออก ล้างให้สะอาด อาจผึ่งให้แห้ง นำมาคลุกกับเครื่องปรุงรส เช่น เกลือ น้ำตาล หมักไว้เป็นเวลา 1 คืน นำไปทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานอื่น อาจนำไปปรุงรสหมัก และทำให้แห้งซ้ำจนมีกลิ่นรสตามต้องการ ก่อนบริโภคต้องทำให้สุก [1] ปัจจุบันนี้ผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกเลี้ยงเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย จนเป็นสินค้าพื้นเมืองหรือสินค้า OTOP ที่มีชื่อเสียงของจังหวัดพัทลุง สงขลา และนครศรีธรรมราช จากการศึกษาผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ผลิตในพื้นที่ต่างๆในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาพบว่า การผลิตปลาดุกร้าในปัจจุบันนี้ผู้ประกอบการจำนวนมากยังคงประสบกับปัญหาด้านการผลิตที่สำคัญดังนี้

1. ปัญหาการรบกวนจากแมลงและสัตว์รบกวนต่างๆ โดยเฉพาะแมลงวันและไข่ของแมลงวัน มีผลให้ปลาดุกร้าเป็นหนอน ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตที่ไม่ถูกสุขลักษณะ ผู้ประกอบการบางรายแก้ปัญหานี้โดยการใส่ยาฆ่าแมลงซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคเป็นอย่างยิ่ง นอกจากนี้ยังมีปัญหาจากการปนเปื้อนของฝุ่นละอองในระหว่างการตากแดด ทำให้เกิดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียและทำให้เกิดโรค

2. กระบวนการทำแห้งปลาดุกร้าที่ยังคงใช้วิธีการตากแดดแบบดั้งเดิม โดยอาศัยแสงแดดจากธรรมชาติ เมื่อไม่มีแสงแดดก็ไม่สามารถตากปลาดุกร้าได้ เนื่องจากภาคใต้มีฝนตกตลอดทั้งปีทำให้เกิดปัญหาสำคัญคือ ไม่สามารถผลิตสินค้าให้ทันกับความต้องการของผู้บริโภคได้ นอกจากนี้การควบคุมคุณภาพของปลาดุกร้าให้มีคุณภาพสม่ำเสมอนั้นทำได้ยากเนื่องจากไม่สามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมได้

3. ผู้ประกอบการยังขาดความรู้ในด้านการแปรรูปอาหารที่ถูกสุขลักษณะ (GMP) ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความเสี่ยงสูงต่อการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

จากปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยการส่งเสริมให้ผู้ประกอบการได้แปรรูปผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ถูกสุขลักษณะ และการนำเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการแปรรูปปลาดุกร้า ซึ่งจะมีประโยชน์ทั้งในเรื่องคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ความปลอดภัยของผู้บริโภค และในด้านความคุ้มทุนของการผลิต ดังนั้นเพื่อเป็นการส่งเสริมให้ผู้ประกอบการได้แปรรูปผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ถูกสุขลักษณะ โดยอาศัยหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร (GMP) การพัฒนากระบวนการผลิตปลาดุกร้าโดยใช้เทคโนโลยีการอบแห้งโดยเครื่องอบแห้งอุตสาหกรรมชนิดลมร้อนแบบถาด และเพื่อเป็นแนวทางหนึ่งสำหรับการแปรรูปปลาดุกร้าในระดับอุตสาหกรรมในอนาคต

อุปกรณ์ และวิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่าง

ซื้อปลาดุกสายพันธุ์บิ๊กอุย (Hybrid Clarias macrocephalus XClarias gariepinus) ขนาด 7 ตัว /กิโลกรัม จากเกษตรกรที่เลี้ยงปลาดุก ในบริเวณ ตำบลทะเลน้อย อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง แล้วแบ่งปลาดุกเป็นสองส่วนโดยส่งปลาดุกส่วนแรกไปยังกลุ่มผลิตปลาดุกร้าปลอดสารพิษทะเลน้อย อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง เพื่อทำการศึกษาผลของการแปรรูปแบบดั้งเดิมโดยการตากแดดต่อคุณภาพของปลาดุกร้า ซึ่งเป็นวิธีการที่ผู้ผลิตได้ใช้ในการแปรรูปปลาดุกร้าเพื่อการจำหน่ายอยู่ในปัจจุบันและส่งปลาดุกส่วนที่สองไปยังอาคารปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง เพื่อทำการศึกษา ผลของการแปรรูปโดยการใช้ตู้อบแห้งชนิดลมร้อนแบบถาดต่อคุณภาพของปลาดุกร้า ดังนั้นในการทดลองนี้ ประกอบด้วยสภาวะในการอบแห้งปลาดุกร้าทั้งสิ้น 5 ชุดการทดลอง ซึ่งแต่ละชุดการทดลองได้มีการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

ชุดการทดลองที่ 1 (S1-Sun) ตากแดดอุณหภูมิ 30-32 องศาเซลเซียส ตากแดดวันละ 5 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 5 วัน (การแปรรูปแบบดั้งเดิมโดยการตากแดด)

ชุดการทดลองที่ 2 (S2–Oven 30) อบแห้งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1,000 เมตร/นาที อบแห้งวันละ 5 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 5 วัน

ชุดการทดลองที่ 3 (S3-Oven 40) อบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1,000 เมตร/นาที อบแห้งวันละ 5 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 5 วัน

ชุดการทดลองที่ 4 (S4-Oven 50) อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1,000 เมตร/นาที อบแห้งวันละ 5 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 5 วัน

ชุดการทดลองที่ 5 (S5-Oven 30+) อบแห้งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1,500 เมตร/นาที อบแห้งวันละ 5 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 5 วัน

2. วิธีการผลิตปลาดุกร้า

ในการทดลองนี้ได้ใช้สูตร ปลาดุกบิ๊กอุยสด : น้ำตาล : เกลือ เท่ากับ 10 : 1 : 0.8 และกรรมวิธีการผลิตปลาดุกร้า ของกลุ่มปลาดุกร้าปลอดสารพิษทะเลน้อย อ. ควนขนุน จ. พัทลุง ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตดังนี้

ขั้นที่ 1 นำปลาดุกที่มีชีวิตขนาด 7 ตัวต่อกิโลกรัม จำนวน 10 กิโลกรัม มาทำให้ตายโดยคลุกกับเกลือ ล้างน้ำจนเมือกที่ตัวปลาออกหมด

ขั้นที่ 2 นำปลามาตัดหัวและดึงเครื่องในออกให้หมด แล้วล้างน้ำให้สะอาด

ขั้นที่ 3 นำปลาวางผึ่งแดดอ่อนๆ ประมาณ 2 ชั่วโมง พอหนังปลาตึงแล้ววางให้ตัวปลาเย็น

ขั้นที่ 4 เก็บปลาในขั้นที่ 3 ใส่กะละมังสแตนเลส แล้วคลุกเคล้าน้ำตาลผสมเกลือ (1,000 กรัม : 800 กรัม) ปริมาณ 400 กรัม หมักทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

ขั้นที่ 5 นำปลาที่หมักไว้ตากแดด หรืออบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งที่อุณหภูมิ และความเร็วลมที่กำหนดไว้ เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง แล้ววางไว้ที่อุณหภูมิห้องจนตัวปลาเย็น

ขั้นที่ 6 นำปลาจากขั้นที่ 5 ไปหมักกับเกลือที่ผสมกับน้ำตาลที่เหลือจากขั้นตอนที่ 4 ปริมาณ 1,200 กรัม โดยอัดไปในท้องปลาและโรยด้านบนโดยการวางปลา เป็นชั้นๆ แล้วหมักทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

ขั้นที่ 7 นำปลาที่หมักไว้ตากแดด หรืออบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งที่อุณหภูมิ และความเร็วลมที่กำหนดไว้ เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง แล้ววางไว้ที่อุณหภูมิห้องจนตัวปลาเย็น

ขั้นที่ 8 จัดเรียงปลาในกะละมังสแตนเลส แล้วโรยน้ำตาล 200 กรัม หมักทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

ขั้นที่ 9 นำปลาดุกไปการตากแดดหรือการอบแห้ง เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง/วัน จนครบระยะเวลาในการตากรวม 5 วัน จึงได้ผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า

3. การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า

3.1 คุณภาพทางเคมี

1) ความชื้น โดยวิธี AOAC [2]

2) ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) นำเนื้อปลาดุกบดละเอียดมาประมาณ 2 กรัมแล้วนำไปใส่ในภาชนะสำหรับทำการวัด แล้วนำไปวัดค่าใช้เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (AQUA-LAB CX-2 dew point device, Decagon, USA)

3) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยวิธีของ Benjakul [3]

4) ปริมาณเกลือ โดยวิธี AOAC [2]

5) ปริมาณน้ำตาล โดยวิธี Dinitrosalicylic acid (DNS) [4]

6) การย่อยสลายของโปรตีนโดยวัดค่า TCA-Soluble peptide โดยวิธี ของ Green and Babbitt [5] นำเสนอผลการทดลองในรูป μmol tyrosine/g sample

7) การวิเคราะห์หาปริมาณด่างที่ระเหยได้ (TVB-N) โดยวิธี Conway unit ของ Ng [6]

8) ทดสอบการเกิดกลิ่นหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (TBA value) โดยวัดปริมาณสารที่สามารถทำปฏิกิริยากับ Thiobarbuturic acid (TBA) ตามวิธีของ Egan et al. [7]

3. 2 คุณภาพทางจุลินทรีย์

โดยวิธี BAM [8] ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน [1] สำหรับผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าประกอบด้วย Total Plate Count, Yeast and Mold, Lactic acid bacteria, S. aureus and *E. coli*

3.3 คุณภาพทางกายภาพ : วัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Hunter Lab, CIE Lab)

3.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

วัดคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบปลาดุกร้า ซึ่งใช้เกณฑ์การให้คะแนนตามวิธีการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของปลาดุกร้าตามเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน [1]

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 11 [9]

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการศึกษาคุณภาพของปลาดุกร้าที่ได้จากกระบวนการผลิตปลาดุกร้าแบบดั้งเดิม (ตากแดดธรรมชาติ) และการใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วลม 1,000 และ 1,500 เมตร/นาที พบว่าสภาวะในการทำแห้งมีผลโดยตรงต่อคุณภาพทางด้าน เคมี จุลินทรีย์ กายภาพ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า ดังแสดง

ในตารางที่ 1-3 การศึกษาผลของสภาวะในการแปรรูปต่อคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าพื้นเมืองพัทลุง โดยการวิเคราะห์ ปริมาณความชื้น (moisture) ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้(wateractivity a_w)ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณน้ำตาล (sugar) ปริมาณเกลือ (salt) ปริมาณด่างที่ระเหยได้ (TVB-N) และปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในสารละลายไตรคลอโรอะซิติกแอซิด (TCA-Soluble peptide) และการเกิดกลิ่นหืน (TBA) ดังแสดงในตารางที่ 1 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิและความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปลาดุกร้ามีปริมาณความชื้น และค่า a_w ลดลง ($p<0.05$) ซึ่งอาจจะเกิดจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำในปลาดุกสามารถระเหยออกจากตัวปลาได้เร็วผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูปโดยการทำแห้งทั้ง 5 สภาวะ มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง ร้อยละ 37.44-47.91 และมีค่า a_w ในช่วง 0.77-0.84 โดยปลาดุกร้าที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และมีความเร็วลม 1,500 เมตร/นาที (S5-Oven 30+) มีปริมาณความชื้นและค่า a_w ต่ำที่สุด ($p<0.05$) ส่วนปลาดุกร้าที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสและมีความเร็วลม 1,000 เมตร/นาที (S2-Oven 30) มีปริมาณความชื้นร้อยละ 47.91 และ a_w เท่ากับ 0.83 ซึ่งมีใกล้เคียงกับปลาดุกร้าที่ผลิตจากเกษตรกรกลุ่มปลาดุกร้าปลอดสารพิษทะเลน้อย (S1-Sun) ปลาดุกร้าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหมักพื้นบ้านที่เกิดจากภูมิปัญญาในการถนอมอาหารของชาวใต้ โดยการหมักปลาดุกด้วยเกลือและน้ำตาล แล้วนำไปลดความชื้นโดยการตากแดด ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษะปรากฏ คล้ายปลาเค็มหรือปลาแห้ง แต่ยังคงลักษณะเฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า คือ มีกลิ่นหมัก และมีเนื้อสัมผัสที่นิ่ม ซึ่งสามารถจัดผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าให้อยู่ในประเภทอาหารกึ่งแห้ง ที่มีความชื้นระหว่างร้อยละ 15-50 หรือมีค่า a_w ระหว่าง 0.6-0.9 ซึ่งเป็นประเภทเดียวกับผลิตภัณฑ์ปลาหวานและปลาเค็ม สำหรับผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ได้รับการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) จะต้องมีค่า a_w ไม่เกิน 0.8 [1]

จากการทดลองพบว่ามีปลาดุกร้าที่ผ่านการทำแห้งในสภาวะ S3-Oven 40 S4-Oven 50 และ S5-Oven 30+ มีค่า a_w ไม่เกิน 0.8 แต่อย่างไรก็ตามเมื่อทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าตัวอย่าง S3-Oven 40 มีคะแนนทางประสาทสัมผัสในระดับปานกลาง S3-Oven 40 และ S4-Oven 50 มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีลักษณะแห้งและแข็งโดยเฉพาะส่วนปลายหางของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นส่วนที่มีขนาดเล็กและบาง ทำให้สามารถสูญเสียความชื้นได้เร็วกว่าส่วนอื่นๆ ทำให้ผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ได้มีลักษณะที่แห้งไม่สม่ำเสมอกัน กล่าวคือส่วนหางแห้งแข็ง แต่ส่วนช่องท้องและลำตัวยังคงมีความชื้นสูง ส่วนปลาดุกร้าผลิตแบบดั้งเดิม (S1-Sun) มีค่า a_w เท่ากับ 0.84 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับปลาดุกร้าที่ผ่านการทำแห้งในสภาวะ S2-Oven 30 คือ ค่า a_w 0.83 ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน ซึ่งมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ ในการศึกษานี้ผลการทดลองเช่นเดียวกับการศึกษาของ อมรรัตน์ และคณะ [10] รายงานค่า a_w ของปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกธรรมชาติและปลาดุกเลี้ยงที่ผลิตโดยผู้ผลิตปลาดุกร้าชาวทะเลน้อย มีค่าเท่ากับ 0.82 และ 0.89 ตามลำดับ นงนุช และคณะ [11] รายงานผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า ที่ผลิตโดยกลุ่มผลิตปลาดุกร้าท่าซัก อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า ผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้ามีปริมาณความชื้นร้อยละ 39.5 ค่า a_w เท่ากับ 0.86 นอกจากนี้ยังพบว่าการลดความชื้นเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีค่า a_w ไม่เกิน 0.80 มีผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แห้งแข็งเกินไป

เมื่อวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูปโดยการทำแห้งทั้ง 5 สภาวะ พบว่าผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้ามี pH ระหว่าง 6.23-6.38 ซึ่งเป็นช่วง pH ของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า นอกจากนี้ยังพบว่าผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ

40 และ 50 องศาเซลเซียสมี pH สูงกว่า ผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูปโดยการตากแดด และการอบแห้งที่30องศาเซลเซียสเล็กน้อยทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น ทำให้ปลาดุกเกิดการสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็วในระหว่างการทำแห้ง ทำให้ไปขัดขวางการเจริญของจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตกรดได้ จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ผ่านการอบแห้งโดยสภาวะดังกล่าวมี pH ที่สูงกว่าตัวอย่างปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูปโดยสภาวะอื่นๆ จากการศึกษาของ Thanonkaew et al. [12] พบว่าเกลือและน้ำตาล มีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า ซึ่งการใช้เกลือหรือน้ำตาลเพียงอย่างเดียวจะไม่สามารถผลิตปลาดุกร้าได้ นอกจากนี้อัตราส่วนระหว่างเกลือและน้ำตาลที่เหมาะสมจะเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า เนื่องจากปลาดุกร้าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหมักพื้นบ้านที่ใช้เกลือและน้ำตาลเป็นส่วนผสมหลักในการหมักแบบแห้ง ในปัจจุบันการแปรรูปปลาดุกร้าในแต่ละท้องถิ่นมีการใช้เกลือและน้ำตาลในปริมาณแตกต่างกัน ซึ่งโดยทั่วไปมีการใช้เกลืออยู่ในช่วงร้อยละ 4-10 และใช้น้ำตาลอยู่ในช่วงร้อยละ 10-30 ของน้ำหนักปลาดุกสด จากการใช้เกลือและน้ำตาลในปริมาณที่แตกต่างกัน และกระบวนการแปรรูปที่แตกต่างกันนี้ทำให้ผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าของแต่ละท้องที่มีคุณภาพและลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่มีความหลากหลายแตกต่างกันไป [13] ดังนั้นหากสภาวะในการทำแห้งปลาดุกร้าที่แตกต่างกัน อาจจะส่งผลต่อปริมาณเกลือและน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าและทำให้มีผลต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ได้ ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการแปรรูปปลาดุกร้าของชาวพัทลุง โดยมีแหล่งผลิตหลักอยู่ที่บริเวณรอบๆ ทะเลน้อย อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง ซึ่งนิยมแปรรูปปลาดุกร้าโดยใช้ เกลือ ร้อยละ 10 และน้ำตาลร้อยละ 10 ของน้ำหนักปลาดุกสด จากการทดลองพบว่าปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูป โดยการทำแห้งทั้ง 5 สภาวะมี ปริมาณเกลือระหว่าง ร้อยละ 4.62-5.96 และปริมาณน้ำตาลระหว่าง ร้อยละ 3.24-4.30 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิและความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปลาดุกร้ามีปริมาณเกลือ และน้ำตาล มีค่าเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ซึ่งอาจจะเกิดจากการที่ปลาดุกร้ามีความชื้นลดลงแล้ว ทำให้ความเข้มข้นของเกลือและน้ำตาลในผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มขึ้น นงนุช และคณะ [11] รายงานผลการวิเคราะห์ปริมาณของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าท่าซัก มีเกลือ ร้อยละ 6.7 และผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ได้จากการพัฒนาโดยใช้เกลือ ร้อยละ 10 และน้ำตาลร้อยละ 10 มีเกลือร้อยละ 5.5 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณเกลือในการศึกษานี้

ศึกษาผลของสภาวะในการแปรรูปต่อการเปลี่ยนแปลงโปรตีนของปลาดุกร้า โดยการวิเคราะห์ปริมาณด่างที่ระเหยได้ (TVB-N) และปริมาณโปรตีนสายสั้นๆ(TCA-Soluble peptide) ซึ่งค่าทั้งสองนี้จะบ่งบอกถึงการย่อยสลายโปรตีนในกล้ามเนื้อปลาในระหว่างการแปรรูป จากการทดลองพบว่าสภาวะการทำแห้ง S4-Oven 50 และ S5-Oven 30+ มีผลให้ผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้ามีปริมาณโปรตีนสายสั้นๆ น้อยกว่าปลาดุกร้าที่ผ่านสภาวะการทำแห้งอื่นๆ จากการทดลองนี้แสดงว่าที่สภาวะดังกล่าวเกิดการย่อยสลายของโปรตีนในกล้ามเนื้อได้น้อยกว่าตัวอย่างที่ผ่านการแปรรูปโดยสภาวะอื่น เนื่องจากการย่อยสลายโปรตีนของกล้ามเนื้อปลาดุกในระหว่างการแปรรูปปลาดุกร้าสามารถเกิดขึ้นได้จากทั้งการย่อยสลายตัวเอง(autolysis) ของโปรตีนกล้ามเนื้อโดยการทำงานของเอนไซม์ที่ย่อยสลายโปรตีน (protease) และการย่อยสลายโปรตีนกล้ามเนื้อโดยเอนไซม์ที่ผลิตจากจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ในระหว่างกระบวนการแปรรูปปลาดุกร้า จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในการอบแห้งที่สูงและระดับความเร็วลมของตู้อบแห้งที่สูงเกินไปจะมีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนในผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากอุณหภูมิ และความเร็วลมที่สูงขึ้นทำให้ปลาดุกเกิดการ

สูญเสียน้ำอย่างรวดเร็วในระหว่างการทำแห้งจึงไปยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายโปรตีนได้ หรือเกิดการลดกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ ในกล้ามเนื้อปลาดุกได้

เมื่อศึกษาการเกิดกลิ่นหืนของปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูปโดยการทำแห้งทั้ง 5 สภาวะ โดยวิเคราะห์ค่า TBA จากการทดลองพบว่าปลาดุกร้า มีค่า TBA ระหว่าง 0.52-0.97 mg malonaldehyde/kg sample สภาวะการทำแห้ง S4-Oven 50 และ S5-Oven 30+ ได้ปลาดุกร้าที่มีค่า TBA สูงกว่าปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูปโดยสภาวะอื่นๆ เนื่องจากปลาดุกร้าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหมัก ที่ใช้ปลาดุก ซึ่งเป็นปลาที่ไขมันสูงมาใช้เป็นวัตถุดิบหลัก ในการแปรรูป ประกอบกับกระบวนการแปรรูปที่ใช้เวลาหลายวัน การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของไขมันในระหว่างการแปรรูปจึงมีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า เช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและการย่อยสลายของไขมันซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า จึงให้ผลเช่นเดียวกับการศึกษาของ Thanonkaew et al. [14] รายงานผลของการหมักและการทำแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงของไขมันในผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า พบว่า ภายหลังการทำแห้งและการหมัก ปริมาณกรดไขมันอิสระในกล้ามเนื้อปลาดุกมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนไตรกรีเซอไรด์และฟอสฟอ-ลิพิดมีค่าลดลง รวมทั้งมีการลดลงของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง (polyunsaturated fatty acid) ได้แก่ EPA (eicosapentaenoic acid) และ DHA (docosahexaenoic acid) ซึ่งอาจจะเกิดจากการย่อยสลายตัวของไตรกลีเซอไรด์ และฟอสฟอลิพิด

ตารางที่ 1 ผลของสภาวะในการแปรรูปต่อคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า

Pla-duk-ra Quality	Processing Conditions				
	S1-Sun	**S2-Oven 30**	**S3-Oven 40**	**S4-Oven 50**	**S5-Oven 30+**
Moisture (%)	47.11±1.22[a]	47.91±1.34[a]	40.94±0.92[b]	37.44±1.33[c]	39.94±2.14[b]
Water activity	0.84±0.01[a]	0.83±0.00[a]	0.80±0.01[b]	0.77±0.02[c]	0.80±0.02[b]
pH	6.28±0.06[b]	6.23±0.01[b]	6.34±0.03[a]	6.38±0.59[a]	6.33±0.81[ab]
Salt (%)	4.62±0.19[b]	4.80±0.59[b]	4.90±0.30[b]	5.86±0.59[a]	5.96±0.81[a]
Sugar (%)	3.24±0.30[c]	3.30±0.41[c]	3.30±0.60[c]	3.63±0.25[b]	4.30±0.81[a]
TVB-N (mg N/100 g sample)	243.31±1.36[a]	245.23±3.41[a]	244.30±2.90[a]	225.19±1.15[b]	224.69±5.77[b]
TCA-Soluble Peptides (µmole/g sample)	29.09±0.14[a]	29.71±0.16[a]	29.93±0.43[a]	24.92±0.58[b]	24.49±0.08[b]
TBA (mg malonaldehyde/ kg sample)	0.65±0.05[d]	0.69±0.11[c]	0.73±0.19[b]	0.84±0.05[b]	0.97±0.03[b]

[1] แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ได้จากการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

[2] อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

อันเนื่องมาจาก การทำงานของเอนไซม์ลิเพส (lipase) และฟอสฟอลิเพส (phospholipase)

จากการทดลองพบว่าการแปรรูปโดยการตากแดดแบบดั้งเดิม (S1-Sun) ซึ่งดำเนินการผลิตโดยผู้ผลิตปลาดุกร้าทะเลน้อย มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียสูงกว่าปลาดุกร้าที่แปรรูปโดยการใช้ตู้อบแห้งที่สภาวะต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในการศึกษานี้ได้วิเคราะห์ จุลินทรีย์ ก่อโรคในผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า 2 ชนิด คือ เชื้อ *E. coli* และ S. aureus ปลาดุกร้า S1-Sun มีการปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* 7.17 MPN/g และ *S. aureus* 6.16 log cfu/g ส่วนปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูปโดยวิธีการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนชนิดถาด ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์สองชนิด มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน[1] ของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้ากำหนดให้มีเชื้อ S. aureus ในผลิตภัณฑ์ได้ไม่เกิน 2 log cfu/g และมีเชื้อ *E. coli* ได้ไม่เกิน 10 MPM/g จากการศึกษานี้พบว่าปลาดุกร้ามีการปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* ในระดับที่ต่ำกว่ามาตรฐาน แต่มีการปนเปื้อนของเชื้อ *S. aureus* ในระดับที่สูงกว่ามาตรฐาน ซึ่งให้ผลการศึกษาเช่นเดียวกับการศึกษาการ ของ ขนิษฐา และ ศิริวรรณ [15] ได้ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* ของตัวอย่างปลาดุกร้าที่ผลิตในบริเวณชุมชนทะเลน้อย อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง พบว่าปลาดุกร้ามีการปนเปื้อนของเชื้อ *S. aureus* ได้สูงกว่าการปนเปื้อนของ เชื้อ *E. coli* ทั้งนี้อาจมีผลเนื่องมาจากค่า pH และค่า a_w ในผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้ามีค่าไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อ *E.coli* ซึ่งสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่ค่า a_w 0.95 คือค่า pH มากกว่า 4 ซึ่งในสภาวะที่ไม่เหมาะสมนี้ ทำให้เชื้อ *E. coli* เกิดการปรับตัวให้อยู่ในสภาวะเครียดเพื่อให้สามารถอยู่รอดได้เนื่องจากสภาวะเครียดด้วยกรดและความแห้ง โดยเชื้อจะหยุดการเจริญเติบโต และเชื้อที่ไม่สามารถปรับตัวให้มีชีวิตอยู่รอดได้ เนื่องจากได้รับบาดเจ็บมากจะทำให้เชื้อนั้นเข้าสู่สภาวะที่ยังไม่ตายแต่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้และตายในที่สุด แต่อย่างไรก็ตามมีการรายงานเกี่ยวกับคุณภาพทางจุลินทรีย์ของปลาแห้งรมควันโดยพบการปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* ซึ่งมีสาเหตุจากกระบวนการผลิตปลาแห้งรมควันที่ไม่ถูกสุขลักษณะ ถึงแม้ว่าผลิตภัณฑ์ปลาจะมีค่า a_w ต่ำก็ยังมีจุลินทรีย์บางชนิดสามารถอยู่รอดและเจริญเติบโตได้ ซึ่งสอดคล้องกับคุณภาพทางจุลินทรีย์ของปลาเค็มแห้งที่มักพบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์แกรมบวก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อ Staphylococcus spp. เนื่องจากจุลินทรีย์ชนิดนี้สามารถอยู่รอดในผลิตภัณฑ์อาหารที่ค่า a_w ต่ำได้ดี แต่อย่างไรก็ตาม ผุสดี และคณะ [16] รายงานผลการสำรวจคุณภาพทางจุลินทรีย์ของปลาดุกร้าในจังหวัดพัทลุง พบว่าผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อ *S. aureus* ส่วนการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียในผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าประกอบด้วย เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ยีสต์และรา (Yeast, Mold) และ แบคทีเรียที่สร้างกรด (Lactic acid bacteria) จากการทดลองพบว่าการแปรรูปโดยการตากแดดแบบดั้งเดิม (S1-Sun) มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา สูงกว่าปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูปโดยการใช้ตู้อบแห้งที่สภาวะต่าง ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันในด้านจำนวนของเชื้อแบคทีเรียที่สร้างกรดในผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูปโดยการตากแดด (S1-Sun) และการใช้ตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (S2-Oven 30) ($p<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิและความเร็วลมในการแปรรูปที่สูง ส่งผลให้มีจำนวน จุลินทรีย์ลดลงอาจจะเกิดจากการลดความชื้นอย่างรวดเร็วในผลิตภัณฑ์ซึ่งส่งผลให้เกิดความแห้งแข็ง ทำให้ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ เนื่องจากที่ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้ามีค่าอยู่ในระดับต่ำกว่าระดับค่า a_w ของแบคทีเรียส่วนใหญ่เจริญเติบโต ซึ่งมีค่าต่ำสุดคือ 0.90 ทำให้แบคทีเรียส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญได้ดี แต่แบคทีเรียในกลุ่มที่สร้างกรดได้มักเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่มีค่า a_w

ต่ำกว่า 0.90 จึงทำให้จุลินทรีย์กลุ่มนี้มีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า ซึ่งการศึกษาถึงบทบาทของจุลินทรีย์ที่สร้างกรดต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าจะต้องมีการศึกษาวิจัยในเชิงลึกในขั้นถัดไป การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียในผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า แสดงถึงการแปรรูปอาหารที่ไม่ถูกสุขลักษณะของผู้ผลิตปลาดุกร้า ซึ่งการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคดังกล่าวอาจจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้ เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดนี้สามารถกระจายอยู่ในสภาวะแวดล้อม เช่น ดิน น้ำ ฝุ่นละออง อากาศ วัสดุอุปกรณ์ในการแปรรูป รวมทั้งสัตว์และมนุษย์ ดังนั้นการแปรรูปอาหารที่ไม่ถูกสุขลักษณะจะทำให้เกิดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ได้ง่าย ปัญหาการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้านี้สามารถแก้ไขได้ โดยการนำความรู้เกี่ยวกับ การแปรรูปอาหารที่ถูกสุขลักษณะ (GMP) มาประยุกต์ใช้ในกระบวน การแปรรูปอาหาร ซึ่งจะเห็นจากการทดลองในห้องปฏิบัติการที่อบแห้งปลาดุกร้าโดยใช้ตู้อบแห้ง มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของอาหารเน่าเสียได้น้อยกว่าปลาดุกร้าที่ผลิตโดยวิธีดั้งเดิม ($p<0.05$) และไม่พบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรคในผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ผลิตถูกต้องตามหลัก GMP ซึ่งให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับการศึกษาของ นงนุช และคณะ [11] รายงานผลทางด้านจุลินทรีย์ของปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูปโดยใช้หลักการแปรรูปอาหารที่ถูกสุขลักษณะ (GMP) และอบแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งลมร้อนที่ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ผลการวิเคราะห์ด้านจุลชีววิทยาพบว่ามีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด 4.84 log cfu/g yeast < 10 CFU/g, mold < 10 CFU/g *E. coli* < 3 MPN/g และ *S. aureus* < 25 cfu/g ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

ตารางที่ 2 ผลของสภาวะในการแปรรูปต่อคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า

Pla-duk-ra Quality	Processing Conditions				
	S1-Sun	S2-Oven 30	S3-Oven 40	S4-Oven 50	S5-Oven 30+
Total Plate Count (log cfu/g)	8.04±0.51[a]	5.87±0.17[b]	5.74±0.79[b]	5.14±0.47[c]	4.75±0.11[d]
Yeast, Mold (log cfu/g)	5.21±0.96[a]	2.67±0.28[b]	2.14±0.14[d]	2.04±0.06[d]	2.41±0.48[c]
Lactic acid bacteria (log cfu/g)	2.14±0.28[a]	2.23±0.35[a]	2.11±0.13[a]	2.07±0.13[b]	2.03±0.08[b]
S. aureus (log cfu/g)	6.16±0.17[a]	ND[3]	ND	ND	ND
E. coli (MPN/g)	7.17±0.48[a]	ND	ND	ND	ND

[1] แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ได้จากการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

[2] อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

[3] ND = Non detectable (ตรวจไม่พบ)

การวัดค่าทางกายภาพทางด้านค่าสีของของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า ที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่แตกต่างกันทั้ง 5 สภาวะ (ตารางที่ 3) โดยการวัด ค่าความสว่าง (Lightness: L^*) ค่าสีแดง (Redness: a^*) และ ค่าสีเหลือง (Yellowness: b^*) เมื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าสีของปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูปโดยการตากแดด (S1-Sun) และการใช้ตู้อบแห้ง (S2-Oven 30) พบว่า การทำแห้งโดยการใช้ตู้อบแห้งทำให้ผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้ามีความสว่างมากกว่าการทำแห้งโดยการตากแดด และความสว่าง และค่าสีเหลืองของปลาดุกร้าลดลงเมื่ออุณหภูมิในการแปรรูปเพิ่มขึ้น หรือความเร็วลมในการอบแห้งเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามจากการทดลองนี้พบว่าสภาวะการทำแห้งไม่มีผลต่อค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าพื้นเมืองพัทลุง ที่ผ่านการกระบวนการทำแห้งที่แตกต่างกันทั้ง 5 สภาวะ (ตารางที่ 3) ใช้เกณฑ์การให้คะแนนตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน [1] โดยการประเมินคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ ลักษณะทั่วไป (appearance) สี (color) กลิ่นรส (flavor) และลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) ด้วยวิธีทางประสาทสัมผัสและให้คะแนนระดับ 14 โดยใช้ผู้ประเมินที่มีอายุ 6 ระหว่าง 19-25 ปี จำนวน 10 คน พบว่าปลาดุกร้าที่อบแห้ง 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง/วัน เป็นระยะเวลา 5 วัน ความเร็ว 1,000 เมตร/นาที (S2-Oven 30) มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ใกล้เคียงกับปลาดุกร้าที่ผลิตโดยวิธีแบบดั้งเดิมมากที่สุด (S1-Sun) ซึ่งจะใช้เป็นสภาวะในการศึกษาเพื่อพัฒนากระบวนการอบแห้งปลาดุกร้าใน

ตารางที่ 3 ผลของสภาวะในการแปรรูปต่อคุณภาพทางกายภาพ (สี) และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า

Pla-duk-ra Quality	**Processing Condition**				
	S1-Sun	**S2-Oven 30**	**S3-Oven 40**	**S4-Oven 50**	**S5-Oven 30+**
Color					
Lightness (L*)	34.43±0.16 [c]	40.79±1.28 [a]	38.65±0.09 [ab]	37.96±0.42 [b]	35.26±0.55 [c]
Redness (a*)	4.57±0.43 [b]	4.59±0.45 [b]	4.39±0.41 [c]	4.52±0.02 [b]	4.73±0.37 [a]
Yellowness (b*)	21.54±0.93 [a]	20.88±1.97 [a]	18.35±0.30 [b]	20.26±0.34 [a]	17.64±0.71 [b]
Sensory					
Appearance	3.3±0.67 [a]	3.3±0.48 [a]	2.1±0.88 [b]	1.2±0.42 [c]	1.4±0.52 [c]
Color	3.7±0.95 [a]	3.3±0.82 [a]	2.6±0.52 [b]	1.9±0.74 [c]	1.6±0.70 [c]
Flavor	3.0±0.47 [a]	3.1±0.57 [a]	2.4±0.97 [b]	1.7±0.82 [c]	1.8±0.79 [c]
Texture	3.4±0.52 [a]	3.0±0.48 [a]	2.3±0.82 [b]	1.7±0.82 [c]	1.9±0.74 [c]

[1] แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณภาพทางด้านกายภาพและประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ได้จากการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

[2] อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การศึกษาในขั้นถัดไป ส่วนปลาดุกร้าที่อบแห้ง S4-Oven 50 และ S5-Oven 30+ มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจากมีลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่ มีลักษณะแห้งแข็งโดยเฉพาะบริเวณส่วนหางของปลาดุก แต่ส่วนท้องและส่วนลำตัวมีลักษณะปกติหรือมีรอยฉีกขาด ทั้งนี้อาจเกิดจากการทำแห้งที่เร็วเกินไปทำให้ส่วนหางของปลาดุกซึ่งมีความหนาน้อยกว่าส่วนหัว มีการถ่ายเทความร้อนและการระเหยของน้ำอย่างรวดเร็วนอกจากนี้การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะมีผลทำให้ผิวหนังของปลาดุกเกิดการฉีกขาดได้ง่ายในระหว่างการแปรรูป ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูปโดยสภาวะ S4-Oven 50 และ S5- Oven 30+ พบว่ามีค่า a_w เท่ากับ 0.77 และ 0.8 ตามลำดับ การที่ตัวอย่างมีค่า a_w ต่ำส่งผลให้เกิดลักษณะที่แห้งและแข็งในผลิตภัณฑ์ ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการศึกษาของนงนุชและคณะ[11]พบว่าการทำแห้งปลาดุกร้าให้มีค่า a_w ไม่เกิน 0.8 จะทำให้ผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้ามีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แห้งและแข็งเกินไป

สรุปผลการทดลอง

1. สภาวะในการแปรรูปมีผลโดยตรงต่อคุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์ กายภาพ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้า

2. ปลาดุกร้าที่ผ่านการแปรรูปโดยวิธีการตากแดดแบบดั้งเดิม มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียได้สูงกว่าปลาดุกร้าที่ผ่านการทำแห้งด้วยตู้อบแห้งที่มีการใช้หลัก GMP ในการแปรรูป

3. การทำแห้งปลาดุกร้าโดยตู้อบแห้งที่ใช้อุณหภูมิหรือความเร็วลมที่สูงเกินไป ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเนื่องจากมีลักษณะแห้งและแข็ง

4. ปลาดุกร้าที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 ชั่วโมง/วัน เป็นระยะเวลา 5 วัน ความเร็วลม 1000 รอบ/นาที มีคุณภาพทางทั้งทางเคมี จุลินทรีย์ กายภาพ และประสาทสัมผัสที่ใกล้เคียงกับปลาดุกร้าที่ผลิตโดยวิธีแบบดั้งเดิมมากที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการ สนับสนุนเงินอุดหนุนการวิจัยจากเครือข่ายการวิจัยภาคใต้ตอนล่าง ประจำปีงบประมาณ 2551 และคณะผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยวิจัยอาหารท้องถิ่นภาคใต้ ในการทำหน้าที่ประสานงานกับทุกฝ่ายจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน.(2548). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เลขที่ มผช. 1029/2548.** สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

[2] AOAC.(1999). **Official Method of Analysis.** 14th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC.

[3] Benjakul, S., Seymour, A.T., Morrissey, M.T. and An, H. (1997). Physicochemical changes in Pacific whiting muscle proteins during iced storage. **J. Food Sci.** 62, 729-733.

[4] Bernfeld, P.(1955). In Amylases, α and β; Colowick, S. P., Kaplan, N. D., Eds.; **Methods Enzymol. 1,** 149–158.

[5] Green, D. H. and Babbitt, J. K. (1990). Control of muscle softening and protease-parasite interactions in arrowtooth flounder Atheresthes stomias. **J. Food Sci.** 55, 579–580.

[6] Ng, C. S.(1987). Determination of trimethylamine oxide (TMAO-N), trimethylamine (TMA-N), total volatile basic nitrogen (TVB-N) by Conway's method. In H. Hasegawa (Ed.), **Laboratory manual on analytical methods and procedures for fish and fish products**

(pp. 1-8). Singapore: Marine Fisheries Research Department, Southeast Asian Fisheries Development Center.

[7] Egan, H., Kirk, R.S. and Sawyer, R. (1981). **Pearson's Chemical Analysis of Foods.** London: Churchill Livingstone.

[8] Bacteriological Analytical Manual (BAM).(2001). **U.S. Food and Drug Administration.** Available at: http:// www.cfsan.fda.gov

[9] Steel, R.G.D. and Torrie, J. H. (1980). **Principles and procedures of statistics: A biometrical approach.** McGraw-Hill. New York.

[10] อมรรัตน์ ถนนแก้ว, จันทิรา ฤทธิจักร, สุปราณี สุริยะผล. (2552). การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และสมบัติบางประการของผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าพื้นเมืองในจังหวัดพัทลุง. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. 12 (1),1-12.

[11] นงนุช รักสกุลไทย, มยุรี จัยวัฒน์ และ จุฑามุกดาสนิท. (2552). การพัฒนากระบวนการผลิตและบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม สำหรับปลาดุกร้า. **สรุปผลการวิจัย โครงการพัฒนาคุณภาพและการบรรจุภัณฑ์ในโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ทั่วประเทศ ประจำปี 2550.** สืบค้นจาก http://kuservice.ku.ac.th

[12] Thanonkaew, A., Chantachote, T., Tangwatcharin, P. Pecharat, S. and Benjakuk, S. (2007). Influence of sugar and salt on physical, chemical and sensor properties of dry fermented catfish (Pla-duk-ra). 10th Asean Food Conference, 21-23, August 2007. Kuala Lumpure, Malaysia.

[13] อมรรัตน์ ถนนแก้ว.(2551). **ปลาดุกร้า: ภูมิปัญญาชาวปักษ์ใต้.** สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ.

[14] Thanonkaew, A., Chantachote, T., Tangwatcharin, P., Ranungrat, W. and Auksornnieum, A. (2008). Effect of drying and fermentation **on chahges of catfish lipid. The 99th AOCS Annual Meeting and Expo.** May 18-21, 2008, Seattle, Washington, USA.

[15] ขนิษฐา โสกมล และ ศิริวรรณ ห้วนแจ่ม. (2550). **รายงานการวิจัย : การตรวจสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ ในผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าพื้นเมืองจังหวัดพัทลุง.** โปรแกรมวิชาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

[16] ผุสดี ตังวัชรินทร์, อำนวย บินแหละ, ศราวุธ เหมหมัด, วลัยรัตน์ นาเลื่อน และ มัสหน๊ะ ลาเตะ. (2550). สถานการณ์การเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์และการปนเปื้อนเชื้อ Escherichia coli ในผลิตภัณฑ์ปลาดุกร้าที่ผลิตจากปลาดุกเลี้ยงและปลาดุกธรรมชาติ. **การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 33.** จังหวัดนครศรีธรรมราช.

บทความวิจัย

การออกแบบและสร้างเครื่องพีเอชไซคลิ่งอัตโนมัติเพื่อศึกษาการสึกของฟัน

Design and Construction of an Automatic pH Cycling System for Studying Tooth Erosion

พิเชษฐ์ เจริญผล[1] จรรยา ชื่นอารมณ์[2*] ไพฑูรย์ ดาวสดใส[3] และพจนรรถ เบญจกุล[4]

Pichate Charoenphol[1], Chanya Chuenarrom[2*], Paitoon Daosodsai[3] and Pojjanut Benjakul[4]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและจัดทำเครื่องพีเอชไคลิ่งอัตโนมัติ เพื่อจำลองสภาวะที่ของเหลวในช่องปากมีการเปลี่ยนสลับไปมาระหว่างสารสลายแร่ธาตุในฟัน และสารคืนกลับแร่ธาตุ ศึกษาประสิทธิภาพการใช้เครื่องมือ โดยเตรียมตัวอย่างเคลือบฟันจากฟันกรามน้อย แบ่งเป็น 2 กลุ่ม สำหรับศึกษาการเปลี่ยนแปลงความแข็งผิวของเคลือบฟันหลังจากสัมผัสน้ำอัดลมเป็นเวลา 5 นาที กลุ่มแรกทำการทดลองในเครื่องพีเอชไซคลิ่ง ซึ่งระบบมีการสลับไปมาระหว่างน้ำอัดลมและน้ำลายเทียม กลุ่มที่สองแช่ฟันในน้ำอัดลมเพียงอย่างเดียว ไม่มีการสลับกับน้ำลายเทียม ผลการศึกษาพบว่า การทดลองในระบบพีเอชไซคลิ่งทำให้ความแข็งของเคลือบฟันลดลงจากค่าเริ่มต้น เหลือ 94.5% ขณะที่การแช่ฟันในน้ำอัดลมเพียงอย่างเดียวทำให้ความแข็งของเคลือบฟันลดลงจากค่าเริ่มต้น เหลือเพียง 76.4% เนื่องจากไม่มีน้ำลายเทียมช่วยคืนกลับแร่ธาตุให้แก่ฟันเหมือนการทดลองในระบบพีเอชไซคลิ่ง

คำสำคัญ : ระบบพีเอชไซคลิ่งอัตโนมัติ ความแข็งของฟัน ฟันสึก

Abstract

An automatic pH cycling system of alternating demineralization and remineralization solution was designed and built for simulating the human oral cavity. Two groups of human premolar tooth enamel specimens were prepared for studying surface hardness change after contact a soft drink for 5 minutes. The first group was tested in an automatic pH cycling system of alternating soft drink and artificial saliva, the second group was immersed in soft drink container without alternating with artificial saliva. Base on the results of the study, the hardness of tooth enamel tested under a condition of a pH cycling system decreased from a baseline to 94.5%. As immersion in soft drink without alternating with artificial saliva, the hardness of tooth enamel decreased to 76.4 % due to there was no artificial saliva to aid remineralization.

Keywords : Automatic pH cycling system, Hardness of tooth, Tooth erosion

---

[1] ช่างเทคนิคชำนาญงาน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

[2] นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

[3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

[4] ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

[*] Corresponding author : E-mail: chanya.ch@psu.ac.th Tel. 074-287562

บทนำ

ฟันสึกกร่อนเป็นปัญหาทันตสุขภาพที่มีความสำคัญ เนื่องจากการรักษายุ่งยากและมีค่าใช้จ่ายสูง จึงมีผู้ให้ความสนใจศึกษาสาเหตุและวิธีป้องกันฟันสึกเป็นจำนวนมาก งานวิจัยเกี่ยวกับฟันสึกในห้องปฏิบัติการมีวิธีการศึกษาหลายรูปแบบ ส่วนใหญ่คือ นำฟันมาแช่ในสารที่ทำให้ฟันสึกกร่อน เช่น อาหารหรือเครื่องดื่มรสเปรี้ยว เป็นระยะเวลาหนึ่ง แล้ววัดการสึกกร่อนของฟันหรือความแข็งผิวเคลือบฟันที่เปลี่ยนแปลง [1-3] วิธีการนี้เหมาะสำหรับศึกษาเปรียบเทียบสารต่างชนิด ที่มีผลทำให้ฟันสึกกร่อนต่างกัน แต่ไม่บ่งชี้สภาวะและเวลาที่ทำให้ฟันสึกกร่อนจริง เนื่องจากในช่องปากมีน้ำลาย ซึ่งสามารถคืนกลับแร่ธาตุ (remineralization) ให้แก่ฟันได้ตลอดเวลา ดังนั้นการสึกกร่อนของฟันในสภาวะช่องปากจริงจะเกิดช้ากว่าการทดลองในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีการดังกล่าว

เพื่อให้สามารถจำลองสภาพช่องปากจริงที่ฟันจะต้องสัมผัสกรดจากอาหารหรือเครื่องดื่มหรือของเหลวที่มีฤทธิ์เป็นกรด เช่น การอาเจียนกรดไหลย้อนจากภายในร่างกาย หรือน้ำจากสระว่ายน้ำ จำเป็นที่จะต้องออกแบบการทดลองให้ฟันสัมผัสสารที่มีฤทธิ์เป็นกรดสลับกับน้ำลายตลอดเวลาเพื่อจำลองให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง ในทางปฏิบัติวิธีนี้สามารถทำได้ง่าย เช่น การแช่ฟันสลับไปมาในภาชนะบรรจุสารที่มีฤทธิ์เป็นกรด สลับกับภาชนะบรรจุน้ำลาย โดยใช้คนคอยสลับตัวอย่างฟันไปมาระหว่างภาชนะบรรจุสาร แต่ถ้าออกแบบให้มีการทดลองนานเป็นชั่วโมง และให้มีการสลับค่าพีเอชในช่วงเวลาสั้นๆ ระดับวินาทีหรือนาทีตลอดเวลา ก็ยากที่จะสามารถทำได้ตรงตลอดระยะเวลาที่กำหนดในการทดลอง นอกจากนั้นการสลับฟันตัวอย่างไปมาระหว่างภาชนะที่บรรจุสารที่มีค่าพีเอชต่างกัน เมื่อยกฟันขึ้นเพื่อสลับภาชนะ น้ำลายเทียมหรือสารฤทธิ์กรดที่แช่ฟันจะเกาะติดฟันไปด้วย เมื่อสลับฟันจากกรดลงในน้ำลายเทียมจะทำให้ค่าพีเอชของน้ำลายเทียมเปลี่ยนจากกลางเป็นกรด และทำนองเดียวกันเมื่อสลับฟันจากน้ำลายเทียมลงในสารฤทธิ์กรด จะทำให้สารฤทธิ์กรดมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้น ความเป็นกรดจะลดลง

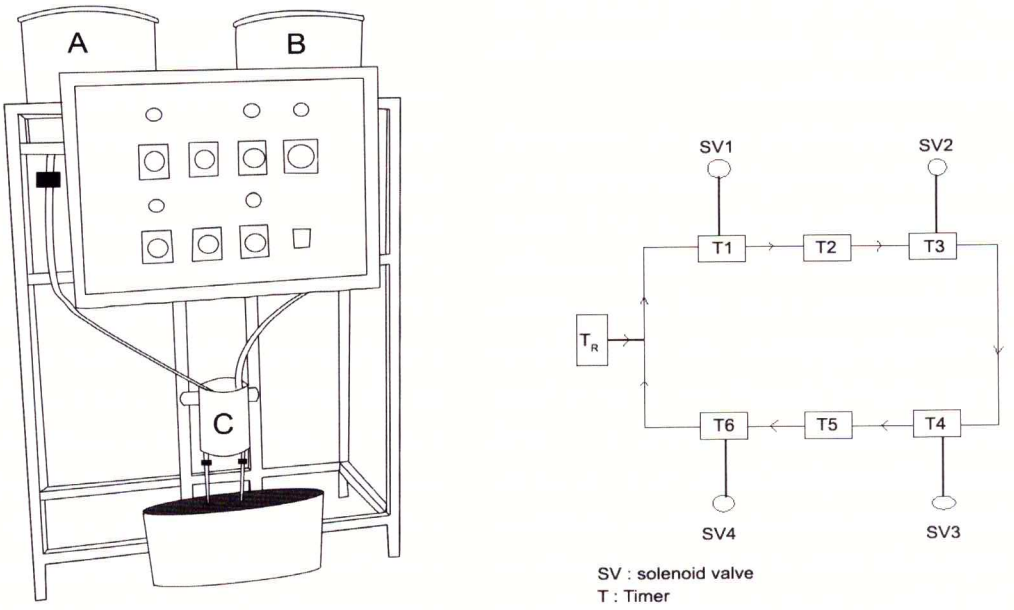
งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ออกแบบและสร้างชุดทดลองแช่ฟันในภาชนะที่สามารถกำหนดการไหล เวลากักแช่ และเททิ้งสารละลายที่มีค่าพีเอชต่างกันสลับไปมาได้ ชุดทดลองที่ได้นี้จะใช้สำหรับจำลองการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในช่องปากเพื่อศึกษาการสึกกร่อนของฟัน

วิธีการวิจัย

1. การออกแบบและสร้างเครื่องพีเอชไซคลิ่งอัตโนมัติรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือศึกษาฟันสึกกร่อนในห้องปฏิบัติการจากรายงานวิจัยก่อนหน้า [4,5] เพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องพีเอชไซคลิ่งอัตโนมัติให้ตรงตามวัตถุประสงค์ โดยกำหนดหลักการทำงาน การใช้วัสดุอุปกรณ์ และขั้นตอนการทำงานของเครื่องมือ ดังนี้เครื่องพีเอชไซคลิ่งอัตโนมัติ (ภาพที่ 1(A)) เป็นระบบอัตโนมัติที่มีภาชนะบรรจุของเหลว 2 ใบ (ถัง A และ ถัง B) ติดตั้งอยู่ด้านบนของระบบ ที่ก้นถังแต่ละใบมีรูปล่อยของเหลวที่ควบคุมเวลาการเปิดปิดด้วยโซลีนอยด์วาล์ว (solenoid valve) เพื่อปล่อยของเหลวลงในภาชนะใส่ตัวอย่างฟัน (C) ปริมาตรของเหลวที่ไหลจากถัง A และ B ลงมาที่ภาชนะใส่ตัวอย่างฟัน จึงขึ้นกับเวลาที่ควบคุมการเปิดปิดโซลีนอยด์วาล์วของถังแต่ละใบ

การควบคุมระบบการกักเก็บและปล่อยทิ้งของเหลวในภาชนะใส่ตัวอย่างฟัน ทำโดยออกแบบให้ก้นภาชนะมีรูเปิด 2 รู ควบคุมการเปิดปิดรูปล่อยของเหลวแต่ละรู ด้วยโซลีนอยด์วาล์ว 2 ตัว เพื่อให้สามารถกำหนดระยะเวลาแช่ฟันในของเหลวที่ปล่อยจากถัง A และถัง B ตามวงจรการทำงานในภาพที่ 1 (B)

ตัวควบคุมเวลาเปิดปิดโซลีนอยด์วาล์วแต่ละจุดสามารถตั้งเวลาได้ ตั้งแต่ 1 วินาที ถึง 60 นาที เพื่อปล่อยของเหลว กักเก็บและเททิ้ง และมีชุดควบคุมเวลา



(A) (B)

ภาพที่ 1 A) เครื่องพีเอชไซคลิ่งอัตโนมัติ B) วงจรการทำงานของเครื่องพีเอชไซคลิ่งอัตโนมัติ

ที่ใช้ทดสอบทั้งหมด ตั้งเวลาได้สูงสุด 60 ชั่วโมง

2. การทดสอบการใช้งานเครื่องพีเอชไซคลิ่งอัตโนมัติ

ใส่น้ำปริมาตร 2 ลิตร ลงในถัง A และ ถัง B กำหนดเวลาที่ใช้ในการควบคุมโซลีนอยด์วาล์วแต่ละตัวให้แตกต่างกัน เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้และปริมาตรที่ได้ในการปล่อยของเหลวจากถัง A และถัง B ลงในภาชนะใส่ตัวอย่าง เพื่อคำนวณเวลาที่ใช้ต่อปริมาตรของเหลวที่ต้องการให้กักอยู่ในภาชนะใส่ตัวอย่าง

3. การศึกษาผลของน้ำอัดลมต่อความแข็งของเคลือบฟันด้วยเครื่องพีเอชไซคลิ่งอัตโนมัติ

ทดลองศึกษาผลของน้ำอัดลมต่อความแข็งของเคลือบฟัน เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานจริงของเครื่องพีเอชไซคลิ่งอัตโนมัติ ดังนี้ใช้ฟันกรามน้อย 8 ซี่ ฝังฟันแต่ละซี่ฝังลงในเรซินเหลวชนิกอะคริลิกเพื่อใช้เป็นตัวจับยึดฟันเมื่อเรซินแข็งตัวแล้ว ขัดเรซินที่หุ้มฟันออกด้วยกระดาษทรายซิลิกอนคาร์ไบด์เบอร์ 320, 600 และ 1,200 เพื่อเปิดให้ผิวเคลือบฟันโผล่เล็กน้อย ใช้ผงขัดเพชรขนาด 1 ไมครอน ชนิดสเปรย์ขัดผิวเคลือบฟันให้ได้พื้นที่เรียบแบนประมาณ 6 ตร.มม. เพื่อใช้เป็นบริเวณทดสอบความแข็งวัดความแข็งของฟันด้วยเครื่องวัดความแข็งจุลภาคแบบวิกเกอร์ส (Vickers microhardness tester, HM-211, Mitutoyo, Japan) ใช้แรงกด 100 กรัม เป็นเวลา 10 วินาที ทำซ้ำ 3 รอยกด เพื่อหาค่าเฉลี่ยเป็นค่าความแข็งเริ่มต้น (baseline hardness) ของตัวอย่างฟันทุกชิ้น

เตรียมน้ำลายเทียมตามสูตรของ McKnight และ Whitford [6] ซึ่งมีส่วนประกอบและปริมาณในน้ำกลั่น 1 ลิตร ดังนี้ Methyl-p-hydroxybenzene 2.0 กรัม, Sodium carboxymethyl cellulose 10.0 กรัม, KCl 0.625 กรัม, $MgCl_2 6H_2O$ 0.059 กรัม,

$CaCl_2$ $2H_2O$ 0.166 กรัม, K_2HPO_4 0.804 กรัม และ KH_2PO_4 0.326 กรัม น้ำอัดลมที่ใช้เป็นชนิดโคล่า (โค้ก ผู้ผลิต บริษัทไทยน้ำทิพย์ จำกัด)

นำฟันตัวอย่างจำนวน 4 ชิ้น มาทดสอบในเครื่องพีเอชไซคลิ่ง กำหนดจำนวนรอบทดสอบ 30 รอบ แต่ละรอบให้แช่ฟัน ในน้ำอัดลม 10 วินาที สลับกับการแช่ในน้ำลายเทียม 60 วินาที ทำให้เวลารวมที่ฟันสัมผัสน้ำอัดลมเท่ากับ 5 นาที ดังนี้ ควบคุมการเปิดปิดถัง A ซึ่งใส่น้ำอัดลมปริมาตร 1 ลิตร ให้ปล่อยน้ำอัดลมเป็นเวลา 4 วินาที น้ำอัดลมปริมาตร 40 มล. จะไหลลงในภาชนะใส่ตัวอย่างฟัน กักไว้เป็นเวลา 6 วินาที รวมเวลาที่ฟันแช่อยู่ในน้ำอัดลม 10 วินาที แล้วจึงปล่อยน้ำอัดลมออกจากภาชนะใส่ตัวอย่างฟันให้หมด ควบคุมการเปิด ปิดถัง B ซึ่งใส่น้ำลายเทียมปริมาตร 1 ลิตร ใช้เวลา 4 วินาที ปล่อยน้ำลายเทียมปริมาตร 40 มล. จากถัง B ลงในภาชนะใส่ตัวอย่างฟัน กักไว้เป็นเวลา 56 วินาที รวมเวลาที่ฟันแช่อยู่ในน้ำลายเทียมเป็นเวลา 60 วินาที แล้วจึงปล่อยน้ำลายเทียมออกจากภาชนะใส่ตัวอย่างฟันให้หมด

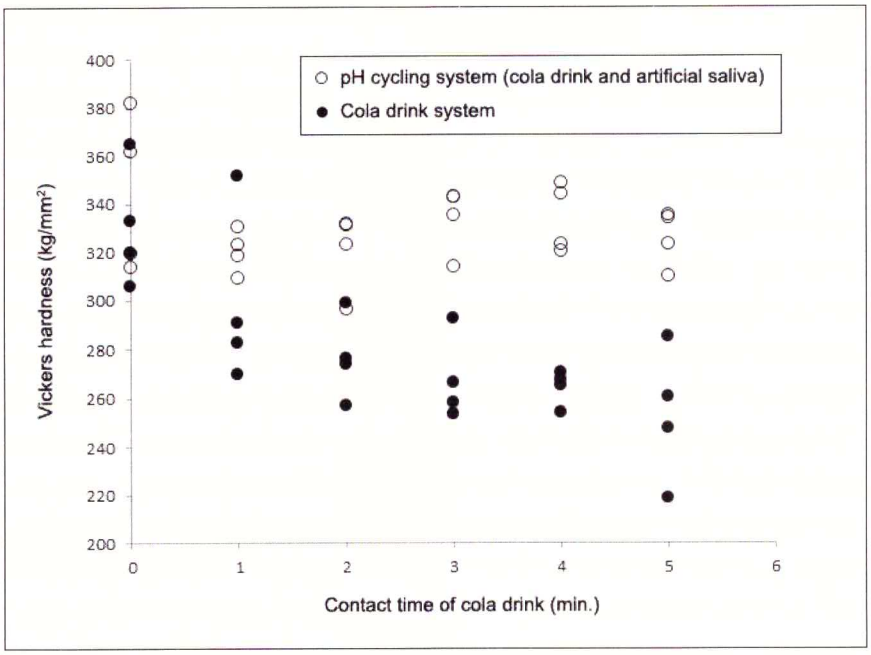
ทำขั้นตอนในข้อ 1 และ 2 ข้างต้นสลับไปมาจนครบ 6 รอบ เท่ากับเวลาที่ฟันสัมผัสน้ำอัดลม 1 นาที นำฟันตัวอย่างออกมาล้างด้วยน้ำ ตั้งทิ้งให้แห้งแล้วนำไปวัดความแข็งด้วยเครื่องวัดความแข็งจุลภาค จากนั้นนำไปทำพีเอชไซคลิ่งซ้ำด้วยวิธีการเดิม ทุก ๆ 6 รอบ นำฟันตัวอย่างออกมาวัดความแข็งจุลภาคจนครบ 30 รอบ

นำฟันตัวอย่างจำนวน 4 ชิ้นที่เหลือ มาทดสอบโดยแช่ในน้ำอัดลมปริมาตร 40 มล. เป็นเวลา 1 นาที แล้วล้างด้วยน้ำ ตั้งทิ้งให้แห้ง ก่อนนำไปวัดความแข็งด้วยเครื่องวัดความแข็งจุลภาค จากนั้นนำไปแช่ซ้ำในน้ำอัดลม วัดความแข็งหลังแช่ฟันในน้ำอัดลมทุกๆ 1 นาที จนครบ 5 นาที เพื่อเปรียบเทียบกับความแข็งของเคลือบฟันที่สัมผัสน้ำอัดลมเป็นเวลา 5 นาที ในระบบพีเอชไซคลิ่ง

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้พบว่า เครื่องมือที่ออกแบบนี้สามารถกำหนดปริมาตรของเหลวในภาชนะใส่ตัวอย่างได้จากการควบคุมเวลาในการปล่อยของเหลวจากถัง A หรือถัง B ผลการทดสอบพบว่า อัตราการไหลของน้ำจากถัง A ลงในภาชนะใส่ตัวอย่าง ภายในเวลา 4 วินาที จากการทดสอบ 20 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 10.48 ± 0.22 มล./วินาที อัตราการไหลของน้ำจากถัง B ลงในภาชนะใส่ตัวอย่าง ภายในเวลา 4 วินาที จากการทดสอบ 20 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 9.78 ± 0.25 มล./วินาที ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการกำหนดอัตราการไหลที่เหมาะสมกับปริมาตรที่ต้องการใช้แช่ตัวอย่างฟันได้ การที่อัตราการไหลของน้ำจากถัง A และถัง B ลงในภาชนะใส่ตัวอย่างมีค่าต่างกันเล็กน้อย อาจเกิดจากความคลาดเคลื่อนในการตั้งเข็มควบคุมเวลาระดับวินาที ซึ่งเป็นแบบปุ่มหมุนทำให้การปริมาตรของน้ำจากถัง A และ B ลงมายังภาชนะใส่ตัวอย่างมีค่าต่างกัน ดังนั้นเมื่อนำไปใช้งานจริง ผู้ใช้จำเป็นต้องทดลองหาอัตราการไหลที่แน่นอนอีกครั้ง โดยปรับเทียบ (calibrate) ปุ่มควบคุมเวลานี้ให้เพื่อให้ตรงกับปริมาตรของเหลวที่ต้องการ การปรับเทียบนี้ยังเป็นเรื่องจำเป็นสำหรับการทดลองในของเหลวที่มีความหนืดแตกต่างกันอีกด้วย เพราะของเหลวที่มีความหนืดแตกต่างย่อมมีอัตราการไหลที่แตกต่างกัน ดังนั้นก่อนทำการทดลองจริง ผู้ใช้ควรทดลองหาอัตราการไหลของของเหลวที่ใช้ เพื่อให้สามารถกำหนดปริมาตรที่แน่นอนของของเหลวที่จะใช้แช่ตัวอย่างด้วย

เพื่อทดสอบว่าเครื่องพีเอชไซคลิ่งอัตโนมัติที่จัดทำขึ้นนี้ สามารถนำไปใช้งานได้จริงในห้องปฏิบัติการ คณะผู้วิจัยจึงได้ออกแบบการทดลอง ศึกษาผลของน้ำอัดลมที่มีการเปลี่ยนแปลงความแข็งของผิวเคลือบฟัน โดยแบ่งกลุ่มทดลองเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองในระบบพีเอชไซคลิ่ง และกลุ่มที่แช่น้ำอัดลมเพียงอย่างเดียว โดยกำหนดให้ตัวอย่างฟันมี



ภาพที่ 2 ความแข็งจุลภาคของตัวอย่างฟันที่สัมผัสน้ำอัดลมทุกๆ 1 นาที เป็นเวลา 5 นาที เปรียบเทียบระหว่างการทดลองในระบบพีเอชไซคลิ่ง และการแช่ในน้ำอัดลมเพียงอย่างเดียว

ระยะเวลาในการสัมผัสน้ำอัดลมเท่ากัน เป็นเวลา 5 นาที ภาพที่ 2 แสดงค่าความแข็งจุลภาคของตัวอย่างฟันทั้งสองกลุ่ม หลังจากสัมผัสน้ำอัดลมทุกๆ 1 นาที การทดลองในระบบพีเอชไซคลิ่ง ซึ่งสภาพแวดล้อมของฟันมีการเปลี่ยนไปมาระหว่างน้ำอัดลมและน้ำลายเทียม ทำให้ความแข็งของเคลือบฟันมีค่าลดลงจากเดิมไม่มากนัก คิดเป็น 94.5 % ของความแข็งเริ่มต้น (ค่าเฉลี่ยความแข็งเริ่มต้นเท่ากับ 344.5 kg/mm^2 และค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังสัมผัสน้ำอัดลม 5 นาที มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 325.5 kg/mm^2) ขณะที่ การแช่ฟันในน้ำอัดลมเพียงอย่างเดียว ทำให้ความแข็งจุลภาคของเคลือบฟันมีค่าลดลงมากกว่าการทดลองในระบบพีเอชไซคลิ่ง ทั้งที่ระยะเวลาในการสัมผัสน้ำอัดลมเท่ากันคือหลังจากสัมผัสน้ำอัดลมครบ 5 นาที ความแข็งของเคลือบฟันมีค่าลดลงจากเดิม เหลือเพียง 76.4 % ของความแข็งเริ่มต้น (ค่าเฉลี่ยความแข็งเริ่มต้นเท่ากับ 330.7 kg/mm^2 และค่าความแข็งของเคลือบฟันหลังสัมผัสน้ำอัดลม 5 นาที มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 252.8 kg/mm^2) น้ำอัดลมเป็นเครื่องดื่มที่มีรายงานการศึกษาทั้งในทางคลินิกและในห้องปฏิบัติการว่าเป็นเครื่องดื่มที่ทำให้ฟันสึกกร่อนได้ [7] งานวิจัยในห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่ทดลองแช่ฟันในน้ำอัดลมเพียงอย่างเดียวและบ่งชี้ความรุนแรงของเครื่องดื่มชนิดนี้เปรียบเทียบกับเครื่องดื่มอื่นๆ ขณะที่การทดลองนี้ให้ฟันสัมผัสเครื่องดื่มเป็นเวลา 5 นาที ในระบบพีเอชไซคลิ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำลายช่วยคืนกลับแร่ธาตุ ทำให้ความแข็งของเคลือบฟันที่สัมผัสน้ำอัดลมมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ดังนั้น การบ่งชี้ความรุนแรงของน้ำอัดลมที่ทำให้ฟันสึก จำเป็นต้องศึกษาในระบบพีเอชไซคลิ่ง แบบระยะยาว (long term) กว่านี้ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถบ่งชี้และทำนายความรุนแรงของเครื่องดื่มชนิดนี้ได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

สรุปผลการวิจัย

การทดลองในระบบพีเอชไซคลิ่ง แสดงให้เห็นว่าน้ำลายเป็นตัวแปรสำคัญที่ช่วยคืนกลับแร่ธาตุให้แก่ฟันได้ และทำให้ความแข็งของเคลือบฟันมีค่าลดลงน้อยกว่าการแช่น้ำอัดลมเพียงอย่างเดียว การศึกษาฟันสึกเหตุจากกรด จึงควรต้องทำการทดลองในระบบพีเอชไซคลิ่ง ที่สามารถเปลี่ยนแปลงสภาพของเหลวที่แวดล้อมฟัน จากสารที่ทำให้เกิดการสลายแร่ธาตุ เช่น อาหารฤทธิ์กรด สลับไปมากับสารที่ช่วยการคืนกลับของแร่ธาตุ ซึ่งก็คือ น้ำลาย เช่นเดียวกับสภาพที่เกิดจริงในช่องปาก จึงจะได้ข้อมูลที่บ่งชี้การเปลี่ยนแปลงของเคลือบฟันได้ใกล้เคียงความเป็นจริงกว่าการทดลองในสารที่ทำให้เกิดการสลายแร่ธาตุเพียงอย่างเดียว เครื่องพีเอชไซคลิ่งอัตโนมัติจึงเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการจำลองสภาพช่องปากเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของฟัน และจากการออกแบบให้เครื่องมือมีความยืดหยุ่นในการกำหนดเวลาการไหลและปริมาตรของเหลวที่ใช้ เครื่องมือนี้จึงสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือทดลองสำหรับวัสดุทันตกรรมและวัสดุอื่นๆ ที่มีสภาพแวดล้อมเป็นของเหลวที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชได้เป็นอย่างดี

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยที่ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สัญญาเลขที่ DEN530227S คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Chuenarrom, C. and Benjakul, P. (2010). "Dental Erosion Protection by Fermented Shrimp Paste in Acidic Food," **Caries Research.** 44, 20-23.

[2] Lupi-Pegurier, L., Muller, M., Leforestier, E., Bertrand, M.F. and Bolla, M. (2003). "In vitro action of Bordeaux red wine on the microhardness of human dental enamel," **Archives of Oral Biology.** 48, 141-145.

[3] Attin, T., Meyer, K., Hellwig, E., Buchalla, W. and Lennon, A.M. (2003). "Effect of mineral supplements to citric acid on enamel erosion," **Archives of Oral Biology.** 48, 753-759.

[4] Almqvist, H., Lagerlof, F. and Angmar-Mansson, B. (1990). "Automatic pH-cycling caries model applied on root hard tissue," **Caries research.** 24, 1-5.

[5] Matsuda, Y., Komatsu, H., Murata, Y., Tanaka, T. and Sano, H. (2006). "A newly designed automatic pH-cycling system to simulate daily pH fluctuations," **Dental Materials Journal.** 25, 280-285.

[6] McKnight-Hanes, C. and Whitford, G.M. (1992). "Fluoride release from three glass ionomer and the effects of vanishing with or without finishing," **Caries Research.** 26, 345-350.

[7] Tahmassebi, J.F., Duggal, M.S., Malik-Kotru, G. and Curzon, M.E. (2006). "Soft drinks and dental health: a review of the current literature," **Journal of Dentistry.** 34, 2-11.

บทความวิจัย

ผลของการนวดกระเบนเหน็บตามวิธีการของหมอคณิต เขมะพันธุ์มนัส ต่ออาการปวดประจำเดือน

Effect of Sacral Massage by Method of Mr. Khanit Khemapanmanat to Reduce Dysmenorrhea

สลิลทิพย์ ฟุ้งธรรมสาร[1] นลินวรรณ ชลสงคราม[1] เนตรนภา เพ็ชรมณี[1] สิริพร จารุกิตติ์สกุล[1] และสนั่น ศุภธีรสกุล[1*]

Salinthip Phungtammsan[1], Nalinwan Chonsongkram[1], Natenapa Petchmanee[1], Siriporn Jarukitsakul[1] and Sanan Subhadhirasakul[1*]

บทคัดย่อ

การศึกษาการนวดกระเบนเหน็บลดอาการปวดประจำเดือนในอาสาสมัคร ตามวิธีการนวดของหมอคณิต เขมะพันธุ์มนัส เป็นการวิจัยแบบ quasi-experimental research เพื่อศึกษาภูมิปัญญาด้านการนวดกระเบนเหน็บลดอาการปวดประจำเดือน โดยเปรียบเทียบตำแหน่งการนวดกับตำแหน่งทางกายวิภาคศาสตร์ และเส้นประธานสิบ รวมทั้งศึกษาผลของการนวดลดอาการปวดประจำเดือนในอาสาสมัคร ประชากรในการศึกษาครั้งนี้ คือ สตรีอายุ 18- 25 ปี อยู่ในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ไม่มีโรคแทรกซ้อนทางนรีเวช ประจำเดือนมาสม่ำเสมอ และมีระดับอาการ ปวดประจำเดือนตั้งแต่ 6 คะแนนขึ้นไป อย่างน้อย 1 วันต่อรอบประจำเดือน เมื่อทำการวัดด้วย visual analog scale จำนวน 32 คน โดยเลือกอาสาสมัครแบบเจาะจง อาสาสมัครจะได้รับการนวดกระเบนเหน็บ 1 ครั้ง ก่อนประจำเดือนมา เป็นระยะเวลา 15 นาที โดยจะได้รับการประเมินระดับอาการปวดประจำเดือนก่อนนวดเป็นเวลา 2 รอบประจำเดือน และติดตามผลหลังการนวดเป็นเวลา 4 รอบประจำเดือน ผลการศึกษาพบว่า ผลหลังนวดครั้งที่ 1,2,3และ4ระดับอาการปวดประจำเดือนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$)จึงสรุปได้ว่าการนวดกระเบนเหน็บเป็นวิธีการรักษาอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถช่วยลดอาการปวดประจำเดือนได้ทั้งในรอบปัจจุบัน และในรอบถัดไป

คำสำคัญ : การนวด กระเบนเหน็บ ปวดประจำเดือน

---

[1] คณะการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา 90112

[*] Corresponding author : Email-sanan.s@psu.ac.th โทรศัพท์ 074-2822700

Thaksin.J., Vol.15 (1) January-June 2012

Abstract

This quasi-experimental research aimed to investigate the effect of sacral massage therapy using techniques which were obtained from Mr. Khanit Khemapanmanat for non-medical treatment of dysmenorrhea. The massage was performed on 32 women in Hatyai district, Songkhla province who met the following criteria: aged 18 to 25 years, having regular menstrual cycle, absence of gynecological diseases, suffering from dysmenorrhea, pain score more than 6 according to the visual analogue scale. Dysmenorrheal pain score of the participants were monthly recorded for 2 times before received the massage treatment. The participants received 15 minutes of the massage therapy before their regular menstrual cycle 1 time. The dysmenorrheal pain of the participants was then scored using visual analogue scale and was repeatedly done for 4 months. Each point applied to the massage techniques was additionally compared with human anatomy as well as 10 main energy lines. Our results revealed that the dysmenorrheal pain score of the participants significantly reduced ($P< 0.05$) after the next 4 months. In conclusion, the sacral massage technique traditionally used by Mr. Khanit Khemapanmanat is an effective method for reducing the dysmenorrheal pain in current cycle and next cycles.

Keywords : Massage, Sacrum, Dysmenorrhea

บทนำ

อาการปวดประจำเดือน หมายถึง อาการปวดท้องน้อยหรือปวดถ่วงในอุ้งเชิงกราน อาการปวดนี้เกิดจากการที่กล้ามเนื้อมีการหดรัดตัวและเกร็งตัวมากบริเวณมดลูกในระหว่างที่มีรอบประจำเดือน [1] แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ อาการปวดประจำเดือนชนิดปฐมภูมิเป็นอาการปวดที่เกิดขึ้นโดยไม่มีพยาธิสภาพในช่องเชิงกราน และอาการปวดประจำเดือนชนิดทุติยภูมิ เป็นอาการปวดที่เกิดขึ้นจากการมีพยาธิสภาพในช่องเชิงกราน [2, 3] พบอาการปวดประจำเดือนชนิดปฐมภูมิได้บ่อยกว่าชนิดทุติยภูมิ และพบอาการอื่นๆ ร่วมด้วย เช่น ปวดศีรษะ คลื่นไส้ ท้องผูก หงุดหงิด เป็นต้น อาการปวดประจำเดือนจึงเป็นปัญหาหนึ่งที่สำคัญต่อสุขภาวะของสตรีไทย ถือเป็นอุปสรรคต่อการเรียน การทำงาน และการดำเนินชีวิตประจำวัน นำไปสู่การสูญเสียทางเศรษฐกิจอย่างมาก [4] ปัจจุบันกลุ่มสตรีจำนวนมากที่ประสบปัญหาปวดประจำเดือน โดยมีอาการปวดท้องน้อยในระหว่างการมีประจำเดือน 8-48 ชั่วโมง [5] จากงานวิจัยของสุนันทา ยังวนิชเศรษฐ พบว่านักศึกษาสตรีมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์มีอาการปวดท้องน้อยมากที่สุดในวันแรกของการมีประจำเดือนถึงร้อยละ 77.6 เมื่อเปรียบเทียบกับอาการอื่น และผลงานวิจัยยังพบว่านักศึกษาสตรีใช้ยาในการบรรเทาอาการปวดท้องน้อยมากที่สุดถึงร้อยละ 41.5 มากกว่าการปฏิบัติในการบรรเทาอาการอื่นๆ เช่น การประคบร้อน การดื่มน้ำอุ่น การนวด โยคะ เป็นต้น [6] การนวดเป็นศาสตร์และศิลป์เพื่อการรักษาความเจ็บป่วยของมนุษย์มาช้านาน ได้มีการนำมาใช้ในการบรรเทาความเจ็บป่วยมากกว่า 3,000 ปี [7, 8] จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดอาการปวดประจำเดือนแทนการใช้ยาซึ่งมีผลข้างเคียง ในปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาการนวดลดอาการปวดประจำเดือน ทั้งที่มีหมอแผนไทยที่เชี่ยวชาญอยู่เป็นจำนวนมาก หมอคณิต เขมะพันธุ์มนัส เป็นหมอแผนไทยในจังหวัดสงขลา ที่มีใบประกอบโรคศิลปะด้านการแพทย์แผนไทย มีความรู้ความชำนาญ และมีประสบการณ์ในการรักษาโรคเส้นและโรคลมมานานกว่า 25 ปี ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำผู้มีความรู้ความสามารถพิเศษ ที่คณะการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษารายละเอียด

วิธีการนวดกระเบนเหน็บลดอาการปวดประจำเดือนของหมอคณิต เขมะพันธุ์มนัส แล้วเปรียบเทียบตำแหน่งการนวดกับตำแหน่งทางกายวิภาคศาสตร์และเส้นประธานสิบ รวมทั้งศึกษาผลการนวดกระเบนเหน็บลดอาการปวดประจำเดือนในอาสาสมัคร

อุปกรณ์และวิธีการ

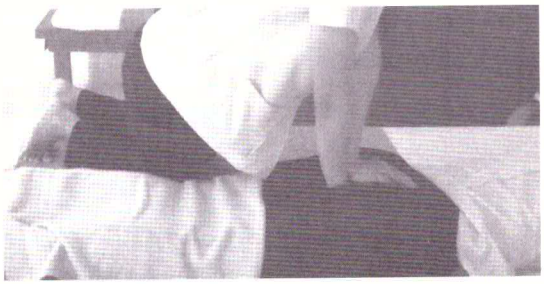
การศึกษานี้เป็นการศึกษากึ่งทดลอง (quasi-experimental research) ได้ผ่านการพิจารณาและเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ทำการศึกษาตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2554 - มกราคม 2555 โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) ประชากรในการศึกษาครั้งนี้ คือ สตรีอายุ 15-25 ปี ในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ไม่มีโรคแทรกซ้อนทางนรีเวช ประจำเดือนมาสม่ำเสมอ (ประจำเดือนแต่ละรอบมาห่างกันไม่น้อยกว่า 21 วัน แต่ไม่เกิน 35 วัน) และมีระดับอาการปวดประจำเดือนตั้งแต่ 6คะแนนขึ้นไป(ปวดระดับปานกลาง-รุนแรง)อย่างน้อย 1 วันต่อรอบประจำเดือน จำนวน 32 คน

วิธีการศึกษาเริ่มจากศึกษาและรวบรวมความรู้เรื่องการนวดกระเบนเหน็บลดอาการปวดประจำเดือนจากหมอคณิต เขมะพันธุ์มนัส แล้วนำตำแหน่งการนวดมาเปรียบเทียบกับตำแหน่งทางกายวิภาคศาสตร์และเส้นประธานสิบ หลังจากนั้นทำการฝึกปฏิบัติโดยทดลองการนวดกระเบนเหน็บกับ หมอคณิต เขมะพันธุ์มนัส จนถูกต้องทั้งตำแหน่งและน้ำหนักที่ใช้นวด เนื่องจากมีผู้นวดจำนวน 3 คนจึงต้องมีการหาค่าน้ำหนักมือที่เหมาะสมในการนวด โดยค่าน้ำหนักมือดังกล่าวมาจากหมอคณิตที่ทำการนวดในอาสาสมัครที่มีค่าดัชนีมวลกายแตกต่างกัน จำนวน 10 คน แล้วอาสาสมัครมีความรู้สึกว่าน้ำหนักที่นวดได้ส่งถึงภายในท้องน้อย อีกทั้งมีความรู้สึกปวดหน่วง และมีการบีบตัวของมดลูก นำน้ำหนักที่นวดในอาสาสมัคร มากดลงบนเครื่องชั่งน้ำหนักเพื่อหาค่าน้ำหนักมือ จึงสรุปเป็นความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีมวลกายกับน้ำหนักมือที่ใช้นวด ดังนี้

ค่าดัชนีมวลกาย (BMI)	ช่วงน้ำหนักมือที่ใช้นวด (Kg.)
< 18.5	20-24.9
18.5 - 20.7	25-29.9
20.8 - 22.9	30-34.9
23 - 24.9	35-39.9
> 25	> 40

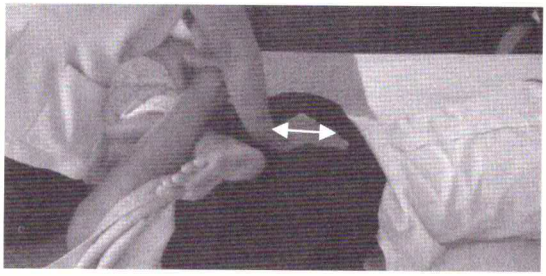
อาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกจะทำการสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับประวัติทั่วไป ประวัติการเจ็บป่วยในอดีต ประวัติครอบครัว ประวัติส่วนตัว และประวัติประจำเดือน ต่อมาให้อาสาสมัครประเมินระดับอาการปวดประจำเดือน โดยใช้มาตรวัดความปวด visual analogue scale: VAS ตั้งแต่ 0-10 คะแนน ย้อนหลังก่อนทำการนวด 2 รอบประจำเดือน นำค่าระดับอาการปวดประจำเดือนดังกล่าวมาหาค่าเฉลี่ยเป็นค่าระดับอาการปวดประจำเดือนก่อนนวด หลังจากนั้นทำการนวดอาสาสมัครที่โรงพยาบาลการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ก่อนประจำเดือนมาในวันที่มีสัญญาณบ่งบอกว่าจะมีประจำเดือน เป็นระยะเวลา 15 นาที แบ่งท่านวดกระเบนเหน็บออกเป็น 2 ท่า ได้แก่

1. ท่านวดคลายกล้ามเนื้อ ให้อาสาสมัครนอนคว่ำไม่หนุนหมอน ขาเหยียดตรง ผู้นวดทำการนวดโดยกดที่กระเบนเหน็บด้วยฝ่ามือ ส่งน้ำหนักลง พร้อมประเมินความรู้สึก จะใช้เวลากดครั้งละ 30 วินาที ปล่อย 30 วินาที รวมทั้งหมดเป็นเวลา 5 นาที (ดังภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ท่านวดคลายกล้ามเนื้อ

2. ท่านวดรักษา ให้อาสาสมัครนอนคว่ำไม่หนุนหมอน ผู้นวดพับขาอาสาสมัครสองข้างไขว้กันดันไปด้านหน้า ทำการนวดโดยกดที่กระเบนเหน็บด้วยฝ่ามือ และกดโยกสลับไปมาหน้า-หลังช้าๆ พร้อมประเมินความรู้สึก จะใช้เวลากดครั้งละ 30 วินาที ปล่อย 30 วินาที รวมทั้งหมดเป็นเวลา 10 นาที (ดังภาพที่ 2)



ภาพที่ 1 ท่านวดคลายกล้ามเนื้อ

การนวดดังกล่าวจะทำเพียง1ครั้งจากนั้นติดตามผลหลังการนวดจำนวน 4 รอบประจำเดือน โดยแบ่งการติดตามผลตามระยะเวลา ดังต่อไปนี้

ติดตามผลครั้งที่ 1 คือ หลังหมดประจำเดือนของรอบประจำเดือนแรก (หลังการนวด)

ติดตามผลครั้งที่ 2, 3 และ 4 คือ หลังหมดประจำเดือนของรอบประจำเดือนที่ 2, 3 และ 4

ผลการติดตามอาสาสมัครจำนวน 32 คน ได้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลสองประเภท คือ สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) และสถิติอ้างอิงแบบ dependent sample t-test วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS 11.5

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การเปรียบเทียบตำแหน่งการนวดกับตำแหน่งทางกายวิภาคศาสตร์และเส้นประธานสิบ

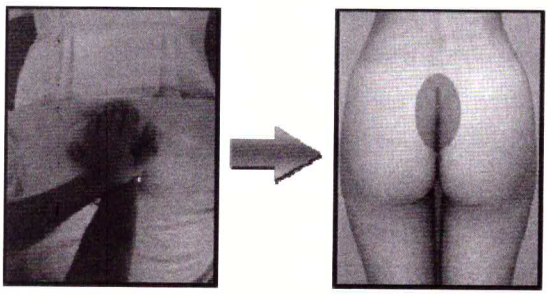
เมื่อเปรียบเทียบตำแหน่งการนวดกับตำแหน่งทางกายวิภาคศาสตร์ พบว่าตำแหน่งที่นวดดังกล่าวเกี่ยวข้องกับส่วนต่างๆ ดังนี้

กล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน : มี thoracolumbar fascia คลุมกล้ามเนื้อหลังส่วน lumbar region ตรงบริเวณที่กด คือ origin of longissimus muscle, origin of iliocostalis muscle และ origin of multifidus muscle ในส่วนของ muscles of the gluteal region คือ origin of gluteus maximus muscle และ origin of piriformis muscle และ muscles of the pelvic floor คือ insertion of coccygeus muscle

กระดูกและข้อต่อ : ตรงกับตำแหน่ง sacrum (S1-S5), lumbasacral joint, sacrococcygeal joint และ sacroiliac joint (มี ligament: interosseous sacroiliac ligament , anterior & posterior sacroiliac ligament, sacrotuberous ligament, sacrospinous ligament, iliolumbar ligament)

เส้นประสาท : ตรงกับ spinal nerve (quada equina) ระดับ S1-S5

หลอดเลือดแดง : ตรงกับ lateral sacral artery เป็นแขนงของ posterior spinal artery [9-11] เมื่อเปรียบเทียบตำแหน่งการนวดกับเส้นประธานสิบ พบว่าตรงกับตำแหน่งแล่นออกของเส้นสิกขิณี [12]



ภาพที่ 3 ตำแหน่งการนวดกระเบนเหน็บ

ผลการนวดกระเบนเหน็บ

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัคร

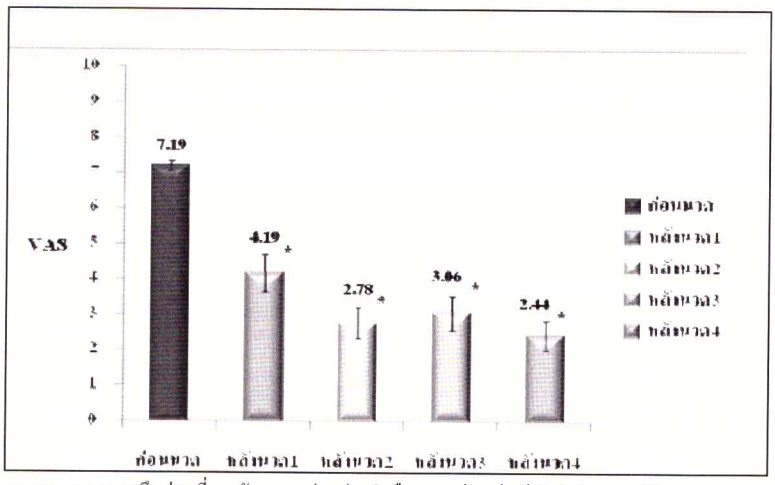
ตารางที่ 1 จำนวน และร้อยละ ของข้อมูลเกี่ยวกับประวัติของอาสาสมัคร จำนวน 32 ราย

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (ร้อยละ)
1. อายุ	
18 - 24 ปี	32 (100.0)
2.อายุที่เริ่มมีประจำเดือนครั้งแรก	
11 ปี	8 (25.0)
12 ปี	12 (37.5)
13 ปี	6 (18.8)
14 ปี	6 (18.8)
3.จำนวนวันที่มีประจำเดือน	
1 - 2 วัน	1 (3.1)
3 - 4 วัน	8 (25.0)
5 - 6 วัน	12 (37.5)
$\geq$7 วัน	11 (34.4)
4.วันที่มีอาการปวดประจำเดือนมากที่สุด	
วันที่ 1 ก่อนประจำเดือนมา	2 (6.3)
วันที่ 1 ขณะประจำเดือนมา	27 (84.4)
วันที่ 2 ขณะประจำเดือนมา	3 (9.4)
5.ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/ตารางเมตร)	
<18.5 (น้ำหนักน้อยกว่ามาตรฐาน)	5 (15.6)
18.5 – 24.9 (ปกติ)	25 (78.1)
25 – 29.9 (น้ำหนักเกินเกณฑ์)	2 (6.3)

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลระดับอาการปวดประจำเดือน

จากการศึกษา พบว่าระดับอาการปวดประจำเดือนก่อนนวดเฉลี่ย 2 รอบประจำเดือน เปรียบเทียบกับระดับอาการปวดประจำเดือนหลังนวดเมื่อติดตามผลครั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 ของอาสาสมัครลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$) รายละเอียดตามแผนภูมิที่ 1 และมีจำนวนอาสาสมัครที่มีระดับอาการปวดประจำเดือนลดลง รายละเอียดตามตารางที่ 2

แผนภูมิที่ 1 การเปรียบเทียบระดับอาการปวดประจำเดือนก่อน-หลังการนวดกระเบนเหน็บของอาสาสมัคร



หมายเหตุ * หมายถึง ค่าเฉลี่ยระดับอาการปวดประจำเดือนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับระดับอาการปวดประจำเดือนก่อนนวด

ตารางที่ 2 จำนวน และร้อยละของความแตกต่างของผลการรักษา

การติดตามผล	จำนวนอาสาสมัคร (ร้อยละ)		
	ลดลง	คงที่	เพิ่มขึ้น
ติดตามผลครั้งที่ 1	22 (68.75)	5 (15.63)	5 (15.63)
ติดตามผลครั้งที่ 2	29 (90.63)	1 (3.13)	2 (6.25)
ติดตามผลครั้งที่ 3	27 (84.38)	1 (3.13)	4 (12.5)
ติดตามผลครั้งที่ 4	31 (96.88)	0 (0)	1 (3.13)

อภิปรายผล

อาการปวดประจำเดือนเป็นปัญหาหนึ่งที่สำคัญต่อสุขภาวะของสตรีไทย ถือเป็นอุปสรรคต่อการเรียน การทำงาน และการดำเนินชีวิตประจำวัน จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการหาทางเลือกใหม่ๆ ในการช่วยบำบัดรักษาให้สามารถดำเนินชีวิตได้ตามปกติ จากผลการศึกษาการนวดกระเบนเหน็บลดอาการปวดประจำเดือนในอาสาสมัคร จำนวน 32 คน พบว่า ระดับอาการปวดประจำเดือนหลังนวดเมื่อติดตามผลครั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาเรื่องผลของการนวดเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในการรักษาอาการปวดประจำ เดือนของสตรีวัยรุ่น จำนวน 72 คน โดยทำการนวด lumbar connective tissue จำนวน 2 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 3 เดือน แล้วนำผลก่อนการรักษาเปรียบเทียบกับผลระหว่างการรักษา และผลหลังการรักษา พบว่าระดับอาการปวดประจำเดือนในระหว่างการรักษา และหลังการรักษาลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) [13] อีกทั้งสอดคล้องกับการศึกษาเรื่องผลการนวดรอบท้องแบบเมอริเดียนในผู้หญิงทำงานประจำที่มีอาการปวดประจำเดือน จำนวน 42 คน ได้รับการนวดวันละ 5 นาที ติดต่อกัน 6 วัน ตั้งแต่ 5 วันก่อนมีประจำเดือนจนกระทั่งวันแรกของการมีประจำเดือน พบว่ามีระดับอาการปวดประจำเดือนลดลงมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับ

การนวด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) [14] จากการศึกษาที่กล่าวไว้ข้างต้นสรุปได้ว่า การนวดดังกล่าวสามารถลดระดับอาการปวดประจำเดือนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามการศึกษาข้างต้นยังคงมีความแตกต่างกันที่ตำแหน่งการนวด จำนวนจุดนวดที่มีมากกว่า วิธีการนวดรักษาที่มีจำนวนหลายครั้งและระยะเวลาของผลการรักษา ส่วนการวิจัยครั้งนี้จะใช้ตำแหน่งการนวดเพียงจุดเดียว รักษาเพียงครั้งเดียว และใช้ระยะเวลาในการรักษาน้อย

จากผลการศึกษาพบว่าภายหลังการนวดกระเบนเหน็บ มีระดับอาการปวดประจำเดือนลดลงในรอบประจำเดือนแรก อาจอธิบายได้จาก การนวดจะทำให้มีการหลั่งของสารเอ็นโดฟิน ที่มีคุณสมบัติคล้ายมอร์ฟีนมีผลในการลดความปวดและช่วยให้รู้สึกผ่อนคลาย [15, 16] นอกจากนี้การนวดยังสามารถลดความตึงตัวของกล้ามเนื้อ และเพิ่มการไหลเวียนเลือดบริเวณที่นวดส่งผลให้ขับสารเคมีที่ทำให้ปวดออกจากบริเวณนั้น [17, 18] และการนวดสามารถเพิ่มระดับซีโรโทนิน ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทที่ทำหน้าที่ในการปรับระบบการควบคุมความรู้สึกเจ็บปวดให้มีความเหมาะสม[19]ส่วนระดับอาการปวดประจำเดือนที่ลดลงจากการติดตามผลในครั้งที่ 2, 3 และ 4 โดยไม่ได้รับการนวดนั้น ยังไม่พบข้อมูลและงานวิจัยที่สามารถนำมาอธิบายได้อย่างชัดเจนอย่างไรก็ตามแม้ว่าการนวดกระเบนเหน็บจะไม่พบหลักฐานสนับสนุนว่ามีผลโดยตรงต่อกระบวนการยับยั้งการสร้างสารพลอสตาแกลนดิน ซึ่งเป็นสารที่สร้างขึ้นในระหว่างมีประจำเดือน ส่งผลให้การบีบตัวของกล้ามเนื้อมดลูกแรงขึ้น แต่จากการศึกษาครั้งนี้ก็เป็นหลักฐานสนับสนุนว่าสามารถลดระดับอาการปวดประจำเดือนลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาสรุปได้ว่าการนวดกระเบนเหน็บตามวิธีการนวดของหมอคณิต เขมะพันธุ์มนัส สามารถช่วยลดอาการปวดประจำเดือนในสตรีที่มีอาการปวดประจำเดือนได้ นอกจากนี้ยังเป็นวิธีประหยัด ปลอดภัยและง่าย เนื่องจากมีตำแหน่งการนวดเพียงตำแหน่งเดียว ทำการนวดเพียงครั้งเดียว และใช้เวลานวดเพียง 15 นาที ก็สามารถช่วยลดระดับอาการปวดประจำเดือนได้ถึง 4 รอบประจำเดือน จึงเหมาะสำหรับการนำไปใช้ในการรักษาอาการปวดประจำเดือนในประชาชนทั่วไป และในสถานพยาบาล ปัจจุบันการแก้ปัญหาอาการปวดประจำเดือนที่ได้ผลมักจะทำโดยการรับประทานยากลุ่มที่มีผลยับยั้งการสร้างสารพลอสตาแกลนดิน แม้จะสามารถบรรเทาอาการปวดได้ดี แต่ก็อาจเกิดผลข้างเคียงต่างๆ ดังนั้นการนวดกระเบนเหน็บลดอาการปวดประจำเดือน ควรได้รับการสนับสนุนให้เป็นการรักษาอีกทางเลือกหนึ่ง เพื่อทดแทนการใช้ยาสำหรับสตรีที่มีอาการปวดประจำเดือน อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ยังมีข้อจำกัดในด้านการควบคุมพฤติกรรมอาสาสมัครที่อาจส่งผลต่อระดับอาการปวดประจำเดือนเนื่องจากมีการติดตามผลถึง 4 รอบประจำเดือน ดังนั้นควรมีการนำการศึกษานี้ไปพัฒนาศึกษาเพิ่มเติมในอนาคตโดยมีการควบคุมพฤติกรรมของอาสาสมัครในระหว่างการทดลองและประเมินผลและเพิ่มจำนวนอาสาสมัครให้มากขึ้นเพื่อความน่าเชื่อถือตลอดจนการนำผลการศึกษาในครั้งนี้ไปใช้ให้เกิดผลจริงเป็นรูปธรรมและสามารถขยายผลการศึกษาไปสู่อาการอื่นๆ ได้ เช่น มดลูกหย่อน ปัสสาวะกระปริดกระปรอย กลุ่มอาการวัยทอง เป็นต้น ซึ่งอาการเหล่านี้อยู่ในกลุ่มโรคลมของเส้นสิกขินี ดังที่หมอคณิต เขมะพันธุ์มนัส ได้กล่าวไว้

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการทำวิจัย ประเภทโครงงานนักศึกษา ประจำปี 2554 และขอขอบคุณโรงพยาบาลการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่อำนวยความสะดวกในด้านสถานที่ เครื่องมือรวมถึงอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] ชวนชม สกนธวัตน์. (2535). **นรีเวชวิทยา.** ขอนแก่น: คอน เพรส แอนด์ ดีไซด์.

[2] Decherney, A.H. and Pernoll M.L. (1994). **Current Obstetric & Gynecologic Diagnosis & Treatment.** USA: Appleton & Lange, Inc.,

[3] Harel, Z. (2006). Dysmenorrhea in Adolescents and Young adults: Etiology and Management. **Journal of Pediatric and Adolescent Gynecology.** 19 (6), 363-371.

[4] กมลศักดิ์ ต่างใจ วิทยา ฐิถาพันธ์ และ ดิฐกานต์ บริบูรณ์หิรัญสาร. (2547). ภาวการณ์ปวดประจำเดือนในสตรีวัยรุ่นไทย ความชุก, ผลกระทบและความรู้ในการรักษา. **J Med Assoc Thai.** 87 (3), 67-73.

[5] พนิตย์ จิวะนันทประวัติ. (2529). ปวดประจำเดือน. **นิตยสารหมอชาวบ้าน.** 7 (83), 20-23.

[6] สุนันทา ยังวนิชเศรษฐ. (2548). กลุ่มอาการก่อนมีประจำเดือน อาการปวดประจำเดือน และการปฏิบัติในการบรรเทาอาการของนักศึกษาสตรี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. **สงขลานครินทร์เวชสาร.** 23 (4), 209-217.

[7] Tappan, F. M. (1988). **Healing massage techniques : Holistic classic and emerging methods.** Norwalk : Appleton and Lange, Inc.,

[8] ศิรินทร์ภรณ์ อัจจิมางกูร. (2541). **การนวดไทย: ศาสตร์และศิลป์แห่งการพึ่งตนเองด้านสุขภาพ.** นครศรีธรรมราช: ศูนย์ฝึกอบรมและพัฒนาการสาธารณสุขมูลฐานภาคใต้.

[9] เตชะทัต เตชะเสน. (2523). **มหกายวิภาคศาสตร์.** เชียงใหม่: คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[10] บังอร ฉางทรัพย์. (2554). **กายวิภาคศาสตร์1.** กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[11] เกล็ดแก้ว ด่านวิวัฒน์. (2543). **พื้นฐานกายวิภาคศาสตร์.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[12] มูลนิสาธารณสุขกับการพัฒนา. (2552). **ตำราการนวดไทย เล่ม 1.** กรุงเทพฯ: มูลนิธิสาธารณสุขกับการพัฒนา.

[13] Reis, C.A.A.S., Hardy, E. and Sousa, M.H. (2010). The effectiveness of connective tissue massage in the treatment of primary dysmenorrheal among young women. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil.** 10 (2), 247-256.

[14] Kim, J.S., Jo, Y.J. and Hwang, S.K. (2005). The Effects of Abdominal Meridian Massage on Menstrual Cramps and Dysmenorrhea in Full-time Employed Women. T**aehan Kanho Hakhoe Chi.** 35 (7), 1325-1332.

[15] McCaffery, M. and Beebe, A. (1989). **Pain: Clinical Manual for Nursing Practice.** St. Louis: CV Mosby Co.

[16] Beare, P.G. and Mayer, J.L. (1994). **Adult Health Nursing.** St. Louis: Mosby.

[17] Chaithavuthi, J. and Muangsiri, K. (2005). **Thai massage the Thai way in theory and practice.** Bangkok : Nuntapun printing.

[18] Eungpinichpong, W. and Kongnaka, T. (2002). Effects of femoral artery temporarily occlusion on skin blood flow of foot. **J Med Tech and Phy Ther.** 14, 151-159.

[19] Field, T.M., Sunshine, W., Hernandez-Reif, M., Quintino, O., Schanberg, S., and Kuhn, C., et al. (1997). Chronic fatigue syndrome: massage therapy effects on depression and somatic symptoms in chronic fatigue syndrome. J Chronic Fatigue Syndr. 3, 43-51.

ดัชนี (Index)

ดัชนีผู้เขียน (Author Index)

ดัชนีคำสำคัญ หน้า

Keywords Index

pags

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ (Reader)

ต้นฉบับบทความวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ปีที่ 15 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน 2555) ได้รับการตรวจแก้ไขจากผู้ทรงคุณวุฒิดังรายนามต่อไปนี้

1	รศ.ดร.จิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์	ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
2	รศ.ดร.น้อมจิตต์ นวลเนตร์	ภาควิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
3	รศ.ดร.พิชัย นามประกาย	สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
4	รศ.ดร.รณสรรพ์ ชินรัมย์	ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
5	รศ.ดร.ลดาวัลย์ ประทีปชัยกรู	ภาควิชาการพยาบาลกุมารเวชศาสตร์ คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
6	รศ.ดร.สมจิต โชคชัยสถิตย์	ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
7	รศ.ดร.สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์	ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
8	รศ.ดร.อังศินันท์ อินทรกำแหง	สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
9	รศ.ดร.อรัญ หันพงศ์กิตติกุล	ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ และอุตสาหกรรม คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
10	ผศ.ดร.จินดารัตน์ ทิพย์สมาน	ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
11	ผศ.ดร.นริส ประทินทอง	สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
12	ผศ.ดร.สุเชษฐ์ สมุหเสนีโต	ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
13	ผศ.ดร.ศิววรรณ พูลพันธุ์	ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
14	ผศ.ดร.สรรฐติชัย ชีวสุทธิ์	ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
15	ผศ.ทต.ดร.อรรถวิทย์ พิสิฐอนุสรณ์	ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
16	อาจารย์พิชชานีย์ จริยพงศ์	สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

รูปแบบเนื้อหา

ลักษณะของวารสาร

วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ เป็นวารสารเผยแพร่ผลงานวิจัย/บทความทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของบุคลากร นักวิจัยในมหาวิทยาลัยทักษิณและหน่วยงานต่างๆ

ข้อแนะนำทั่วไป

1. เรื่องที่รับพิมพ์ในวารสารวิจัยนี้ต้องไม่เคยเผยแพร่ในวารสาร รายงานหรือสิ่งพิมพ์อื่นใดมาก่อน
2. ผู้ส่งบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารนี้จะต้องเป็นสมาชิกวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณเท่านั้น ยกเว้นบทความพิเศษที่กองบรรณาธิการพิจารณาให้ได้รับการยกเว้น
3. ต้นฉบับจะเขียนเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้ แต่ถ้าเป็นผลงานการวิจัยต้องมีบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
4. เนื้อหา บทความ หรือข้อคิดเห็นที่พิมพ์ในวารสารเป็นความคิดเห็นของผู้เขียนเท่านั้น กองบรรณาธิการ ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วย
5. ต้นฉบับจะต้องได้รับการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิก่อนการตีพิมพ์

ประเภทของผลงานที่จะรับตีพิมพ์

1. บทความวิจัย (Research Articles)
2. บทความวิชาการ (Articles)
3. จดหมายถึงบรรณาธิการ (Letter to Editor) เพื่อแสดงความคิดเห็นสนับสนุนหรือโต้แย้งความเห็นของนักวิจัยอื่นๆ ตลอดจนการเผยแพร่ความรู้และประสบการณ์ที่น่าสนใจ

การเตรียมต้นฉบับทั่วไป

1. ต้นฉบับต้องพิมพ์บนกระดาษขาว ขนาด A4 พิมพ์หน้าเดียว เว้นขอบด้านหน้า 1 นิ้วครึ่ง ด้านหลัง 1 นิ้ว ใส่เลขกำกับหน้าทุกหน้า โดยใช้แบบอักษร Angsana New ขนาดตัวอักษร 14 ส่งเป็นต้นฉบับพร้อมแผ่นซีดีบันทึกไฟล์ข้อมูล (สามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่เว็บไซต์ http://www.tsu.ac.th/rdi)
2. ถ้ามีภาพประกอบ ควรเป็นภาพถ่ายขาว-ดำที่ชัดเจน นอกจากจำเป็นจึงควรใช้ภาพสี
3. ถ้าเป็นภาพวาดลายเส้นให้วาดบนกระดาษขาวโดยใช้หมึกดำให้สะอาดและลายเส้นคมชัด
4. ความยาวของเรื่อง รวมภาพ ตาราง ไม่ควรเกิน 8 หน้า
5. ส่งต้นฉบับจำนวน 3 ชุด มายังกองบรรณาธิการวารสาร

การเตรียมต้นฉบับสำหรับบทความวิจัย

บทความวิจัยให้เรียงลำดับตามองค์ประกอบดังนี้

1. ชื่อเรื่อง (Title) ทั้งชื่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
2. ชื่อผู้เขียน (Authors) ครบทุกคน
3. บทคัดย่อ (Abstract) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ มีความยาวไม่เกิน 200 คำ
4. คำสำคัญ (Key Words) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
5. เนื้อเรื่อง (Main Body) ประกอบด้วยหัวข้อดังนี้
   1) บทนำ (Introduction) บอกความสำคัญหรือที่มาของปัญหา วัตถุประสงค์ของการวิจัย และอาจรวมการสำรวจเอกสาร (Review of Related Literature)
   2) วัสดุ อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ (Materials and Methodology)
   3) ผลการวิจัย (Results)
   4) อภิปรายผล (Discussion)
      * 3) และ 4) อาจเขียนรวมกันได้
   5) เอกสารอ้างอิง (References) ใช้ระบบเอพีเอ (APA Style)
6. แนบเอกสารแสดงการอนุญาตให้ทำการทดลองที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยทางชีวภาพ จรรยาบรรณการใช้สัตว์ทดลอง หรือจริยธรรมของการทดลองในมนุษย์มาพร้อมกับบทความวิจัย
7. รูปแบบการใช้คำย่อ สัญลักษณ์ คำย่อที่ใช้ในบทความจะต้องมีคำเต็มเมื่อปรากฏเป็นครั้งแรกในบทความ หลังจากนั้นสามารถใช้คำย่อเหล่านั้นได้ตามปกติ ควรใช้ให้เหมาะสม หลีกเลี่ยงการใช้คำย่อที่ชื่อเรื่องและในบทคัดย่อ ไม่แนะนำให้ใช้คำย่อที่ใช้ไม่เกิน 4 ครั้ง ใน 1 บทความ สำหรับสัญลักษณ์ที่ใช้ในบทความจะต้องมีคำจำกัดความหรือคำอธิบายเมื่อปรากฏเป็นครั้งแรกในบทความ หลังจากนั้นไม่จำเป็นต้องมีคำจำกัดความหรือคำอธิบาย (สามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่เว็บไซต์ http://www.tsu.ac.th/rdi)

การอ้างอิง

1. ในเนื้อเรื่อง

การอ้างอิงในเนื้อเรื่อง ใช้ระบบตัวเลขอยู่ในวงเล็บ "[ ]" หลังข้อความที่อ้างถึง โดยตัวเลขดังกล่าวเรียงตามลำดับการอ้างอิง

ตัวอย่าง

1. การใช้ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยเชิงเดี่ยวบางชนิดนานและมากเกินไปมีผลทำให้ธาตุอาหารพืชบางชนิดขาดแคลน [1]…
2. Scherer [2] รายงานว่า...
3. และยังทำให้สมดุลของธาตุอาหารพืชในดินเสียไปด้วย [3,4]...

2. ในเอกสารอ้างอิง

1) บทความวารสาร

ชื่อผู้เขียน. (ปี พ.ศ./ค.ศ.). ชื่อบทความ. **ชื่อวารสาร. ปีที่พิมพ์** (ฉบับ), หน้า.

ตัวอย่าง

[1] อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ์. (2549). ผลของการปลูกสับปะรดต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและกายภาพของชุดดินท่ายางในจังหวัดเพชรบุรี. **วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 29** (2), 297-305.

[2] Scherer, H.W. (2001). Sulphur in crop production-invited paper. **European Journal of Agronomy. 14** (3), 81-111.

2) หนังสือ

ชื่อผู้แต่ง. (ปี พ.ศ./ค.ศ.). **ชื่อหนังสือ.** สถานที่พิมพ์ : สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

[3] มุกดา สุขสวัสดิ์. (2544). **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน.** กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

[4] Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L. and Nelson, W.L. (2005). **Soil Fertility and Fertilizers : an Introduction to Nutrient Management.** New Jersey. Pearson Education, Inc.,

3) เอกสารที่ค้นได้จากเว็บไซต์

เขียนเอกสารอ้างอิงโดยใช้รูปแบบเดียวกับบรรณาณุกรมของสื่อสิ่งพิมพ์โดยทั่วไปก่อนที่จะนำมาใส่ในเว็บไซต์ต่าง ๆ เช่น เมื่อนำข้อมูลมาจากหนังสือ สามารถเขียนเอกสารอ้างอิงโดยประกอบด้วย ชื่อผู้แต่ง ปีที่พิมพ์ ชื่อเรื่อง และสถานที่พิมพ์ และเพิ่มข้อมูลที่อาจช่วยในการสืบค้น คือ วันที่สืบค้น และ URL โดยภาษาไทยใช้ว่า สืบค้นเมื่อ...จาก...และภาษาอังกฤษใช้ว่า Retrieved…from… หรือถ้านำข้อมูลมาจากบทความก็เขียนเอกสารอ้างอิงของบทความก่อน

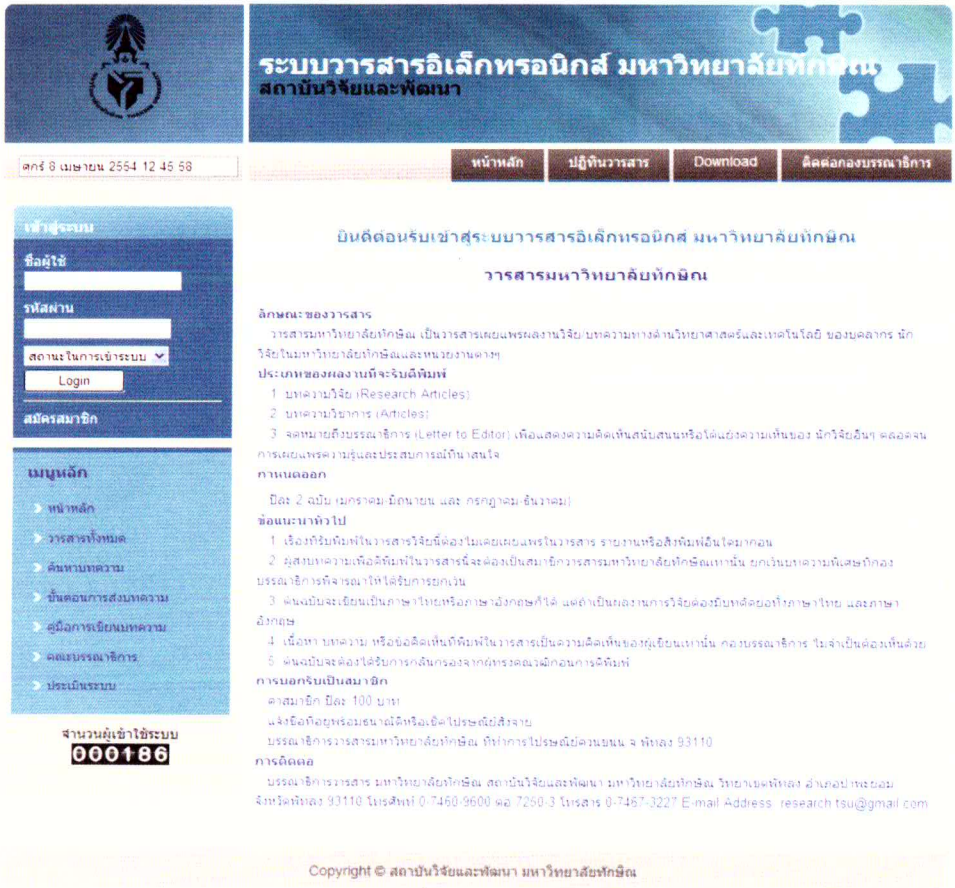
ตัวอย่าง

[5] อำนวย สุภเวชย์. (2542, 3 พฤษภาคม). เพื่อนคิดประกันชีวิต : ตัวแทนประกันมีบทบาทสำคัญอย่างไร. **ฐานเศรษฐกิจ 19** (377), 25-28. สืบค้นเมื่อ 5 พฤษภาคม 2542 จาก http://www.thainews.th.com

[6] ระพีพล กุญชร ณ อยุธยา. (ม.ป.ป.). **ความดันโลหิตสูง** สืบค้นเมื่อ 21 มิถุนายน 2550 จาก http://www.thaiheartweb.com.

ระบบวารสารอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ (Thaksin University Journal) เป็นวารสารทางวิชาการที่ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานทางวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของมหาวิทยาลัยทักษิณและหน่วยงานภายนอก ซึ่งจัดพิมพ์เป็นราย 6 เดือน (ปีละ 2 ฉบับ มกราคม-มิถุนายน และกรกฎาคม-ธันวาคม) สำหรับปี พ.ศ.2556 เป็นต้นไป ผู้สนใจที่จะเผยแพร่ผลงานทางวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สามารถส่งผลงานของท่านทางระบบไปรษณีย์ มาที่กองบรรณาธิการวารสารฯ หรือ ส่งผ่านระบบวารสารอิเล็กทรอนิกส์ (E-journal) ด้วยระบบสมาชิกวารสารฯ ได้ที่ http://rms.rdi.tsu.ac.th/ejournal โดยเริ่มใช้ระบบวารสารฯ ตั้งแต่ฉบับที่ 1 (เดือนมกราคม-มิถุนายน พ.ศ. 2556) เป็นต้นไป ระบบวารสารอิเล็กทรอนิกส์ (E-journal) นี้ พัฒนาขึ้นโดยสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ เพื่อเป็นศูนย์กลางในการรับ-ส่งบทความผ่านระบบวารสารอิเล็กทรอนิกส์ และการบริหารจัดการบทความให้มีความรวดเร็วมากยิ่งขึ้น รวมทั้งการเผยแพร่บทความแก่ผู้สนใจให้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น



ใบสมัครสมาชิก
วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ
THAKSIN UNIVERSITY JOURNAL

วันรับสมัคร.....

หมายเลขสมาชิก.....

(สำหรับเจ้าหน้าที่)

ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว).....

ที่อยู่ทางไปรษณีย์ที่ต้องการให้จัดส่งวารสาร.....

.....

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

โทรศัพท์.....โทรสาร.....E-mail.....

มีความประสงค์เป็นสมาชิกวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ จำนวน.....ปี (ปีละ 100 บาท)

พร้อมนี้ได้ส่งค่าสมาชิก จำนวน.....บาท (.....)

โดย ○ ธนาณัติ สั่งจ่าย ปณ.ควนขนุน จ.พัทลุง 93110 ในนามบรรณาธิการวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ

○ ตั๋วแลกเงินธนาคาร.....เลขที่.....

(ลงชื่อ).....

...../...../.....

สำนักงานวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง 93110

โทรศัพท์ 0-7460-9600 ต่อ 7250-3 โทรสาร 0-7467-3227

E-mail Address : research.tsu@gmail.com