รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของวิธีการเก็บรักษาและบรรจุภัณฑ์ต่อการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากพรมมิ

Handling and packaging storage effects on antioxidant activity in Brahmi, *Bacopa monnieri*

ผศ.ดร. อัจฉรี เรืองเดช, รศ.ดร. นงนุช เลาหะวิสุทธิ์
นางสาวลำพึง พุ่มจันทร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ได้รับทุนจากเงินงบประมาณแผ่นดิน
ประจำปีงบประมาณ 2557

ชื่อโครงการ ผลของวิธีการเก็บรักษาและบรรจุภัณฑ์ต่อการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากพรมมิ

Handling and packaging storage effects on antioxidant activity in Brahmi *Bacopa monnieri*

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก เงินงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2557

จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 233,000 บาท

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2556 ถึง 30 กันยายน 2557

ผู้ดำเนินการวิจัย

ผศ.ดร. อัจฉรี เรืองเดช E-mail : Kruschar@kmitl.ac.th

รศ.ดร. นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ E-mail : KInongnu@kmitl.ac.th

หลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมงสาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตรสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

โทร. 0-2329-8517 โทรสาร 0-2329-8517

บทคัดย่อ

การทดลองที่ 1 ศึกษาระดับของอายุ และวิธีการทำแห้งต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารฟีนอลรวมของพรมมิ โดยเลือกใช้พรมมิที่มีช่วงอายุแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ ช่วงอายุ 30, 40, 50 และ 60 วัน ส่วนวิธีการทำแห้ง ได้เลือกใช้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ การตากแห้งที่อุณหภูมิ 25 °C การอบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 40 °C และ 80 °C พบว่า พรมมิที่มีช่วงอายุ 30 วัน และผ่านกระบวนการอบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 40 °C นั้นมีปริมาณสารฟีนอลรวม เท่ากับ 9.96 ± 0.05และ 11.62 ± 0.05 mg ของ Gallic acid/ g ของน้ำหนักแห้งพรมมิ ตามลำดับ การกำจัดอนุมูล $DPPH^{\cdot}$ เท่ากับ 47.89 ± 0.82 และ 62.80 ± 0.71 % ตามลำดับ การเป็น Reducing power เท่ากับ 0.15 ± 0.002 และ 0.17 ± 0.002ตามลำดับ ซึ่งมีประสิทธิภาพดีที่สุด เมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่น ๆ

การทดลองที่ 2 ศึกษาเรื่องอุณหภูมิ และบรรจุภัณฑ์ต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของพรมมิ โดยเก็บพรมมิแห้งบดละเอียดไว้ในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน 4 ชนิด คือ ถุงพลาสติกไล่

อากาศ ถุงพลาสติกสุญญากาศ ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ไล่อากาศ และถุงอะลูมิเนียมฟอยล์สุญญากาศ ซึ่งจะเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่างกัน 3 ระดับ คือ -20, 4 และ 25 °Cเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์พบว่าตัวอย่างที่เก็บในอุณหภูมิ 25 °C โดยใช้ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ไล่อากาศ จะมีปริมาณฟีนอลรวมสูงที่สุดเท่ากับ 25.01±0.13 mg ของน้ำหนักแห้งพรมมิ 1 กรัม การกำจัดอนุมูล $DPPH^{\cdot}$ พบว่าที่อุณหภูมิ 25 °C มีค่าการกำจัดอนุมูล $DPPH^{\cdot}$ ดีที่สุดเท่ากับ 50.12±0.29 % ส่วนบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ค่า Reducing power พบว่าที่อุณหภูมิ 25 °C ดีที่สุดเท่ากับ 0.433±0.010 และบรรจุภัณฑ์ที่เก็บได้ดีไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์สุญญากาศ ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ไล่อากาศ และถุงพลาสติกสุญญากาศ เท่ากับ 0.831±0.057, 0.399±0.018 และ 0.374±0.056 ตามลำดับ และค่าการกำจัดอนุมูล $ABTS^{\cdot+}$ พบว่าที่อุณหภูมิ 25°Cดีที่สุดเท่ากับ 33.03±7.23 % และบรรจุภัณฑ์ที่เก็บได้ดีที่สุด คือถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ไล่อากาศ เท่ากับ 39.72±6.10 % จากการศึกษานี้พบว่า ควรเก็บพรมมิอบแห้งในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ไล่อากาศที่อุณหภูมิ 25 °Cเพื่อให้คงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด

การทดลองที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดพรมมิ (*B. monnieri*) ที่ผสมในอาหารสัตว์น้ำ โดย ศึกษาระดับความเข้มข้นสารสกัดพรมมิที่ผสมในอาหาร และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ ทำการผสมสารสกัดพรมมิในอาหารสัตว์น้ำ 2 ชนิด คือ อาหารกุ้ง และอาหารปลาดุก ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิที่ผสมในอาหาร คือ 0 (ควบคุม), 500, 1,000, 1,500 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ในแต่ละความเข้มข้นเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ วิเคราะห์ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระในสัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3, 4 และ 8 สัปดาห์ พบว่าอาหารปลาดุกที่ผสมสารสกัดพรมมิที่ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร มีค่า TBAR น้อยที่สุด กล่าวคือสามารถเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์โดยไม่ทำให้เกิดความหืนเพิ่มขึ้น ส่วนอาหารกุ้งที่ผสม สารสกัด พรมมิ ในทุกระดับความเข้มข้นมีค่า TBAR ไม่แตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: พรมมิ, การต้านอนุมูลอิสระ, การเก็บเกี่ยว, การเก็บรักษา, อาหารสัตว์น้ำ

ResearcTitle : Handling and packaging storage effects on antioxidant activity in Brahmi *Bacopa monnieri*

Researcher : Assoc. Prof. Uscharee Ruangdej

Assist. Prof. Nongnuch Laohavisuti

Faculty : Faculty of Agricultural Technology **Program**: Fisheries Science

Division : Animal Production Technology and Fisheries

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang, Bangkok

Abstract

In the first research, the effect of plant ages and drying methods on antioxidant activities and total phenolic contents of *Bacopa monneri* were studied. *B. monneri* were divided into 4 groups according to culture periods (30, 40, 50 and 60 days old). And 3 different drying methods; 25 ºC-shade dry, 40 ºC- hot air oven dry and 80 ºC- hot air oven dry. The result showed that 30 days old of *B. monneri* and 40 ºC- hot air oven dry had the best antioxidant activities; total phenolic contents were 9.96 ± 0.05 and 11.62 ± 0.05 mg of Gallic acid/ g dry plant, respectively. The DPPH scavenging activities were 47.89 ± 0.82 % and 62.80 ± 0.71 %, the reducing powers were 0.15 ± 0.002 and 0.17 ± 0.002, orderly.

The second research, the effect of storage temperature and packaging materials on antioxidant activities of *B. monneri* were studied. *B. monneri* were kept in 4 different packages; plastic bag, vacuum plastic bag, aluminium foil and vacuum aluminium foil. And 3 different storage temperature; -20, 4 and 25 °C were kept for 8 weeks. The result showed that *B. monneri* which be kept in 25 °C with aluminium foil had the best antioxidant activities; total phenolic contents were 25.01±0.13 mg of Gallic acid/ g dry plant. The DPPH scavenging activities were 50.12±0.29 %. The reducing power was 0.433±0.010. The poorest packaging material was plastic bag. The ABTS assay were high in group that kept in 25 °C (33.03±7.23 %) and vacuum aluminium foil (39.72±6.10 %). This can be concluded that *B. monneri* should be kept in vacuum aluminium foil at 25 °C in order to get the best antioxidant activities.

The third research, the study on effect of dietary Brahmi (*B. monneri*) on antioxidant activities were evaluated. Shrimp feed and fish feed were tested for the factor of concentrations (0;control, 500, 1,000, 1,500 and 2,000 mg/kg feed) and storage times (0, 1, 2, 3, 4 and 8 weeks). The group of 2,000 mg/kg fish feed revealed the least thiobarbituric acid reactive substance (TBAR) values. It can be concluded that fish feed with *B. monneri* crude extract of 2,000 mg/kg could protect the lipid peroxidation for 8 weeks, while shrimp feed did not show the statistic difference on TBAR values in any treatments.

Keywords: Brahmi, antioxidant, harvest, storage, aquatic feed

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่สนับสนุนทุนการวิจัย และขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และคณะเทคโนโลยีการเกษตรที่ให้เครื่องมือและสถานที่ในการทำงานวิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	V
สารบัญ	VI
สารบัญตาราง	VII
สารบัญภาพ	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	9
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	15
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	49
เอกสารอ้างอิง	50
ประวัตินักวิจัย	53

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณสารฟีนอลรวมของพรมมิ (*Bacopa monnieri*)ที่มีอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งที่แตกต่างกัน เมื่อเทียบเท่ากับ Gallic acid (mg ของ Gallic acid/ g ของน้ำหนักแห้งพรมมิ)	13
2	การกำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ของพรมมิ (*Bacopa monnieri*)ที่มีอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งที่แตกต่างกัน (%)	15
3	การเป็น Reducing power ของพรมมิ (*Bacopa monnieri*)ที่มีอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งที่แตกต่างกัน	16
4	การกำจัดอนุมูล ABTS$^{\bullet+}$ของพรมมิ (*Bacopa monnieri*)ที่มีอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งที่แตกต่างกัน (%)	18
5	การกำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ของพรมมิ (*Bacopa monnieri*)ที่มีอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งที่แตกต่างกัน เมื่อเทียบเท่ากับวิตามินซี (mg ของวิตามินซี/ g ของน้ำหนักแห้งพรมมิ)	19
6	การกำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ของพรมมิ (*Bacopa monnieri*)ที่มีอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งที่แตกต่างกัน เมื่อเทียบเท่ากับ BHT (mg ของ BHT/ g ของน้ำหนักแห้งพรมมิ	21
7	การกำจัดอนุมูล ABTS$^{\bullet+}$ของพรมมิ (*Bacopa monnieri*)ที่มีอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งที่แตกต่างกัน เมื่อเทียบเท่ากับวิตามินซี (mg ของวิตามินซี/ g ของน้ำหนักแห้งพรมมิ)	23
8	การกำจัดอนุมูล ABTS$^{\bullet+}$ของพรมมิ (*Bacopa monnieri*)ที่มีอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งที่แตกต่างกัน เมื่อเทียบเท่ากับ BHT (mg ของ BHT/ g ของน้ำหนักแห้งพรมมิ)	24
9	ปริมาณ Total phenolic compound (mg)ของพรมมิอบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิและบรรจุภัณฑ์แตกต่างกัน	27
10	การกำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ (%) ของพรมมิอบแห้งที่เก็บในอุณหภูมิ และบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน	28

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
11	ค่า Reducing power ของพรมมิอบแห้งที่เก็บในอุณหภูมิ และบรรจุภัณฑ์แตกต่างกัน	29
12	การกำจัดอนุมูล ABTS+- (%) ของพรมมิอบแห้ง ที่เก็บรักษาในอุณหภูมิและบรรจุภัณฑ์แตกต่างกัน	30
13	การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระทั้ง 4 วิธีของพรมมิอบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ และบรรจุภัณฑ์แตกต่างกัน	31
14	ปริมาณ MDA ของอาหารกุ้งที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*)ที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน	33
15	ปริมาณ MDA ของอาหารปลาดุกที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*)ที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน	34
16	ปริมาณสารประกอบฟีโนลิคของอาหารกุ้งที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*) ที่มีระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน	36
17	ปริมาณสารประกอบฟีโนลิคของอาหารปลาดุกที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*)ที่มีระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน	38
18	ความสามารถในการกำจัด DPPHของอาหารกุ้งที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*)ที่มีระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน	40
19	ความสามารถในการกำจัด DPPHของอาหารปลาดุกที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*)ที่มีระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน	42

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	พรมมิ (*Bacopa monnieri*) จากโรงปลูกพรรณไม้น้ำของหลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมง	2
2	ปริมาณสารฟีนอลรวมของ Peppermint ที่มีวิธีการอบแห้งที่แตกต่างกัน	6
3	ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อปริมาณสารฟีนอลรวมของพรมมิ(*Bacopa monnieri*)เมื่อเทียบเท่ากับ Gallic acid	14
4	ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล $DPPH^{\bullet}$ ของพรมมิ (*Bacopa monnieri*)	15
5	ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการเป็น Reducing power ของพรมมิ (*Bacopa monnieri*)	17
6	ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล $ABTS^{\bullet+}$ ของพรมมิ (*Bacopa monnieri*)	18
7	ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล $DPPH^{\bullet}$ ของพรมมิ (*Bacopa monnieri*)เมื่อเทียบเท่ากับวิตามินซี	20
8	ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล $DPPH^{\bullet}$ ของพรมมิ (*Bacopa monnieri*)เมื่อเทียบเท่ากับ BHT	22
9	ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล $ABTS^{\bullet+}$ ของพรมมิ (*Bacopa monnieri*)เมื่อเทียบเท่ากับวิตามินซี	23
10	ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล $ABTS^{\bullet+}$ ของพรมมิ (*Bacopa monnieri*)เมื่อเทียบเท่ากับ BHT	25
11	ผลของ อุณหภูมิและบรรจุภัณฑ์ ต่อปริมาณสารฟีนอลรวมของพรมมิ (*Bacopa monnieri*)	27
12	ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล $DPPH^{\bullet}$ ของพรมมิ (*Bacop amonnieri*)	28

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
13	ผลของอุณหภูมิและบรรจุภัณฑ์ต่อความสามารถในการเป็น Reducing power ของพรมมิ (*Bacopa monnieri*)	29
14	ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล $ABTS^{\bullet+}$ ของพรมมิ (*Bacopa monnieri*)	30
15	ผลของระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษา ต่อปริมาณ MDAในอาหารกุ้งที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*)โดยใช้วิธี TBAR ในการวิเคราะห์	33
16	ผลของระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษา ต่อปริมาณ MDA ในอาหารปลาดุกที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*)โดยใช้วิธี TBAR ในการวิเคราะห์	35
17	ผลของระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษา ต่อปริมาณสารประกอบฟีโนลิคในอาหารกุ้งที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*)	37
18	ผลของระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษา ต่อปริมาณสารประกอบฟีโนลิคในอาหารกุ้งที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*)	39
19	ผลของระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อความสามารถในการกำจัด DPPH อาหาร กุ้งที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*)	41
20	ผลของระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อความสามารถในการกำจัด DPPH อาหารปลาดุกที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*)	42

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันความนิยมในการใช้ยาที่ผลิตจากสารเคมีลดลง แต่การใช้สารจากพืชเพื่อการดูแลสุขภาพเพิ่มสูงขึ้น พรรณไม้น้ำสกุลพรมมิมีคุณประโยชน์หลายอย่าง นอกจากรูปทรงที่สวยงามใช้เพื่อประดับตู้ปลาแล้ว ยังมีการใช้ในรูปแบบสมุนไพร ซึ่งสารพฤกษเคมี (phytochemical) ที่พบในพรมมิมีหลายชนิด เช่น อัลคาลอยด์ ไกลโคไซด์ ฟลาโวนอยด์ และซาโปนิน จึงทำให้พรมมิมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ สามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันของไขมัน (Tripathi *et al*., 1996) เพิ่มเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระในสมองของหนูทดลอง (Bhattacharya *et al*., 2000) ป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับดีเอ็นเอ (Russo *et al*., 2003) และสามารถเพิ่มภูมิคุ้มกันให้สัตว์น้ำทั้งกุ้งขาว (โสมลดา และคณะ, 2550) ปลาดุกและปลากะพงขาว (Ruangdej and Laohavisuti, 2011)

คุณสมบัติต้านออกซิเดชันของพรมมิมีผลต่อคุณภาพ และอาจรวมถึงสุขภาพของผู้บริโภค การทราบถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารจากพรมมิจะช่วยให้การจัดการผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพและมีสารออกฤทธิ์คงอยู่ในปริมาณที่ต้องการ สภาวะการเก็บรักษา หรืออายุของการเก็บเกี่ยวอาจเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างมากต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เนื่องจากการใช้สารสกัดจากพรมมิผสมในอาหารสัตว์น้ำก็ยังไม่มีการรายงานว่าจะสามารถเก็บไว้ได้นานเพียงใด การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวกับการคงตัวของสารในอาหารจะช่วยให้สามารถนำมาใช้ได้อย่างสะดวกและคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาช่วงอายุ วิธีการทำแห้งที่เหมาะสม บรรจุภัณฑ์ อุณหภูมิการเก็บรักษา และประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดพรมมิที่ผสมในอาหารสัตว์น้ำ เพื่อให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป

วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อศึกษาระยะเวลาของการเก็บเกี่ยวกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของพรมมิ

1.2 เพื่อศึกษาวิธีของการทำแห้งกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของพรมมิ

1.3 เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษากับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของพรมมิ

1.4 เพื่อศึกษารูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บรักษา กับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของพรมมิ

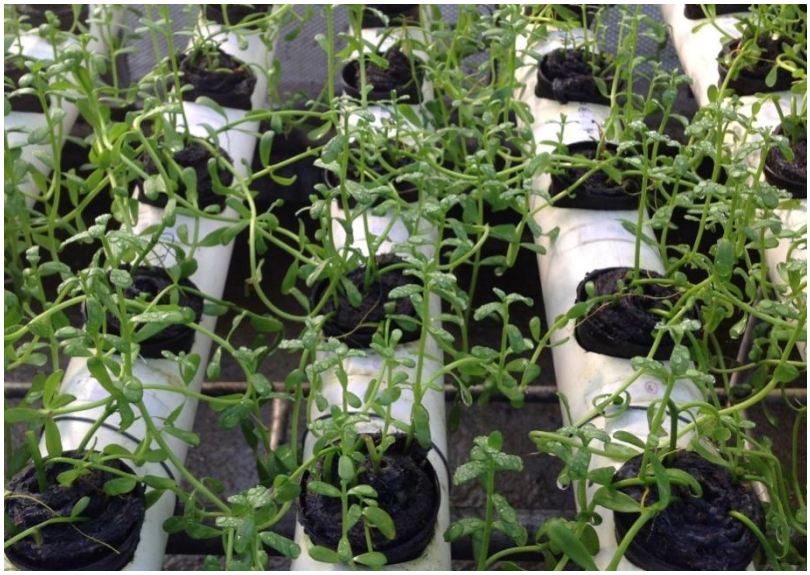
1.5 เพื่อศึกษาระยะเวลาของการเก็บรักษากับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของพรมมิ

1.6 เพื่อศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดพรมมิที่ผสมในอาหารสัตว์น้ำและเก็บรักษาในสภาวะต่างๆ

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พรมมิ (*Bacopa monniera*)

พรมมิเป็นพรรณไม้น้ำขนาดเล็กในครอบครัว Scrophulariaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Bacopa monniera* มีชื่อสามัญว่า Brahmi หรือ Brahma หรือ Indian water hyssop หรือ Bahuphene หรือ Ahiphene และ Phenevati มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศเนปาล ศรีลังกา และอินเดีย ในอดีตพรมมิถูกนำมาใช้เป็นยาสมุนไพรเพื่อช่วยเสริมสร้างความจำ และกระบวนการเรียนรู้ให้แก่นักศึกษาแพทย์ของอินเดีย ซึ่งพรมมิเป็นพรรณไม้น้ำที่มีลำต้นอวบหนา ไม่มีขน มีความยาวประมาณ 10-30 เซนติเมตร จะเลื้อยทอดไปตามพื้น และชูยอดขึ้น ดอกเป็นดอกเดี่ยว มีสีม่วงอ่อนหรือสีขาว มีกลีบดอก 5 กลีบ ใบมีขนาดเล็ก ขอบเรียบ และเป็นรูปวงรี นอกจากนี้พรมมิยังสามารถเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณพื้นที่ชื้นแฉะ โคลน ทราย และพื้นที่ชุ่มน้ำ ซึ่งพบได้ในบริเวณเขตอบอุ่นของทวีปเอเชีย ออสเตรเลีย และอเมริกา จากการศึกษาทางการแพทย์ พบว่า พรมมิสามารถผลิตสารในกลุ่ม Steroidal saponins, Bacosides A และ Bacosides B ที่มีสรรพคุณช่วยในการพัฒนาระบบประสาท ส่งเสริมการทำงานของ Protein kinase เสริมสร้างความจำ บำรุงสมอง ซ่อมแซมสารสื่อประสาทต่างๆ ช่วยให้ระบบเลือดหมุนเวียนได้ดี และยังช่วยส่งเสริมการสังเคราะห์โปรตีนในเซลล์สมองอีกด้วย (Prasad *et al*., 2008)



ภาพที่ 1 พรมมิ (*Bacopa monnieri*) จากโรงปลูกพรรณไม้น้ำของหลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมง

2.2 สารต้านอนุมูลอิสระของพรมมิ

สารต้านอนุมูลอิสระมีหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระในร่างกาย ซึ่งอนุมูลอิสระ (Free radical) หมายถึง โมเลกุลที่ประกอบด้วยอิเล็กตรอนที่ขาดคู่อย่างน้อย 1 คู่ หรือหลาย ๆ คู่ ซึ่งตำแหน่งที่ขาดคู่จะถูกแทนที่ด้วยอิเล็กตรอนตัวอื่น ๆ อนุมูลอิสระเกิดขึ้นทั้งภายในเซลล์ และภายนอกเซลล์ ภายในเซลล์ เช่น การหายใจ การออกซิเดชั่น ของเอนไซม์ และการกลืนกินของเซลล์ ส่วนภายนอกเซลล์นั้น เช่น มลพิษทางอากาศ ควันบุหรี่ และสารพิษต่างๆ อนุมูลอิสระยังเป็นสาเหตุในการทำลายเนื้อเยื่อ และกรดนิวคลีอิกที่เป็นส่วนประกอบของดีเอ็นเอในสิ่งมีชีวิต อนุมูลอิสระเป็นต้นเหตุที่ทำให้เกิดโรคต่าง ๆ ดังนี้ คือ โรคไขมันในเลือดสูง โรคมะเร็ง โรคเกาต์ โรคไขข้ออักเสบ โรคชราต่างๆ โรคเบาหวาน โรคที่เกี่ยวกับเนื้อเยื่อส้นใย ปอดผิดปกติ โรคประสาท และโรคไตเป็นพิษ (Naithani *et al*. 2006) การศึกษาของ Stough *et al*. (2008) พบว่าพรมมิมีสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถยับยั้งกระบวนการ Lipid peroxidation และ Metal chelation ได้ เพราะสารต้านอนุมูลอิสระของพรมมิจะเข้าไปช่วยกระตุ้น และส่งเสริมการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระจำพวกเอนไซม์ เช่น Superoxide dismutase, Catalase และ Glutathione peroxidase ที่มีอยู่ในร่างกายให้มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ และมีจำนวนที่เพิ่มมากขึ้น และ จากการศึกษาของ Phrompittayarat *et al*. (2011) พบว่า พรมมิมีสรรพคุณทางยาที่ช่วยเสริมสร้างความจำ บำรุงสมอง ฟื้นฟูระบบประสาท และป้องกันโรคสมองเสื่อม ซึ่งมีสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญในกลุ่ม Triterpenoid saponins อยู่ 2 ชนิด คือ Pseudojujubogenin และ Jujubogenin glycoside

นอกจากนี้ยังได้ศึกษาเกี่ยวกับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในส่วนต่างๆของพรมมิ พบว่า ส่วนของใบมีการสะสมของสาร Triterpenoidsaponins มากที่สุด รองลงมา คือ ส่วนของเนื้อเยื่อเจริญ ส่วนของลำต้นส่วนบน ส่วนของลำต้นส่วนล่าง ส่วนของเนื้อเยื่อท่อลำเลียง และส่วนของราก และยังได้ศึกษาเกี่ยวกับการสะสมสารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่ม Triterpenoidsaponins ของพรมมิที่มีอายุแตกต่างกันตามฤดูกาล พบว่าพรมมิจะมีการสะสมสารต้านอนุมูลอิสระในส่วนของเนื้อเยื่อเจริญมากที่สุดเมื่อพรมมิมีอายุ 1 เดือน ในช่วงฤดูฝน อายุ 2 เดือน ในช่วงฤดูร้อน และอายุ 3 เดือน ในช่วงฤดูหนาว ส่วนของรากจะมีการสะสมมากเมื่อพรมมิมีอายุ 4 เดือน ในช่วงฤดูฝน ฤดูร้อน และฤดูหนาว ส่วนของเนื้อเยื่อท่อลำเลียงของพรมมิจะมีการสะสมมากเมื่อพรมมิมีอายุ 1 เดือน ในช่วงฤดูฝน อายุ 2 เดือน ในช่วงฤดูร้อน และฤดูหนาว

2.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

2.3.1การวิเคราะห์ Total phenolic compounds เป็นการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบ Total phenolic โดยใช้ Folin-Ciocalteu colorimetric method และอาศัยหลักการที่ว่าสารประกอบ Phenolic

จะทำปฏิกิริยาเชิงซ้อนกับ Phosphotungstic acid และ Phosphomolybdic acid เกิดเป็นสารประกอบที่ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตรโดยใช้ Gallic acid เป็นสารมาตรฐานในการวิเคราะห์

2.3.2 การวิเคราะห์ 2, 2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay เป็นการวัดความสามารถของสารในการกำจัด $DPPH^{\cdot}$ ซึ่งเป็นสารอนุมูลอิสระสีม่วงและมีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 516 นาโนเมตรไปเป็นอนุมูลไนโตรเจนที่คงตัวคำนวณเป็น % inhibition ของสารที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เขียนกราฟระหว่าง % inhibition และความเข้มข้นเพื่อหาค่า IC_{50}

2.3.3 การวิเคราะห์ Reducing power assay สารที่เป็น Reducing reagent นั้นสามารถให้อิเล็กตรอนกับอะตอมหรือโมเลกุลในกลุ่มของโลหะที่สามารถแตกตัวเป็นไอออนได้ซึ่งเหล็กที่อยู่ในรูป Ferric ions (Fe^{3+}) มีความสามารถในการดึงอิเล็กตรอนจากสารอื่นๆ และไอออนอิสระของเหล็กนั้นมีสามารถในการเร่งการเกิดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระได้ดีโดยการทำปฏิกิริยาระหว่าง Ferric ions กับสารสกัดแต่ละชนิดนั้นวัดจากค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 700 นาโนเมตรซึ่งจะมีค่าแปรผันตามความเข้มข้นของ Ferrous ions ที่เกิดขึ้นการเพิ่มขึ้นของค่าการดูดกลืนแสงจะบอกถึงความสามารถในการเป็น Reducing reagent ของสารชนิดนั้นๆ

2.3.4 การวิเคราะห์ 2, 2'-Azinobis-[3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid] (ABTS) radical scavenging assay สารละลาย ABTS เป็นสารที่คงตัว แต่เมื่อได้รับการกระตุ้นด้วย Potassium peroxide จะทำให้ ABTS เปลี่ยนไปเป็นอนุมูล $ABTS^{+\cdot}$ ที่มีสีฟ้าเขียวดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร เมื่อมีสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในระบบจะทำให้อนุมูล $ABTS^{+\cdot}$ เปลี่ยนกลับมาเป็น ABTS ทำให้การดูดกลืนแสงลดลงโดยใช้ Troloxเป็นสารมาตรฐานในการวิเคราะห์ (นพวัฒน์ และคณะ, 2554)

2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อสารต้านอนุมูลอิสระ

2.4.1 อายุของพืช

Sreelatha and Padma (2009) ได้ศึกษาเกี่ยวกับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารฟีนอลรวมในใบมะรุมที่มีอายุแตกต่างกัน 2 ช่วง คือ ช่วงที่เป็นใบอ่อน และช่วงที่เป็นใบแก่ พบว่าใบมะรุมในช่วงที่เป็นใบแก่จะมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระจำพวกเอนไซม์ และที่ไม่ใช่เอนไซม์มากกว่าในช่วงที่เป็นใบอ่อนนอกจากนี้ยังพบว่าใบมะรุมในช่วงที่เป็นใบอ่อนนั้นมีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH, Superoxide, Nitric oxide และยับยั้งกระบวนการ Lipid peroxidation ได้ดีกว่าใบมะรุมในช่วงที่เป็นใบแก่ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Sairam *et al*. (2003) ที่ศึกษาเกี่ยวกับสารต้านอนุมูลอิสระในใบทานตะวันที่มีอายุแตกต่างกัน พบว่าใบทานตะวันในช่วงก่อนการออกดอก (ช่วงที่เป็นใบอ่อน) นั้นมี Protein, Carotenoids และ Chlorophyll มากกว่าใบทานตะวันในช่วงที่มี

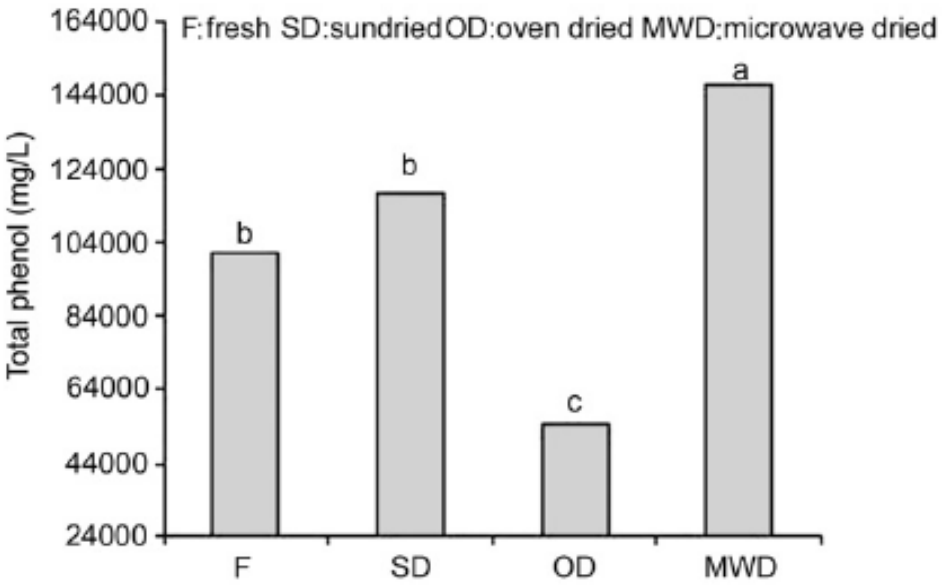
การพัฒนาเมล็ด (ช่วงที่เป็นใบแก่) นอกจากนี้ยังพบว่าใบทานตะวันในช่วงก่อนการออกดอกนั้นมีปริมาณของ สารต้านอนุมูลอิสระจำพวกเอนไซม์ คือ Superoxide dismutase, Isozymes, Ascorbate peroxidase และ Catalase activities ในปริมาณที่สูงอีกด้วย

2.4.2 อุณหภูมิการอบแห้งของพืช

Deng *et al*. (2011)ได้ศึกษาเกี่ยวกับอุณหภูมิ และระยะเวลาในการอบแห้งของใบยอต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่ม Flavonol glycosides พบว่าใบยอที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 175 °C เป็นระยะเวลา 10 นาที จะทำให้สาร Rutin ลดลง 65% และ Kaempferol-3-*O*-rutinoside ลดลง 50% ซึ่งถ้าเพิ่มอุณหภูมิ และระยะเวลาในการอบแห้งมากขึ้นเรื่อย ๆ ก็จะทำให้สารทั้ง 2 ชนิดนี้ลดลงเรื่อย ๆ เช่นกัน แสดงว่าอุณหภูมิ และระยะเวลาในการอบแห้งนั้นมีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ Abdullah *et al*. (2012)ยังได้ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการอบแห้งที่แตกต่างกันต่อ Metabolites composition ของหญ้าหนวดแมวซึ่งกระบวนการอบแห้งนั้นมี 3 วิธี คือ แบบอบแห้งด้วยตู้ Hot air oven ที่อุณหภูมิ 40^{O}C แบบตากแห้งโดยลมในที่ร่ม และแบบตากแห้งโดยแสงแดด พบว่า ปริมาณสารฟีนอลรวมของกระบวนการอบแห้งนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลรวมนั้นสามารถจำแนกสาร Phenolic ได้ 2 ชนิด คือ SinensetinและRosmarinic acid โดยในการวิเคราะห์พบว่าหญ้าหนวดแมวที่ผ่านกระบวนการอบแห้งจากวิธีการอบด้วยตู้ Hot air oven ที่อุณหภูมิ 40^{O}C นั้นจะมีสาร Sinensetin เท่ากับ 0.197mg/g และหญ้าหนวดแมวที่ผ่านกระบวนการอบแห้งจากวิธีการตากแห้งโดยลมในร่มนั้นจะมีสาร Rosmarinic acid เท่ากับ 0.303mg/g ซึ่งมีปริมาณที่สูงกว่ากระบวนการอบแห้งด้วยวิธีอื่นๆ และ Arslan *et al*. (2010) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับกระบวนการอบแห้งที่มีผลต่อแร่ธาตุ และสีของ Peppermint ซึ่งมีกระบวนการอบแห้ง Peppermint 4 วิธี คือ แบบสด แบบอบแห้งด้วยตู้ Hot air oven ที่อุณหภูมิ 50 °C แบบตากแห้งโดยแสงแดดและแบบอบแห้งด้วยตู้ Microwave พบว่า Peppermint ที่ผ่านกระบวนการอบแห้งจากวิธีการอบด้วยตู้ Microwave นั้นมีปริมาณสารฟีนอลรวม (ภาพที่ 2) แร่ธาตุ และสีของ Peppermint มากกว่ากระบวนการอบแห้งด้วยวิธีอื่น ๆ เพราะกระบวนการอบแห้งด้วยตู้ Microwave ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่สั้นกว่าวิธีอื่น ๆ จึงทำให้สาร Phenolic ที่มีอยู่ใน Peppermint สลายตัวได้ช้ากว่าวิธีอื่น

Korus (2011) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของกระบวนการอบแห้ง และอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในใบดอกกะหล่ำ โดยจะศึกษาเกี่ยวกับปริมาณของ Vitamin C, Polyphenol และTrolox ในใบแบบสด กับแบบลวกของดอกกะหล่ำซึ่งผ่านกระบวนการแปรรูป 2 แบบ คือ แบบเป่าลมร้อน และแบบแช่เยือกแข็ง แล้วนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 2 ระดับ คือ 18 – 20

°C และ 8 – 10 °C พบว่าใบดอกกะหล่ำแบบสดนั้นจะมีระดับของ Vitamin C, Polyphenol และTrolox มากกว่าในใบดอกกะหล่ำแบบลวก แต่เมื่อนำไปผ่านกระบวนการแปรรูป และเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่า ใบดอกกะหล่ำแบบลวกที่ผ่านกระบวนการแปรรูปแบบแช่เยือกแข็ง และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 8 – 10 °C จะมีปริมาณ สารฟีนอลรวม และ Vitamin C ในปริมาณที่สูงเมื่อเทียบกับแบบอื่น ๆ ส่วนปริมาณ Trolox นั้น พบว่า ใบดอกกะหล่ำแบบสดที่ผ่านกระบวนการแปรรูปแบบแช่เยือกแข็ง และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 8 – 10 °C จะมีปริมาณสูงกว่าแบบอื่น ๆ แสดงว่าปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระนั้นขึ้นอยู่กับกระบวนการแปรรูป และอุณหภูมิในการเก็บรักษา ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Nantitanon *et al*. (2010) ที่ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารฟีนอลรวมของสารสกัดจากใบฝรั่ง พบว่ากระบวนการแปรรูป วิธีการสกัด และอายุของใบพืชนั้นมีผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารฟีนอลรวม โดยในการทดลองครั้งนี้มีวิธีการแปรรูปอยู่ 2 วิธี คือ ลวกในน้ำร้อน 30 วินาที แล้วแช่ในน้ำแข็งอีก 15 นาที และลวกในน้ำร้อน 30 วินาที แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 30 °C อีก 15 นาที โดยในการแปรรูปแต่ละวิธีจะแบ่ง ใบฝรั่งมาอบแห้งที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 2 ระดับ คือ อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และอุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 20 ชั่วโมง ส่วนใบฝรั่งที่นำมาทดลองก็จะมีอายุแตกต่างกัน 3 ช่วง คือ ช่วงที่เป็นใบอ่อน ช่วงที่เป็นใบแก่ และช่วงกลางระหว่างใบอ่อนกับใบแก่ นอกจากนี้วิธีการสกัดยังใช้ตัวทำละลายแตกต่างกัน 3 ชนิด คือ Ethyl acetate, Ethanol และน้ำร้อนพบว่า ใบฝรั่งในช่วงที่เป็นใบอ่อนที่ผ่านกระบวนการแปรรูปโดยการลวกในน้ำร้อน 30 วินาที แล้วแช่ในน้ำแข็งอีก 15 นาที แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 20 ชั่วโมง และสกัดด้วยตัวทำละลาย คือ น้ำร้อน นั้นมีปริมาณสารฟีนอลรวม และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ



ภาพที่ 2 ปริมาณสารฟีนอลรวมของ Peppermint ที่มีวิธีการอบแห้งที่แตกต่างกัน
ที่มา: Arslan *et al*. (2010)

2.5 การเก็บรักษาอาหารร่วมกับสารสกัด

การเก็บรักษาอาหารสัตว์น้ำ ไม่ว่าจะเป็นอาหารกุ้ง หรือปลา ล้วนแล้วแต่มีปัจจัยต่างๆเข้ามาเกี่ยวข้อง อาทิเช่น อุณหภูมิในการเก็บรักษา แสง วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้บรรจุ และเวลาที่ทำการเก็บรักษา ซึ่งปัจจัยต่างๆที่กล่าวมานั้นจะส่งผลต่อคุณภาพของอาหารโดยทั้งสิ้น Gouveia and Empis (2003) ศึกษาความสัมพันธ์ของคาร์โรทีนอยด์ที่ได้จากสารสกัดจากสาหร่ายขนาดเล็ก และผสมเป็นสูตรอาหาร โดยมีสภาพการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน คาร์โรทีนอยด์มีความสำคัญอย่างมาก เป็นแหล่งวิตามินเอ เป็นสีตัวแทนที่เกิดขึ้นในอาหารมนุษย์ และอาหารสัตว์ ผู้บริโภคมีความต้องการสูงในการที่จะได้คาร์โรทีนอยด์จากแหล่งอาหารธรรมชาติ วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อทดสอบเสถียรภาพของคาร์โรทีนอยด์ในสาหร่าย *Chlorella valgaris* และ *Heamatococus pluvialis* โดยดูประสิทธิภาพของสารสีที่เป็นตัวแทนของคาร์โรทีนอยด์ และสารสกัดอะซิโตน อีกทั้งสารสกัดที่ได้นี้นำมาผสมเป็นสูตรอาหาร ภายใต้การเก็บรักษาที่แตกต่างกัน คือเก็บที่อุณหภูมิห้องโดยมีแสง ที่อุณภูมิห้องในที่มืด แช่เย็นที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เติมสารต้านอนุมูลอิสระ0.01 % ของวิตามินซีที่อุณหภูมิห้อง และเก็บในสุญญากาศหรือสารประกอบ

ไนโตรเจน พบว่าเสถียรภาพของคาร์โรทีนอยด์มีความสามารถลดลง และปริมาณสารสีลดลง 15วัน ในสาหร่าย *Chlorella valgaris* และ30 วัน ในสาหร่าย *Heamatococus pluvialis* ส่วนในสูตรที่ทำอาหารปลาเก็บได้นานที่สุด 6 เดือน ทั้งในสาหร่าย *Chlorella valgaris* และ *Heamatococus pluvialis*

Rungdej and Laohavisuti (2011) ศึกษาอัตราการรอดตายของกุ้ง ปลาดุก และปลากะพง ที่ได้รับอาหารที่ผสมสารสกัดพรมมิที่ระดับความเข้มข้น 0, 500, 1,000, 1,500 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และมีการทดสอบกับเชื้อแบคทีเรีย *Vibrio haveyi* พบว่ากุ้งที่ได้รับอาหารที่ผสมสารสกัดพรมมิที่ระดับความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารมีอัตราการรอดตายสูงสุดเมื่อเทียบกับกุ้งที่ได้รับอาหารที่ผสมสารสกัดพรมมิที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ปลาดุกที่ได้รับอาหารที่ผสมสารสกัดพรมมิที่ระดับความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารมีอัตราการรอดตายสูงสุดเมื่อเทียบกับปลาดุกที่ได้รับอาหารที่ผสมสารสกัดพรมมิที่ระดับความเข้มข้นต่างๆและปลากะพงที่ได้รับอาหารที่ผสมสารสกัดพรมมิที่ระดับความเข้มข้น 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารมีอัตราการรอดตายสูงสุดเมื่อเทียบกับปลากระพงที่ได้รับอาหารที่ผสมสารสกัดพรมมิที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของอายุและอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารฟีนอลรวมของพรรณไม้น้ำพรมมิ (*Bacopa monniera*)

3.1.1 แผนการทดลอง

กำหนดแผนการทดลองแบบ 4 x 3 Factorial design ประกอบด้วย 2 ปัจจัยโดยปัจจัยที่หนึ่งคือ อายุของพรมมิ แบ่งเป็น 4 ระดับ ได้แก่ 30, 40, 50 และ 60 วัน และปัจจัยที่สอง คือ อุณหภูมิการทำแห้งของพรมมิ โดยใช้อุณหภูมิแตกต่างกัน แบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ตากแห้งที่อุณหภูมิ 25 °C อบแห้งด้วยตู้ Hot air oven ที่อุณหภูมิ 40 °C และ 80 °C ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3.1.2 วิธีการทดลอง

3.1.2.1 การเตรียมต้นพรมมิ

เตรียมพรมมิความยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร นำไปชั่งน้ำหนัก เพื่อเป็นน้ำหนักเริ่มต้นของพรมมิ จากนั้นให้นำพรมมิที่เตรียมไว้มาพันด้วยผ้าสำลีเนื้อหนาสีดำที่แช่น้ำไว้เป็นเวลา 30 นาที ซึ่งจะใช้พรมมิจำนวน 5 ต้น/ 1 กระถาง นำพรมมิที่ได้ไปบ่มเป็นเวลา 5 วัน และใช้แผ่นพลาสติกใสปิดไว้หลังจากบ่มไปแล้วเป็นเวลา 3 วัน ให้เปิดแผ่นพลาสติกใสออกครึ่งหนึ่ง เพื่อให้พรมมิปรับตัวเข้ากับแสงเมื่อบ่มพรมมิเป็นเวลา 5 วันแล้วให้นำพรมมิมาฆ่าเชื้อด้วย Oxytetracycline และ Carbendazim ตามลำดับ จากนั้นย้ายพรมมิขึ้นรางปลูกในระหว่างการทดลองให้วัดการเจริญเติบโตของพรมมิ ทุกๆ 10 วันเก็บเกี่ยวพรมมิตามช่วงระยะเวลา ดังนี้ 30, 40, 50 และ60 วันนำพรมมิที่เก็บเกี่ยวได้ในแต่ละช่วงระยะเวลามาชั่งน้ำหนักรวม แล้วแบ่งเป็น 3 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 ทำแห้งอุณหภูมิ 25 ^{O}C กลุ่มที่ 2 ทำแห้งที่อุณหภูมิ 40 ^{O}C และกลุ่มที่ 3 ทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 ^{O}C และบันทึกระยะเวลาในการทำแห้งของแต่ละกลุ่ม

3.1.2.2 การสกัดพรมมิ

ชั่งตัวอย่างพรมมิบดละเอียดประมาณ 1 กรัม และน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร (ความเข้มข้นของสารสกัดเท่ากับ 1%) ลงใน Beaker จากนั้นให้ใช้ Foil ปิดปากของ Beaker เอาไว้ เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำออกจาก Beaker ต้มเป็นเวลา 30 นาทีแล้วพักไว้ให้สารสกัดเย็นลง จากนั้นให้กรองด้วยผ้าขาวบาง 1 ครั้งและกรองต่อด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 อีก 2 ครั้งนำสารสกัดที่กรองได้มาใส่ลงในขวดสีชา และเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 ^{O}C จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์

3.1.2.3 การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ

(1) การวิเคราะห์ Total phenolic compounds โดยวิธี Folinciocalteu reagent

ปิเปตสารสกัดจากตัวอย่างความเข้มข้น 1 % มา 0.4 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 9.96 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง เตรียมสารละลายมาตรฐาน Gallic acid ลงในหลอดทดลอง นำสารละลายที่เตรียมไว้ทั้งสอง มาเติม Folin ciocalteu reagent 2 ml เขย่าให้เข้ากัน และทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 5 นาที เติม Na_2CO_3 2 ml เขย่าให้เข้ากัน และทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 60 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร และบันทึกผลการวิเคราะห์

(2) การวิเคราะห์ 2, 2-Diphennyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay

ปิเปตสารสกัดจากตัวอย่างความเข้มข้น 1 % มา 1 มิลลิลิตร ส่วนหลอดควบคุมให้ใช้น้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร แทนสารสกัดตัวอย่าง เติม DPPH 2 ml เขย่าให้เข้ากัน และทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 516 นาโนเมตร โดยใช้ Ethanol 95% เป็น Blank บันทึกผลการวิเคราะห์และคำนวณตามสูตร ดังนี้

$$\text{การกำจัดอนุมูล DPPH (\%)} = \left(\frac{\text{ค่า A ของหลอดควบคุม} - \text{ค่า A ของหลอดตัวอย่างค่า}}{\text{A ของหลอดควบคุม}}\right) \times 100$$

(3) การวิเคราะห์ Reducing power assay

ปิเปตตัวอย่างสารสกัดความเข้มข้น 1% มา 120 ไมโครลิตรเติม Phosphate buffer 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นเติม Potassium ferricyanide 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปบ่มใน Water bath ที่อุณหภูมิ 50 ^{O}C เป็นเวลา 20 นาทีเติม TCA 2.5 มิลลิลิตรเขย่าให้เข้ากัน (ถ้าสารละลายขุ่นให้นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที ก่อนวิเคราะห์ต่อไป) ปิเปตสารละลายส่วนใสมา 2.5 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่น 2.5 มิลลิลิตรเขย่าให้เข้ากัน จากนั้น เติม Ferric chloride (anhydrous) 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันและวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็น Blank

(4) การวิเคราะห์วิธี 2, 2'-Azinobis-[3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid] (ABTS) radical scavenging assay

ปิเปตตัวอย่างสารสกัดความเข้มข้น 1% มา 50 ไมโครลิตรลงใน หลอดทดลอง เติม ABTS (สารละลาย Stock B) 5 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลอง แล้วเขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตรโดยใช้น้ำกลั่นเป็น Blank บันทึกผลการวิเคราะห์ และคำนวณตามสูตร ดังนี้

$$\text{การกำจัดอนุมูล ABTS } (\%) = \left(\frac{\text{ค่า A ของหลอดควบคุม-ค่า A ของหลอดตัวอย่างค่า}}{\text{A ของหลอดควบคุม}} \right) \times 100$$

3.1.3 การบันทึกข้อมูล

ข้อมูลที่บันทึก ได้แก่ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของพรมมิทำการบันทึกเมื่อเริ่มต้นการทดลอง และสิ้นสุดการทดลอง ความสูงของพรมมิทำการบันทึกทุก 10 วัน ค่า EC และค่า pH ของปุ๋ยทำการบันทึกทุก 2 สัปดาห์ ระยะเวลาในการทำแห้งพรมมิทำการบันทึกเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณสารสกัดพรมมิทำการบันทึกเมื่อสิ้นสุดการทดลอง การวิเคราะห์ Total phenolic compounds, DPPH radical scavenging assay, Reducing power assay และ ABTS radical scavenging assay ทำการบันทึกเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

3.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของอุณหภูมิและบรรจุภัณฑ์ ต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารฟีนอลรวมของพรรณไม้น้ำพรมมิ (*Bacopamonniera*) อบแห้ง

3.21 แผนการทดลอง

กำหนดแผนการทดลองแบบ 4x3 factorial experiment in CRD จำนวน 3 ซ้ำ ซึ่งประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ 4 แบบ ได้แก่ ถุงพลาสติกสุญญากาศ ถุงพลาสติกไล่อากาศ ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์สุญญากาศ ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ไล่อากาศ และ ปัจจัยที่ 2 คือ อุณหภูมิ 3 ระดับ ได้แก่ อุณหภูมิห้อง 25±3 °C, 4 °C และ -20 °C

3.2.2 วิธีการทดลอง

3.2.2.1 การเตรียมตัวอย่างพรมมิ

นำพรมมิที่เก็บจากโรงเรือนพรรณไม้น้ำมาชั่งน้ำหนักสด จากนั้นตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วอบที่อุณหภูมิ 60 °C จนแห้งจากนั้นนำมาปั่นให้ละเอียดแล้วชั่งน้ำหนักแห้งแยกพรมมิที่บดละเอียดออกมา 0.6 กรัม เพื่อนำมาวิเคราะห์หาสารต้านอนุมูลอิสระที่เวลา 0 สัปดาห์นำพรมมิที่บดละเอียดชั่งน้ำหนักใส่ถุงพลาสติกและถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ถุงละ 0.6 กรัม จำนวน 72 ถุง จากนั้นแยกถุงพลาสติกและอะลูมิเนียมฟอยล์ออกมาอย่างละ 18 ถุง เพื่อนำไปปิดผนึกในเครื่องสุญญากาศ ส่วนที่เหลือซึ่งไม่ได้ปิดผนึกแบบสุญญากาศให้ไล่อากาศออกให้มากที่สุดจากนั้นปิดด้วยเทปใสเมื่อปิดผนึกเรียบร้อยแล้วก็นำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่างๆ ดังนี้ ถุงพลาสติกไล่อากาศ 18 ถุง แบ่งเป็นชุดละ 6 ถุง เก็บที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 25±3 °C, 4 °C และ -20 °Cถุงพลาสติกสุญญากาศ 18 ถุง แบ่งเป็นชุดละ 6 ถุง เก็บที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 25±3 °C, 4 °C และ -20 °C ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ไล่อากาศ 18 ถุง แบ่งเป็นชุดละ 6 ถุง เก็บที่

อุณหภูมิ 3 ระดับ คืออุณหภูมิห้อง 25±3 °C, 4 °C และ -20 °C และถุงอะลูมิเนียมฟอยล์สุญญากาศ 18 ถุง แบ่งเป็นชุดละ 6 ถุง เก็บที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ อุณหภูมิห้อง 25±3 °C, 4 °C และ -20 °C โดยทุกชุดจะเก็บรักษาเป็นเวลา 1, 2, 3, 4 และ 8 สัปดาห์

3.2.2.2 การสกัดพรมมิ

นำพรมมิที่บดละเอียด 0.6 กรัม ใส่น้ำกลั่น 60 มิลลิลิตร ต้มเป็นเวลา 30 นาทีแล้วนำมากรองด้วยผ้าขาวบางเอากากพรมมิออกเสร็จแล้วกรองต่อด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำสารที่สกัดได้เก็บในขวดสีชาเพื่อรอการวิเคราะห์

3.2.2.3 การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ วิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 3.1.2.3

3.2.3 การบันทึกข้อมูล

ทำการวิเคราะห์พรมมิที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์และเวลาที่แตกต่างกัน โดยเมื่อครบกำหนด 1, 2, 3, 4 และ 8 สัปดาห์ ให้นำพรมมิมาวิเคราะห์หาสารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิธี Total phenolic content (TPC) โดยวิธี folin-ciocalteu วิธี 2,2-Diphenyl-2-picryl hydrazyl : DPPH วิธี Reducing Power และ วิธี ABTS radical cation บันทึกข้อมูลที่ได้จากทุกวิธี

3.3 การทดลองที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*) ที่ผสมในอาหารสัตว์น้ำ

3.3.1 แผนการทดลอง

กำหนดแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD ประกอบด้วย 2 ปัจจัยปัจจัยที่หนึ่ง คือ ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ แบ่งเป็น 5 ระดับ ได้แก่ 0, 500, 1,000, 1,500 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ปัจจัยที่สอง คือระยะเวลาการเก็บรักษา 6 ระดับ ได้แก่ สัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3, 4 และ 8

3.3.2 วิธีการทดลอง

3.3.2.1 การสกัดพรมมิ

นำพรมมิบดละเอียดด้วยเครื่องปั่นให้มีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร จากนั้น นำมาชั่งน้ำหนัก 100 กรัม ต่อเอทานอล 95%1,000 มิลลิลิตร นำเข้าเครื่องเขย่า 3 วัน นำมากรองด้วยถุงกรอง ทำการสกัด 3 ครั้ง จากนั้นนำสารสกัดที่กรองได้มาระเหยใน Water bath จนได้ปริมาตรสุทธิ 200 มิลลิลิตร เพื่อหาปริมาณเนื้อสาร โดยใช้การประเมินจากการใช้สารสกัด 10 มิลลิลิตร นำไประเหยแห้งใน Hotair oven ที่อุณหภูมิ 105 °C

3.3.2.2 การเตรียมอาหาร

นำสารสกัดที่ได้มาเตรียมให้มีระดับความเข้มข้นของสารสกัดจากพรมมิ ได้แก่ 500, 1,000, 1,500 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ปรับปริมาตรสารสกัดด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 60 มิลลิลิตร เพื่อให้อาหารเกาะตัวกันได้ดีเหมาะสำหรับอัดเป็นเม็ด จากนั้นผสมอาหาร 1,000 กรัม กับสารสกัดให้เข้ากัน นำเข้าเครื่องอัดเม็ด และนำไปอบใน Hot air oven ที่อุณหภูมิ 60 °C ตัดเป็นเม็ดเล็ก ๆ เก็บรักษาในถุงซิป ไม่ให้โดนแสงเพื่อรอการวิเคราะห์หาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ 8

3.3.2.3 การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ โดยการหาปริมาณฟีนอลรวม และการหาความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ทำเช่นเดียวกับข้อ 3.1.2.3

3.3.2.4 การทดสอบการหืน ของไขมันด้วยวิธี Thiobarbituric Acid Value (TBA)

ชั่งตัวอย่างอาหาร 10.00 กรัม และตวงน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงในหลอดย่อย (digestive tube) ผสมตัวอย่างให้เข้ากันด้วย Vortex mixer เติม Antioxidant (BHT) 0.23 กรัมใส่เพื่อป้องกันไม่ให้ค่า TBA ของตัวอย่างเกิดการเปลี่ยนในขณะให้ความร้อน เติม HCL4M 2.5 มิลลิลิตร ต่อเข้ากับชุดกลั่น และรองรับสารละลายที่ปลายชุดกลั่นด้วยขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร กลั่นตัวอย่างจนได้สารละลาย 50 มิลลิลิตร ใช้เวลาไม่เกิน 5 นาที เขย่าสารละลายที่ได้จากการกลั่นในขวดรูปชมพู่ให้เข้ากัน ปิเปตมา 5 มิลลิลิตรส่วน Control ใส่น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย TBA5 มิลลิลิตร จากนั้นปิดฝา ผสมให้เข้ากันด้วย Vortex Mixer นำไปต้มในน้ำเดือดนาน 35นาที ทิ้งไว้ให้เย็น วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวแสงที่ 538 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer และ Set zero ด้วย Control คำนวณหาค่า TBA Value เทียบจากกราฟมาตรฐานของมาลอนอัลดีไฮด์

3.3.3 การบันทึกข้อมูล

ข้อมูลที่บันทึกได้แก่ ข้อมูลการ วิเคราะห์ Total phenolic content และDPPH radical scavenging assay ในสัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3, 4 และ 8 ของการเก็บรักษา และข้อมูลการวิเคราะห์ Thiobarbituric acid value ในสัปดาห์ที่ 0, 4 และ 8 สัปดาห์ของการเก็บรักษา

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลจากการทดลองที่ 1 , 2 และ 3 นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษา มาวิเคราะห์โดยใช้ General linear model และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองตามวิธี Duncan's new multiple range test ด้วยโปรแกรม Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)

3.5 **สถานที่ทำการทดลอง**

ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำ ห้องปฏิบัติการโภชนาการ และโรงเรือนปลูกพรรณไม้น้ำ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของอายุและอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารฟีนอลรวมของพรรณไม้น้ำพรมมิ (*Bacopa monniera*)

4.1.1ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อปริมาณสารฟีนอลรวมของพรมมิ (*Bacopa monniera*) เมื่อเทียบเท่ากับ Gallic acid

จากการทดลองปลูก และเก็บเกี่ยวพรมมิที่มีช่วงอายุแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ อายุ 30, 40, 50 และ 60 วัน มาผ่านอุณหภูมิการทำแห้งที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ การตากแห้งที่อุณหภูมิ 25 ºC อบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 40ºC และ 80 ºC พบว่า อายุ และวิธีการทำแห้งของพรมมินั้นมีอิทธิพลร่วมกันระหว่าง 2 ปัจจัย กล่าวคือ อายุ และอุณหภูมิการทำแห้งมีอิทธิพลต่อปริมาณสารฟีนอลรวมของพรมมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

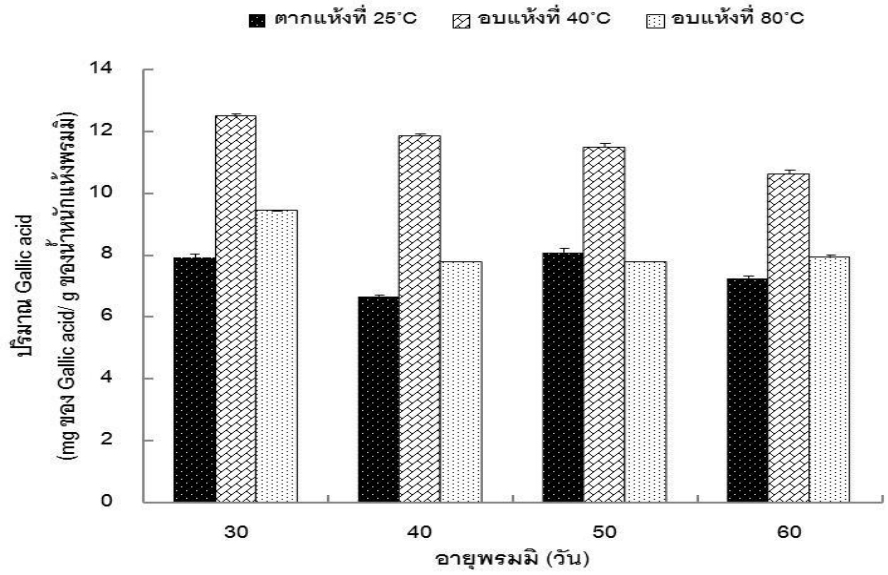
ตารางที่ 1 ปริมาณสารฟีนอลรวมของพรมมิ (*Bacopa monniera*) ที่มีอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งที่แตกต่างกัน เมื่อเทียบเท่ากับ Gallic acid (mg ของ Gallic acid/ g ของน้ำหนักแห้งพรมมิ)

อายุพรมมิ(วัน)	อุณหภูมิการทำแห้ง (°C)			Mean±SE
	25	40	80	
30	7.93 ± 0.09	12.50 ± 0.09	9.44 ± 0.09	9.96 ± 0.05 [a]
40	6.67 ± 0.09	11.87 ± 0.09	7.79 ±0.09	8.78 ± 0.05 [c]
50	8.09 ± 0.09	11.50 ± 0.09	7.79 ± 0.09	9.13 ± 0.05 [b]
60	7.25 ± 0.09	10.63 ± 0.09	7.93 ± 0.09	8.61± 0.05 [d]
Mean±SE	7.48 ± 0.05 [c]	11.62 ± 0.05 [a]	8.24 ± 0.05 [b]	

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิการทำแห้งของพรมมิ พบว่า ชุดการทดลองที่พรมมิได้รับการอบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 40 ºC มีปริมาณสารฟีนอลรวมสูงที่สุด รองลงมา คือ ชุดการทดลองพรมมิได้รับการอบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 80 ºC และชุดการทดลองที่พรมมิได้รับการตากแห้งที่ 25 ºC โดยมีปริมาณสารฟีนอลรวม เท่ากับ 11.62 ± 0.05, 8.24 ± 0.05 และ 7.48 ± 0.05 mg ของ Gallic acid/ g ของน้ำหนักแห้งพรมมิ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

(P<0.05) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอายุของพรมมิ พบว่า ชุดการทดลองที่พรมมิมีอายุ 30 วัน มีปริมาณสารฟีนอลรวมสูงที่สุด รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่พรมมิมีอายุ 50, 40 และ 60 วัน โดยมีปริมาณสารฟีนอลรวม เท่ากับ 9.96 ± 0.05, 9.13 ± 0.05, 8.78 ± 0.05 และ 8.61± 0.05mg ของ Gallic acid/ g ของน้ำหนักแห้งพรมมิ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (ตารางที่ 1 และภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อปริมาณสารฟีนอลรวมของพรมมิ(*Bacopa monniera*) เมื่อเทียบเท่ากับ Gallic acid

4.1.2 ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH˙ ของพรมมิ (*Bacopa monniera*)

จากการทดลองปลูก และเก็บเกี่ยวพรมมิที่มีช่วงอายุแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ อายุ 30, 40, 50 และ 60 วัน มาผ่านอุณหภูมิการทำแห้งที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ การตากแห้ง ที่อุณหภูมิ 25 ºC อบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 40ºC และ 80 ºC พบว่า อายุและอุณหภูมิการทำแห้งของพรมมินั้นมีอิทธิพลร่วมกันระหว่าง 2 ปัจจัย กล่าวคือ อายุและอุณหภูมิการทำแห้งมีอิทธิพลต่อการกำจัดอนุมูล DPPH˙ของพรมมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05)

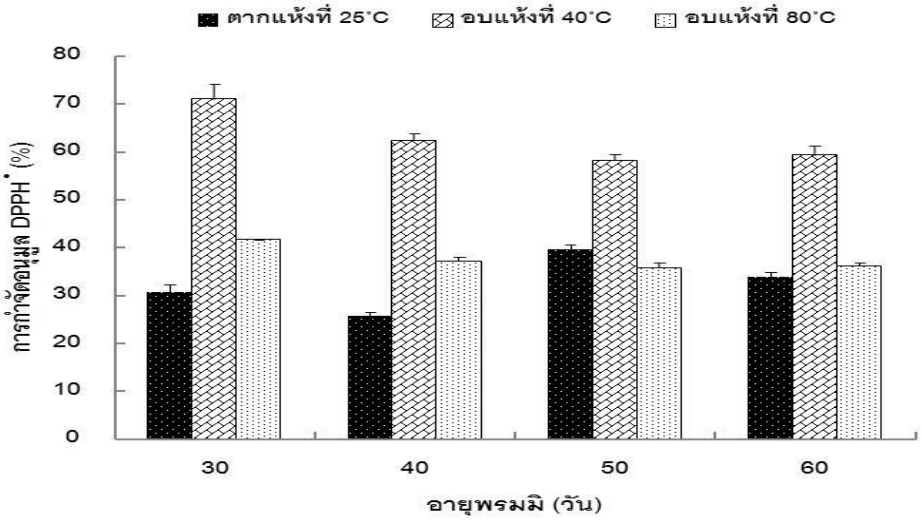
เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิการทำแห้งของพรมมิ พบว่า ชุดการทดลองที่พรมมิได้รับการอบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 40 ºC มี % การกำจัดอนุมูล DPPH˙สูงที่สุด รองลงมา คือ ชุดการ

ทดลองพรมมิได้รับการอบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 80 ºC และ ชุดการทดลองที่พรมมิได้รับการตากแห้งที่ 25 ºC โดยมี % การกำจัดอนุมูล DPPH˙ เท่ากับ 62.80 ± 0.71, 37.76 ± 0.71 และ32.52 ± 0.71 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.005$) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอายุของพรมมิ พบว่า ชุดการทดลองที่พรมมิมีอายุ 30 วัน มี % การกำจัดอนุมูล DPPH˙ สูงที่สุด รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่พรมมิมีอายุ 50, 60 และ 40 วัน โดยมี % การกำจัดอนุมูล DPPH˙ เท่ากับ 47.89 ± 0.82, 44.59 ± 0.82, 43.15 ± 0.82 และ 41.80 ± 0.82 ตามลำดับ ซึ่งชุดการทดลองที่พรมมิอายุ 60 วัน นั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองที่พรมมิอายุ 30 วัน ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองที่พรมมิอายุ 40 และ 50 วัน ($P>0.05$) (ตารางที่ 2 และภาพที่ 4)

ตารางที่ 2 การกำจัดอนุมูล DPPH˙ ของพรมมิ (*Bacopa monniera*) ที่มีอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งที่แตกต่างกัน (%)

อายุพรมมิ (วัน)	อุณหภูมิการทำแห้ง (°C)			Mean±SE
	25	40	80	
30	30.85 ± 1.42	71.10 ± 1.42	41.72 ± 1.42	47.89 ± 0.82 [a]
40	25.73 ± 1.42	62.37± 1.42	37.29 ± 1.42	41.80 ± 0.82 [c]
50	39.60 ± 1.42	58.35 ± 1.42	35.82 ± 1.42	44.59 ± 0.82 [b]
60	33.88 ± 1.42	59.37± 1.42	36.20 ± 1.42	43.15 ± 0.82 [bc]
Mean±SE	32.52 ± 0.71 [c]	62.80 ± 0.71 [a]	37.76 ± 0.71 [b]	

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 4 ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH· ของพรมมิ (*Bacopa monniera*)

4.1.3ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการเป็น Reducing power ของพรมมิ (*Bacopa monniera*)

จากการทดลองปลูก และเก็บเกี่ยวพรมมิที่มีช่วงอายุแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ อายุ 30, 40, 50 และ 60 วัน มาผ่านอุณหภูมิการทำแห้งที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ การตากแห้งที่อุณหภูมิ 25 ºC อบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 40ºC และ 80 ºC พบว่า อายุ และอุณหภูมิการทำแห้งของพรมมินั้นมีอิทธิพลร่วมกันระหว่าง 2 ปัจจัย กล่าวคือ อายุ และอุณหภูมิการทำแห้งมีอิทธิพลต่อการเป็น Reducing power ของพรมมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

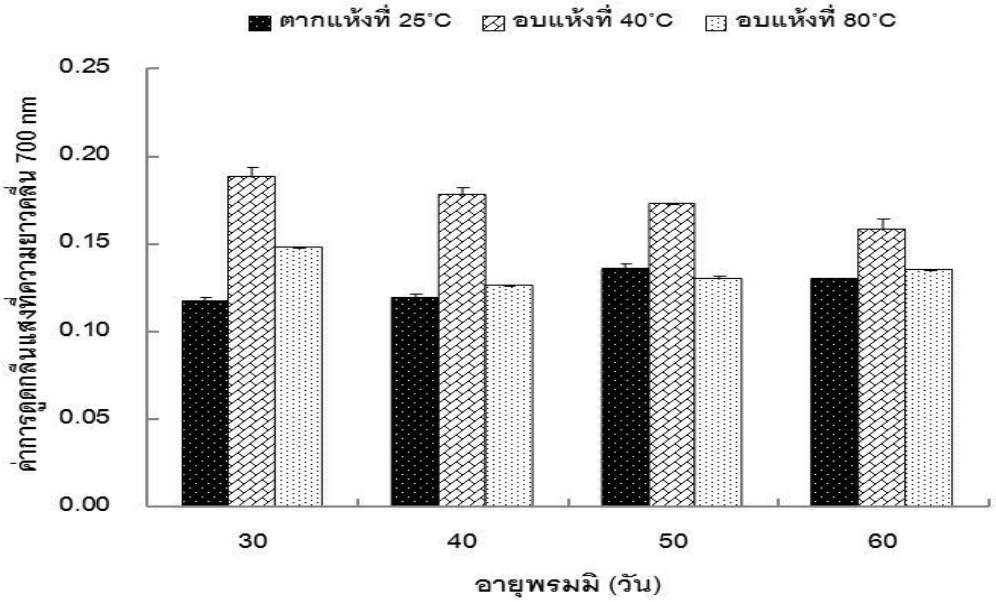
เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิการทำแห้งของพรมมิ พบว่า ชุดการทดลองที่พรมมิได้รับการอบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 40 ºC เป็นตัว Reducing power ได้ดีที่สุด รองลงมา คือ ชุดการทดลองพรมมิได้รับการอบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 80 ºC และ ชุดการทดลองที่พรมมิได้รับการตากแห้งที่ 25 ºC โดยมีค่าการดูดกลืนแสง เท่ากับ 0.17 ± 0.002, 0.14 ± 0.002 และ0.13 ± 0.002 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอายุของพรมมิ พบว่า ชุดการทดลองที่พรมมิมีอายุ 30 และ 50 วัน เป็นตัว Reducing power ได้ดีที่สุด โดยมีค่าการดูดกลืนแสง เท่ากับ 0.15 ± 0.002 และรองลงมา คือ ชุดการทดลองที่พรมมิมีอายุ 40 และ 60 วัน โดยมีค่าการดูดกลืนแสง เท่ากับ 0.14 ± 0.002 ซึ่งชุดการทดลองที่พรมมิอายุ 50 วัน นั้นไม่มีความแตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองที่พรมมิอายุ 30, 40 และ 50 วัน (P>0.05) (ตารางที่ 3 และภาพที่ 5)

ตารางที่ 3 การเป็น Reducing power ของพรมมิ (*Bacopa monniera*) ที่มีอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งที่แตกต่างกัน

อายุพรมมิ (วัน)	อุณหภูมิการทำแห้ง (°C)			Mean±SE
	25	40	80	
30	0.12 ± 0.003	0.19 ± 0.003	0.15 ± 0.003	0.15 ± 0.002 [a]
40	0.12 ± 0.003	0.18 ± 0.003	0.13 ± 0.003	0.14 ± 0.002 [b]
50	0.14 ± 0.003	0.17 ± 0.003	0.13 ± 0.003	0.15 ± 0.002 [ab]
60	0.13 ± 0.003	0.16 ± 0.003	0.14 ± 0.003	0.14 ± 0.002 [b]
Mean±SE	0.13 ± 0.002 [c]	0.17 ± 0.002 [a]	0.14 ± 0.002 [b]	

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 5ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการเป็น Reducing power ของพรมมิ (*Bacopamonniera*)

4.1.4 ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล $ABTS^{\cdot+}$ของพรมมิ (*Bacopa monniera*)

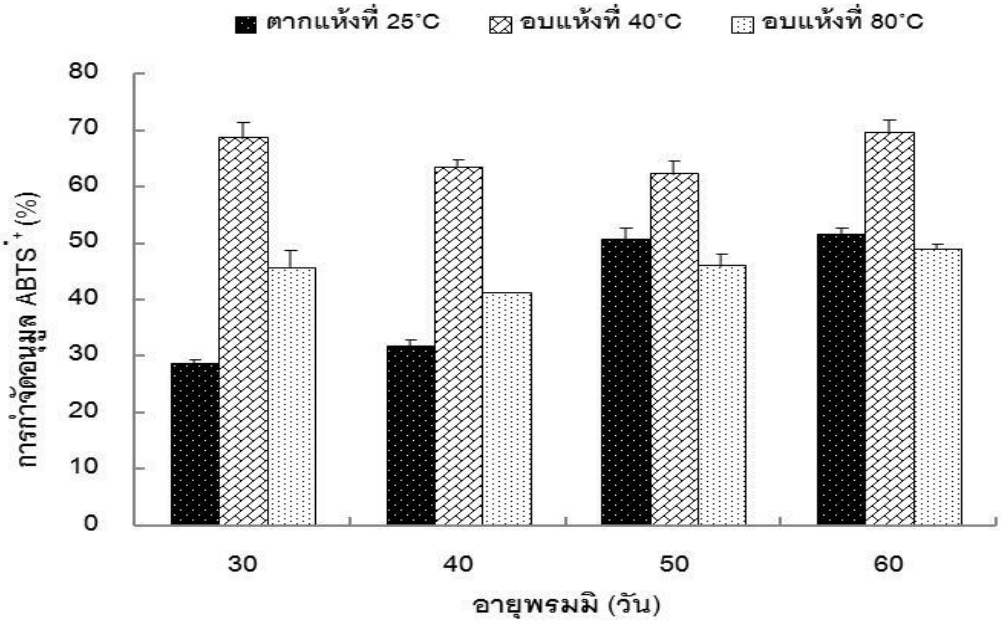
จากการทดลองปลูก และเก็บเกี่ยวพรมมิที่มีช่วงอายุแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ อายุ 30, 40, 50 และ 60 วัน มาผ่านอุณหภูมิการอบแห้งที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ การตากแห้งที่อุณหภูมิ 25 ºC อบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 40ºC และ 80 ºC พบว่า อายุ และอุณหภูมิการทำแห้งของพรมมินั้นมีอิทธิพลร่วมกันระหว่าง 2 ปัจจัย กล่าวคือ อายุ และอุณหภูมิการทำแห้งมีอิทธิพลต่อการกำจัดอนุมูล $ABTS^{\cdot+}$ของพรมมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิการทำแห้งของพรมมิ พบว่า ชุดการทดลองที่พรมมิได้รับการอบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 40 ºC มี % การกำจัดอนุมูล $ABTS^{\cdot+}$สูงที่สุด รองลงมา คือ ชุดการทดลองพรมมิได้รับการอบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 80 ºC และ ชุดการทดลองที่พรมมิได้รับการตากแห้งที่ 25 ºC โดยมี % การกำจัดอนุมูล $ABTS^{\cdot+}$เท่ากับ 65.98 ± 0.98, 45.49 ± 0.98และ40.65 ± 0.98 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอายุของพรมมิ พบว่า ชุดการทดลองที่พรมมิมีอายุ 60 วัน มี % การกำจัดอนุมูล $ABTS^{\cdot+}$สูงที่สุด รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่พรมมิมีอายุ 50, 30 และ 40 วัน โดยมี % การกำจัดอนุมูล $ABTS^{\cdot+}$ เท่ากับ 56.65 ± 1.13, 53.00 ± 1.13, 47.70 ± 1.13 และ 45.47± 1.13 ตามลำดับ ซึ่งชุดการทดลองที่พรมมิอายุ 40 วัน นั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองที่พรมมิอายุ 50 และ 60 วัน ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองที่พรมมิอายุ 30 วัน ($P>0.05$) (ตารางที่ 4 และ ภาพที่ 6)

ตารางที่ 4 การกำจัดอนุมูล $ABTS^{\cdot+}$ของพรมมิ (*Bacopa monniera*) ที่มีอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งที่แตกต่างกัน (%)

อายุพรมมิ (วัน)	อุณหภูมิการทำแห้ง (°C)			Mean±SE
	25	40	80	
30	28.75 ±1.96	68.64 ±1.96	45.70 ± 1.96	47.70 ± 1.13 [c]
40	31.66 ±1.96	63.50 ±1.96	41.25 ± 1.96	45.47± 1.13 [c]
50	50.66 ±1.96	62.30 ± 1.96	46.04 ±1.96	53.00 ± 1.13 [b]
60	51.52 ±1.96	69.49 ±1.96	48.95 ±1.96	56.65 ± 1.13 [a]
Mean±SE	40.65 ± 0.98 [c]	65.98 ± 0.98 [a]	45.49 ± 0.98 [b]	

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 6 ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล $ABTS^{\cdot+}$ของพรมมิ (*Bacopa monniera*)

4.1.5 ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล $DPPH^{\cdot}$ของพรมมิ (*Bacopa monniera*) เมื่อเทียบเท่ากับวิตามินซี และ Butylatedhydroxytoluene (BHT)

4.1.5.1 ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล $DPPH^{\cdot}$ของพรมมิ (*Bacopa monniera*) เมื่อเทียบเท่ากับวิตามินซี

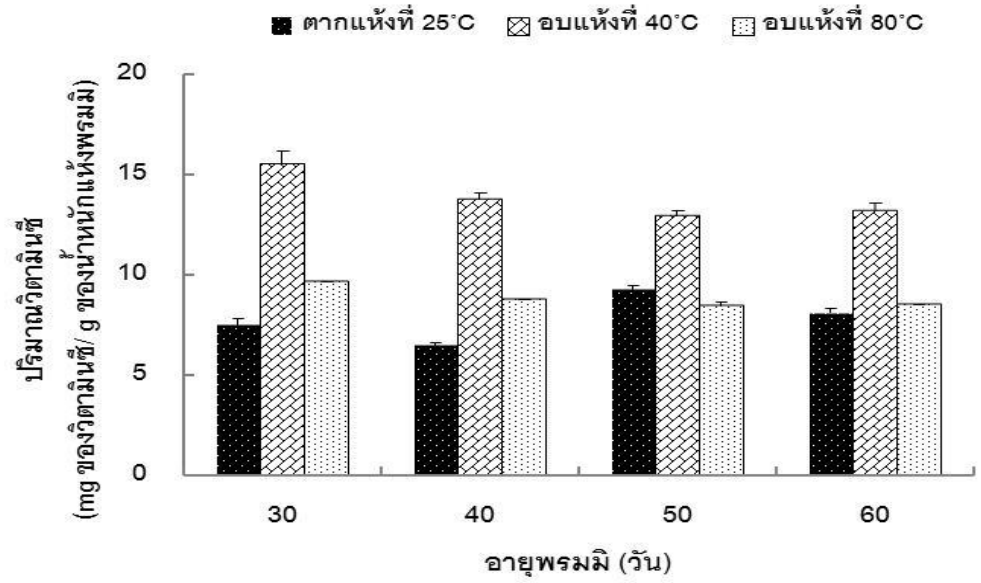
จากการทดลองปลูก และเก็บเกี่ยวพรมมิที่มีช่วงอายุแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ อายุ 30, 40, 50 และ 60 วัน มาผ่านอุณหภูมิการทำแห้งที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ การตากแห้งที่อุณหภูมิ 25 ºC อบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 40ºC และ 80 ºC พบว่า อายุ และอุณหภูมิการทำแห้งของพรมมินั้นมีอิทธิพลร่วมกันระหว่าง 2 ปัจจัย กล่าวคือ อายุ และอุณหภูมิการทำแห้งมีอิทธิพลต่อปริมาณวิตามินซี เมื่อเปรียบเทียบจาก % การกำจัดอนุมูล $DPPH^{\cdot}$ของพรมมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 5 การกำจัดอนุมูล DPPH˙ของพรมมิ (*Bacopa monniera*) ที่มีอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งที่แตกต่างกัน เมื่อเทียบเท่ากับวิตามินซี (mg ของวิตามินซี/ g ของน้ำหนักแห้งพรมมิ)

อายุพรมมิ (วัน)	อุณหภูมิการทำแห้ง (°C)			Mean±SE
	25	40	80	
30	7.51 ± 0.28	15.59 ± 0.28	9.69 ± 0.28	10.93 ± 0.16 [a]
40	6.48 ± 0.28	13.84 ± 0.28	8.80 ± 0.28	9.71± 0.16 [c]
50	9.27 ± 0.28	13.03 ± 0.28	8.51 ± 0.28	10.27 ± 0.16 [b]
60	8.12 ± 0.28	13.23 ± 0.28	8.58 ± 0.28	9.98 ± 0.16 [bc]
Mean±SE	7.84 ± 0.14 [c]	13.92 ± 0.14 [a]	8.90 ± 0.14 [b]	

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิการทำแห้งของพรมมิ พบว่า ชุดการทดลองที่พรมมิได้รับการอบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 40 ºC มีปริมาณวิตามินซี เมื่อเทียบกับ % การกำจัดอนุมูล DPPH˙ สูงที่สุด รองลงมา คือ ชุดการทดลองพรมมิได้รับการอบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 80 ºC และชุดการทดลองที่พรมมิได้รับการตากแห้งที่ 25 ºC โดยมีปริมาณวิตามินซี เมื่อเทียบกับ % การกำจัดอนุมูล DPPH˙ เท่ากับ 13.92 ± 0.14, 8.90 ± 0.14และ7.84 ± 0.14 mg ของวิตามินซี/ g ของน้ำหนักแห้งพรมมิตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอายุของพรมมิ พบว่า ชุดการทดลองที่พรมมิมีอายุ 30 วัน มีปริมาณวิตามินซี เมื่อเทียบกับ % การกำจัดอนุมูล DPPH˙ สูงที่สุด รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่พรมมิมีอายุ 50, 60 และ 40 วัน โดยมีปริมาณวิตามินซี เมื่อเทียบกับ % การกำจัดอนุมูล DPPH˙ เท่ากับ 10.93 ± 0.16, 10.27 ± 0.16, 9.98 ± 0.16 และ 9.71± 0.16 mg ของวิตามินซี/ g ของน้ำหนักแห้งพรมมิตามลำดับ ซึ่งชุดการทดลองที่พรมมิอายุ 60 วัน นั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองที่พรมมิอายุ 30 วัน (P<0.05) แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองที่พรมมิอายุ 40 และ 50 วัน (P>0.05) (ตารางที่ 5 และ ภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH˙ของพรมมิ (*Bacopa monniera*) เมื่อเทียบเท่ากับวิตามินซี

4.1.5.2 ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH˙ของพรมมิ (*Bacopa monniera*) เมื่อเทียบเท่ากับ Butylatedhydroxytoluene (BHT)

จากการทดลองปลูก และเก็บเกี่ยวพรมมิที่มีช่วงอายุแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ อายุ 30, 40, 50 และ 60 วัน มาผ่านอุณหภูมิการทำแห้งที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ การตากแห้งที่อุณหภูมิ 25 ºC อบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 40ºC และ 80 ºC พบว่า อายุ และอุณหภูมิการทำแห้งของพรมมินั้นมีอิทธิพลร่วมกันระหว่าง 2 ปัจจัย กล่าวคือ อายุ และอุณหภูมิการทำแห้งมีอิทธิพลต่อปริมาณ BHT เมื่อเปรียบเทียบจาก % การกำจัดอนุมูล DPPH˙ของพรมมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

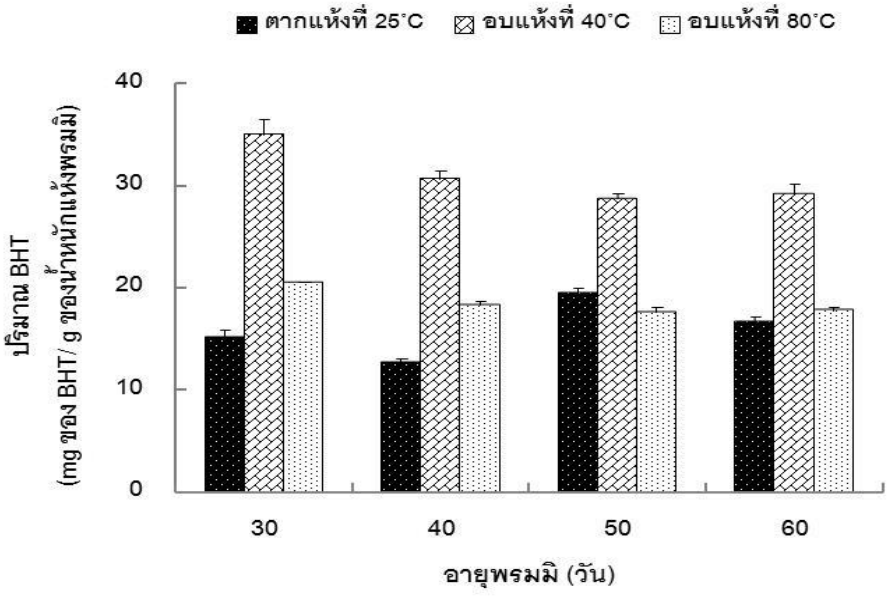
เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิการทำแห้งของพรมมิ พบว่า ชุดการทดลองที่พรมมิได้รับการอบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 40 ºC มีปริมาณ BHT เมื่อเทียบกับ % การกำจัดอนุมูล DPPH˙สูงที่สุด รองลงมา คือ ชุดการทดลองพรมมิได้รับการอบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 80 ºC และชุดการทดลองที่พรมมิได้รับการตากแห้งที่ 25 ºC โดยมี BHT เมื่อเทียบกับ % การกำจัดอนุมูล DPPH˙ เท่ากับ 30.89 ± 0.35, 18.54 ± 0.35 และ15.96 ± 0.35 mg ของ BHT/ g ของน้ำหนักแห้งพรมมิตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอายุของพรมมิ พบว่า ชุดการทดลองที่พรมมิมีอายุ 30 วัน มีปริมาณ BHT เมื่อเทียบกับ % การกำจัดอนุมูล DPPH˙

สูงที่สุด รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่พรมมิมีอายุ 50, 60 และ 40 วัน โดยมีปริมาณ BHT เมื่อเทียบกับ % การกำจัดอนุมูล DPPH˙ เท่ากับ 23.54 ± 0.40, 21.91 ± 0.40, 21.20 ± 0.40 และ 20.54 ± 0.40 mg ของ BHT/ g ของน้ำหนักแห้งพรมมิตามลำดับ ซึ่งชุดการทดลองที่พรมมิอายุ 60 วัน นั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองที่พรมมิอายุ 30 วัน ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองที่พรมมิอายุ 40 และ 50 วัน ($P>0.05$) (ตารางที่ 6และภาพที่ 8)

ตารางที่ 6 การกำจัดอนุมูล DPPH˙ของพรมมิ (*Bacopa monniera*) ที่มีอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งที่แตกต่างกัน เมื่อเทียบเท่ากับ BHT (mg ของ BHT/ g ของน้ำหนักแห้งพรมมิ)

อายุพรมมิ (วัน)	อุณหภูมิการทำแห้ง (°C)			Mean±SE
	25	40	80	
30	15.14 ± 0.70	34.98 ± 0.70	20.50 ± 0.70	23.54 ± 0.40 [a]
40	12.62 ± 0.70	30.68 ± 0.70	18.31 ± 0.70	20.54 ± 0.40 [c]
50	19.46 ± 0.70	28.70 ± 0.70	17.59 ± 0.70	21.91 ± 0.40 [b]
60	16.63 ± 0.70	29.20 ± 0.70	17.78 ± 0.70	21.20 ± 0.40 [bc]
Mean±SE	15.96 ± 0.35 [c]	30.89 ± 0.35 [a]	18.54 ± 0.35 [b]	

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 8 ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH˙ของพรมมิ (*Bacopa monniera*) เมื่อเทียบเท่ากับ BHT

4.1.6 ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล $ABTS^{\cdot+}$ของพรมมิ (*Bacopa monniera*) เมื่อเทียบเท่ากับวิตามินซี และ Butylatedhydroxytoluene (BHT)

4.1.6.1 ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล $ABTS^{\cdot+}$ของพรมมิ (*Bacopa monniera*) เมื่อเทียบเท่ากับวิตามินซี

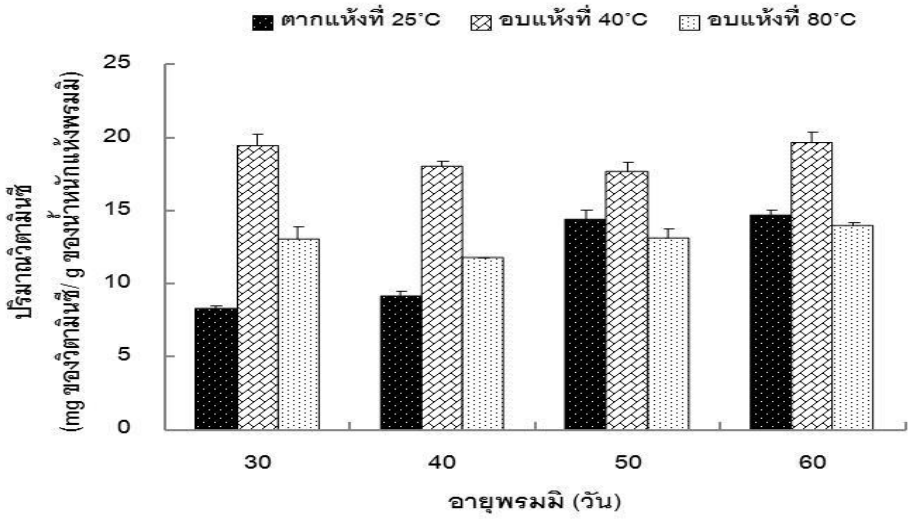
จากการทดลองปลูก และเก็บเกี่ยวพรมมิที่มีช่วงอายุแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ อายุ 30, 40, 50 และ 60 วัน มาผ่านอุณหภูมิการทำแห้งที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ การตากแห้งที่อุณหภูมิ 25 ºC อบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 40ºC และ 80 ºC พบว่า อายุ และอุณหภูมิการทำแห้งของพรมมินั้นมีอิทธิพลร่วมกันระหว่าง 2 ปัจจัย กล่าวคือ อายุ และอุณหภูมิการทำแห้งมีอิทธิพลต่อปริมาณวิตามินซี เมื่อเปรียบเทียบจาก % การกำจัดอนุมูล $ABTS^{\cdot+}$ของพรมมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิการทำแห้งของพรมมิ พบว่า ชุดการทดลองที่พรมมิได้รับการอบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 40 ºC มีปริมาณวิตามินซี เมื่อเทียบกับ % การกำจัดอนุมูล $ABTS^{\cdot+}$สูงที่สุด รองลงมา คือ ชุดการทดลองพรมมิได้รับการอบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 80 ºC และชุดการทดลองที่พรมมิได้รับการตากแห้งที่ 25 ºC โดยมีปริมาณวิตามินซี เมื่อเทียบกับ % การกำจัดอนุมูล $ABTS^{\cdot+}$ เท่ากับ 18.74 ± 0.27, 13.01 ± 0.27และ11.66 ± 0.27 mg ของวิตามินซี/ g ของน้ำหนักแห้งพรมมิ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอายุของพรมมิ พบว่า ชุดการทดลองที่พรมมิมีอายุ 60 วัน มีปริมาณวิตามินซี เมื่อเทียบกับ % การกำจัดอนุมูล $ABTS^{\cdot+}$สูงที่สุด รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่พรมมิมีอายุ 50, 30 และ 40 วัน โดยมีปริมาณวิตามินซี เมื่อเทียบกับ % การกำจัดอนุมูล $ABTS^{\cdot+}$ เท่ากับ 16.14 ± 0.32, 15.12 ± 0.32, 13.63 ± 0.32 และ 13.01 ± 0.32 mg ของวิตามินซี/ g ของน้ำหนักแห้งพรมมิตามลำดับ ซึ่งชุดการทดลองที่พรมมิอายุ 30 วัน นั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองที่พรมมิอายุ 50 และ 60 วัน ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองที่พรมมิอายุ 40 วัน ($P>0.05$) (ตารางที่ 7 และภาพที่ 9)

ตารางที่ 7 การกำจัดอนุมูล ABTS$^{\cdot+}$ของพรมมิ (*Bacopa monniera*) ที่มีอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งที่แตกต่างกัน เมื่อเทียบเท่ากับวิตามินซี (mg ของวิตามินซี/ g ของน้ำหนักแห้งพรมมิ)

อายุพรมมิ (วัน)	อุณหภูมิการทำแห้ง (°C)			Mean±SE
	25	40	80	
30	8.34 ± 0.55	19.49 ± 0.55	13.07 ± 0.55	13.63 ± 0.32 ^{c}
40	9.15 ± 0.55	18.05 ± 0.55	11.83 ± 0.55	13.01 ± 0.32 ^{c}
50	14.46 ± 0.55	17.72 ± 0.55	13.17 ± 0.55	15.12 ± 0.32 ^{b}
60	14.70 ± 0.55	19.72 ± 0.55	13.98 ± 0.55	16.14 ± 0.32 ^{a}
Mean±SE	11.66 ± 0.27 ^{c}	18.74 ± 0.27 ^{a}	13.01 ± 0.27 ^{b}	

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 9 ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล ABTS$^{\cdot+}$ของพรมมิ (*Bacopa monniera*) เมื่อเทียบเท่ากับวิตามินซี

4.1.6.2 ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล ABTS$^{\cdot+}$ของพรมมิ (*Bacopa monniera*) เมื่อเทียบเท่ากับ Butylatedhydroxytoluene (BHT)

จากการทดลองปลูก และเก็บเกี่ยวพรมมิที่มีช่วงอายุแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ อายุ 30, 40, 50 และ 60 วัน มาผ่านอุณหภูมิการทำแห้งที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ การตากแห้งที่อุณหภูมิ 25 ºC อบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 40ºC และ 80 ºC พบว่า อายุ และอุณหภูมิการทำแห้งของพรมมินั้นมีอิทธิพลร่วมกันระหว่าง 2 ปัจจัย กล่าวคือ อายุ และอุณหภูมิการทำแห้งมีอิทธิพลต่อ

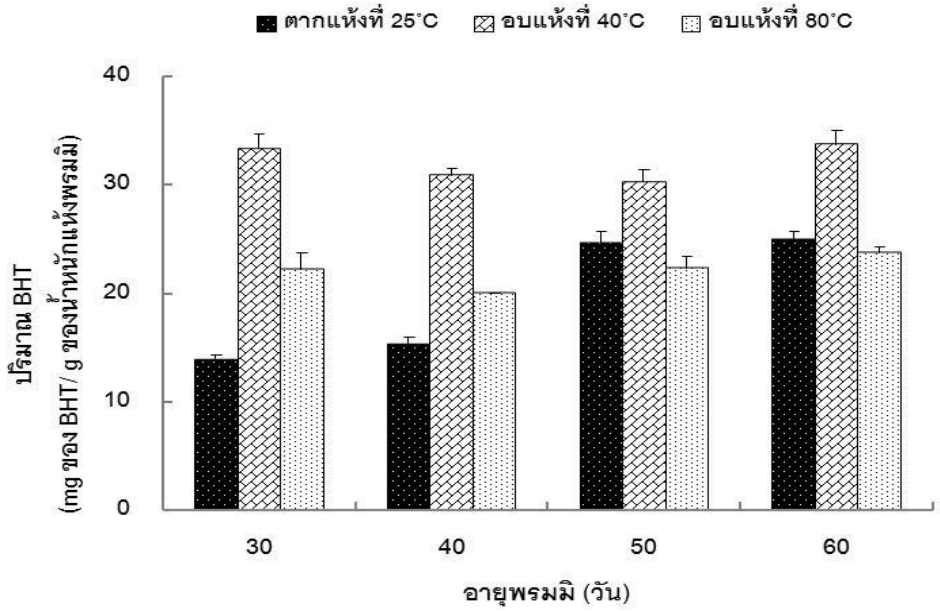
ปริมาณ BHT เมื่อเปรียบเทียบจาก % การกำจัดอนุมูล $ABTS^{\cdot+}$ของพรมมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 8 การกำจัดอนุมูล $ABTS^{\cdot+}$ของพรมมิ (*Bacopa monniera*) ที่มีอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งที่แตกต่างกัน เมื่อเทียบเท่ากับ BHT (mg ของ BHT/ g ของน้ำหนักแห้งพรมมิ)

อายุพรมมิ (วัน)	อุณหภูมิการทำแห้ง (°C)			Mean±SE
	25	40	80	
30	14.04 ± 0.95	33.42 ± 0.95	22.27 ± 0.95	23.24 ± 0.55 [c]
40	15.45 ± 0.95	30.93 ± 0.95	20.11 ± 0.95	22.16 ± 0.55 [c]
50	24.69 ± 0.95	30.34 ± 0.95	22.44 ± 0.95	25.82 ± 0.55 [b]
60	25.10 ± 0.95	33.84 ± 0.95	23.85 ± 0.95	27.60 ± 0.55 [a]
Mean±SE	19.82 ± 0.48 [c]	32.13 ± 0.48 [a]	22.17 ± 0.48 [b]	

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิการทำแห้งของพรมมิ พบว่า ชุดการทดลองที่พรมมิได้รับการอบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 40 ºC มีปริมาณ BHT เมื่อเทียบกับ % การกำจัดอนุมูล $ABTS^{\cdot+}$สูงที่สุด รองลงมา คือ ชุดการทดลองพรมมิได้รับการอบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 80 ºC และชุดการทดลองที่พรมมิได้รับการตากแห้งที่ 25 ºC โดยมีปริมาณ BHTเมื่อเทียบกับ % การกำจัดอนุมูล $ABTS^{\cdot+}$ เท่ากับ 32.13 ± 0.48, 22.17 ± 0.48 และ19.82 ± 0.48 mg ของ BHT/ g ของน้ำหนักแห้งพรมมิตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอายุของพรมมิ พบว่า ชุดการทดลองที่พรมมิมีอายุ 60 วัน มีปริมาณ BHT เมื่อเทียบกับ % การกำจัดอนุมูล $ABTS^{\cdot+}$สูงที่สุด รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่พรมมิมีอายุ 50, 30 และ 40 วัน โดยมีปริมาณ BHT เมื่อเทียบกับ % การกำจัดอนุมูล $ABTS^{\cdot+}$ เท่ากับ 27.60 ± 0.55, 25.82 ± 0.55, 23.24 ± 0.55 และ 22.16 ± 0.55 mg ของ BHT/ g ของน้ำหนักแห้งพรมมิตามลำดับ ซึ่งชุดการทดลองที่พรมมิอายุ 30 วัน นั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองที่พรมมิอายุ 50 และ 60 วัน ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองที่พรมมิอายุ 40 วัน ($P>0.05$) (ตารางที่ 8 และภาพที่ 10)



ภาพที่ 10 ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล $ABTS^{\cdot+}$ของพรมมิ (*Bacopa monniera*)เมื่อเทียบเท่ากับ BHT

จากการศึกษาผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการต้าน อนุมูลอิสระ และปริมาณสารฟีนอลรวมของพรรณไม้น้ำพรมมิ (*Bacopa monniera*)โดยใช้พรมมิที่มีช่วงอายุแตกต่างกับ 4 ระดับ คือ พรมมิที่มีช่วงอายุ 30, 40, 50 และ 60 วัน ส่วนวิธีการทำแห้งก็จะใช้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ การตากแห้งที่อุณหภูมิ 25 ºC อบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 40 ºC และ 80 ºC พบว่า ชุดการทดลองที่พรมมิมีอายุ 30 วัน นั้นมีปริมาณสารฟีนอลรวม (mg ของ Gallic acid/ น้ำหนักแห้งของพรมมิ 1 g) การกำจัดอนุมูล $DPPH^{\cdot}$ (%) และการเป็น Reducing power สูงที่สุด เมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ ซึ่งผลการทดลองนี้มีความสอดคล้องกับการทดลองของ Nantitanon *et al*. (2010) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารฟีนอลรวมของสารสกัดจากใบฝรั่ง โดยในการทดลองจะใช้ใบฝรั่งที่มีอายุแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ใบฝรั่งในช่วงที่เป็นใบอ่อน ช่วงที่อยู่ระหว่างการเป็นใบอ่อนกับใบแก่ และช่วงที่เป็นใบแก่พบว่า ใบฝรั่งในช่วงที่เป็นใบอ่อนนั้นมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารฟีนอลรวมสูงที่สุด รองลงมา คือ ใบฝรั่งในช่วงที่เป็นใบแก่ และช่วงที่อยู่ระหว่างการเป็นใบอ่อนกับใบแก่ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ Sairam *et al*. (2003) ที่ศึกษาเกี่ยวกับสารต้านอนุมูลอิสระจำพวกเอนไซม์ของใบทานตะวันที่มีช่วงอายุแตกต่างกัน โดยในการทดลองจะใช้ใบทานตะวันที่อายุแตกต่างกัน 2 ระดับ คือ ใบทานตะวันในช่วงก่อนการออกดอก (ช่วงที่เป็นใบอ่อน) และช่วงที่มีการพัฒนาเมล็ด (ช่วงที่เป็นใบแก่) พบว่า ใบทานตะวันในช่วงก่อนการออก

ดอก (ช่วงที่เป็นใบอ่อน) นั้นมีปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระจำพวกเอนไซม์ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด เมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ เพราะใบทานตะวันในช่วงที่มีการพัฒนาเมล็ด (ช่วงที่เป็นใบแก่) จะมีการสะสมของอนุมูลอิสระหรือภาวะ Oxidative stress และกระบวนการ Lipid peroxidation มากกว่าในใบทานตะวันที่อยู่ช่วงก่อนการออกดอก (ช่วงที่เป็นใบอ่อน) ส่วนอุณหภูมิการทำแห้งที่ทำให้พรมมิมีปริมาณสารฟีนอลรวม (mg ของ Gallic acid/ น้ำหนักแห้งของพรมมิ 1 g) การกำจัดอนุมูล $DPPH^{\cdot}$ (%) และการเป็น Reducing power สูงที่สุด คือ ชุดการทดลองที่พรมมิมีการอบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 40 ºC รองลงมา คือ การอบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 80 ºC และการตากแห้งที่อุณหภูมิ 25 ºC ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการทดลองของ Arslan *et al*. (2010)ที่ได้ทดลองเกี่ยวกับกระบวนการอบแห้งที่มีผลต่อแร่ธาตุ และสีของ Peppermint โดยมีกระบวนการทำแห้ง Peppermint4 แบบ คือ แบบสด แบบอบแห้งด้วยตู้ Hot air oven ที่อุณหภูมิ 50^{O}C แบบตากแห้งโดยแสงแดดและแบบอบแห้งด้วยตู้ Microwave พบว่า Peppermint ที่ผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยตู้ Microwave นั้นมีปริมาณสารฟีนอลรวมมากที่สุด เพราะการอบแห้งด้วยตู้ Microwave นั้นใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่สั้น ทำให้สาร Phenolic สลายตัวได้น้อย ซึ่งในการทดลองของพรมมิ พบว่า การอบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 80 ºC นั้นทำให้พรมมิมีปริมาณสารฟีนอลรวม และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าการตากแห้งที่อุณหภูมิ 25 ºC ในที่ร่ม ก็แสดงว่าอุณหภูมิสูงนั้นไม่มีผลต่อปริมาณสารฟีนอลรวมและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของพรมมิ แต่หากจะเลือกกระบวนการแปรรูปพรมมิที่เหมาะสม ควรจะเลือกการอบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 40 ºC มากกว่า เพราะมีปริมาณสารฟีนอลรวมและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่ากระบวนการทำแห้งในแบบอื่นๆ

4.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของอุณหภูมิและบรรจุภัณฑ์ต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารฟีนอลรวมของพรรณไม้น้ำพรมมิ (*Bacopa monniera*) อบแห้ง

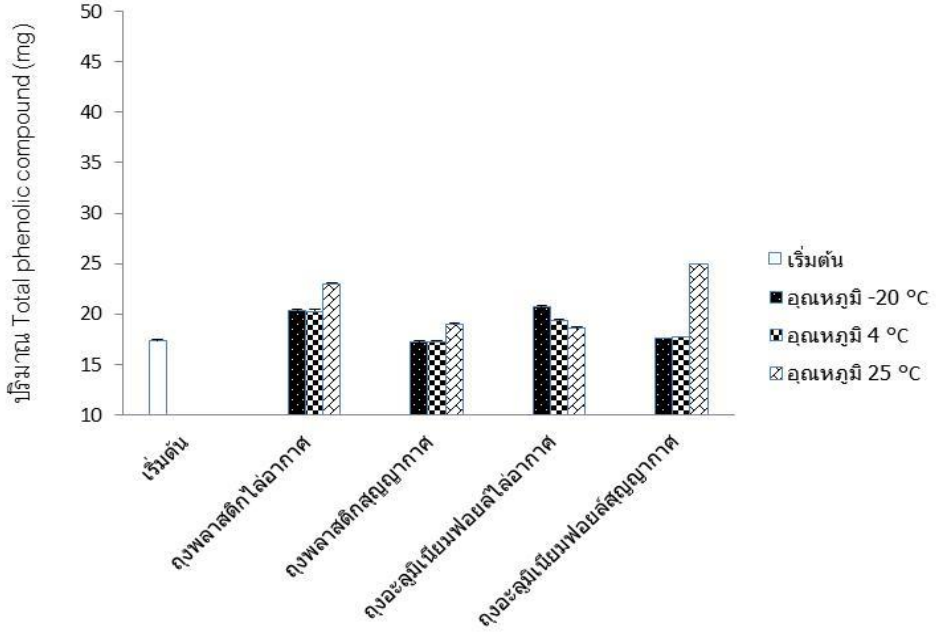
4.2.1 ผลของอุณหภูมิและบรรจุภัณฑ์ ต่อปริมาณสารฟีนอลรวมของพรมมิ (*Bacopa monniera*) เมื่อเทียบเท่ากับ Gallic acid

จากผลการทดลองพบว่าพรมมิอบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 25 °Cจะมีค่าฟีนอลรวมเท่ากับ 24.04±0.38mg ซึ่งมากที่สุด รองลงมาคือที่อุณหภูมิ 4 และ -20 °Cเท่ากับ 22.38±0.33 mg และ 22.14±0.17 mg ตามลำดับส่วนพรมมิอบแห้งที่เก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ไล่อากาศจะมีปริมาณฟีนอลรวมเท่ากับ 23.27±0.87 mg ซึ่งสูงกว่าที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น (ตารางที่ 9 และภาพที่ 11)

ตารางที่ 9 ปริมาณ Total phenolic compound (mg)ของพรมมิอบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิและบรรจุภัณฑ์แตกต่างกัน

บรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิ (°C)			Mean±SE
	-20	4	25	
ถุงพลาสติกไล่อากาศ	21.96±0.75	21.82±0.23	23.11±0.30	22.29±0.40[b]
ถุงพลาสติกสุญญากาศ	21.96±0.47	22.34±0.29	24.10±0.14	22.80±0.65[b]
ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ไล่อากาศ	22.26±0.40	22.54±0.05	25.01±0.13	23.27±0.87[a]
ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์สุญญากาศ	23.34±0.08	21.88±0.36	23.93±0.32	23.05±0.60[a]
Mean±SE	22.38±0.33[b]	22.14±0.17[b]	24.04±0.38[a]	

อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับอยู่แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 11 ผลของอุณหภูมิและบรรจุภัณฑ์ ต่อปริมาณสารฟีนอลรวมของพรมมิ (*Bacopa monniera*)

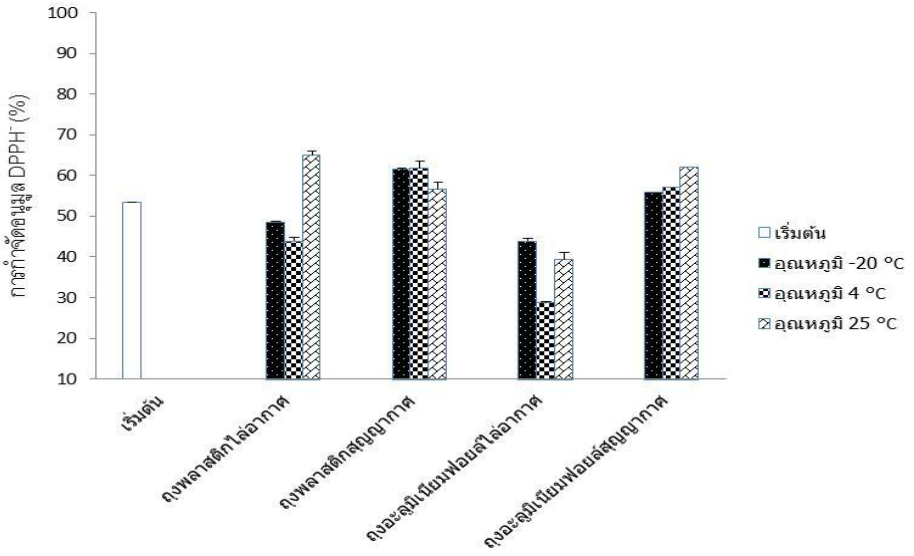
4.2.2 ผลของอุณหภูมิและบรรจุภัณฑ์ ต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH˙ของพรมมิ (*Bacopa monniera*)

จากการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่าการเก็บรักษาพรมมิอบแห้งที่อุณหภูมิ 25 °Cจะมีการกำจัดอนุมูล $DPPH^-$ เท่ากับ 50.12±0.29 % ซึ่งดีที่สุดรองลงมาคือที่อุณหภูมิ 4 และ -20 °Cซึ่งมีการกำจัดอนุมูล $DPPH^-$ ดีไม่แตกต่างกัน เท่ากับ 45.35±1.35 และ 44.08±0.85 % ตามลำดับ ส่วนบรรจุภัณฑ์ที่ใช้เก็บรักษาพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 10และภาพที่ 12)

ตารางที่ 10การกำจัดอนุมูล $DPPH^-$ (%) ของพรมมิอบแห้งที่เก็บในอุณหภูมิ และบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน

บรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิ (°C)			Mean±SE
	-20	4	25	
ถุงพลาสติกไล่อากาศ	44.29±0.53	44.83±0.57	50.55±0.93	46.56±2.00
ถุงพลาสติกสุญญากาศ	44.77±0.35	45.20±0.71	49.61±0.78	46.53±1.54
ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ไล่อากาศ	43.08±1.16	44.73±0.42	50.72±1.11	46.18±2.32
ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์สุญญากาศ	49.27±0.84	41.54±2.14	49.61±0.94	46.81±2.63
Mean±SE	45.35±1.35[b]	44.08±0.85[b]	50.12±0.29[a]	

อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับอยู่แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 12 ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH˙ ของพรมมิ (*Bacopa monniera*)

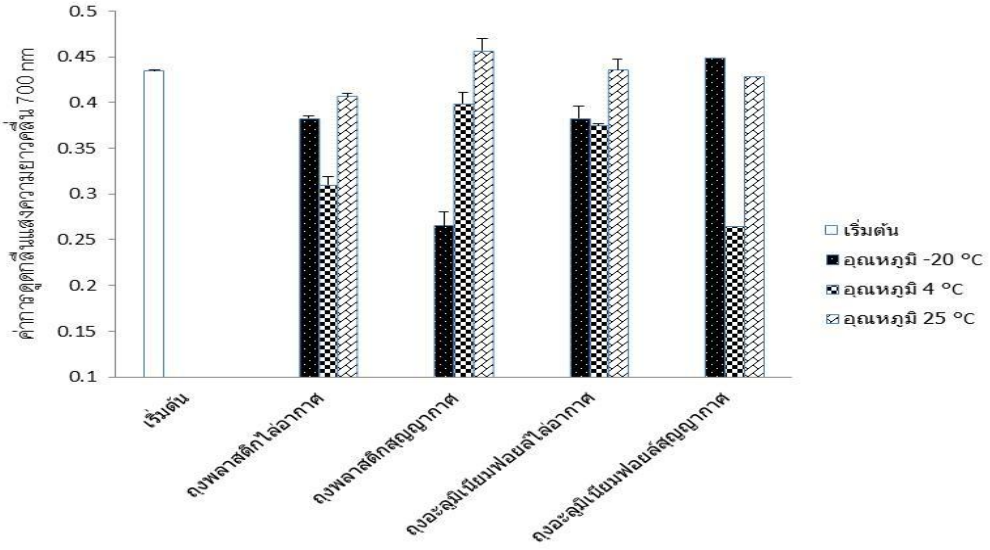
4.2.3 ผลของอุณหภูมิและบรรจุภัณฑ์ต่อความสามารถในการเป็น Reducing power ของพรมมิ (*Bacopa monniera*)

จากการทดลองวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ วิธี Reducing power พบว่าที่อุณหภูมิ 25 °C จะมีค่า reducing power ดีที่สุด เท่ากับ 0.433±0.010 รองลงมาคือที่อุณหภูมิ -20 และ 4 °C เท่ากับ 0.370±0.038 และ 0.338±0.030 ตามลำดับ ส่วนบรรจุภัณฑ์พบว่า ถุงพลาสติกสุญญากาศ ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ไล่อากาศ และถุงอะลูมิเนียมฟอยล์สุญญากาศ ดีเท่ากัน และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 11และภาพที่ 13)

ตารางที่ 11 ค่า Reducing power ของพรมมิอบแห้งที่เก็บในอุณหภูมิ และบรรจุภัณฑ์แตกต่างกัน

บรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิ (°C)			Mean±SE
	-20	4	25	
ถุงพลาสติกไล่อากาศ	0.383±0.024	0.311±0.004	0.408±0.031	0.367±0.029[b]
ถุงพลาสติกสุญญากาศ	0.266±0.002	0.399±0.009	0.458±0.003	0.374±0.056[a]
ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ไล่อากาศ	0.384±0.015	0.376±0.013	0.436±0.013	0.399±0.018[a]
ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์สุญญากาศ	0.449±0.013	0.266±0.002	0.429±0.012	0.381±0.057[a]
Mean±SE	0.370±0.038[b]	0.338±0.030[c]	0.433±0.010[a]	

อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับอยู่แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 13ผลของอุณหภูมิและบรรจุภัณฑ์ต่อความสามารถในการเป็น Reducing power ของพรมมิ (*Bacopa monniera*)

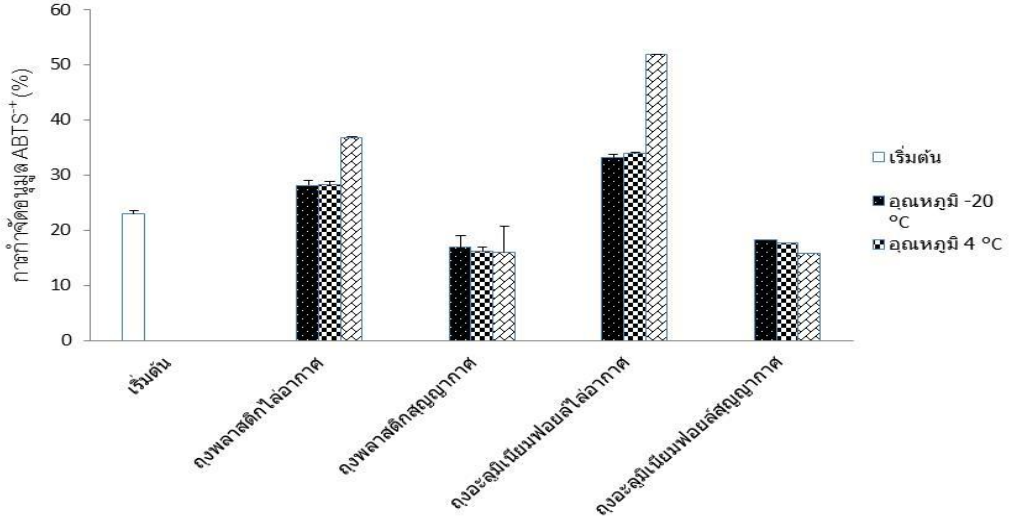
4.2.4 ผลของอุณหภูมิและบรรจุภัณฑ์ ต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล ABTS$^{\cdot+}$ของพรมมิ (*Bacopa monniera*)

จากการทดลองพบว่าพรมมิอบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 25 °C มีการกำจัดอนุมูล ABTS^{+}ดีที่สุดเท่ากับ 33.034±7.23 % รองลงมาคือ ที่อุณหภูมิ 4 และ -20 °Cซึ่งดีไม่แตกต่างกัน เท่ากับ 26.92±2.72 และ 27.05±2.36% ตามลำดับ ส่วนบรรจุภัณฑ์ที่ใช้เก็บรักษาพบว่าพรมมิอบแห้งที่เก็บรักษาในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ไล่อากาศจะมีค่าดีที่สุด เท่ากับ 39.72±6.10 % (ตารางที่ 12และภาพที่ 14)

ตารางที่ 12 การกำจัดอนุมูล ABTS+- (%) ของพรมมิอบแห้ง ที่เก็บรักษาในอุณหภูมิและบรรจุภัณฑ์แตกต่างกัน

บรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิ (°C)			Mean±SE
	-20	4	25	
ถุงพลาสติกไล่อากาศ	28.21±0.54	28.29±2.56	36.77±4.95	31.09±2.84^{b}
ถุงพลาสติกสุญญากาศ	22.74±0.79	21.95±0.53	21.79±0.13	22.16±0.29^{c}
ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ไล่อากาศ	33.22±1.97	34.01±0.73	51.93±4.71	39.72±6.10^{a}
ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์สุญญากาศ	24.04±0.65	23.45±0.18	21.63±0.07	23.04±0.72^{c}
Mean±SE	27.05±2.36^{b}	26.92±2.72^{b}	33.034±7.23^{a}	

อักษรภาษาอังกฤษที่กำกับอยู่แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 14 ผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล ABTS$^{\cdot+}$ของพรมมิ (*Bacopa monniera*)

ตารางที่ 13 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระทั้ง 4 วิธีของพรมมิอบแห้งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ และบรรจุภัณฑ์แตกต่างกัน

บรรจุภัณฑ์	วิธีวิเคราะห์			
	TPC	DPPH	Reducing power	ABTS
ถุงพลาสติกไล่อากาศ	22.29^{b}	46.56	0.366	31.09^{b}
ถุงพลาสติกสุญญากาศ	22.8^{ab}	46.52	0.374	22.16^{c}
ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ไล่อากาศ	23.27^{a}	46.18	0.398	39.72^{a}
ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์สุญญากาศ	23.05^{a}	46.80	0.381	23.04^{c}
F - test	*	ns	ns	*
อุณหภูมิ -20 °C	22.38^{b}	45.35^{b}	0.370^{b}	27.05^{b}
อุณหภูมิ 4 °C	22.14^{b}	44.07^{b}	0.337^{c}	26.92^{b}
อุณหภูมิ 25 °C	24.04^{a}	50.12^{a}	0.432^{a}	33.03^{a}
F - test	*	*	*	*
บรรจุภัณฑ์ x อุณหภูมิ	*	*	*	*
ถุงพลาสติกไล่อากาศ x อุณหภูมิ -20 °C	21.95^{f}	44.29^{bc}	0.383^{de}	28.21^{cd}
ถุงพลาสติกไล่อากาศ x อุณหภูมิ 4 °C	21.82^{f}	44.83^{b}	0.310^{f}	28.28^{cd}
ถุงพลาสติกไล่อากาศ x อุณหภูมิ 25 °C	23.11^{cde}	50.55^{a}	0.407^{bcde}	36.77^{b}
ถุงพลาสติกสุญญากาศ x อุณหภูมิ -20 °C	21.95^{f}	44.76^{b}	0.266^{g}	22.74^{d}
ถุงพลาสติกสุญญากาศ x อุณหภูมิ 4 °C	22.34^{ef}	45.2^{b}	0.399^{cde}	21.95^{d}
ถุงพลาสติกสุญญากาศ x อุณหภูมิ 25 °C	24.10^{b}	49.61^{a}	0.457^{a}	21.79^{d}
ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ไล่อากาศ x อุณหภูมิ -20 °C	22.26^{ef}	43.08^{bc}	0.383^{de}	33.22^{bc}
ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ไล่อากาศ x อุณหภูมิ 4 °C	22.54^{def}	44.73^{b}	0.375^{e}	34.01^{bc}
ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ไล่อากาศ x อุณหภูมิ 25 °C	25.01^{a}	50.72^{a}	0.436^{abc}	51.92^{a}
ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์สุญญากาศ x อุณหภูมิ -20 °C	23.34^{bcd}	49.27^{a}	0.449^{ab}	24.04^{d}
ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์สุญญากาศ x อุณหภูมิ 4 °C	21.88^{f}	41.54^{c}	0.265^{g}	23.45^{d}
ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์สุญญากาศ x อุณหภูมิ 25 °C	23.93^{bc}	49.61^{a}	0.429^{abcd}	21.63^{d}
F - test	*	*	*	*

หมายเหตุ :ตัวอักษรที่ค่าต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากการทดลองพบว่า ปริมาณสารฟีนอลรวมในพรมมิอบแห้งเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลานานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับการทดลอง Toor และ Savage (2006) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบที่ช่วยต้านอนุมูลอิสระในมะเขือเทศที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่างๆก็พบว่าปริมาณฟีนอลเพิ่มสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา แม้ว่าจะศึกษาแค่ 10 วัน แต่ผลที่แสดงก็พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา Hossain *et al*. (2010) ได้อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของสารฟีนอลรวม จากการเก็บรักษาสมุนไพร ว่าตัวอย่างพืชที่แห้งทำให้เนื้อเยื่อผนังเซลล์แตกจึงทำให้ผนังเซลล์ปล่อยปริมาณสารฟีนอลออกมาเพิ่มขึ้น และการเก็บรักษาพรมมิอบแห้งในอุณหภูมิ 25 °C สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าที่เก็บในอุณหภูมิ 4 และ -20 °C ซึ่งมีแนวโน้มเดียวกันกับการทดลอง Ayala-Zavala *et al*. (2004) พบว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อการเกิดสารกลุ่มอะโรมาในการศึกษาของเขาพบว่า สตอเบอรี่ที่เก็บในอุณหภูมิ 10 °C สามารถสร้าง methyl หรือ ethyl esters ได้สูงกว่า และสามารถต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าที่อุณหภูมิ 0 °C

4.3 การทดลองที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*) ที่ผสมในอาหารสัตว์น้ำ

4.3.1 ผลของระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษา ต่อปริมาณ MDA ในอาหารที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*) โดยใช้วิธี TBAR ในการวิเคราะห์

(1) ผลของระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษา ต่อปริมาณ MDA ในอาหารกุ้งที่ผสมสารสกัดพรมมิ *(Bacopa monnieri*) โดยใช้วิธี TBAR ในการวิเคราะห์

จากการทดลองผสมสารสกัดพรมมิลงในอาหารกุ้งที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ 5 ระดับ คือ 0 (ควบคุม),500, 1,000, 1,500 และ 2,000 มิลลิกรัมของต่อกิโลกรัมอาหาร เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน วิเคราะห์หาค่าความเหม็นหืนด้วยวิธี TBAR ในสัปดาห์เริ่มต้น (สัปดาห์ที่ 0), สัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 พบว่า ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษามีอิทธิพลร่วมกันระหว่าง 2 ปัจจัย กล่าวคือ ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษา มีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณ MDA ที่เกิดขึ้นในอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

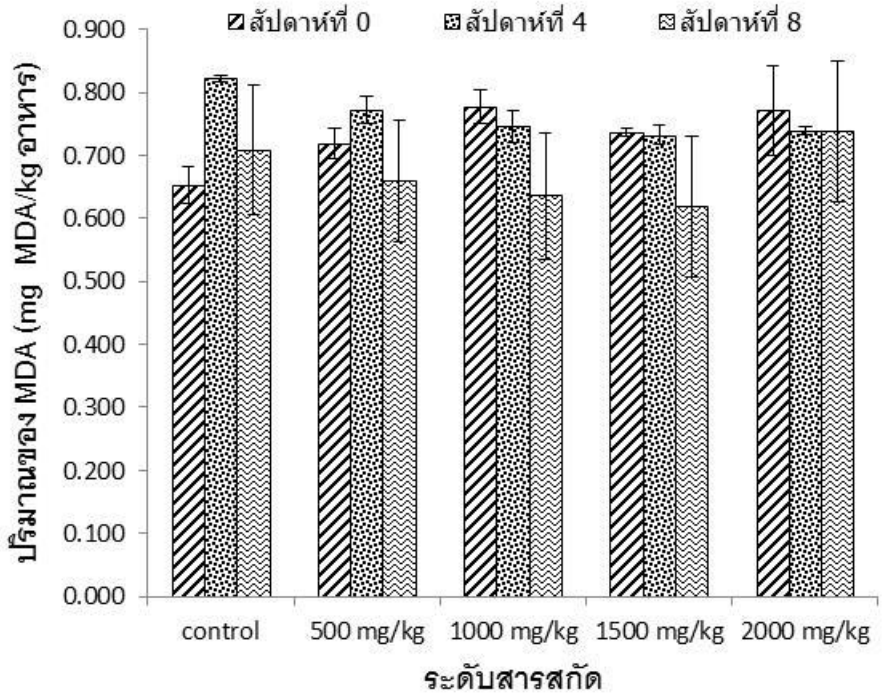
เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ พบว่าปริมาณ MDA ที่เกิดขึ้นมีค่าอยู่ในช่วง 0.70-0.75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ซึ่งที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิที่ 1,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารทำให้มีค่าความหืน หรือปริมาณ MDA น้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.72±0.02 มิลลิกรัมของ MDA ต่อกิโลกรัมอาหาร รองลงมา คือ ความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ 500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร มีค่า MDA 0.72±0.02 มิลลิกรัมของ MDA ต่อกิโลกรัมอาหารตามด้วยความ

เข้มข้นของสารสกัดพรมมิ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร(ตัวควบคุมที่ไม่มีการใส่สารสกัดจากพรมมิ) มีค่า MDA 0.73±0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารมีปริมาณ MDA ที่ทำให้เกิดความหืนมากที่สุดมีค่า 0.73±0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่เก็บรักษาอาหาร พบว่า ในสัปดาห์ที่ 8 มีปริมาณ MDA น้อยที่สุด รองลงมา คือ ในสัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ที่ 4 มีค่า MDA เท่ากับ 0.67±0.01, 0.73±0.01 และ 0.76±0.01มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์สถิติ พบว่า การเก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 0 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการเก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 4(P>0.05) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการเก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 8 (P>0.05) (ตารางที่ 14และภาพที่ 15)

ตารางที่ 14 ปริมาณ MDA ของอาหารกุ้งที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*) ที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร)					Mean±SE
	0	500	1,000	1,500	2,000	
0	0.65±0.03	0.72±0.03	0.78±0.03	0.74±0.03	0.77±0.03	0.73±0.01[b]
4	0.82±0.03	0.77±0.03	0.75±0.03	0.73±0.03	0.74±0.03	0.76±0.01[b]
8	0.71±0.03	0.66±0.03	0.64±0.03	0.62±0.03	0.74±0.03	0.67±0.01[a]
Mean±SE	0.73±0.02[a]	0.72±0.02[a]	0.72±0.02[a]	0.70±0.02[a]	0.75±0.02[a]	

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 15 ผลของระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษา ต่อปริมาณ MDAในอาหารกุ้งที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*) โดยใช้วิธี TBAR ในการวิเคราะห์

(2) ผลของระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษา ต่อปริมาณ MDA ในอาหารปลาดุกที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*) โดยใช้วิธี TBAR ในการวิเคราะห์

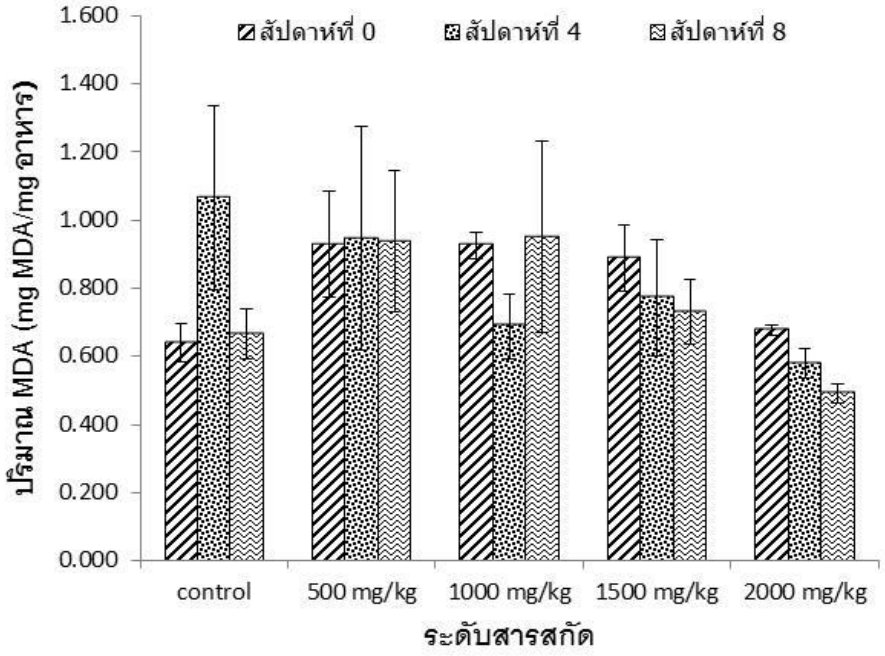
จากการทดลองผสมสารสกัดพรมมิลงในอาหารปลาดุกที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ 5 ระดับ คือ 0 (ควบคุม), 500, 1,000, 1,500 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน วิเคราะห์หาค่าความเหม็นหืนด้วยวิธี TBAR ในสัปดาห์เริ่มต้น (สัปดาห์ที่ 0), สัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 พบว่า ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษามีอิทธิพลร่วมกันระหว่าง 2 ปัจจัย (ตารางที่ 15)กล่าวคือ ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษา มีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณ MDA ที่เกิดขึ้นในอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 15 ปริมาณ MDA ของอาหารปลาดุกที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*) ที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร)					Mean±SE
	0	500	1,000	1,500	2,000	
0	0.64±0.09	0.93±0.09	0.93±0.09	0.89±0.09	0.68±0.09	0.81±0.04[a]
4	1.07±0.09	0.95±0.09	0.69±0.09	0.77±0.09	0.58±0.09	0.81±0.04[a]
8	0.67±0.09	0.94±0.09	0.95±0.09	0.73±0.09	0.49±0.09	0.76±0.04[a]
Mean±SE	0.79±0.05[b]	0.94±0.05[b]	0.86±0.05[b]	0.80±0.05[b]	0.58±0.05[a]	

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ พบว่าปริมาณ MDA ที่เกิดขึ้นมีค่าอยู่ในช่วง 0.58-0.94 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ซึ่งที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิที่ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารทำให้มีค่าความหืน หรือปริมาณ MDA น้อยที่สุด รองลงมา คือ 0, 1,500, 1,000 และ 500มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารโดยมีปริมาณ MDAเท่ากับ 0.58±0.05, 0.79±0.05, 0.80±0.05 , 0.86±0.05, 0.94±0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า ความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิที่ 1,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับระดับความเข้มข้นของสารสกัดที่ 0, 500, 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร (P>0.05) แต่มีความแตกต่างทางนัยสำคัญทางสถิติกับระดับความเข้มข้นของสารสกัดที่ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (p<0.05) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่เก็บรักษาอาหาร พบว่า ในสัปดาห์ที่ 8 มีปริมาณ MDA น้อยที่สุด ส่วนในสัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ที่ 4 มีค่า MDA เท่ากัน คือ0.81±0.04มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร (ภาพที่ 16) ซึ่งระยะเวลาในการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 16 ผลของระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษา ต่อปริมาณ MDA ในอาหารปลาดุกที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*)โดยใช้วิธี TBAR ในการวิเคราะห์

4.3.2 ผลของระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อปริมาณสารประกอบฟีโนลิค (Total phenolic content) ของอาหารที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณกรดแกลลิค

(1) ผลของระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อปริมาณสารประกอบฟีโนลิค (Total phenolic content) ของอาหารกุ้งที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณกรดแกลลิค

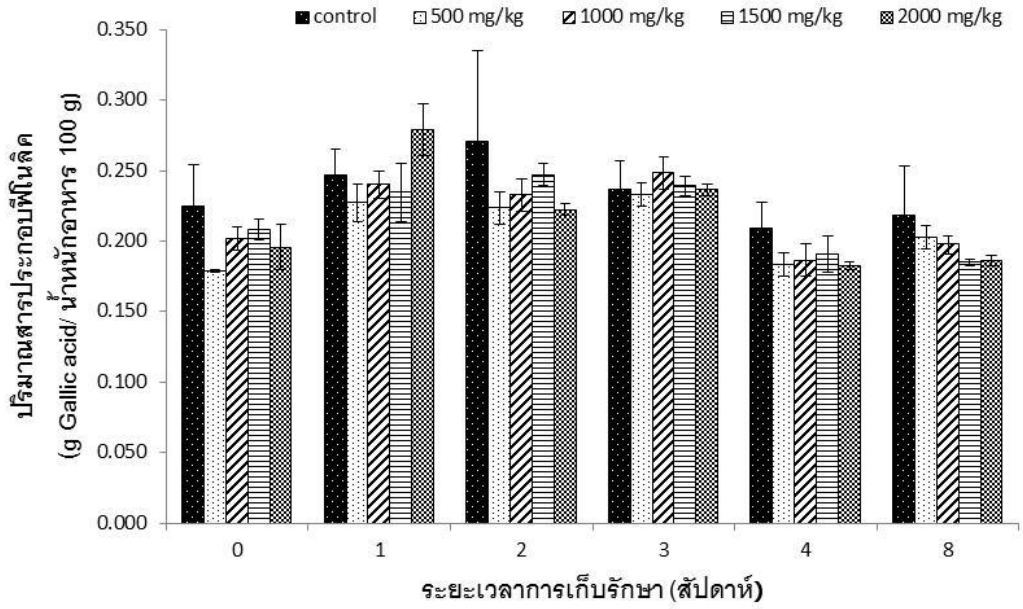
จากการทดลองผสมสารสกัดพรมมิลงในอาหารกุ้งที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ 5 ระดับ คือ 0 (ควบคุม),500, 1,000, 1,500 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน วิเคราะห์หาค่าปริมาณสารประกอบฟีโนลิคในสัปดาห์ที่ 0(สัปดาห์เริ่มต้น),1, 2, 3, 4 และ 8 พบว่าระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษามีอิทธิพลร่วมกันระหว่าง 2 ปัจจัย (ตารางที่ 16) กล่าวคือ ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษา มีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณสารประกอบฟีโนลิคในอาหารกุ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 16 ปริมาณสารประกอบฟีโนลิคของอาหารกุ้งที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*) ที่มีระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิที่ผสมในอาหาร (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร)					Mean±SE
	0	500	1,000	1,500	2,000	
0	0.21±0.09	0.18±0.09	0.20±0.09	0.21±0.09	0.20±0.09	0.20±0.04[b]
1	0.24±0.09	0.22±0.09	0.24±0.09	0.25±0.09	0.29±0.09	0.25±0.04[a]
2	0.27±0.09	0.22±0.09	0.23±0.09	0.25±0.09	0.22±0.09	0.24±0.04[a]
3	0.24±0.09	0.23±0.09	0.25±0.09	0.24±0.09	0.24±0.09	0.24±0.04[a]
4	0.21±0.09	0.18±0.09	0.19±0.09	0.19±0.09	0.18±0.09	0.19±0.04[b]
8	0.22±0.09	0.20±0.09	0.20±0.09	0.19±0.09	0.19±0.09	0.20±0.04[b]
Mean±SE	0.23±0.04[a]	0.21±0.04[c]	0.21±0.04[bc]	0.22±0.04[ab]	0.22±0.04[ab]	

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ พบว่าปริมาณสารประกอบฟีโนลิคที่เกิดขึ้นมีค่าอยู่ในช่วง 0.21-0.23 กรัมต่ออาหาร 100 กรัม ซึ่งที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิที่ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารมีปริมาณสารประกอบฟีโนลิคมากที่สุดรองลงมา คือ 1,500 กับ 2,000 และ 1,000 กับ 500มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารโดยมีปริมาณ สารประกอบฟีโนลิคเท่ากับ 0.23±0.04, 0.22±0.04 และ0.21±0.04 กรัมของกรดแกลลิคต่ออาหาร 100 กรัม ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิที่ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับระดับความเข้มข้นของสารสกัดที่ 1,500 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ($P>0.05$) แต่มีความแตกต่างทางนัยสำคัญทางสถิติกับระดับความเข้มข้นของสารสกัดที่ 1,000 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ($p<0.05$) ส่วนระดับความเข้มข้นของสารสกัดที่ 1,000 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$)และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่เก็บรักษาอาหาร พบว่า ในสัปดาห์ที่ 1, 2 และ 3 มีปริมาณฟีโนลิคมากที่สุดมีค่าอยู่ในช่วง 0.24-0.25 กรัมของกรดแกลลิคต่ออาหาร 100 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับสัปดาห์ที่ 0, 4 และ 8 :มีค่าปริมาณสารประกอบฟีโนลิคอยู่ในช่วง 0.19-0.20กรัมของ กรดแกลลิคต่ออาหาร 100 กรัม (ภาพที่ 17)



ภาพที่ 17 ผลของระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษา ต่อปริมาณสารประกอบฟีโนลิคในอาหารกุ้งที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*)

(2) ผลของระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อปริมาณสารประกอบฟีโนลิค (Total phenolic content) ของอาหารปลาดุกที่ผสมสารสกัดพรมมิ(*Bacopa monnieri*) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณ กรดแกลลิค

จากการทดลองผสมสารสกัดพรมมิลงในอาหารปลาดุกที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ 5 ระดับ คือ 0 (ควบคุม),500, 1,000, 1,500 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน วิเคราะห์หาค่าปริมาณสารประกอบฟีโนลิคในสัปดาห์ที่ 0(สัปดาห์เริ่มต้น),1, 2, 3, 4 และ 8 พบว่าระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษามีอิทธิพลร่วมกันระหว่าง 2 ปัจจัย กล่าวคือ ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษา มีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณสารประกอบฟีโนลิคในอาหารปลาดุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 17)

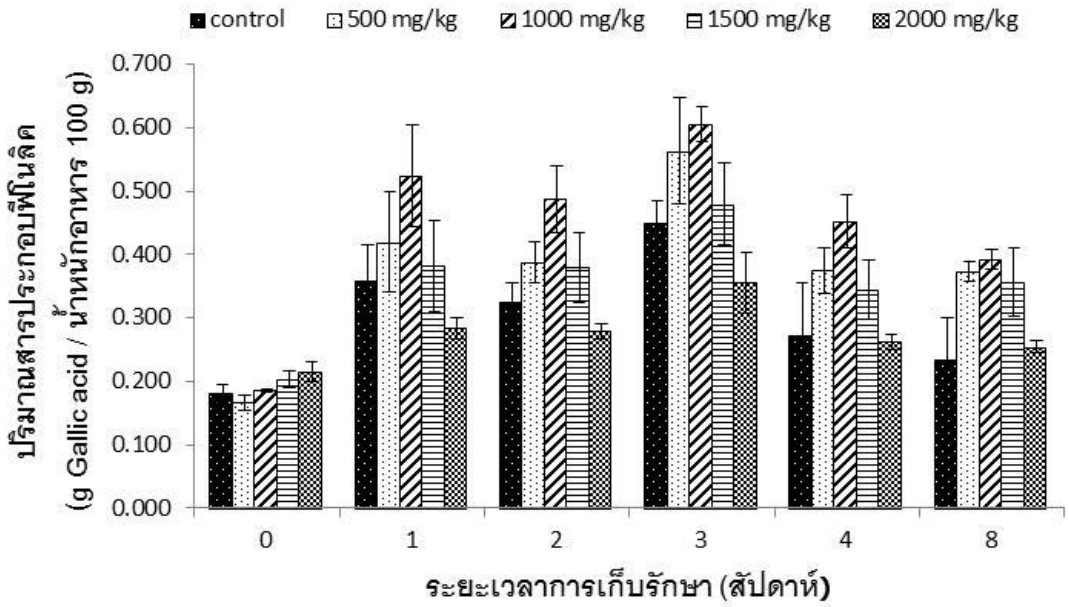
เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ พบว่าปริมาณสารประกอบฟีโนลิคที่เกิดขึ้นมีค่าอยู่ในช่วง 0.7-0.45 กรัมของกรดแกลลิคต่ออาหาร 100 กรัม ซึ่งที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิที่ 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารมีปริมาณสารประกอบฟีโนลิคมากที่สุดรองลงมา คือ 1,500, 500, 0 และ 2,000มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารโดยมีปริมาณสารประกอบฟีโนลิคเท่ากับ 0.45±0.01, 0.40±0.01, 0.39±0.01, 0.31±0.01 และ 0.27±0.01 กรัมของกรดแกลลิคต่ออาหาร 100 กรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 18) เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิที่ 1,500 มีความ

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิที่ 0, 1,000, และ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร (P<0.05) แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิที่ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร (P>0.05)และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่เก็บรักษาอาหาร พบว่าในสัปดาห์ที่ 3 มีปริมาณฟีโนลิคสูงสุด รองลงมา คือ สัปดาห์ที่ 1, 2, 8, 4 และ 0 ซึ่งมีปริมาณฟีโนลิค เท่ากับ 0.51±0.01, 0.43±0.01, 0.35±0.01, 0.38±0.01 และ 0.18±0.01 กรัมของกรดแกลลิคต่ออาหาร 100 กรัม ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 4 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสัปดาห์ที่ 0-4(P<0.05) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสัปดาห์ที่ 8 (P>0.05)

ตารางที่ 17 ปริมาณสารประกอบฟีโนลิคของอาหารปลาดุกที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*) ที่มีระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร)					Mean±SE
	0	500	1,000	1,500	2,000	
0	0.18±0.02	0.17±0.02	0.19±0.02	0.18±0.02	0.21±0.02	0.18±0.01^{e}
1	0.39±0.02	0.46±0.02	0.57±0.02	0.45±0.02	0.28±0.02	0.43±0.01^{b}
2	0.33±0.02	0.39±0.02	0.49±0.02	0.44±0.02	0.28±0.02	0.38±0.01^{c}
3	0.45±0.02	0.56±0.02	0.61±0.02	0.55±0.02	0.36±0.02	0.51±0.01^{a}
4	0.27±0.02	0.37±0.02	0.45±0.02	0.39±0.02	0.26±0.02	0.35±0.01^{d}
8	0.24±0.02	0.37±0.02	0.39±0.02	0.42±0.02	0.25±0.02	0.33±0.01^{d}
Mean±SE	0.31±0.01^{c}	0.39±0.01^{b}	0.45±0.01^{a}	0.40±0.01^{b}	0.27±0.01^{d}	

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 18 ผลของระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษา ต่อปริมาณสารประกอบฟีโนลิคในอาหารกุ้งที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*)

4.3.3 ผลของระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH˙ ของอาหารที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*)

(1) ผลของระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อความสามารถในการต้านอนุมูล DPPH ของอาหารกุ้งที่ผสมสารสกัดพรมมิ *(Bacopa monnieri)*

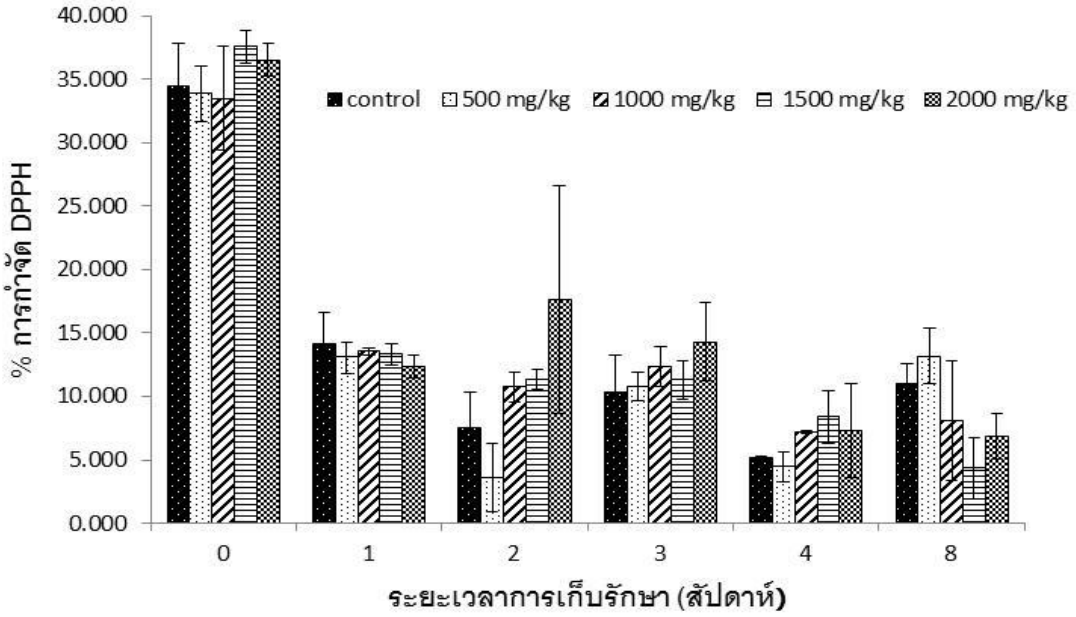
จากการทดลองผสมสารสกัดพรมมิลงในอาหารกุ้งที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ 5 ระดับ คือ 0 (ควบคุม),500, 1,000, 1,500และ 2,000มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน วิเคราะห์หาค่าความสามารถในการต้านอนุมูล DPPH ของอาหารกุ้งที่ผสมสารสกัดพรมมิ *(Bacopa monnieri)* ในสัปดาห์ที่ 0(สัปดาห์เริ่มต้น),1, 2, 3, 4 และ 8 พบว่า ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิและระยะเวลาในการเก็บรักษามีอิทธิพลร่วมกันระหว่าง 2 ปัจจัย (ตารางที่ 18) กล่าวคือ ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษา มีอิทธิพลร่วมกันต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH ในอาหารกุ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 18 ความสามารถในการกำจัด DPPHของอาหารกุ้งที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*) ที่มีระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร)					Mean±SE
	0	500	1,000	1,500	2,000	
0	34.44±1.42	33.85 ±1.42	33.49 ±1.42	37.56±1.42	36.50 ±1.42	35.17±0.66^{a}
1	14.20±1.42	13.09±1.42	13.55±1.42	13.32±1.42	12.36±1.42	13.30±0.66^{b}
2	7.51±1.42	5.24±1.42	10.73±1.42	11.36±1.42	17.61±1.42	10.49±0.66^{c}
3	3.97±1.42	3.33±1.42	4.33±1.42	4.11±1.42	5.82±1.42	4.31±0.66^{e}
4	5.17±1.42	4.47±1.42	7.25±1.42	8.41±1.42	7.31±1.42	6.52±0.66^{d}
8	11.02±1.42	13.17±1.42	8.11±1.42	4.35±1.42	6.87±1.42	8.70±0.66^{c}
Mean±SE	12.72±0.61^{ab}	12.19±0.61^{b}	12.91±0.61^{ab}	13.19±0.61^{ab}	14.41±0.61^{a}	

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ภาพที่ 19 แสดงถึง ค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ 2,000มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดอนุมูล DPPH ที่สูงสุด รองลงมา คือ ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ 1,500, 1,000, 0 และ 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร มีเปอร์เซนต์การกำจัด DPPH เท่ากับ 14.41±0.61, 13.19±0.61, 12.91±0.61, 12.91±0.72 และ 12.19±0.61 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ 0,500, 1,000และ 1,500มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ 2,000มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร (P<0.05) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่เก็บรักษาอาหาร พบว่า เปอร์เซ็นต์การกำจัดอนุมูล DPPH ที่สูงสุดอยู่ในสัปดาห์ที่ 0 รองลงมา คือ สัปดาห์ที่ 1, 2, 8, 4 และ 3 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดอนุมูล DPPH เท่ากับ 35.17±0.66, 13.30±0.66, 10.49±0.66, 8.70±0.66 และ 4.31±0.66 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH ในสัปดาห์ที่ 2 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสัปดาห์ที่ 8 (P>0.05) แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสัปดาห์ที่ 0, 1, 3 และ 4 (P<0.05)



ภาพที่ 19 ผลของระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อความสามารถในการกำจัด DPPH อาหารกุ้งที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopamonnieri*)

(2) ผลของระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อความสามารถในการต้านอนุมูล DPPH ของอาหารปลาดุกที่ผสมสารสกัดพรมมิ *(Bacopa monnieri)*

จากการทดลองผสมสารสกัดพรมมิลงในอาหาร ปลาดุกที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ 5 ระดับ คือ 0 (ควบคุม),500, 1,000, 1,500 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน วิเคราะห์หาค่าความสามารถในการต้านอนุมูล DPPH ของอาหารปลาดุกที่ผสมสารสกัดพรมมิ ในสัปดาห์ที่ 0(สัปดาห์เริ่มต้น),1, 2, 3, 4 และ 8 พบว่า ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิและระยะเวลาในการเก็บรักษามีอิทธิพลร่วมกันระหว่าง 2 ปัจจัย กล่าวคือ ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษา มีอิทธิพลร่วมกันต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH ในอาหารปลาดุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 19)

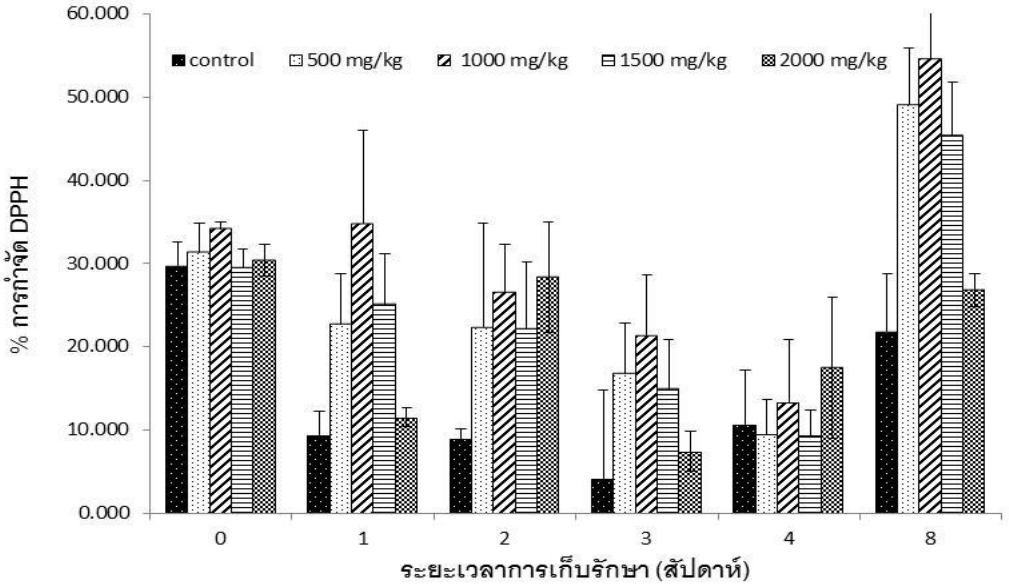
เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดอนุมูล DPPH ที่สูงสุดรองลงมา คือ ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ 500, 1,500, 2,000 และ 0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร มีเปอร์เซนต์การกำจัด DPPH เท่ากับ 28.00±1.44, 23.13±1.44, 22.33±1.44, 18.70±1.44และ 12.49±1.44 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิที่ 1,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กับระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิที่ 500 และ 2,000มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร (P>0.05) แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิที่ 0 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร (P<0.05) (ภาพที่ 20)

ตารางที่ 19 ความสามารถในการกำจัด DPPHของอาหารปลาดุกที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*) ที่มีระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร)					Mean±SE
	0	500	1,000	1,500	2,000	
0	29.7±3.53	31.32±3.53	34.2±3.53	29.54±3.53	30.45±3.53	31.04±1.58^{a}
1	9.39±3.53	24.21±3.53	34.8±3.53	25.1±3.53	11.51±3.53	21.00±1.58^{b}
2	8.9±3.53	22.35±3.53	26.58±3.53	22.16±3.53	28.35±3.53	21.67±1.58^{b}
3	8.72±3.53	13.19±3.53	14.18±3.53	14.4±3.53	13.12±3.53	12.66±1.58^{c}
4	10.62±3.53	9.45±3.53	13.27±3.53	9.32±3.53	17.48±3.53	12.03±1.58^{c}
8	7.66±3.53	38.29±3.53	44.97±3.53	33.81±3.53	11.24±3.53	27.19±1.58^{a}
Mean±SE	12.49±1.44^{d}	23.13±1.44^{b}	28.00±1.44^{a}	22.33±1.44^{bc}	18.70±1.44^{c}	

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกันหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 20 ผลของระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อความสามารถในการกำจัด DPPH อาหารปลาดุกที่ผสมสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monnieri*)

จากการทดลองการทดสอบประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดพรมมิที่ผสมในอาหารสัตว์น้ำ พบว่า ส่วนผสมที่เป็นองค์ประกอบทางโภชนาการของอาหารสัตว์น้ำเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดค่าปริมาณสารประกอบฟีโนลิค (Total phenolic content) และการวัดความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH เนื่องมาจากในอาหารของสัตว์น้ำแต่ละชนิดมีส่วนผสมแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์น้ำ โดยองค์ประกอบหลักของอาหารสัตว์น้ำ คือโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และเกลือแร่ ซึ่งโปรตีนที่นำมาผสมอาหารอาจเป็นพวกกากถั่วเหลือง กระถินป่น เป็นต้น วัตถุดิบเหล่านี้จัดเป็นพืชที่มีปริมาณฟีโนลิคเช่นเดียวกัน ในการหาปริมาณฟีโนลิคจึงอาจไม่ใช่วิธีที่เหมาะสมในการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีโนลิคของสารสกัดที่มีการเสริมลงไปในอาหารสัตว์น้ำ ในทำนองเดียวกันการวัดความสามารถในการกำจัด DPPH เป็นวิธีวิเคราะห์ความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดที่สามารถกำจัดอนุมูล DPPH ซึ่งไม่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ในอาหารสัตว์น้ำที่ผสมพรมมิเช่นกัน เพราะว่าในกระบวนการผลิตอาหารสัตว์น้ำจะมีการเติมสารต้านอนุมูลอิสระ อาทิเช่น วิตามินซี เพื่อป้องกันการหืน และเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาอาหารสัตว์น้ำให้นานยิ่งขึ้น ค่าการวิเคราะห์ความสามารถในการกำจัด DPPH จึงมีความแปรปรวนนอกจากนี้ปริมาณของสารประกอบฟีโนลิค และความสามารถในการกำจัด DPPH อาจมีความสัมพันธ์กัน หรือไม่สัมพันธ์ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่นำมาสกัดและชนิดสารที่ใช้สกัด ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของประนอม (2555) ที่ศึกษาสารสกัดสมุนไพรที่ใช้ดอง

เหล้า โดยพบว่าสารสกัดสมุนไพรที่มีปริมาณของฟีโนลิคสูงอาจสามารถต้านอนุมูล DPPH ต่ำ เพราะว่าฟีโนลิคมีหลายชนิด ซึ่งบางชนิดไม่มีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ และระวีวรรณ (2549) ได้การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารฟีนอลรวมกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH พบว่า สารสกัดชั้น ethanol มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีกว่า ethyl acetate และชั้น ethanol ที่ให้ปริมาณสารประกอบฟีโนลิคสูงจะมีการกำจัด DPPH ได้ดี กล่าวคือปริมาณสารประกอบฟีโนลิครวม และความสามารถในการกำจัด DPPH มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยพิจารณาจากค่าส่วนใหญ่จะแปรผันตรงกับปริมาณสารฟีนอลรวม เช่น สารสกัดจากเปลือกต้นมะพอก ใบเอนอ้า ใบกระบก รากเอนอ้า ลำต้นเอนอ้า ในทางตรงกันข้ามพืชบางชนิดมีปริมาณสารประกอบฟีโนลิครวมต่ำ แต่สามารถกำจัด DPPH ได้ดี เช่น ใบหูเสือ ใบและรากของแมงลักคา นั้นเป็นเพราะนอกจากสารประกอบฟีโนลิคยังมีสารกลุ่มอื่นที่แสดงฤทธิ์กำจัด DPPH ได้ เช่น terpenoid

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 การทดลองที่ 1 จากการศึกษาผลของอายุ และอุณหภูมิการทำแห้งต่อความสามารถในการต้าน อนุมูลอิสระ และปริมาณสารฟีนอลรวมของพรรณไม้น้ำพรมมิ (*Bacopa monniera*) พบว่า อายุและอุณหภูมิการทำแห้งนั้นมีอิทธิพลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารฟีนอลรวมของพรมมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งช่วงอายุที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวพรมมิ คือ ช่วงที่พรมมิมีอายุ 30 วัน เพราะเป็นช่วงที่พรมมิมีความสามารถในการต้าน อนุมูลอิสระและมีปริมาณสารฟีนอลรวมมากที่สุดเมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆส่วนวิธีการทำแห้งที่เหมาะหลังจากการเก็บเกี่ยวพรมมิ คือ การอบแห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 40 ºC เพราะเป็นช่วงที่พรมมิมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และมีปริมาณสารฟีนอลรวมมากที่สุด เมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่น ๆ

5.2 การทดลองที่ 2 จากการศึกษาผลของอุณหภูมิ และบรรจุภัณฑ์ ต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของพรรณไม้น้ำพรมมิพบว่าอุณหภูมิ และบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บรักษาพรมมิอบแห้งมีอิทธิพลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิเคราะห์ตัวอย่างพรมมิที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 4 ชนิด และที่อุณหภูมิ 3 ระดับ พบว่า การเก็บรักษาพรมมิอบแห้งไว้ในอุณหภูมิ 25°C และใส่ในบรรจุภัณฑ์ชนิดถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ไล่อากาศ สามารถป้องกันการสลายของสารต้านอนุมูลอิสระในพรมมิอบแห้งได้ดีที่สุด

5.3 การทดลองที่ 3 การศึกษาระดับความเข้มข้นสารสกัดพรมมิ ที่ผสมในอาหาร และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ โดยผสมสารสกัดพรมมิในอาหารสัตว์น้ำ 2 ชนิด คือ อาหารกุ้ง และอาหารปลาดุก ระดับความเข้มข้นของสารสกัดพรมมิที่ผสมในอาหาร คือ 0 (ควบคุม), 500, 1,000, 1,500 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ในแต่ละความเข้มข้นเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าอาหารปลาดุกที่ผสมสารสกัดพรมมิที่ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารมีค่า TBAR น้อยที่สุด และสามารถเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์โดยไม่ทำให้เกิดความหืนเพิ่มขึ้นส่วนอาหารกุ้งที่ผสมสารสกัดพรมมิในทุกระดับความเข้มข้นมีค่า TBAR ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P>0.05$)และในสัปดาห์ที่ 8 ค่าความหืนลดลง ส่วนวิธีการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีโนลิครวม (Total phenoliccontent) และการวิเคราะห์ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPHเป็นวิธีที่ไม่เหมาะสมในการตรวจสอบประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดพรมมิที่ผสมในอาหารสัตว์น้ำ

เอกสารอ้างอิง

นพวัฒน์ เพ็งคำศรี, จัตุพล กันทะมูล, ภัทราภรณ์ โตวัฒนกิจ, วชิรวิทย์ วงศ์ษารัฐ, วนิดาใจหมั่น, นิภาพร เมืองจันทร์ และ สุภารัตน์ จันทร์เหลือง . 2554. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเหง้าข่าลิง. วารสารไทยเภสัชศาสตร์ และวิทยาการสุขภาพ 6(3):195 - 201.

ประนอม ธรรมศิริ. 2555. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีโนลิครวม และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ในสมุนไพรประกอบยาดองเหล้า. สารนิพนธ์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา.1: 3-9.

ระวิวรรณ แก้วอมตะวงศ์ และทรงพล จึงมั่นคง. 2549. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณฟีโนลิครวม. วารสารมหาลัยอุบลราชธานี. 8(2): 76-88.

โสมลดา ประเสริฐสม นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และ อัจฉรี เรืองเดช. 2550. ผลของสารสกัดพรมมิ (*Bacopa monieri* (Linnaeus) Pennell, 1946) ต่อการต้านเชื้อ *Vibrio harveyi* และปริมาณเม็ดเลือดชนิดที่มี granule ในกุ้งขาวแวนาไม (*Penaeus vannamei* Boone, 1931). เอกสารวิชาการฉบับที่ 23/2550. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 14 หน้า.

Abdullah, S., A.R. Shaari and A. Azimi. 2012. Effect of drying methods on metabolites composition of MisaiKucing (*Orthosiphon stamineus*) leaves. APCBEE Procedia 2: 178 - 182.

Arslan, D., M.M. Ozcan and H. O. Menges. 2010. Evaluation of drying methods with respect to drying parameters, some nutritional and colour characteristics of Peppermint (*Mentha* x *piperita* L.). Energy Conversion and Management 51: 2769 - 2775.

Ayala-Zavala, J.F., S.Y. Wang, C.Y. Wang and G.A. Gonzalez-Aguilar. 2004. Effect of drying on the antioxidant capacity of six Lamiacease herbs. Food chemistry 123: 85-91.

Bhandari ,P., N. Kumar, B. Singh and V.K. Kaul. 2007. Cucurbitacins from *Bacopa monnieri*. Phytochemistry. 68: 1248-1254.

Bhattacharya, S. K., A. Bhattacharya, A. Kumar, S. Ghosal. 2000. Antioxidant activity of *Bacopa monniera* in rat frontal cortex, striatum and hippocampus. Phytotherapy Research. 14: 174-179.

Deng, S., B.J. West and C.J. Jensen. 2011. Thermal degradation of flavonolglycosides in Noni leaves during roasting. Advance Journal Food Science and Technology 3(2): 155 - 159.

Gouveia, L., and J. Empis. 2003. Relative stabilities of microalgal carotenoid in microalgal extract, biomass and fish feed: effect of storage conditions. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 4: 227-233.

Hossain, M. B., C. B. Ryan, A.B. M. Diana and N.P. Brunton. 2010. Effect of dryinmethod on the antioxidant capacity of six Lamiaceae herbs. Food Chemistry 123: 85–91.

Kelley, K. M., A. C. Cameron, J. A. Biernbaum and K. L. Poff. 2003. Effect of storage temperature on the quality of edible flowers. Postharvest Biology and Technology 27: 341-344.

Korus, A. 2011.Effect of preliminary processing, method of drying and storage temperature on the level of antioxidants in kale (*Brassica oleracea*L. var. acephala) leaves. Food Science and Technology 44: 1711 - 1716.

Naithani, V., S. Nair and P. Kakkar. 2006. Decline in antioxidant capacity of Indian herbal teas during storage and its relation to phenolic content. Food Research International 39: 176-181.

Nantitanon, W., S. Yotsawimonwat and S. Okonogi. 2010. Factors influencing antioxidant activities and total phenolic content of guava leaf extract. Food Science and Technology 43: 1095 – 1103.

Phrompittayarat, W., H. Tanaka, K. Jetiyanon, S. Wittaya-areekul and K. Ingkaninan. 2007. Comparison of extractation methods of *Bacopa monnieri.* NaresuanUniversity Journal. 15(1): 29-34.

Phrompittayarat, W., K. Jetiyanon, S. Wittaya-areekul, W. Putalun, H. Tanaka, I. Khan and K. Ingkaninan. 2011. Influence of seasons, different plant parts, and plant growth stages on saponin quantity and distribution in *Bacopa monnieri.* Songklanakarin Journal of Science Technology 33(2): 193 - 199.

Rungdej, U. and N. Laohavisuti. 2011. Aquarium plant, *Bacopa monnieri* L., enhances immune response of aquatic animals against bacteria. International Journal of Art and Science. 4(2): 115-120.

Russo, A., A. Izzo and F. Borelli. 2003. Free radical scavenging capacity and protective effect of Bacopa monniera L. on DNA damage. Phytotherapy Res. 17: 870-875.

Russo, A. and F. Borrelli. 2005. *Bacopa monniera*, a reputed nootropic plant: an overview. Phytomedicine 12: 305–317.

Prasad, R., U. S. Bagde, P. Puspangadan and V. Varma. 2008. *Bacopamonniera* L.: pharmacological aspect and case study involoing*Piriformosporaindica*. International Journal of Integrative Biology 3(2): 100 - 110.

Sairam, R.K., D.V. Singh and G.C. Srivastava. 2003. Changes in activities of antioxidant enzymes in sunflower leaves of different ages. BiologiaPlantarum 47(1): 61 - 66.

Sreelatha, S. and P. R. Padma. 2009. Antioxidant activity and total phenolic content of *Moringaoleifera* leaves in two stages of maturity. Plant Foods Human Nutrition 64: 303 - 311.

Stough, C., L. A. Downey, J. Lloyd, B. Silber, S. Redman, C. Hutchison, K. Wesnes and P. J. Nathan. 2008. Examining the nootropic effects of a special extract of *Bacopamonniera*on human cognitive functioning: 90 day double-blind placebo-controlled randomized trial. Phytotherapy Research 22(12):1629 - 1634.

Sumathi, T. and N. Deveraj. 2009. Effect of *Bacopa monnieri* on liver and kiney toxicity in chronic use of opioids. Phytomedicine. 19: 897-903.

Toor, R. K. and G. P. Savage. 2006. Changes in major antioxidant components of tomatoes during post-harvest storage. Food Chemistry 99: 724–727.

Tripathi, Y.B., S. Chaurasia, E. Tripathi, A. Upadhyay and G.P. Dubey. 1996. *Bacopa monnieri* Linn. As an antioxidant mechanism of action. Indian Journal of Experimental Biology 4(6): 523-526.

Valko, V., C.J. Rhodes, J. Moncol, M. Izakovic and M. Mazur. 2006.Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. Chemico-Biological Interactions 160: 1 - 40.

Yang,J.D. and J. T. Lin. 2008. Effects of different storage conditions on steroidal saponins in yam (*Dioscorea pseudiaponica* Yamamoto) tubers. Food Chemistry 110: 670-677.

ประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-นามสกุล นางสาวอัจฉรี เรืองเดช

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วท.บ. (ประมง)	การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	**2530**
วท.ม. (วิทยาศาสตร์การประมง)	วิทยาศาสตร์การประมง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	**2535**
M.Sc.	Aquatic Environmental Science	Kochi University	**2544**
Ph.D.	Aquatic Environmental Science	Ehime University	**2547**

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ: การใช้ประโยชน์จากสารธรรมชาติในทางประมง เน้นกลุ่มสาหร่ายและพืชน้ำ และอาหารสัตว์น้ำ

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)

อัจฉรี เรืองเดช และ นงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2555. ผลของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและการต้านอนุมูลอิสระของพรรณไม้น้ำสกุลพรมมิในระบบปลูกแบบไร้ดิน. *การประชุมทางวิชาการงานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 10. ระหว่างวันที่ 24-25 กรกฎาคม 2555. มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก.* หน้า 182-189.

อัจฉรี เรืองเดช, นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และหัสชัย จันทร์ศรีทอง . **2553**. การเพิ่มภูมิคุ้มกันของปลาโรซี่บาร์บด้วยอาหารเสริมเบต้ากลูแคน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*. 12(4) 37-42

โสมลดา ประเสริฐสม, นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และ อัจฉรี เรืองเดช. **2553**. การเสริมสารสกัดจากเปลือกผลแก้วมังกร *Hylocereus undatus* (Haw) Britt and Rose ในอาหารต่อการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงสีผิว ค่าโลหิตวิทยา และการต้านเชื้อของปลากะพงขาว *Lates calcarifer* (Bloch, 1790). *วารสารการประมง.* 63(5) 393-403

โสมลดา ประเสริฐสม, นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และ อัจฉรี เรืองเดช. **2553**. การเพิ่มสีปลาการ์ตูนมะเขือเทศ (*Amphiprion frenatus* Brevoort, 1856) ด้วยอาหารเสริมสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกผลแก้วมังกร. *วารสารการประมง.* 63(6) 526-531

อัจฉรี เรืองเดช, นงนุช เลาหะวิสุทธิ์, สมชาย หวังวิบูลย์กิจ และ พรแก้ว ภูมิเกษมศักดิ์. **2552**. การใช้น้ำสกัดจากสาหร่ายทุ่นเป็นสารอาหารชีวภาพฉีดพ่นทางใบของผักคะน้า. *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยนเรศวร ครั้งที่ 5. สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร*, หน้า 533-540

อัจฉรี เรืองเดช และนงนุช เลาหะวิสุทธิ์. **2552**. การใช้แอสตาแซนทินเร่งสีในปลาพลาตี้. *วารสารเกษตรนเรศวร* 12 (ฉบับพิเศษ) 230-235

พรแก้ว ภูมิเกษมศักดิ์ และ อัจฉรี เรืองเดช. **2552**. การใช้สารสกัดจากสาหร่ายทุ่น (*Sargassum oligocystum*) เพิ่มการเจริญเติบโตของต้นอเมซอนแอฟริกานัส. *วารสารเกษตรนเรศวร* 12 (ฉบับพิเศษ) 218-223

อัจฉรี เรืองเดช, ลำพึง พุ่มจันทร์ และ นงนุช เลาหะวิสุทธิ์. **2551**. ลักษณะสีของปลาหมอคอนวิคเผือกที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมสารสีเบตาเลนจากธรรมชาติ. *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยนเรศวร ครั้งที่ 4. ระหว่างวันที่ 26-27 พฤษภาคม 2551 มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พะเยา*, หน้า 597-604

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์, บุปผา จงพัฒน์ และ อัจฉรี เรืองเดช. **2551**. ผลของแอมโมเนียม-ไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำใบพายศรีลังกาในระบบปลูกแบบไม่ใช้ดิน. *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยนเรศวร ครั้งที่ 4. ระหว่างวันที่ 26-27 พฤษภาคม 2551 มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พะเยา*, หน้า 571-580

อัจฉรี เรืองเดช, นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และ พรเทพ แซ่ก๊วย. **2550**. สารสกัดจากสาหร่ายขนนก (*Myriophyllum brasiliense*) เพื่อควบคุมการเจริญของสาหร่ายขนาดเล็กและแบคทีเรีย. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม* 27(2) 366-374

โสมลดา ประเสริฐสม, นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และ อัจฉรี เรืองเดช. **2550**. ผลของโอโซนต่อการอนุบาลลูกปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*, Bloch) ในระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิด. เอกสารวิชาการฉบับที่ 21/2550. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง

โสมลดา ประเสริฐสม, นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และ อัจฉรี เรืองเดช. **2550**. ผลของสารสกัดพรมมิ [*Bacopa monnieri* (Linnaeus) Pennell, 1946] ต่อการต้านเชื้อ *Vibrio harveyi* และปริมาณเม็ดเลือดชนิดที่มีแกรนูลในกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei* Boone,1931) เอกสารวิชาการฉบับที่ 23/2550. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง

อัจฉรี เรืองเดช, ลำพึง พุ่มจันทร์ และนงนุช เลาหะวิสุทธิ์ . **2549**. การเพิ่มสีของปลาหมอสีโดยใช้อาหารเสริมแอสตาแซนทิน. *การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 7 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ระหว่างวันที่ 25-26 พฤษภาคม 2549 จ.เชียงใหม่*. หน้า 290 - 297

อัจฉรี เรืองเดช และนงนุช เลาหะวิสุทธิ์ . **2549**. การจำกัดการเพิ่มจำนวนของสาหร่ายขนาดเล็กด้วยสารสกัดจากสาหร่ายเม็ดพริกไทย. *การประชุมทางวิชาการ "สิ่งแวดล้อมนเรศวร" ครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยนเรศวร ระหว่างวันที่ 28-29 มิถุนายน 2549 จ.พิษณุโลก*. หน้า 717-724

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์, ลำพึง พุ่มจันทร์ และ อัจฉรี เรืองเดช. **2549**. การเร่งสีปลาทองโดยใช้สารสีจากธรรมชาติ. *การประชุมทางวิชาการ "สิ่งแวดล้อมนเรศวร" ครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยนเรศวร ระหว่างวันที่ 28-29 มิถุนายน 2549 จ.พิษณุโลก* หน้า 725-732

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ, อัจฉรี เรืองเดช และบุปผา จงพัฒน์ . **2548**. ผลของวิตามินบี 1 และบี 12 ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์-เอและการเจริญเติบโตของคลอเรลล่า. *การประชุมทางวิชาการครั้งที่ 43 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาประมง ระหว่างวันที่ 1 – 4 กุมภาพันธ์ 2548 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.* 260-266

โสมลดา ประเสริฐสม และ อัจฉรี เรืองเดช. **2548**. ผลของความเค็มต่อการกำหนดเพศของปลาเซลฟิน (*Poecilia latipinna*) (Lesueur,1821). เอกสารวิชาการฉบับที่ 29/2548. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ และ อัจฉรี เรืองเดช. **2542**. การศึกษาคุณภาพน้ำและแพลงค์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า.* 17(2) 10-21

Ruangdej, U. and Laohavisuti, N. **2011.** Aquarium plant, *Bacopa monnieri* L., enhances immune response of aquatic animals against bacteria. *International Journal of Art and Sciences* 4(2) 115-120

Laohavisuti, N., Phumjan, L. and Ruangdej, U. **2011**. Betalain from dragon fruit (*Hylocereus undatus* Haw Britt. & Rose) peel act as an antioxidant in fancy carp (*Cyprinus carpio* Linn.) *International Journal of Art and Sciences* 4(2) 121-128

Ruangdej, U. and Laohavisuti, N. **2010**. Antioxidant and antimicrobial characteristics of submerged aquarium plants. *Proceedings 16th Asian Agricultural Symposium and 1st International Symposium on Agricultural Technology 25-27 August 2010, Bangkok, Thailand.* 484-487

Angthong, P., Watthanasurorot, A., Klinbunga, S., Ruangdej, U., Soderhall, I., and Jiravanichpaisal, P. **2010.** Cloning and characterization of melanization inhibition protein (PmMIP) of the black tiger shrimp, *Penaeus monodon. Fish & Shellfish Immunology*. 29(3), 464-468

Ruangdej, U. and K. Fukami. **2004**. Stimulation of photosynthesis and consequent oxygen production in anoxic bottom water by supply of low-intensity light through an optical fiber. *Fisheries Science*. 70, 421-429

Fukami, K., U. Ruangdej, A. B. Patel and T. Nishijima. **2002**. Improvement of eutrophic coastal bottom environments by using an optical fiber and effective psychrophilic bacteria. *Fisheries Science*. 68, 617-620

ประวัติผู้วิจัยร่วม 1

ชื่อ – นามสกุล นางนงนุช เลาหะวิสุทธิ์ (อ่องสุวรรณ)

Mrs. Nongnuch Laohavisuti (Ongsuwan)

ตำแหน่งปัจจุบัน: รองศาสตราจารย์ระดับ 9

ประวัติการศึกษา:

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2528	ปริญญาตรี	วท.บ. (ประมง) วิทยาศาสตร์บัณฑิต	การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ไทย
2530	ปริญญาโท	วท.ม. (วิทยาศาสตร์การประมง)วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต	วิทยาศาสตร์การประมง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ไทย
2543	ปริญญาเอก	Doc. Tech. Sci. (Aquaculture and Aquatic Resources Management) Doctor of Technical Science	Aquaculture and Aquatic Resources Management	สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT)	ไทย

สาขาวิชาที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ :

ปลาสวยงามและพรรณไม้น้ำ การเลี้ยงปลาและพรรณไม้น้ำแบบผสมผสาน

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ วันเพ็ญ มีนกาญจน์ และพงโสภี อัตศาสตร์ . 2535. ผลของเอสโตรเจนต่อการเจริญของต่อมเพศปลากัด (*Betta Splendens* Regan). การสัมมนาวิชาการประจำปี 2535 ระหว่างวันที่ 16-18 กันยายน 2535 สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด กรมประมง บางเขน กรุงเทพฯ

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ และอิทธิสุนทร นันทกิจ . 2545. การเลี้ยงปลาสวยงามร่วมกับการผลิตพรรณไม้น้ำแบบไร้ดินในระบบปิด. การประชุมทางวิชาการด้านเกษตร ทรัพยากร และสิ่งแวดล้อม งานเกษตรภาคใต้ ครั้งที่ 10. 10 – 11 สิงหาคม 2545 คณะทรัพยากรธรรมชาติมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อ .หาดใหญ่ จ . สงขลา.

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ และอิทธิสุนทร นันทกิจ . 2546. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออเมซอนแดง *Echinodorus barthii* เพื่อการส่งออกโดยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ.

การสัมมนาวิชาการประจำปี 2546 ระหว่างวันที่ 7-9 กรกฎาคม 2546 กรมประมง บางเขน กรุงเทพฯ

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และมัลลิกา มิตรน้อย . 2548. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำอะโกลนีม่า *Aglaonema simplex*. การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 43 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาประมง ระหว่างวันที่ 1 – 4 กุมภาพันธ์ 2548 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ และอิทธิสุนทร นันทกิจ และยุทธนา เกียรติธร . 2548. เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำชนิดใบพายเขาใหญ่ (*Cryptocoryne crispatula* var. balansae) ในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน. การประชุมทางวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 5 ระหว่างวันที่ 26 – 29 เมษายน 2548 โรงแรมเวลคัมจอมเทียนบีช พัทยา จังหวัดชลบุรี

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ อิทธิสุนทร นันทกิจ และยุทธนา เกียรติธร . 2548. สัดส่วนของแอมโมเนียมต่อไนเตรทและความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำชนิดใบพายเขาใหญ่ (*Cryptocoryne crispatula* var. balansae) การประชุมทางวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 5 ระหว่างวันที่ 26 – 29 เมษายน 2548 โรงแรมเวลคัมจอมเทียนบีช พัทยา จังหวัดชลบุรี

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ สมชาย หวังวิบูลย์กิจ ภวรรณตรี สมบุญโต และอิทธิสุนทร นันทกิจ . 2548. การเลี้ยงปลาทับทิมร่วมกับการผลิตผักสลัดแบบไร้ดินในระบบปิด. การประชุมทางวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 5 ระหว่างวันที่ 26 – 29 เมษายน 2548 โรงแรมเวลคัมจอมเทียนบีช พัทยา จังหวัดชลบุรี

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ และมัลลิกา มิตรน้อย . 2548. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัส *Echinodorus*. การประชุมทางวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 5 ระหว่างวันที่ 26 – 29 เมษายน 2548 โรงแรมเวลคัมจอมเทียนบีช พัทยา จังหวัดชลบุรี

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และยุทธนา เกียรติธร. 2548. สัดส่วนของแอมโมเนียมต่อไนเตรทและความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำชนิดใบพายเขาใหญ่ (*Cryptocoryne crispatula* var. balansae). วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 36 (5-6) ฉบับพิเศษ: 151- 154.

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ และวรารัตน์ จูเจริญ. 2549. ผลของความยาวคลื่นต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำกลุ่ม Rosette plant. การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 7 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ระหว่างวันที่ 25-26 พฤษภาคม 2549 จ.เชียงใหม่ 53 - 59 หน้า.

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ ลำพึง พุ่มจันทร์ และอัจฉรี เรืองเดช. 2549. การร่งสีปลาทองโดยใช้สารสีจากธรรมชาติ. การประชุมทางวิชาการ “สิ่งแวดล้อมนเรศวร” ครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยนเรศวร ระหว่างวันที่ 28-29 มิถุนายน 2549 จ.พิษณุโลก 725-732 หน้า.

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ และนงพะงา เรียงเรียบ. 2549. การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของพรรณไม้น้ำลานไพลินต่อรังสียูวี. การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 44 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน. กรุงเทพฯ. 445 - 452 หน้า.

7.3.2 ผู้ร่วมโครงการวิจัย

วันเพ็ญ มีนกาญจน์ นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และสุภาพ พรหมยศ . 2534. ชีวประวัติของปลากระทิงไฟ (*Mastacembelus erythrotaenia* Beeker). การสัมมนาวิชาการประจำปี 2534 ระหว่างวันที่ 16-18 กันยายน 2534 สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด กรมประมง บางเขน กรุงเทพฯ

วันเพ็ญ มีนกาญจน์ และนงนุช เลาหะวิสุทธิ์ . 2536. การใช้ยาสลบบางชนิดในการขนส่งปลาทรงเครื่อง (*Epalzcorhynchos bicolor* (Smith)). การสัมมนาวิชาการประจำปี 2536 ระหว่างวันที่ 15-17 กันยายน 2536 สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด กรมประมง บางเขน กรุงเทพฯ

สุปราณี ชินบุตร นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ พรเลิศ จันทร์รัชชกูล และ เต็มดวง พึ่งขจรบุญ . 2533. การเกิดโรคจากเชื้อ Mycobacterium ในปลาน้ำจืด: ปลากัด วารสารการประมง 43(2) : 119-122.

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ ดุสิต เอื้ออำนวย และวารินทร์ พิศโหมก . 2545. ผลของระบบหมุนเวียนน้ำที่มีตัวกรองชีวภาพต่อการอนุบาลลูกปลาโรซี่บาร์บ (Barbus conchonius). การประชุมทางวิชาการด้านเกษตร ทรัพยากร และสิ่งแวดล้อม งานเกษตรภาคใต้ ครั้งที่ 10. 10 – 11 สิงหาคม 2545 คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา.

นันทิมา สุทธิวรรณกุล นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และอิทธิสุนทร นันทกิจ . 2546. ผลของ ระบบปลูกพรรณไม้น้ำร่วมกับการเลี้ยงปลาในระบบต่างๆ ที่มีผลผลิตและคุณภาพน้ำ . วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 34 (1-3) ฉบับพิเศษ: 18 – 21.

มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ วิไลวรรณ เหมศิริ นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และวรางคณา กาซัม . 2548. ผลของความเข้มแสงและคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำในตู้. การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 43 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาประมง ระหว่างวันที่ 1 – 4 กุมภาพันธ์ 2548 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และอิทธิสุนทร นันทกิจ และยุทธนา เกียรติธร . 2548. เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำชนิดใบพายเขาใหญ่ (*Cryptocoryne crispatula* var. balansae) ในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 36 (5-6) ฉบับพิเศษ: 741 - 744.

อัจฉรี เรืองเดช ลำพึง พุ่มจันทร์ และนงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2549. การเพิ่มสีของปลาหมอสีโดยใช้อาหารเสริมแอสตาแซนทิน. การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 7 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ระหว่างวันที่ 25-26 พฤษภาคม 2549 จ.เชียงใหม่ 290 - 297 หน้า.

อัจฉรี เรืองเดช และนงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2549. การจำกัดการเพิ่มจำนวนของสาหร่ายขนาดเล็กด้วยสารสกัดจากสาหร่ายเม็ดพริกไทย. การประชุมทางวิชาการ “สิ่งแวดล้อมนเรศวร” ครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยนเรศวร ระหว่างวันที่ 28-29 มิถุนายน 2549 จ.พิษณุโลก 717-724 หน้า.

มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และวรางคณา กาซัม . 2549. การขยายพันธุ์รากดำใบยาว. การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 44 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน . กรุงเทพฯ. 409 – 418 หน้า.

Jongput, B., N. Laohavisuti and M. Mitrnoi. 2007. Effect of ammonium-nitrogen concentration and electrical conductivity on the growth of African Swordplant (*Echinodorus africanus*) in hydroponics culture. International Conference on

Integration of Science & Technology for Sustainable Development, Bangkok, Thailand. 26 – 27 April 2007, 504-507.

Phumjan, L. and N. Laohavisuti. 2007. Betalain extraction from peeled dragon fruit for enhancing color in red platy (*Xiphophorus maculatus*). International Conference on Integration of Science & Technology for Sustainable Development, Bangkok, Thailand. 26 – 27 April 2007, 504-507.

ประวัติผู้วิจัยร่วม 2

1. ชื่อ-นามสกุล นางสาวลำพึง พุ่มจันทร์

Miss. Lamphung Phumjan

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 6506 00027 11 1

3. ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์ระดับ 6

4. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

โทรศัพท์ 02-3264091 โทรสาร 02-3264091

E-mail kplamphu@kmitl.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	คุณวุฒิ	สถาบันการศึกษา	ประเทศ
2535	วิทยาศาสตรบัณฑิต (ชีววิทยา)	มหาวิทยาลัยนเรศวร	ไทย
2544	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย

6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

จุลชีววิทยาทางอาหาร และการวิเคราะห์เคมีทางอาหาร

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัย

7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย

7.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

Phumjan, L. and N. Laohavisuti. 2007. Betalain extraction from peeled dragon fruit for enhancing color in red platy (*Xiphophorus maculatus*). International Conference on Integration of Science & Technology for Sustainable Development, Bangkok, Thailand. 26 – 27 April 2007, 504-507.

อัจฉรี เรืองเดช ลำพึง พุ่มจันทร์ และนงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2549. การเพิ่มสีของปลาหมอสีโดยใช้อาหารเสริมแอสตาแซนทิน. การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 7 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ระหว่างวันที่ 25-26 พฤษภาคม 2549 จ.เชียงใหม่ 290 - 297 หน้า.