ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

รหัสโครงการ PRP 6405031180

เรื่อง การพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์สารสกัดจากหญ้าแฝกเพื่อควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมในแปลงพริกปลอดภัย

โครงการย่อยที่ 1

(ชื่อไทย) การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีสายพันธุ์หญ้าแฝกหอม และพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์สารสกัดจากหญ้าแฝกหอมเพื่อการควบคุมไส้เดือนฝอย

(ชื่ออังกฤษ) Study of the chemical components from the varieties of *Vetiveria zizanioides* and product development of Vetiver extract for Nematicide

โดย

หัวหน้าโครงการ นางสาววิภาพร เสรีเด่นชัย และคณะผู้วิจัย

หน่วยงานที่รับทุน

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ภายใต้แผนงานวิจัย เกษตรสมัยใหม่
ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน)
ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

รายละเอียดเนื้อหา รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

1. ส่วนประกอบตอนต้น

1.1. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีสายพันธุ์หญ้าแฝกหอม และพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์สารสกัดจากหญ้าแฝกหอมเพื่อการควบคุมไส้เดือนฝอย ภายใต้โครงการ การพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์สารสกัดจากหญ้าแฝกเพื่อควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมในแปลงพริกปลอดภัย งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนการพัฒนาการวิจัยการเกษตร จาก สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) โดยได้รับสนับสนุนวิจัย 701,800 บาท ปีงบประมาณ 2564 งานวิจัยนี้สามารถดำเนินงานลุล่วงไปด้วยดีจากการสนันสนุนและความร่วมมือของหลายฝ่าย ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณทีมงานวิจัยจาก สำนักวิจัย และส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, คณะเกษตร และคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น รวมทั้งคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้ความช่วยเหลือและร่วมมือกันเป็นอย่างดี

1.2. บทคัดย่อ

หญ้าแฝกหอม (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash พืชตระกูลหญ้ามีประโยชน์หลากหลาย ปกป้องการพังทะลายหน้าดิน มุงหลังคา และยาสมุนไพร มีรายงานการวิจัยมีฤทธิ์ยับยั้งไส้เดือนฝอยที่เป็นศัตรูทางการเกตร งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแฝกหอม และพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบเพื่อการกำจัดไส้เดือนฝอย หญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สงขลา 3 เก็บมา 5 แหล่ง กาฬสินธุ์ ขอนแก่น มหาสารคามสกลนคร และสุรินทร์ นำมาศึกษาหาปริมาณสารกลุ่มฟินอลลิกของสารสกัดน้ำหญ้าแฝกหอม พบว่าปริมาณฟินอลลิกอยู่ในช่วง 53.27-98.47 ug/mg และสารกลุ่มโพลีแซกคาไรด์อยู่ในช่วง 163.25-329.58 ug/mg ส่วนผลิตภัณฑ์หญ้าแฝกหอมแบบพ่นแห้งละอองฝอยจะมีสารกลุ่มฟินอลลิก 27.31 ug/mg สารกลุ่มโพลีแซกคาไรด์ 203.66 ug/mg ตามลำดับ ในการศึกษาลายพิมพ์ทางเคมีด้วยวิธี High Performance Liquide Chromatography (HPLC) และ Thin Layer Chromatography (TLC) สารสกัดน้ำจากหญ้าแฝกหอมทุกตัวอย่างพบสาร p-coumaric acid เมื่อนำมาศึกษาหาปริมาณ p-coumaric acid ด้วยวิธี HPLC มีค่าอยู่ในช่วง 143.78-252.98 ug/g และผลิตภัณฑ์หญ้าแฝกหอมแบบพ่นแห้งละอองฝอยมีปริมาณ p-coumaric acid 1.153 mg/g

การตั้งตำรับสารสกัดน้ำหญ้าแฝกหอม ด้วยวิธี โฟม-แมท (Foam-Mat) โดยใช้ 1% HPMC และ 0.5% Tween80 เป็นสารก่อโฟม และสารเพิ่มคงตัวของโฟม Maltodextrin DE10 สามารถก่อให้เกิดโฟมที่มีคุณสมบัติที่ดี โดยประเมินจากลักษณะทางกายภาพ เช่น ลักษณะภายนอก และคุณสมบัติการไหลประเมินจาก Angle of repose, Bulk density, Tapped density, Compressibility index และ Hausner ratio

การศึกษาเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์สารสกัดหญ้าแฝกหอมจากโฟม-แมท (Foam-Mat) และแบบพ่นแห้งละอองฝอย (Spray dry) พบว่าสารสกัดหญ้าแฝกหอมจากโฟม-แมทสามารถละลายน้ำได้ดี มีลักษณะทางกายภาพและความคงสภาพที่ดีกว่าผลิตภัณฑ์สารสกัดหญ้าแฝกหอมแบบพ่นแห้งละอองฝอย แต่ผลิตภัณฑ์สารสกัดหญ้าแฝกจากโฟม-แมทสามารถเติมสารสกัดจากหญ้าแฝกหอมลงในตำรับได้เพียงร้อยละ 2 ของตำรับทำให้มีสารสำคัญน้อยกว่าสารสกัดหญ้าแฝกหอมแบบพ่นแห้งละอองฝอยถึง 20 เท่า จากการศึกษาด้วย Fourier transform infrared spectrophotometer (FTIR) รูปผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 แบบไม่ทำให้โครงสร้างทางเคมีของสารสกัดเปลี่ยนแปลง อนุภาคของผลิตภัณฑ์ทำการศึกษาด้วยวิธี Scanning electron microscope (SEM) ที่ได้อนุภาคของทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ผิวมีความขรุขระ

จากการศึกษาความคงสภาพผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์พลาสติกสีชาและอลูมิเนียม โดยศึกษาจากลักษณะทางที่พบ และปริมาณสารฟินอลลิกที่ลดลง พบว่าบรรจุภัณฑ์อลูมิเนียมสามารถช่วยเพิ่มความคงสภาพของผลิตภัณฑ์สารสกัดหญ้าแฝกได้ดีกว่าพลาสติกสีชา

สารสกัดน้ำจากหญ้าแฝกสามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อกำจัดไส้เดือนฝอยได้ทั้งในรูปแบบโฟมแมท และ Spray dry โดยสามารถใช้สาร p-coumaric หรือ สารกลุ่มฟินอลลิกในการควบคุมคุณภาพ

คำสำคัญ หญ้าแฝกหอม พาราคูมาริก ฟินอลลิก โฟม-แมท สเปร์ยดาย

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

1.3. Abstract

Vetiveria zizanioides (L.) Nash, belong to family Poaceae, provide a variety of benefits protects against soil erosion, thatched roof and herbal medicines It has been report against nematodes. This research aims to study the chemical composition of *V. zizanioides* and develop the prototype products for nematocide. Five sources of *V. zizanioides* (L.) Nash ver. Songkhla 3 were collected from Kalasin, Khon Kaen, Maha Sarakham, Sakon Nakhon and Surin. They provided a total phenolic contents (TPC) 53.27-98.47 ug/mg and total polysaccharides contents (TSC) 163.25-329.58 ug/mg. The spray dry of the vetiver water extract (VzWE) contained TPC 27.31 ug/mg and TSC 203.66 ug/mg. From chemical fingerprints by high performance liquide chromatography (HPLC) and Thin Layer Chromatography (TLC), p-coumaric acid was found in all sample of VzWE. The qualitative of p-coumaric acid was investigated by using HPLC. P-Coumaric acid was found in 5 sample 143.78-252.98 ug/g and spray dry of VzWE was 1.153 mg/g

The foam-mat formulation of VzWE composed 1% HPMC and 0.5% Tween80 as a foaming agent, and Maltodextrin DE10 as a stabilizer. This formulation can produce foams with good properties. The physical properties were investigated the appearance and rheology properties evaluated from angle of repose, bulk density, tapped density, compressibility index and hausner ratio.

A comparative study of foam-mat and spray dry products showed that the products from foam-mat is easy soluble, a good physical characteristics and stability than spray dry product. But the foam-mat products can add only 2% of VzWE, making it 20 times less than spray dry product.

From fourier transform infrared spectrophotometer (FTIR), both production technique did not alter the chemical structure of the VzWE. The particles of the product were studied with the scanning electron microscope (SEM). The particles of both products presented without a certain pattern. The skin of particles is rough, especially products with less solubility.

The study of compatability of packaging, aluminum and plastic, and product, it was found that aluminum packaging can improve the stability of VzWE products better than plastics.

VzWE can be formulated to foam-mat form and spray dry form for againt nematodes. P-coumaric or phenolic substances can be used as a chemical marker of the product.

Keyword *Vetiveria zizanioides*, p-coumaric acid, Phenolic acid, Foam-Mat, Spray dry

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทนำ	
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	11
วัตถุประสงค์	11
ขอบเขตการวิจัย	12
ทฤษฎีและแนวคิดที่นำมาใช้ในงานวิจัย	12
หญ้าแฝกหอม	12
การพัฒนาผลิตภัณฑ์แบบแห้ง	13
การควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์อารักขาพืช	15
สิทธิบัตรของหญ้าแฝกหอม หรือ *Vetiveria zizanioides*	16
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	16
วิธีดำเนินการวิจัย	
การเก็บตัวอย่างหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สงขลา 3	17
การสกัดหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สงขลา 3	17
การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีสารสกัดหญ้าแฝกหอม	17
การวิเคราะห์ปริมาณ Total phenolic contents	17
การวิเคราะห์ปริมาณ Total polysaccharide contents	18
การศึกษาลายพิมพ์ทางเคมีของสารสกัดหญ้าแฝกหอม	18
Thin Layer Chromatography	18
High Performance Liquid Chromatography	19
การพัฒนาผลิตภัณฑ์สารสกัดหญ้าแฝกหอม	19
การทำแห้งแบบโฟม-แมท (Foam-Mat drying)	19
การตั้งตำรับแบบโฟม-แมท (Foam-Mat drying)	19
การศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงโฟม-แมทจากสารสกัดหญ้าแฝกหอม	20
การศึกษาเปรียบเทียบ ผลิตภัณฑ์ Foam-Mat drying และ spray dry	21
การศึกษาความสามารถในการละลาย	21
การศึกษาคุณสมบัติการไหลของผลิตภัณฑ์	21
การวิเคราะห์หาปริมาณ Total Phenolic content ในผลิตภัณฑ์	22
การศึกษาความคงสภาพในบรรจุภัณฑ์	22
การศึกษาขนาดและรูปทรงของตำรับ	22
การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธี Fourier transform infrared spectrophotometer (FTIR)	22

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญเรื่อง

	หน้า
ผลการดำเนินการวิจัย	
การเก็บตัวอย่างหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สงขลา 3	23
การสกัดหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สงขลา 3	23
การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีสารสกัดหญ้าแฝกหอม	26
การวิเคราะห์ปริมาณ Total phenolic contents	26
การวิเคราะห์ปริมาณ Total polysaccharide contents	26
การศึกษาลายพิมพ์ทางเคมีของสารสกัดหญ้าแฝกหอม	28
Thin Layer Chromatography (TLC)	28
High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	31
การพัฒนาผลิตภัณฑ์สารสกัดหญ้าแฝกหอม	38
การทำแห้งแบบโฟม-แมท (Foam-Mat drying)	38
การทำแห้งแบบฟรีซดาย (Freeze dry)	38
การตั้งตำรับแบบโฟม-แมท (Foam-Mat drying)	38
การศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงโฟม-แมทจากสารสกัดหญ้าแฝกหอม	39
การศึกษาเปรียบเทียบ ผลิตภัณฑ์ Foam-Mat drying และ spray dry	41
การศึกษาความสามารถในการละลาย	41
การศึกษาคุณสมบัติการไหลของผลิตภัณฑ์	41
การวิเคราะห์หาปริมาณ Total Phenolic content ในผลิตภัณฑ์	42
การศึกษาความคงสภาพผลิตภัณฑ์ในซองพลาสติกสีชา	43
การศึกษาความคงสภาพผลิตภัณฑ์ในซองพลาสติกสีชา	43
การศึกษาความคงสภาพผลิตภัณฑ์ในซองอลูมิเนียม	46
การศึกษาขนาดและรูปทรงของตำรับ	47
การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธี IR	49
สรุปและข้อเสนอแนะ	51
เอกสารอ้างอิง	52

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แหล่งเก็บรวบรวมหญ้าแผกสายพันธุ์สงขลา 3	23
2	ผลการศึกษาปริมาณสารฟินอลลิก ในสารสกัดหญ้าแฝกหอมที่ระยะเวลาการสกัดที่แตกต่างกัน	23
3	การคำนวณต้นทุนการผลิตสารสกัดหญ้าแฝกหอมแบบพ่นแห้งละอองฝอย	25
4	พื้นที่ใต้กราฟของ p-coumaric acid ที่ความเข้มข้น 120, 240 ug/ml และตัวอย่างหญ้าแฝกหอมทั้ง 5 แหล่ง และผลิตภัณฑ์แบบพ่นแห้งละอองฝอยด้วยวิธี HPLC	37
5	ผลการศึกษา Angle of repose, Bulk density, Tapped density, Compressibility index และ Hausner ratio ของสารสกัดหญ้าแฝกหอมหลังการทำแห้งแบบโฟม-แมท	40
6	ความสามารถในการละลายน้ำของสารสกัดหญ้าแฝกหอม สารสกัดหญ้าแฝกหอมแบบพ่นแห้งละอองฝอยฝอย(SD) และผลิตภัณฑ์หญ้าแฝกหอมที่ได้จากการตั้งตำรับโฟมเมท	42
7	ผลการศึกษา Angle of repose, Bulk density, Tapped density, Compressibility index และ Hausner ratio ของสารสกัดหญ้าแฝกหอมชนิดต่างๆจากการทำแห้งแบบโฟม-แมท และ spray dry (SD)	42

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1	กราฟเปรียบเทียบปริมาณฟินอลลิกที่พบในการสกัดวิธีต่างๆ	24
2	overlay HPLC chromatogram ของ p-coumaric acid (สีชมพู), วิธีการหมักทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง (สีเขียว) และวิธีการสกัดต้ม 1 ชั่วโมง (น้ำเงิน)	24
3	สารสกัดหญ้าแฝกหอมจากการทำแห้งด้วยวิธี spray dry	25
4	กราฟแสดงร้อยละน้ำหนักแห้งของสารสกัดน้ำหญ้าแฝกหอม 5 จังหวัด	26
5	กราฟปริมาณสารกลุ่มฟินอลลิกของสารสกัดหญ้าแฝกหอม 5 จังหวัด และสารสกัดหญ้าแฝกหอมแบบพ่นแห้งละอองฝอย	27
6	กราฟปริมาณสารกลุ่มโพลีแซกคาไรด์ของสารสกัดหญ้าแฝกหอม 5 จังหวัด และสารสกัดหญ้าแฝกหอมแบบพ่นแห้งละอองฝอย	27
7	TLC chromatogram ของหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 วัฏภาคเคลื่อนที่: $CHCl_3$: EtOAc : Acetic acid (50 : 50 : 1)	29
8	TLC chromatogram ของหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 วัฏภาคเคลื่อนที่: Hexane : EtOAc : Formic acid (20 : 19 : 1)	30
9	HPLC Chromatogram พบ retention time (RT) ของ p-coumaric acid ที่ 10.5 นาที และ ferulic acid 13.3 นาที	32
10	HPLC Chromatogram สารสกัดหญ้าแฝกหอมจากมหาสารคาม	32
11	Chromatogram หญ้าแฝกหอมจากกาฬสินธุ์ (บน) ทำการ spike peak ด้วย p-coumaric acid (ล่าง)	33
12	HPLC Chromatogram หญ้าแฝกหอมจากขอนแก่น (บน) ทำการ spike peak ด้วย p-coumaric acid (ล่าง)	33
13	HPLC Chromatogram หญ้าแฝกหอมจากมหาสารคาม (บน) ทำการ spike peak ด้วย p-coumaric acid (ล่าง)	34
14	HPLC Chromatogram หญ้าแฝกหอมจากสกลนคร (บน) ทำการ spike peak ด้วย p-coumaric acid (ล่าง)	34
15	HPLC Chromatogram หญ้าแฝกหอมจากสุรินทร์ (บน) ทำการ spike peak ด้วย p-coumaric acid (ล่าง)	35
16	Overlay HPLC Chromatogram ของหญ้าแฝกหอมจากสุรินทร์(น้ำตาล) และมหาสารคาม (เขียว)	35
17	HPLC Chromatogram สารสกัดหญ้าแฝกหอมแบบพ่นแห้งละอองฝอย	36
18	Overlay HPLC Chromatogram ของสารสกัดหญ้าแฝกหอมแบบพ่นแห้งละอองฝอย(ดำ) และมหาสารคาม (น้ำเงิน)	36
19	ลักษณะภายนอกของสารสกัดหญ้าแฝกหอมหลังการทำแห้งแบบเยือกแข็ง ที่มีการเก็บขณะที่ใบมีสีน้ำตาล (A) และใบมีสีเขียว (B)	39

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
20	ลักษณะโฟมที่มีการใช้ 1% HPMC เป็นสารก่อโฟม และใช้ Maltodextrin DE10 (A) และ Maltodextrin DE19 (B) เป็นสารเพิ่มความคงตัวของโฟม	39
21	ลักษณะโฟมที่มีการใช้ 1% HPMC และ 0.5% Tween80 เป็นสารก่อโฟม และใช้ Maltodextrin DE10 (A) และ Maltodextrin DE19 (B) เป็นสารเพิ่มความคงตัวของโฟม	40
22	ลักษณะภายนอกของสารสกัดหญ้าแฝกหอมหลังการทำแห้งแบบโฟม-แมท สารสกัดใบมีสีน้ำตาล โดยใช้ Maltodextrin DE10 (A) และ Maltodextrin DE19 (B) และสารสกัดใบมีสีเขียว โดยใช้ Maltodextrin DE10 (C) และMaltodextrin DE19 (D)	41
23	กราฟเปรียบเทียบปริมาณ Total phenolics content ของสารสกัดหญ้าแฝกหอมใบสีน้ำตาลอ่อนและสารสกัดหญ้าแฝกหอมอบแห้งแบบโฟม-แมท ณ วันที่ 0	43
24	กราฟเปรียบเทียบปริมาณ Total phenolic content ของสารสกัดหญ้าแฝกหอมใบสีน้ำตาลอ่อนอบแห้งแบบพ่นฝอยและสารสกัดหญ้าแฝกหอมอบแห้งแบบโฟม-แมท ณ วันที่ 0 และ 30 เมื่อเก็บในซองพลาสติกสีชา ภายใต้สภาวะต่างๆ	44
25	ร้อยละของปริมาณฟีนอลิกรวมที่เปลี่ยนแปลงไปในวันที่ 30 เมื่อเปรียบเทียบกับวันที่ 0 ในตัวอย่างที่เก็บในซองพลาสติกสีชา	45
26	กราฟเปรียบเทียบปริมาณ Total phenolics content ของสารสกัดหญ้าแฝกหอมสีน้ำตาลอ่อนและสารสกัดหญ้าแฝกหอมอบแห้งแบบโฟม-แมท ณ วันที่ 0 และวันที่ 30 เมื่อเก็บในภาชนะบรรจุชนิดซองอลูมิเนียม ภายใต้สภาวะ 30°C ที่ 75% RH และ 40 °C ที่ 75% RH	46
27	ร้อยละของปริมาณฟีนอลิกรวมที่เปลี่ยนแปลงไปในวันที่ 30 เมื่อเปรียบเทียบกับวันที่ 0 ในตัวอย่างที่เก็บในซองอลูมิเนียม	47
28	แสดงรูปร่างและลักษณะของตำรับที่เตรียมได้ (ก) โฟมแมทหญ้าแฝกสีเขียว DE10 (G DE10) (ข) โฟมแมทหญ้าแฝกสีเขียว DE19 (G DE19) (ค) โฟมแมทหญ้าแฝกน้ำตาล DE10 (LG DE10) และ (ง) โฟม-แมทหญ้าแฝกน้ำตาล DE19 (LG DE19) เปรียบเทียบกับตำรับพื้นโฟมแมทที่มี maltodextrin DE 10 (จ) และ DE19 (ฉ)	48-49
29	แสดงพันธะ และองค์ประกอบทางเคมีของตำรับที่เตรียมได้ (ก) โฟมแมทหญ้าแฝกสีเขียว DE10 (G DE10) (ข) โฟมแมทหญ้าแฝกสีเขียว DE19 (G DE19) (ค) โฟมแมทหญ้าแฝกน้ำตาล DE10 (LG DE10) และ (ง) โฟม-แมทหญ้าแฝกน้ำตาล DE19 (LG DE19) เปรียบเทียบกับตำรับพื้นโฟมแมทที่มี maltodextrin DE 10 (จ) และ DE19 (ฉ)	50

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

Abbreviation

GAE	Gallic Acid Equivalents
FTIR	Fourier transform infrared spectrophotometer
HPLC	High Performance Liquide Chromatography
HPMC	Hydroxypropyl Methylcellulose
pCMA	Para-coumaric acid
Rf	Retention factor
RH	Relative humidity
SD	Spray dry
SEM	Scanning electron microscope
TLC	Thin Layer Chromatography
TPC	Total Phenolic Contents
TSC	Total Polysaccharide Contents
VzWE	Vetiver water extract

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

บทนำ
(Introduction)

1.3.1.ความสำคัญและที่มาของปัญหา

หญ้าแฝกหอม (*Vetiveria zizanioides* (L.)Nash หรือ *Chrysopogon zizannioides* (L.) Roberty) อยู่ในวงศ์ Poaceae หญ้าแฝกเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว มีลำต้นใต้ดิน ลักษณะใบเรียวยาว และระบบรากฝอย หญ้าแฝกเป็นพืชตระกูลหญ้าขึ้นเป็นกอเบียดแน่น มีระบบรากฝอยที่ยาวหยั่งลึก และแผ่กระจายในดิน จึงทำให้สามารถอุ้มน้ำ และยึดเหนี่ยวดินได้ดี ในปี 2534 สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ได้รวบรวมพระราชดำรัสเกี่ยวกับการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกนำมาใช้ประโยชน์ในการยึดหน้าดิน ป้องกันการพังทลายของดินจากการกัดเซาะของน้ำในพื้นที่ลาดชั้น โดยส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกเพื่ออนุรักษ์หน้าดินโดยวิธีธรรมชาติ และสามารถให้ความชุ่มชื้นในดินสำหรับสวนไม้ผลและไม้ยืนต้นได้อีกด้วย[1] นอกจากนี้หญ้าแฝกยังสามารถดูดซับสารพิษ[2] และโลหะหนักที่สะสมในดิน [3, 4, 5] ซึ่งช่วยในการปรับปรุงดินให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหย และสารสกัดจากหญ้าแฝกมีรายงานฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา เช่น ต้านการอักเสบ ต้านอนุมูลอิสระ[6] และ สารกำจัดศัตรูพืช โดยน้ำมันจากหญ้าแฝกหอมสามารถนำมาใช้เป็นสารกำจัดแมลง และวัชพืชในถั่วลันเตา และพืชตระกูลส้ม[7] จากรายงานการวิจัยของ กานต์สิรี และคณะ (2018) พบว่าสารสกัดจากราก และต้นหญ้าแฝกหอมสามารถฆ่าไส้เดือนฝอยรากปมที่เป็นศัตรูพืชได้ดี [8, 9]

ไส้เดือนฝอย เป็นปัญหาพืชเศรษฐกิจ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ทั้งในดินและส่วนเหนือดิน ในระบบรากเกิดรอยแผล ปุ่มปม ส่งผลให้รากเน่า และพืชตายในที่สุด อาการของโรคในส่วนเหนือดิน พบว่าทำให้ต้นพืชแคระแกรน ใบเปลี่ยนสี และลำต้นผิดรูป ส่งผลต่อผลผลิตของพืช ไส้เดือนฝอยสามารถก่อโรคได้ในพืชเศรษฐกิจสำคัญหลายชนิด เช่น ข้าว ข้าวโพด ปอ ฝ้าย กุหลาบ เยอบีร่า ส้ม องุ่น ฝรั่ง มะเขือเทศ พริก เป็นต้น [10] ส่งผลเสียต่อภาคการเกษตร พบรายงานการวิจัย กานต์สิรี และคณะ (2018, 2019) ศึกษาหญ้าแฝกเพื่อการควบคุมไส้เดือนฝอย โดยใช้ต้นสดหญ้าแฝกผสมลงดินในแปลงเพาะปลูก แตงกวา มะเขือ และ พริกไท สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของไข่ไส้เดือนฝอยได้ดี และส่งผลกระทบการเจริญเติบโตของพืชน้อยมาก

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบสารสกัดหญ้าแฝกหอมใช้ในงานเกษตรกรรมเพื่อกำจัดไส้เดือนฝอย

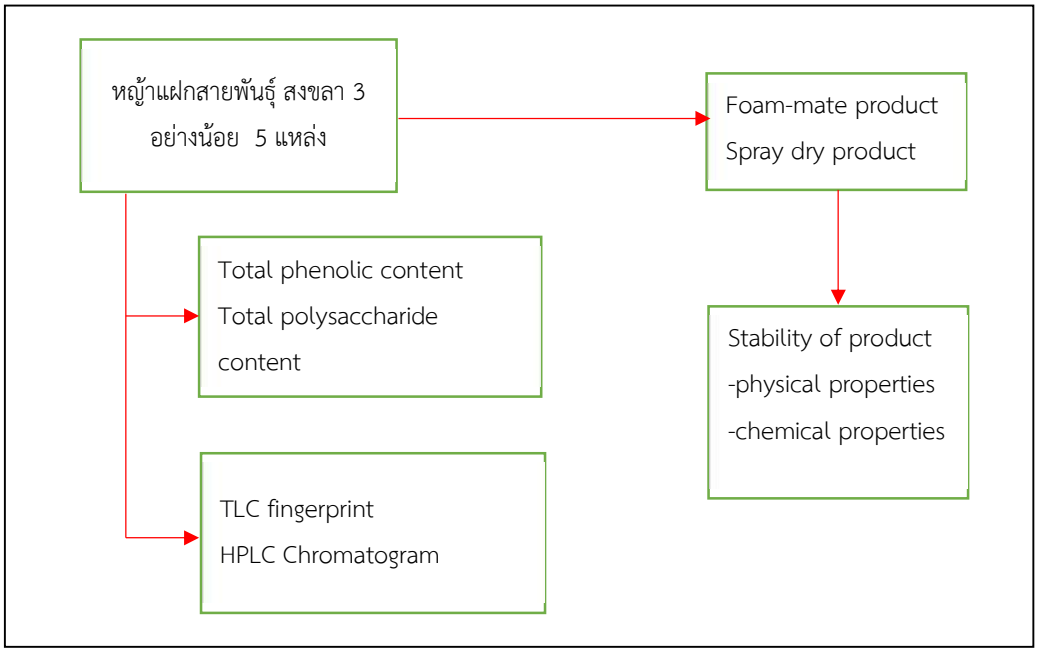
1.3.2.วัตถุประสงค์

1.เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบสารสกัดหญ้าแฝกหอมให้มีความคงสภาพ และมีประสิทธิภาพเพื่อกำจัดไส้เดือนฝอย

2.เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสายพันธุ์หญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สงขลา 3

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

1.3.3.ขอบเขตของการวิจัย



1.3.4.ทฤษฎีและแนวคิดที่นำมาใช้ในงานวิจัย *(รวมถึงผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง)*

หญ้าแฝกหอม[11]

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Vetiveria zizanioides* (L.)Nash หรือ วงศ์ Poaceae

Chrysopogon zizannioides (L.) Roberty

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ไม้ล้มลุก สูง 1-2 ม. ใบเดี่ยว ยาวเรียว ขอบขนานปลายแหลม เส้นใบขนาน ใบจัดเรียงตัวแบบเรียงสลับ ลำต้นใต้ดิน มีระบบรากเป็นรากฝอยที่ยาวสานกันแน่น ดอกช่อออกที่ปลายยอด ผลแบบธัญพืชแก่แล้วไม่แตก หญ้าแฝกขึ้นเป็นก่อหนาแน่น เจริญเติบโตได้ง่าย การขยายพันธุ์ส่วนใหญ่มักนำหน่อที่แยกได้มาเพาะชำ

ประโยชน์

การเกษตร: เพื่อป้องกันการพังทลายของดิน ในพื้นที่ลาดชัน เพื่อควบคุมร่องน้ำและการกระจายน้ำ เมื่อปลูกในสวนผลไม้ใช้รักษาความชุ่มชื้นในสวน [12]

แพทย์แผนไทย: รากหญ้าแฝกหอมใช้ขับลม แก้จุกเสียดแน่นท้อง แก้ไข้เพื่อลม และขับปัสสาวะ ใบแก้ไข้ ขับเหงื่อ แก้พิษตานทราง [13]

พฤกษเคมี

น้ำมันหอมระเหย: cedr-8-en-13-ol, α-amorphene, β-vatirenene, α-gurjunene, dehydro-aromadendrene (Chou 2012) isobisabolene[14] zizonoic acid, epizizanoic acid[15] khusinol, vetidiol [16]

ส่วนเหนือดิน: cellulose, hemicellulose, lignin, protein [17, 18] p-coumaric acid, ferulic acid, p-hydroxybenzoic acid [19]

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องของหญ้าแฝกในการกำจัดศัตรูพืช

Mao L และคณะ (2006) ศึกษาน้ำมันจากหญ้าแฝก และ Nootkatone เป็นสารที่พบในน้ำมันจากหญ้าแฝก นำมาใช้ในแปลงปลูกถั่วลันเตา และส้มแมนดาริน พบว่าสารทั้ง 2 ชนิดไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชเมื่อเทียบกับแปลงที่ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช และยังมีฤทธิ์ควบคุมศัตรูพืชได้ดี [7]

Lu YH และคณะ (2019) นำหญ้าแฝกหอมมาปลูกในแปลงนาข้าวเพื่อใช้ควบคุมหนอนกอข้าว (*Chilo suppressalis*) ในแปลงนาข้าว จากผลการทดลองพบว่าสามารถควบคุมหนอนกอข้าวตัวเมียในการวางไข่ทำให้ไม่สามารถเจริญเป็นตัวเต็มวัย ทำให้ลดการใช้สารเคมีเพื่อฆ่าแมลงในแปลงนาข้าว [20]

Jindapunnapat และคณะ (2018, 2019) ศึกษาหญ้าแฝกเพื่อการควบคุมไส้เดือนฝอย โดยใช้ต้นสดหญ้าแฝกผสมลงดินในแปลงเพาะปลูก แตงกวา มะเขือ และ พริกไท ส่งผลต่อกระทบการเจริญเติบโตของพืชน้อยมาก และสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของไข่ไส้เดือนฝอยได้ดีในแปลงปลูกแตงกวา นอกจากนี้สารสกัดแอลกฮอล์ และน้ำจากต้นหญ้าแฝกหอมสามารถกำจัดไส้เดือนฝอยที่เป็นศัตรูพืช โดยสารสกัดน้ำจะมีประสิทธิภาพดีกว่าโดยพบว่าสารสำคัญที่พบเป็น sesquiterpene acid [8, 9]

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในรูปผงแห้ง

ผลิตภัณฑ์แปรรูปผงแห้ง คือ การนำผลไม้ หรือสารสกัดน้ำจากพืชมาทำการกำจัดน้ำออก (Dehydration) เป็นการแปรรูปผลิตภัณฑ์โดยการทำแห้งและทำให้เป็นผง การระเหยน้ำออก เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา และยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ลักษณะของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้จะเป็นผงละเอียด ความชื้นต่ำ ความสามารถในการละลายน้ำดี คือสามารถกลับคืนรูปเป็นน้ำ โดยมีสี กลิ่นรส ใกล้เคียงเดิม สามารถเก็บรักษาได้นาน[21] ซึ่งเป็นการคงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ให้สามารถเก็บไว้ได้นานไม่เสียสภาพ หรือเกิดการเสื่อมสลาย และสะดวกในการนำใช้ หรือการตั้งตำรับผลิตภัณฑ์โดยใช้เทคโนโลยีชั้นสูงต่อไป ดังนั้นผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปที่ดีควรมีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้

1. ความสามารถในการดูดซึมของผิวสัมผัส (wettability) อนุภาคผงที่มีผิวสัมผัสมากจะดูดน้ำได้ดีเมื่อมีการเติมน้ำลงไป ทำให้เกิดการกระจายตัวในของเหลวได้ง่าย
2. การกระจายตัว (dispensability) ผงที่ดีควรมีการกระจายตัวดีในน้ำ แต่หากผงมีการรวมกันเป็นก้อนใหญ่ขึ้น ความสามารถในการกระจายตัวอาจลดลงได้
3. การจมน้ำ (sinkability) ผงที่ละลายได้ดีจะจมน้ำได้เร็ว ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดและความหนาแน่น
4. ความสามารถในการละลายน้ำ (solubility) และอัตราเร็วของการละลายจะขึ้นอยู่กับลักษณะหรือองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดน้ำ

กระบวนการในการกำจัดน้ำ (Dehydration) หรือการทำให้แห้ง ซึ่งเป็นการแปรรูปสารสกัดน้ำ โดยการระเหยน้ำที่มีอยู่ในองค์ประกอบออก เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา และยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และยังเป็นการช่วยลดน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ โดยเทคโนโลยีในปัจจุบันสามารถใช้กรรมวิธีการทำแห้งได้หลายวิธี เช่น

1.การผลิตโดยวิธีฉีดพ่นฝอย (Spray drying) การผลิตด้วยวิธีนี้นิยมใช้ในระดับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เป็นการนำสารสกัดน้ำเข้าสู่เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray dryer) เครื่องจะฉีดอาหารออกมาใน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ลักษณะพ่นกระจายเป็นอนุภาคเล็กๆ แล้วกระทบกับลมร้อนประมาณ 150-300 องศาเซลเซียส จนอนุภาคนั้นแห้งเป็นผง แต่ข้อเสียของผลไม้ผงที่ได้จากวิธีนี้คือ มีการจม การกระจายตัว การเปียก และการละลายที่ไม่ดี รวมถึงมูลค่าในการลงทุนค่อนข้างสูง เนื่องจากต้องใช้พลังงานความร้อนในระหว่างกระบวนการกำจัดน้ำจากอาหาร

2.การผลิตโดยวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying) เป็นกระบวนการทำแห้งที่ใช้หลักการดึงโมเลกุลของน้ำออกจากอาหาร โดยอาศัยการระเหิดของน้ำจากสภาพของแข็ง (ผลึกน้ำแข็งขนาดเล็ก) กลายเป็นไอในทันที อาหารที่ต้องการทำแห้งโดยวิธีนี้จะถูกทำให้อยู่ในสภาพเยือกแข็ง การระเหิดของน้ำเกิดขึ้นได้เนื่องจากความดันและอุณหภูมิในการทำแห้งอยู่ต่ำกว่าจุดวัฏภาคของก๊าซ ของเหลว และของแข็ง ซึ่งการทำแห้งวิธีนี้สามารถรักษาคุณค่าทางอาหารและคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ดีกว่าการทำแห้งแบบทั่วไป และผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะเป็นรูพรุน กลับคืนรูปเดิมได้ง่าย ละลายได้ดีกว่าการอบแห้งแบบพ่นฝอย อย่างไรก็ตามวิธีทำแห้งนี้เป็นวิธีที่ใช้เวลานานและมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนค่อนข้างสูงเช่นเดียวกับการทำแห้งโดยการฉีดพ่นฝอย

3.การผลิตโดยวิธีอบแห้ง (Hot Air drying) ถือเป็นวิธีผลิตแบบดั้งเดิม สามารถทำได้โดยใช้อุปกรณ์ง่ายๆ ไม่ต้องลงทุนสูง วิธีในการทำง่ายและสามารถทำได้ในระดับครัวเรือน โดยการนำสารสกัดน้ำมาเคี่ยวจนได้ลักษณะพอเหมาะตามที่ต้องการ จากนั้นจึงนำไปอบให้แห้งด้วยตู้อบแห้งแบบลมร้อน (tray dryer) ที่อุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส หรือแล้วแต่ความเหมาะสม และผู้ผลิตบางรายโดยเฉพาะในระดับครัวเรือนอาจนำไปทำแห้งโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ แต่ข้อเสียของวิธีนี้คือ ใช้ในการผลิตอาหารในปริมาณต่ำเท่านั้น และคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่ดีเท่าวิธีอื่น

4.การผลิตโดยวิธีการทำแห้งแบบโฟม-แมท (Foam-mat drying) การทำแห้งแบบโฟม-แมท คือ การแปรรูปอาหารซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของเหลว ให้มีลักษณะเป็นโฟมหรือเกิดฟอง โดยการตีปั่นด้วยเครื่องตีปั่นความเร็วสูง เพื่อนำอากาศเข้าสู่อาหาร จากนั้นทำให้แห้งด้วยการบีบโฟมเป็นเส้นลงในถาด นำไปอบแห้งโดยที่โฟมนั้นยังมีความคงตัว แล้วจึงขูดโฟมที่แห้งสนิทมาบดเป็นผงละเอียด สำหรับอาหารที่ทำแห้งด้วยวิธีนี้ควรทำให้มีความเข้มข้น เพื่อช่วยให้โฟมมีความคงตัวยิ่งขึ้น โดยชนิดของอาหารจะเป็นตัวบ่งชี้ความสามารถในการเกิดโฟม เช่น น้ำนม และไข่ สามารถนำมาทำให้เกิดโฟมได้ทันที เนื่องจากมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบจึงสามารถเกิดโฟมได้ง่าย สำหรับอาหารบางชนิดที่ไม่สามารถตีให้เกิดโฟมได้ หรือโฟมที่เกิดขึ้นไม่คงตัว และยุบตัวขณะอบแห้ง ควรเติมสารเพิ่มความคงตัว (stabilizers) และสารปรับปรุงเนื้อสัมผัส (binders) เช่น เมทิลเซลลูโลส กลีเซอรอลโมโนสเตียเรท มอลโตเดกซ์ตริน เพื่อทำให้เกิดโฟมและโฟมมีความแข็งแรงหรือคงตัว [22]

ข้อดีของการทำแห้งแบบโฟมแมท (ดัดแปลงจาก พันธ์ลพ สินธุยา, 2552)

1. ใช้ได้ดีกับอาหารเหลวหรืออาหารกึ่งเหลวที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบสูง โดยยังสามารถรักษาทางกายภาพ สีและกลิ่นไว้ได้ ขณะที่กระบวนการทำแห้งอื่นๆ เช่น การทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอย (spray drying) ไม่สามารถทำได้

2. เป็นการทำแห้งที่ใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่ากระบวนการทำแห้งอื่นๆ โดยใช้เวลาประมาณ 1 - 2 ชั่วโมง การผลิตโดยวิธีนี้จึงมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำกว่าวิธีอื่น

3. คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ สามารถรักษาสี กลิ่น และความสามารถในการคืนรูปไว้ได้ดีกว่าการทำแห้งโดยใช้ลมร้อนแบบอื่น ๆ และมีคุณภาพใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้วิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze drying) รวมถึงใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ก่อนการแปรรูปมากที่สุด

4. ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นผง มีน้ำหนักเบา และสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้

การควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์อารักขาพืช (ราชกิจจานุเบกษา ๒๕๕๒)

จากแนบท้ายประกาศของกรมวิชาการเกษตร เรื่อง กำหนดรายละเอียด และวิธีการขึ้นทะเบียน การออกใบสำคัญและการต่ออายุใบสำคัญการขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายที่กรมวิชาการเกษตรเป็นผู้รับผิดชอบ พ.ศ. ๒๕๕๒ ในข้อ 6.2 ประเภท 2 สารสำคัญของผลิตภัณฑ์อารักขาพืชได้มาจากสารสกัดหนึ่งชนิดหรือหลายชนิดที่สกัดโดยเอทานอล/น้ำ และผลิตภัณฑ์อารักขาพืชที่อาจเติมสารที่ทำให้เป็นสูตรผสม ได้ระบุคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของของผลิตภัณฑ์สารสกัดด้วยน้ำ/เอทานอลเพื่อการขึ้นทะเบียนผลิตภัณฑ์ไว้ดังนี้ [23]

- ระบุสูตรผสมของผลิตภัณฑ์
- ลักษณะที่ปรากฏทางกายภาพ สี กลิ่น
- ความเป็นกรด-ด่าง
- การระเบิด จุดวาบไฟ การลุกไหม้ด้วยตนเอง
- คุณสมบัติการเติมออกซิเจนให้สารอื่น
- การระเหย
- ความหนืด
- แรงตึงผิว
- ความหนาแน่นสัมพัทธ์ และความหนาแน่นรวม
- ความสามารถในการแขวนลอย
- ความคงตัวของฟอง
- ความสามารถเข้ากันได้กับภาชนะบรรจุ
- ความยาวนานในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อารักขาพืช โดยติดตามคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี ชีวภาพ และปริมาณสารสำคัญที่ใช้บ่งชี้ รวมถึงบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บรักษาที่เหมาะสม เพื่อใช้วางจำหน่ายในท้องตลาด

สิทธิบัตรของหญ้าแฝก หรือ *Vetiveria zizanioides*

จากการสืบค้นในระบบของกรมทรัพย์สินทางปัญญา http://www.ipthailand.go.th ไม่พบการจดสิทธิบัตรของหญ้าแฝกหอมในประเทศไทย พบการสิทธิบัตรในประเทศเกาหลี 3 ฉบับ ออสเตรเลีย 1 ฉบับ และประเทศสหรัฐอเมริกา 96 ฉบับ โดยใน 96 ฉบับ มีเพียง 3 ฉบับรายงานเรื่องน้ำมันจากหญ้าแฝกหอม และสารจากน้ำมันจากหญ้าแฝกมีฤทธิ์ไล่แมลง Henderson และคณะ (2005) จดสิทธิบัตรน้ำมันจากหญ้าแฝกหอม และสาร Nootkatone ปลวก มด เห็บ และแมลงสาบ[24-25] นอกจากนี้ Zhu และคณะ (2005) ได้จดสิทธิบัตรอนุพันธุ์สาร nootkatone 2 ชนิด tetrahydronootkatone และ 1,10-dihydronootkatone มีประสิทธิภาพในการกำจัดปลวก ซึ่งพบว่าสารที่รายงานมีความปลอดภัยต่อมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม[26] จากการ

สืบค้นยังไม่พบการจดสิทธิบัตร วิธีการผลิตหรือรูปแบบผลิตภัณฑ์จากสารสกัดหญ้าแฝกหอมเพื่อการกำจัดแมลง หรือศัตรูพืชในประเทศไทย

1.3.5.ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ภาคเกษตรกรรม วิธีกำจัดไส้เดือนฝอยด้วยสารสกัดจากธรรมชาติอย่างง่ายสำหรับเกษตรกร ลดการใช้สารเคมี

- ภาคอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์ต้นแบบเพื่อกำจัดไส้เดือนฝอย สามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อการผลิตในระดับอุตสาหกรรมภายในประเทศ

- ภาคสังคม: การศึกษา เกิดองค์ความรู้ทางวิชาการ เพื่อการเรียนรู้ของนิสิต และนักวิชาการ

: เศรษฐกิจ ลดการนำเข้าสารเคมีจากต่างประเทศ

: ผู้บริโภคมีความปลอดภัยจากสารเคมีตกค้างในผลิตผลทางการเกษตร และลดสารเคมีตกค้างในสิ่งแวดล้อม

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

วิธีดำเนินการวิจัย

(Material and Method)

1. การเก็บตัวอย่างหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สงขลา 3

1.1 รวบรวมสายพันธุ์หญ้าแฝกหอม สายพันธุ์สงขลา 3 อย่างน้อย 5 แหล่ง นำมารวบรวมไว้ที่ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น เพื่อเป็นต้นสายพันธุ์ เพื่อศึกษาองคประกอบทางเคมีของแหล่งเพาะปลูก เพื่อการผลิตสำหรับงานวิจัยผลิตภัณฑ์ต้นแบบสำหรับกำจัดไส้เดือนฝอย และการประยุกต์ใช้ในการเกษตร

1.2 บันทึกลักษณะทางกายภาพ แหล่งที่มาก่อนนำมาศึกษาทางเคมี ได้แก่ พื้นที่แหล่งปลูก อายุหญ้าแฝกหอมและสายพันธุ์สงขลา 3 ลักษณะเนื้อดินที่ปลูก

2. การสกัดหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สงขลา 3

2.1 การเตรียมตัวอย่างหญ้าแฝกหอม นำมาทำความสะอาด ผึ่งลมให้แห้ง หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำเข้าอบลมร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส หญ้าแฝกหอมแห้งนำบดเป็นผงละเอียดให้ผ่านแร่ง (sieve No.8) เพื่อให้มีขนาดไม่เกิน 2.0 มิลลิเมตร เก็บในที่แห้ง

2.2 การสกัดด้วยน้ำ

- ผงหญ้าแฝกหอมนำมาสกัดด้วยน้ำในอัตราส่วน 1:10 หมักทิ้งไว้ 24 ชม. ทำการกรองเก็บส่วนใสนำไปเก็บในที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

- ผงหญ้าแฝกหอมนำมาเติมน้ำในอัตราส่วน 1:10 และ 1:20 นำมาต้มน้ำที่ระยะเวลาต่างๆ 1, 2 และ 3 ชั่วโมง

- สารสกัดน้ำจากหญ้าแฝกหอมนำมาทำแห้งด้วยวิธี oven dry อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศ 60 bar เก็บในบรรจุภัณฑ์สูญญากาศ ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส

- บันทึกน้ำหนักสารสกัดที่ได้ และนำมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

3. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีสารสกัดหญ้าแฝกหอม

3.1 การวิเคราะห์ปริมาณ Total phenolic contents

การวิเคราะห์หาปริมาณ Total phenolic compounds ด้วย Folin-Ciocalteu method และใช้ gallic acid เป็นสารมาตรฐาน

- เตรียมสารมาตรฐาน gallic acid ความเข้มข้น 5-100 µg/ml เพื่อนำมาสร้างกราฟมาตรฐาน
- เตรียมสารละลาย sodium carbonate (Na_2CO_3) ให้มีความเข้มข้น 75 mg/ml
- Folin-Ciocalteau reagent นำมาเจือจางให้มีความเข้มข้น 10%Folin-Ciocalteau
- เตรียมสารสกัดหญ้าแฝกหอมให้มีความเข้มข้น 1 mg/ml เตรียมโดยนำสารสกัดดังกล่าวมาละลายในน้ำ และนำไป sonicate
- การทดสอบหาปริมาณ Total phenolic compounds

ปิเปต sample 20 ul ตามด้วย 10%Folin-Ciocalteau reagent 100 ul และ Na_2CO_3 80 ul ลงใน microtiter 96-well plate ผสมสารละลายเข้ากันแล้ว เก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 60 นาที

- วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 nm ด้วยเครื่อง microplate reader

- วัดค่าการดูดกลืนแสงนำมาคำนวณหาปริมาณ Total phenolic content เป็น Gallic acid Equivalents (GAE)

3.2 การศึกษาปริมาณ Total polysaccharide content

- สารละลายมาตราฐานกลูโคส เตรียมให้มีความเข้มข้น 10-200 µg/ml เพื่อนำมาใช้สร้างกราฟมาตราฐาน

- เตรียม Phenol ให้มีความเข้มข้น 5%Phenol

- สารสกัดหญ้าแฝกนำมาเจือจางด้วยน้ำให้มีความเข้มข้น 1 mg/ml

- การทดสอบหาปริมาณ Total polysaccharides contents

ปิเปต sample 200 ul ตามด้วย 5%Phenol 200 ul และ conc. H_2SO_4 1 ml เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งให้เย็นในอุณหภูมิห้อง 15 นาที

-ปิเปตลงใน microtiter 96-well plate วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 490 nm ด้วยเครื่อง microplate reader

- การคำนวณหาปริมาณ Total polysaccharides contents จากสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐาน

4. การศึกษาลายพิมพ์ทางเคมีของสารสกัดหญ้าแฝกหอม

4.1. Thin Layer Chromatography (TLC)

- เตรียมวัฏภาคคงที่ คือแผ่นทีแอลซีสำเร็จรูป (silica gel GF_{254}) ขนาด 10 x 10 เซนติเมตร

- เตรียมสารตรฐาน p-coumaric acid และ ferulic acid 1 mg/ml หยดสารมาตรฐานลงบนแผ่น TLC ปริมาตร 5 ul/spot

- เตรียมสารตัวอย่างหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์ต่างๆ ความเข้มข้น 5 mg/ml หยดสารสกัดลงบนแผ่น TLC ปริมาตร 10 µL/spot

- พัฒนาแผ่น TLC โดยใช้ mobile phase ต่างๆ เพื่อหาสภาวะที่ดีที่สุดที่ทำให้เกิดการแยกของสารตัวอย่าง

Mobile phase A: $CHCl_3$: Ethyl acetate : Acetic acid (50:50:1)

Mobile phase B: Hexane : Ethyl acetate : Formic acid (20:19:1)

- ตรวจสอบแผ่น TLC ภายใต้ UV ที่ความยาวคลื่น 254 และ 365 นาโนเมตร

- ตรวจสอบด้วยน้ำยาพ่น 20% H_2SO_4 หลังจากพ่นแล้วนำอบที่ 105 °C เป็นเวลา 10-15 นาที

- ประเมินผลของทีแอลซีโครมาโทแกรมโดยคำนวณจากค่า R_f จำนวนแถบสาร ความเข้มของแถบสาร และสีของแถบสาร

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

$$R_f = \frac{\text{ระยะทางที่สารเคลื่อนที่ไป}}{\text{ระยะทางที่วัฏภาคเคลื่อนที่เคลื่อนที่ไป}}$$

4.2. High Pressure Liquid Chromatography

ทำการศึกษาลายพิมพ์ทางเคมีสารสกัดหญ้าแฝก เพื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สงขลา 3 ที่มาจากแหล่งเพาะปลูกที่แตกต่างกัน

การพัฒนาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์โดยดัดแปลงจากงานวิจัยของ Prajna J และคณะ (2013) โดยทดลองปรับเปลี่ยนตัวทำละลายและอัตราส่วนของ mobile phase ภายใต้สภาวะ ดังนี้

Column:ACE C18-PFP (UK) 150 x 4.6 มิลลิเมตร
Detector:Perkin Elmer series 200 UV/VIS detector
ที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร
Pump:Perkin Elmer series 200 pump
Mobile phase: methanol: 0.085% phosphoric acid (35:65)
Flow rate:1 ml/min 20 min
Injection volume: 20 µl

1. เตรียมสารละลายมาตรฐาน p-coumaric acid และ ferulic acid
   - p-coumaric acid เตรียมให้มีความเข้มข้น 0.15 mg/ml
   - ferulic acid เตรียมให้มีความเข้มข้น 0.15 mg/ml
2. เตรียมตัวอย่างหญ้าแฝกหอม (ผงใบ 100 mg/ml)
   ชั่งผงหญ้าแฝกหอม 1.5 g ใส่ลงใน centrifuge tube ขนาด 50 ml เติมน้ำ 15 ml จากนั้นนำไป sonicated เป็นระยะเวลา 30 นาที แล้วนำมากรอง แล้วกรองด้วย 0.45 µm membrane filter เพื่อทำการวิเคราะห์ด้วย HPLC ต่อไป
3. เตรียมตัวอย่าง สารสกัดหญ้าแฝกหอมสเปร์ยดาย (4 mg/ml)
   ชั่งผงสารสกัดหญ้าแฝกหอมสเปร์ยดาย 8 mg ใส่ลงใน centrifuge tube ขนาด 5 ml เติมน้ำ 2 ml จากนั้นนำไป sonicated เป็นระยะเวลา 30 นาที แล้วนำมากรอง แล้วกรองด้วย 0.45 µm membrane filter เพื่อทำการวิเคราะห์ด้วย HPLC เปรียบเทียบลายพิมพ์ทางเคมีกับสารสกัดหญ้าแฝก และหาปริมาณ p-coumaric acid

4.3 การศึกษาหาปริมาณ p-coumaric acid

1. เตรียมสารละลายมาตรฐาน p-coumaric acid
   - p-coumaric acid เตรียมให้มีความเข้มข้น 120.0 และ 240.0 ug/ml
2. เตรียมตัวอย่างหญ้าแฝกหอม (ผงใบ 100 mg/ml)

ชั่งผงหญ้าแฝกหอม 1.0 g ใส่ลงใน centrifuge tube ขนาด 50 ml เติมน้ำ 10 ml จากนั้นนำไปต้มเดือดเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำมากรอง แล้วกรองด้วย 0.45 µm membrane filter เพื่อทำการวิเคราะห์ด้วย HPLC ต่อไป

5. การพัฒนาผลิตภัณฑ์สารสกัดหญ้าแฝกหอม

หญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สงขลา 3 ทำการสกัดน้ำแล้วแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze drying) และนำมาตั้งตำรับทำแห้งแบบโฟม-แมท (Foam-Mat drying) เปรียบเทียบกับสารสกัดหญ้าแฝกทำแห้งแบบdry oven ตั้งตำรับทำแห้งแบบโฟม-แมท (Foam-Mat drying) และ สารสกัดหญ้าแฝกที่ได้จากการสเปร์ยดาย

1. การทำแห้งแบบโฟม-แมท (Foam-Mat drying)

1.1 การสกัดด้วยน้ำและการทำแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze drying)

นำผงหญ้าแฝกหอม มาสกัดด้วยน้ำในอัตราส่วนสาร 1 : 10 ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง นำมากรองแล้วนำไประเหยแห้งโดยใช้เครื่องกรองสุญญากาศ (Vacuum filter) แล้วนำสารสกัดหญ้าแฝกหอมทำให้แห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze dryer)

1.2 การทำแห้งแบบโฟม-แมท (Foam-Mat drying)

ละลายสารสกัดหญ้าแฝกหอมในน้ำอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส แล้วเติม Maltodextrin DE10 หรือ Maltodextrin DE19 คนจนส่วนผสมละลายหมด เมื่ออุณหภูมิลดลงถึง 30 องศาเซลเซียส จึงเติม 1% HPMC และ 0.5% Tween 80 แล้วนำไปปั่นผสมในเครื่องปั่นผสมอาหารให้เกิดโฟม นำโฟมที่เตรียมได้เทลงถาดสแตนเลสขนาด 15x15 นิ้ว โดยให้โฟมมีความหนา 5 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนดให้นำโฟมแห้งไปบดลดขนาดผ่านแร่งเบอร์ 18 และนำไปบรรจุในภาชนะแห้งและปิดสนิท

1.3 การศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงโฟมจากสารสกัดหญ้าแฝกหอม

1.3.1 การประเมิน Angle of repose

ชั่งผงสารสกัดหญ้าแฝกหอมแล้วเทผ่านกรวยที่กำหนดความสูงของกรวย จะได้กองผงสารสกัดหญ้าแฝกหอมรูปกรวย (Powder cone) จากนั้นวัดความสูงของกรวย (Height, h) และรัศมีของกรวย (Radius, r) นำค่าที่ได้มาคำนวณตามสมการดังนี้

$$\tan \partial = \frac{h}{r}$$

ทำการประเมินซ้ำ 3 ครั้ง โดยค่า Angle of repose สามารถบอกคุณสมบัติการไหล

1.3.2 การประเมิน bulk density และ tapped density

ชั่งผงโฟมสารสกัดหญ้าแฝกหอมประมาณ 30 กรัม ค่อยๆ เทลงไปในกระบอกตวง (Graduated cylinder) ขนาด 100 ml โดยเอียงกระบอกตวงทำมุม 45 องศากับพื้น บันทึกน้ำหนักของผง

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารสกัดหญ้าแฝกหอม และอ่านค่าปริมาตรของผงสารสกัดหญ้าแฝกหอม จากนั้นคำนวณหาค่า Bulk density จากสมการดังนี้

$$\text{Bulk density} = \frac{\text{น้ำหนักของผงสารสกัดหญ้าแฝกหอม (g)}}{\text{ปริมาตรของผงสารสกัดหญ้าแฝกหอม (ml)}}$$

การศึกษาต่อจาก Bulk density โดยเคาะกระบอกตวงในลักษณะแนวดิ่ง โดยยกกระบอกตวงขึ้นเหนือพื้น 1 นิ้ว และปล่อยให้ตกอย่างอิสระ โดยมีผ้ารองรับอยู่ด้านล่าง เคาะไปทั้งหมด 100 ครั้ง แล้วอ่านปริมาตรของผงสารสกัดหญ้าแฝกหอม ทำการประเมินซ้ำ 3 ครั้ง แล้วรายงานเป็นค่าเฉลี่ย คำนวณหาค่า Tapped density จากสมการดังนี้

$$\text{Tapped density} = \frac{\text{น้ำหนักของผงสารสกัดหญ้าแฝกหอม (g)}}{\text{ปริมาตรของผงสารสกัดหญ้าแฝกหอมหลังเคาะ 100 ครั้ง (ml)}}$$

1.3.3 การประเมิน Compressibility index และ Hausner ratio

การศึกษาคุณสมบัติด้านการไหลของผงสารสกัดหญ้าแฝกหอมสามารถศึกษาได้จากค่า Compressibility index และ Hausner ratio ซึ่งคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\text{Compressibility index} = \frac{\text{Tapped density - Bulk density}}{\text{Tapped density}} \times 100$$

$$\text{Hausner ratio} = \frac{\text{Tapped density}}{\text{Bulk density}}$$

โดยค่า Compressibility index และ Hausner ratio สามารถบอกคุณสมบัติการไหล

2.การศึกษาเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์การทำแห้งแบบโฟม-แมท (Foam-Mat drying) และ spray dry

2.1 การศึกษาความสามารถในการละลาย

ชั่งตัวอย่างของสารสกัดหญ้าแฝกหอม สูตรตำรับหญ้าแฝกหอม และ Base ทุกตัวอย่าง ปริมาณ 0.1 g จำนวนตัวอย่างละ 3 ซ้ำในหลอดทดลอง เติมน้ำปราศจากไอออนปริมาตร 0.1 ml และเขย่าให้เข้ากันด้วย Vortex 10 นาทีแล้วสังเกตตะกอน หากยังมีตะกอนเหลืออยู่ให้ทำการทดสอบเพิ่ม โดยเติมน้ำปราศจากไอออนอีก 0.4 ml, 0.5 ml, 1.0 mL, และ 8.0 ml ตามลำดับ แล้วเขย่าให้เข้ากันด้วย Vortex ในแต่ละครั้งที่มีการเพิ่มปริมาตรน้ำ ทำการสังเกตตะกอน หากยังมีตะกอนเหลืออยู่ ให้ทำการทดสอบเพิ่ม โดยถ่ายใส่ในกระบอกตวงขนาด 100 ml และเติมน้ำปราศจากไอออนจนครบ 100 ml สังเกตตะกอน หากยังมีตะกอนเหลืออยู่ให้ตั้งทิ้งไว้ จนครบ 24 และ 96 ชั่วโมงตามลำดับ จากนั้นเติมน้ำปราศจากไอออน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

จนครบปริมาตร 200 mL แล้วสังเกตตะกอน โดยการสังเกตการละลายสามารถบอกช่วงค่าการละลายเบื้องต้นของสารสกัดและสูตรตำรับหญ้าแฝกหอม

2.2 การศึกษาคุณสมบัติการไหล

โดยทำการประเมินผลิตภัณฑ์หญ้าแฝกดังหัวข้อต่อไปนี้

- Angle of repose
- Bulk density
- Tapped density
- Compressibility index
- Hausner ratio

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม (Total phenolic content) ในผลิตภัณฑ์

2.3.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน Gallic acid ให้มีความเข้มข้น 1.0-0.0125 mg/ml เพื่อสร้างกราฟมาตราฐาน

2.3.2 การเตรียมสารละลาย Sodium carbonate (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 75 mg/ml

2.3.3 การเตรียมสารละลาย 10% Folin-Ciocalteau reagent

2.3.4 การเตรียมตัวอย่าง

- สารสกัดหญ้าแฝกหอมและสูตรตำรับหญ้าแฝกหอมอบแห้งแบบพ่นฝอย ให้มีความเข้มข้น 5, 2.5 mg/ml
- สูตรตำรับหญ้าแฝกหอมที่ความเข้มข้น 50 mg/ml

2.3.5 วิธีทดสอบหาปริมาณฟีนอลิกรวม (Total phenolic contents)

ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 20 µl ตามด้วย 10% Folin-Ciocalteau reagent 100 µl และสารละลาย Sodium carbonate (Na_2CO_3) 80 µl ลงใน Microtiter 96-well plate ผสมสารละลายให้เข้ากันแล้วเก็บในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้น วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 nm ด้วย เครื่องอ่านปฏิกิริยาไมโครเพลท (Microplate reader) บันทึกผล สร้างกราฟมาตรฐาน (Standard curve) และคำนวณหาปริมาณฟีนอลิกรวม

2.4 การศึกษาความคงสภาพในบรรจุภัณฑ์

ทำการศึกษาความคงสภาพตัวอย่างในบรรจุภัณฑ์แบบอลูมิเนียมฟร์อย และซองสีชา โดยศึกษาจากปริมาณ(Total phenolic contents) ที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส

2.5 การศึกษาขนาดและรูปทรงของตำรับ

การศึกษาลักษณะของสารสกัดหญ้าแฝก และสูตรตำรับต่างๆ ทำโดยใช้เครื่อง Scanning electron microscope (SEM) ทำการถ่ายภาพ และบันทึกภาพเปรียบเทียบลักษณะที่ได้

2.6 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธี Fourier transform infrared spectrophotometer (FTIR)

นำตัวอย่างที่ต้องการศึกษาไปวัดองค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง Fourier transform infrared spectrophotometer (FTIR) ที่ความถี่ 450-4000 cm^{-1} เปรียบเทียบกับ maltodextrin DE 10 และ DE 19

ผลการวิจัย
(Result)

1. การเก็บตัวอย่างหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สงขลา 3

เก็บรวบรวมตัวอย่างใบหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สงขลา 3 อายุ 2 เดือนจาก 5 แหล่งปลูกดังนี้

ตารางที่ 1 แหล่งเก็บรวบรวมหญ้าแผกสายพันธุ์สงขลา 3

แหล่งที่	แหล่งที่ปลูก	ภายใต้หน่วยงาน
1	ต. ในเมือง อ. เมือง จ. ขอนแก่น	กรมพัฒนาที่ดิน
2	ต. บ่อใหญ่ อ. บรบือ จ. มหาสารคาม*	กรมพัฒนาที่ดิน
3	ต. อุ่มเม่า อ. ยางตลาด จ. กาฬสินธุ์	กรมพัฒนาที่ดิน
4	ต. คอโค อ. เมือง จ. สุรินทร์	กรมพัฒนาที่ดิน
5	ต. โคกภู อ.ภูพาน จ. สกลนคร	ศูนย์ส่งเสริมการใช้หญ้าแฝกอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

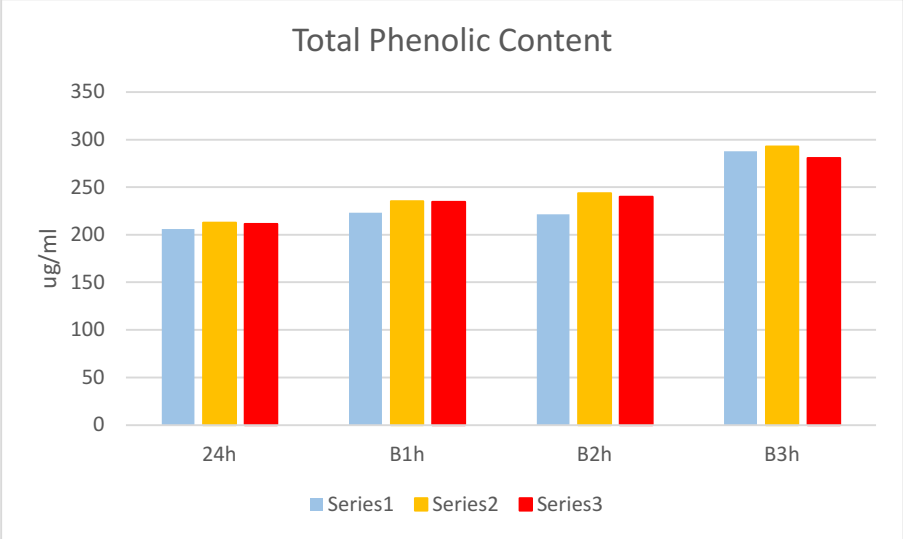
หมายเหตุ * หญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 จาก จ.มหาสารคาม นำมาใช้ในการวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์กำจัดไส้เดือนฝอยครั้งนี้

2. การสกัดหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สงขลา 3

การศึกษาวิธีการสกัดด้วยน้ำที่เหมาะสมตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยนำหญ้าแฝกหอม จาก จ. มหาสารคาม มาศึกษาการสกัดด้วยน้ำ แบ่งเป็น 4 กลุ่ม คือ หมักทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง, ต้มเดือด 1 ชั่วโมง, ต้มเดือด 2 ชั่วโมง และ ต้มเดือด 3 ชั่วโมง และนำมาศึกษาหาปริมาณสารฟินอลลิก โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาปริมาณสารฟินอลลิก ในสารสกัดหญ้าแฝกหอมที่ระยะเวลาการสกัดที่แตกต่างกัน

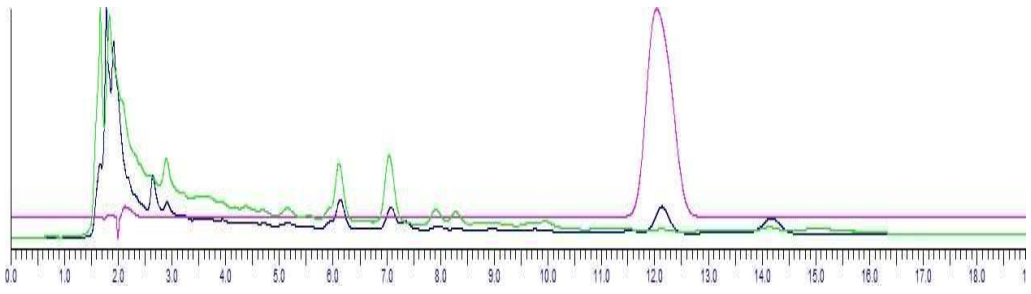
วิธีสกัด	ปริมาณฟินอลลิก เทียบเท่า gallic acid (ug/ml)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
หมัก 24 ชั่วโมง (24h)	206.0	212.6	211.4
ต้มเดือด 1 ชั่วโมง (B1h)	223.0	235.4	234.6
ต้มเดือด 2 ชั่วโมง (B2h)	221.6	243.8	240.0
ต้มเดือด 3 ชั่วโมง (B3h)	288.0	293.0	280.6



รูปที่ 1 กราฟเปรียบเทียบปริมาณฟินอลลิกที่พบในการสกัดวิธีต่างๆ

จากผลการทดลองพบว่า(ตารางที่ 1) วิธีการสกัดโดยการต้ม 1 ชั่วโมงได้สารฟินอลลิกใกล้เคียงการหมักทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง เมื่อต้มนานกว่า 1 ชั่วโมงจะพบว่ามีปริมาณสารฟินอลลิกมากขึ้น แต่ต้มนาน 2 ชั่วโมงปริมาณสารฟินิลลิกไม่แตกต่างจากการต้ม 1 ชั่วโมง และเมื่อนำสารสกัดหมักทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงมาศึกษาลายพิมพ์ทางเคมีเปรียบเทียบกับการสกัดด้วยวิธีต้มนาน 1 ชั่วโมงด้วยวิธี HPLC พบว่า การสกัดด้วยวิธีต้มจะพบสารสำคัญคือ p-coumaric acid (รูปที่ 2) ฉะนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงทำการสกัดด้วยการต้ม 1 ชั่วโมงแล้วมาทำให้แห้งเพื่อนำมาศึกษาวิจัยต่อไป

การสกัดหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 จาก (มหาสารคาม 1) สกัดด้วยน้ำอัตราส่วน 1:20 ต้มนาน 1 ชม แล้วทำแห้งด้วยเครื่องระเหยแห้งแบบสูญญากาศ (dry oven) เพื่อทดลองตั้งตำรับ และทดสอบฤทธิ์ยับยั้งไส้เดือนฝอย นอกจากนี้ยังเป็นวิธีสกัดสำหรับการทำสเปร์ยดายเพื่อผลิตในระดับอุตสาหกรรม



รูปที่ 2 overlay HPLC chromatogram ของ p-coumaric acid (สีชมพู), วิธีการหมักทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง (สีเขียว) และวิธีการสกัดต้ม 1 ชั่วโมง (น้ำเงิน)

สารสกัดหญ้าแฝกจากกระบวนการพ่นแห้งแบบละอองฝอย (Spray dry) เพื่อการผลิตระดับอุตสาหกรรม

หญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 จากจังหวัดมหาสารคาม นำมาตากแห้งแล้วอบที่อุณหูมิ 50 องศาเซลเซียส บดแห้งได้น้ำหนัก 58 กก. ทำการต้มน้ำอัตราส่วน 1:20 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำการสกัดซ้ำ นำสารสกัดที่ได้มาระเหยน้ำออกให้เข้มข้น ทำการพ่นแห้งแบบละอองฝอยโดยมีสารช่วย Maltrodextrin DE โดยเติมลงไป 1% ของ Maltrodextrin DE โดยน้ำหนัก สำหรับใช้สภาวะการสเปร์ยดาย inlet 200 องศาเซลเซียส outlet 100 องศาเซลเซียส ทำให้ได้ผลผลิตสารสกัดหญ้าแฝกจากการสเปร์ยดาย 9 กิโลกรัม มีลักษณะเป็นผงแห้งสีน้ำตาล ดังรูปที่ 2 เพื่อนำไปใช้ในการผลิต ผลิตภัณฑ์ต้นแบบสำหรับการกำจัดไส้เดือนฝอย โดยสารสกัดหญ้าแฝกหอมด้วยวิธี Spray dry มีต้นทุนการผลิต กิโลกรัมละ 1,715.05 บาท ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การคำนวณต้นทุนการผลิตสารสกัดหญ้าแฝกหอมดว้นวิธี spray dry

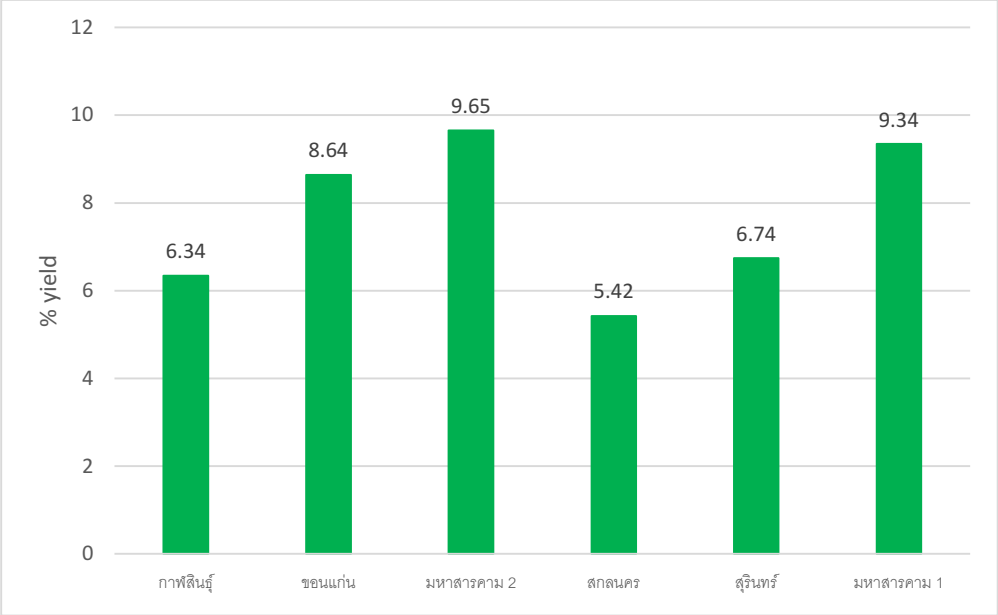
	ต่อหน่วย (บาท)	**จำนวน**	**มูลค่า (บาท)**
หญ้าแฝกหอม	2.5	60.0 กก.	150.0
ค่าจ้างบด	2,000.0		2,000.0
ค่าจ้างพ่นแห้ง	1,500.0	9.3 กก.	13,800.0
รวม			**15,950.0**

รูปที่ 3 สารสกัดหญ้าแฝกหอมจากการทำแห้งด้วยวิธี spray dry

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

3. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีสารสกัดหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สงขลา 3

หญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สงขลา 3 อายุ 2 เดือนจาก 5 แหล่ง กาฬสินธุ์ ขอนแก่น มหาสารคาม 2 สกลนคร สุรินทร์ และ มหาสารคาม 1 (เพื่อผลิตระดับอุตสาหกรรม) นำมาสกัดด้วยวิธีในข้อ 2 ให้ร้อยละของน้ำหนักแห้ง พบว่าสารสกัดหญ้าแฝกหอมให้ปริมาณสารสกัดอยู่ในช่วง 5.42-9.65% หญ้าแฝกหอมจาก จ. มหาสารคามให้ปริมาณสารสกัดมากที่สุด 9.65% และหญ้าแฝกหอมจาก จ. สกลนคร ให้ปริมาณสารสกัดน้อยที่สุด 5.42% แสดงดังรูปที่ 3



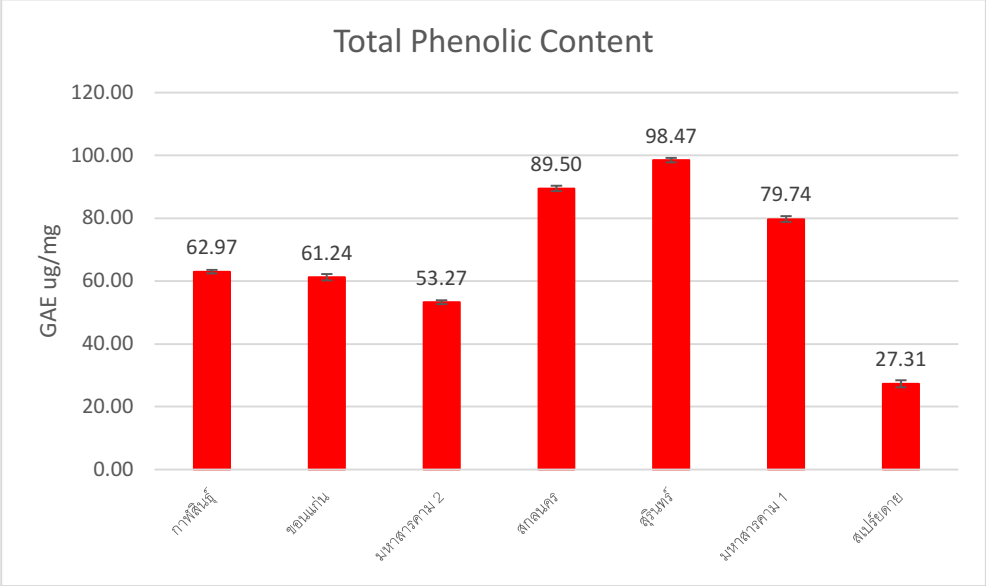
รูปที่ 4 กราฟแสดงร้อยละน้ำหนักแห้งของสารสกัดน้ำหญ้าแฝกหอม 5 จังหวัด

3.1 การวิเคราะห์ปริมาณ Total phenolic contents

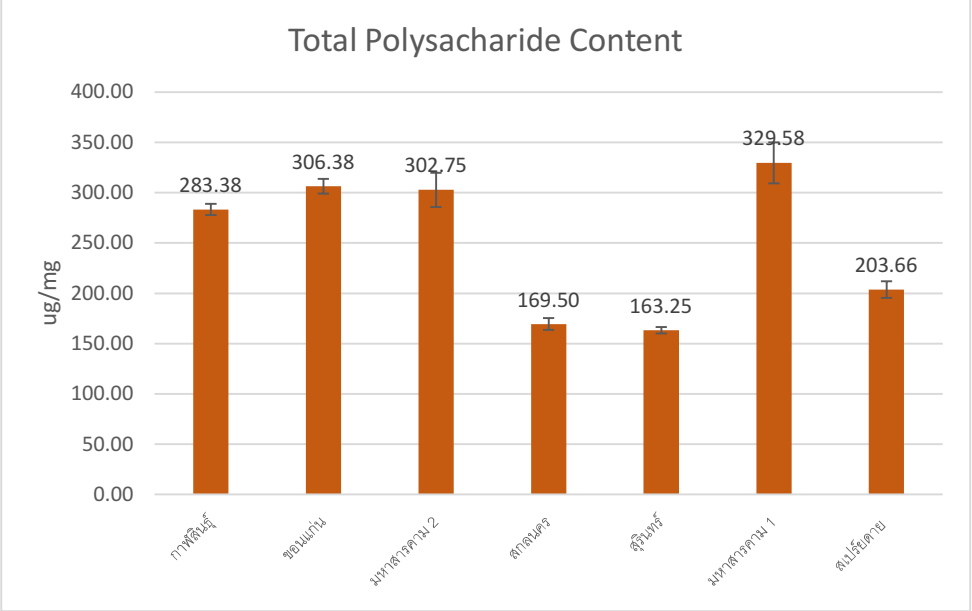
สารสกัดหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สงขลา 3 จาก 5 แหล่งเมื่อนำมาศึกษาหาปริมาณสารกลุ่มฟินอลลิก โดยใช้ Gallic acid เป็นสารมาตรฐาน (GAE) พบว่าสารสกัดหญ้าแฝกหอมให้ปริมาณฟีนอลลิกอยู่ในช่วง 53.27-98.47 ug/mg สารสกัดหญ้าแฝกหอมจาก จ. สุรินทร์ ให้ปริมาณฟีนอลลิกมากที่สุด 98.47 ug/mg และหญ้าแฝกหอมจาก จ.มหาสารคาม 2 ให้ปริมาณสารฟีนอลลิกน้อยที่สุด 53.27 ug/mg สำหรับผลิตภัณฑ์จากการสเปร์ยดายจะมีปริมาณ 27.31 ug/mg แสดงดังรูปที่ 4

3.2 การศึกษาปริมาณ Total polysaccharide contents

สารสกัดหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สงขลา 3 จาก 5 แหล่งเมื่อนำมาศึกษาหาปริมาณสารกลุ่มโพลีแซกคาไรด์พบว่าสารสกัดหญ้าแฝกหอมให้ปริมาณโพลีแซกคาไรด์อยู่ในช่วง 163.25-329.58 ug/mg สารสกัดหญ้าแฝกหอมจ.มหาสารคาม ให้ปริมาณโพลีแซกคาไรด์มากที่สุด 329.58 ug/mg และหญ้าแฝกหอมจ. สุรินทร์ ให้ปริมาณสารโพลีแซกคาไรด์น้อยที่สุด 163.25 ug/mg สำหรับผลิตภัณฑ์หญ้าแฝกจากการสเปร์ยดายจะมีปริมาณโพลีแซกคาไรด์ 203.66 ug/mg แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 กราฟปริมาณสารกลุ่มฟีนอลลิกของสารสกัดหญ้าแฝกหอม 5 จังหวัด และสารสกัดหญ้าแฝกหอมจากการสเปร์ยดาย



รูปที่ 6 กราฟปริมาณสารกลุ่มโพลีแซกคาไรด์ของสารสกัดหญ้าแฝกหอม 5 จังหวัด และสารสกัดจากการสเปร์ยดาย

4. การศึกษาลายพิมพ์ทางเคมีของสารสกัดหญ้าแฝกหอม

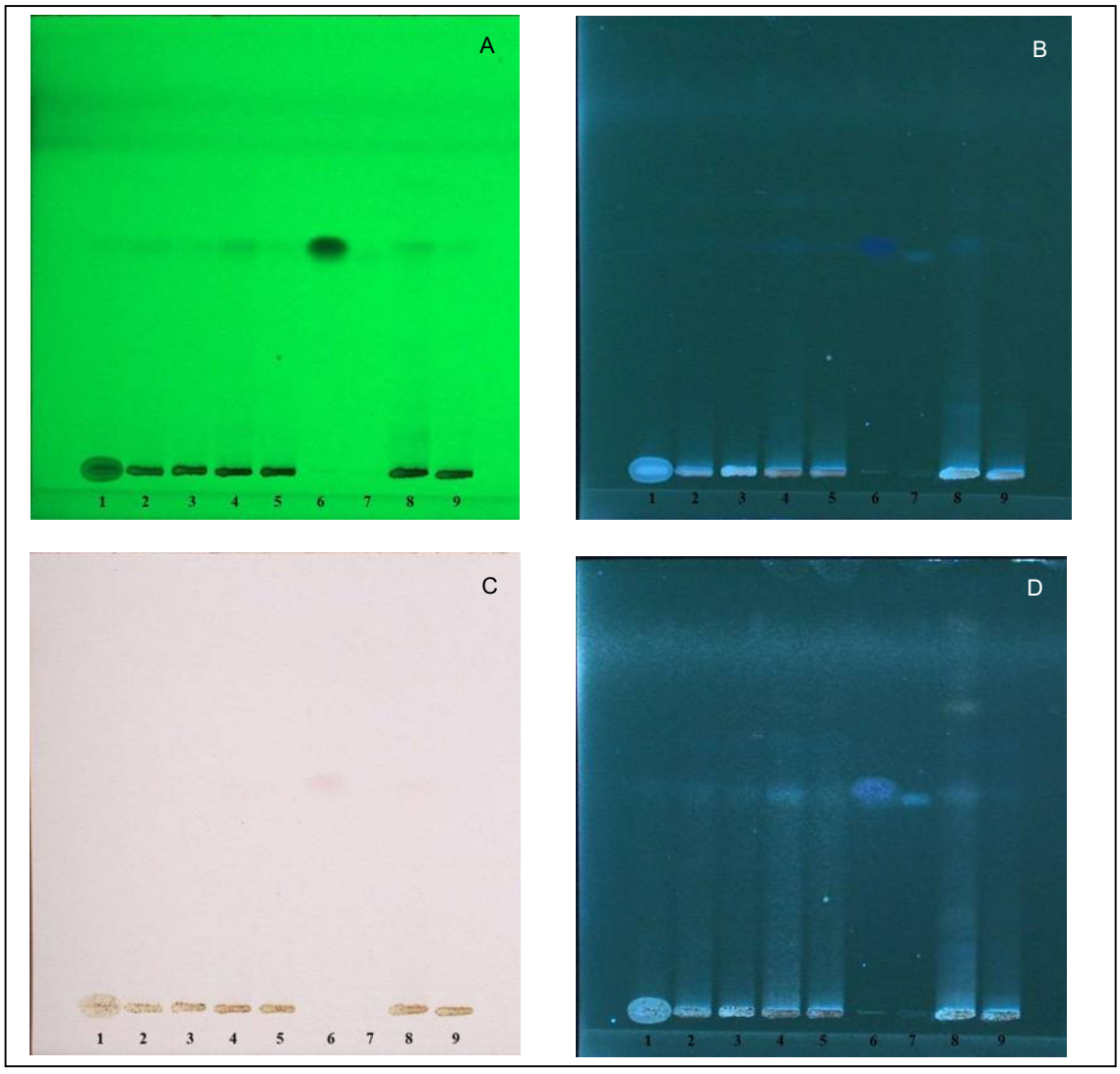
4.1. Thin Layer Chromatography (TLC)

จากการศึกษาลายพิมพ์ทางเคมีด้วยวิธี TLC สารสกัดหญ้าแฝกจาก 5 แหล่ง โดยเปรียบเทียบกับ p-coumaric acid และ ferulic acid โดยใช้ วัฏภาคคงที่เป็น Silica gel GF254 และมี วัฏภาคเคลื่อนที่ 2 ระบบ คือ วัฏภาคเคลื่อนที่ 1 : $CHCl_3$: EtOAc : Acetic acid (50 : 50 : 1) และ วัฏภาคเคลื่อนที่ 2 : Hexane : EtOAc : Formic acid (20 : 19 : 1)

วัฏภาคเคลื่อนที่ 1 $CHCl_3$: EtOAc : Acetic acid (50 : 50 : 1) ลายพิมพ์ทางเคมีของตัวอย่างสารสกัดหญ้าแฝกจาก สารมาตรฐาน p-coumaric acid เมื่อตรวจสอบโดย UV 254 ให้จุดสีดำเข้ม และสีชมพู-ม่วงกับ 20%H_2SO_4 โดยมีค่า Rf = 0.50 ส่วน ferulic acid ตรวจสอบโดย UV 254 ให้จุดสีดำจาง และสีชมพูจางกับ 20%H_2SO_4 โดยมีค่า Rf = 0.47 พบว่าตัวอย่างหญ้าแฝกแต่ละแหล่งพบสารที่มีค่า Rf ตรงกับ p-coumaric acid แต่มีปริมาณที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ตัวอย่างจากการสเปร์ยดายพบจุดเรืองแสงสีเหลืองภายใต้ UV366 หลังตรวจสอบด้วย 20%H_2SO_4 โดยมี Rf value 0.67 (รูปที่ 6)

วัฏภาคเคลื่อนที่ 2 Hexane : EtOAc : Formic acid (20 : 19 : 1) ลายพิมพ์ทางเคมีของตัวอย่างสารสกัดหญ้าแฝกจาก สารมาตรฐาน p-coumaric acid เมื่อตรวจสอบโดย UV 254 ให้จุดสีดำเข้ม และสีชมพู-ม่วงกับ 20%H_2SO_4 โดยมีค่า Rf = 0.61 ส่วน ferulic acid ตรวจสอบโดย UV 254 ให้จุดสีดำจาง และสีชมพูจางกับ 20%H_2SO_4 โดยมีค่า Rf = 0.55 พบว่าตัวอย่างหญ้าแฝกแต่ละแหล่งพบสารที่มีค่า Rf ตรงกับ p-coumaric acid แต่มีปริมาณที่แตกต่างกัน นอกจากนี้พบสารที่ค่า Rf = 0.13 ตรวจสอบได้ภายใต้ UV 254 (รูปที่ 7) ซึ่งสามารถพบได้ทุกตัวอย่างของหญ้าแฝกที่ศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งคาดว่าเป็นสารที่มีปริมาณมากในทุกตัวอย่าง และเป็นสารที่มีขั้วมากกว่า p-coumaric acid และ ferulic acid ซึ่งนอกจาก p-coumaric acid สารตัวนี้น่าจะนำมาเป็น marker ในหญ้าแฝกได้

ผลิตภัณฑ์หญ้าแฝกที่ได้จากการทำแห้งแบบละอองฝอย (สเปร์ยดาย) ก็พบ p-coumaric acid ด้วยเช่นกัน track ที่ 7 ของ TLC ทั้ง 2 วัฏภาค ดังรูปที่ 6-7

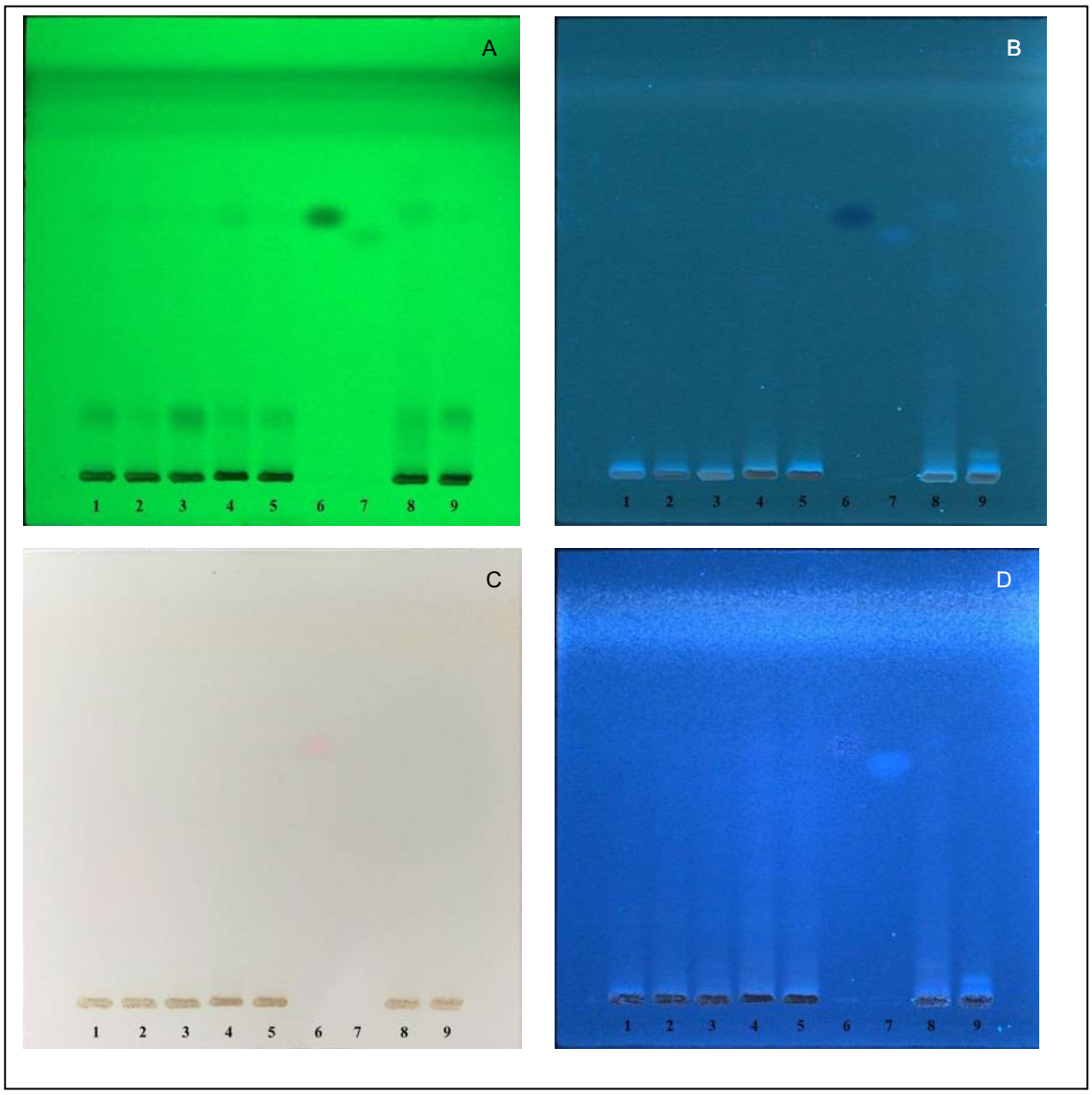


รูปที่ 7 TLC chromatogram ของหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3

วัฏภาคคงที่: silica gel GF_{254} วัฏภาคเคลื่อนที่: $CHCl_3$: EtOAc : Acetic acid (50 : 50 : 1)

ตรวจสอบโดย: A UV254, B UV366, C 20%H_2SO_4 และ D 20%H_2SO_4 under UV 366

1 ขอนแก่น (KK)	2 กาฬสินธ์ (KL)	3 มหาสารคาม (MH)
4 สกลนคร (SK)	5 สุรินทร์ (SR)	6 p-coumaric acid (pC)
7 Ferulic acid (Fa)	8 Spray Dry (SD)	9 สารสกัดหญ้าแฝก (VZ)



รูปที่ 8 TLC chromatogram ของหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3

วัฏภาคคงที่: silica gel GF_{254} วัฏภาคเคลื่อนที่: Hexane : EtOAc : Formic acid (20 : 19 : 1)

ตรวจสอบโดย: A UV254, B UV366, C 20%H_2SO_4 และ D 20%H_2SO_4 under UV 366

1 ขอนแก่น (KK)	2 กาฬสินธ์ (KL)	3 มหาสารคาม (MH)
4 สกลนคร (SK)	5 สุรินทร์ (SR)	6 p-coumaric acid (pC)
7 Ferulic acid (Fa)	8 Spray Dry (SD)	9 สารสกัดหญ้าแฝก (VZ)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

4.2. High Pressure Liquid Chromatography

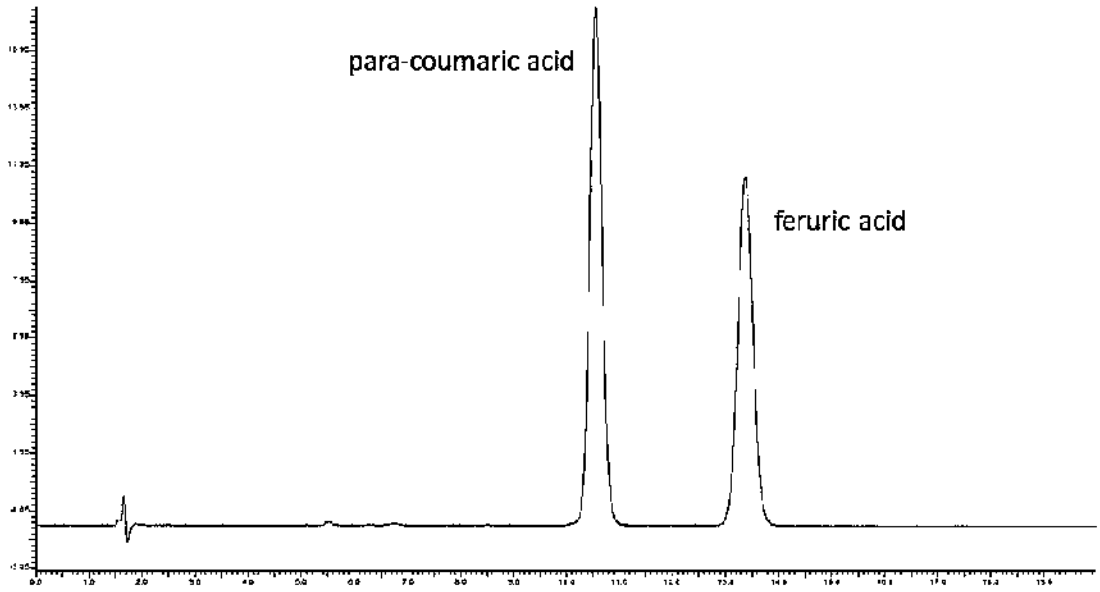
จากงานวิจัยของ Prajna J และคณะ (2013) ซึ่งได้รายงานการพบสาร p-coumaric acid และ ferulic acid[19] จึงนำมาการพัฒนาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ทำให้ได้สภาวะในการวิเคราะห์สารสกัดหญ้าแฝก ดังนี้

Column:ACE C18-PFP (UK) 150 x 4.6 มิลลิเมตร
Detector:Perkin Elmer series 200 UV/VIS detector
ที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร
Pump:Perkin Elmer series 200 pump
Mobile phase: methanol : 0.085% phosphoric acid (35:65)
Flow rate:1 ml/min 20 min
Injection volume: 20 µl

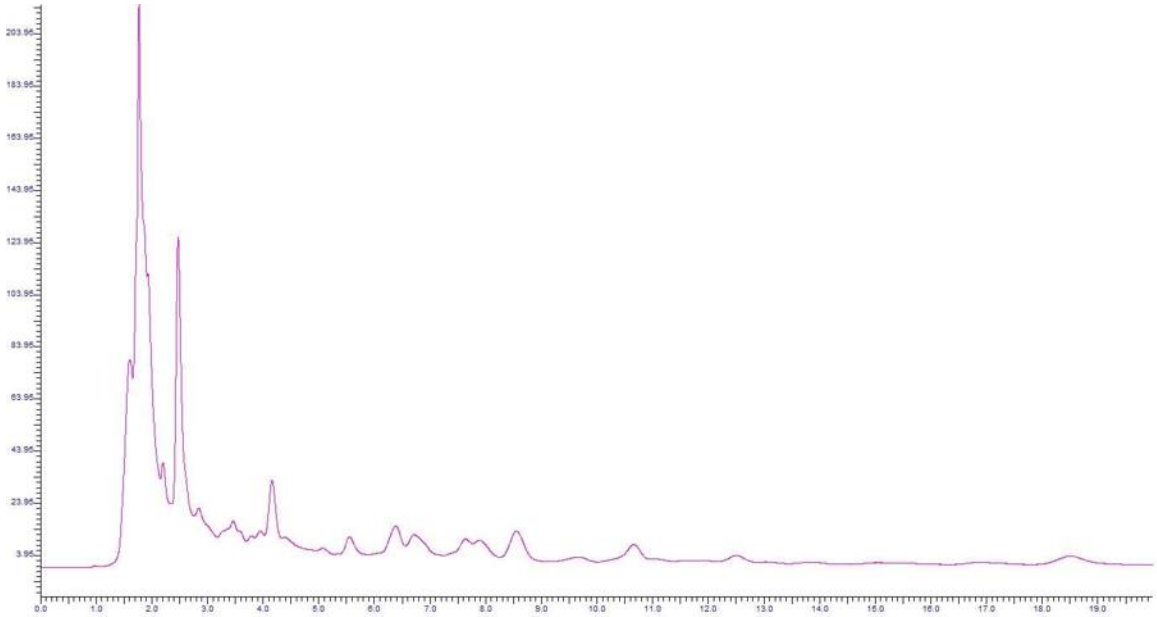
การวิเคราะห์สารมาตรฐาน p-coumaric acid และ ferulic acid ปรากฏ retention time (RT) ที่ 10.5 นาที และ 13.3 นาที ตามลำดับ (รูปที่ 9) เมื่อนำมาวิเคราะห์สารสกัดหญ้าแฝกหอมทั้ง 5 แหล่งมาวิเคราะห์พบพีคที่เวลา 10.5-10.7 นาที ซึ่งใกล้เคียงกับ p-coumaric acid แต่มีปริมาณน้อย จึงเทคนิคการ spike peak พบว่าพีคดังกล่าวเป็นสาร p-coumaric acid ซึ่งจากการวิเคราะห์ด้วย HPLC สามารถพบ p-coumaric acid ทุกตัวอย่างที่ศึกษา ส่วน ferulic acid พบในปริมาณน้อยมากจนถึงไม่พบเลย โดยหญ้าแฝกหอมที่มาจากมหาสารคาม (รูปที่ 13) สกลนคร (รูปที่ 14) และสุรินทร์ (รูปที่ 15) และส่วนหญ้าแฝกหอมจากกาฬสินธุ์ (รูปที่ 11) และขอนแก่น (รูปที่ 12) ไม่พบ ferulic acid เลย เมื่อวิเคราะห์โครมาโตรแกรมของหญ้าแฝกจากจังหวัดต่างๆ ก็พบว่าหญ้าแฝกหอมแต่ละแหล่งมีลายพิมพ์ทางเคมีคล้ายคลึงกัน โดยพบสาร p-coumaric acid ทุกตัวอย่าง สามารถดูได้จากการ spike peak โดยเติม p-coumaric acid พบว่า peak ดังกล่าวมีขนาดสูงขึ้น ดังรูป 11-14 บางจังหวัดพบอาจมีสารแตกต่างไปบ้าง สังเกตุจากโครมาโตรแกรมของหญ้าแฝกด้วยวิธี HPLC ซึ่งบางแหล่งพบพีคที่แตกต่างออกไปซึ่งไม่พบในหญ้าแฝกจากมหาสารคาม (รูปที่ 10) ที่นำมาใช้ตั้งตำรับผลิตภัณฑ์กำจัดไส้เดือนฝอย โดยเฉพาะหญ้าแฝกจากจังหวัดสุรินทร์พบพีคที่แตกต่างไปจากแหล่งอื่นๆ จำนวนมากและชัดเจน เมื่อนำผลโครมาโตแกรมมาเปรียบเทียบระหว่าง หญ้าแฝกหอมจากสุรินทร์ และมหาสารคามจะพบพีคที่แตกต่างจำนวนมาก รูปที่ 16

ส่วนสารสกัดหญ้าแฝกหอมที่นำไปสเปร์ยดาย รูปที่ 17 พบพีคไม่แตกต่างไปจากแหล่งวัตถุดิบ (มหาสารคาม) ซึ่งสังเกตุได้จากการนำโครมาโตรแกรมมาเปรียบเทียบกันระหว่างสารสกัดหญ้าแฝกที่นำไปสเปร์ยดาย เปรียบเทียบกับหญ้าแฝกหอมจากมหาสารคาม รูปที่ 18

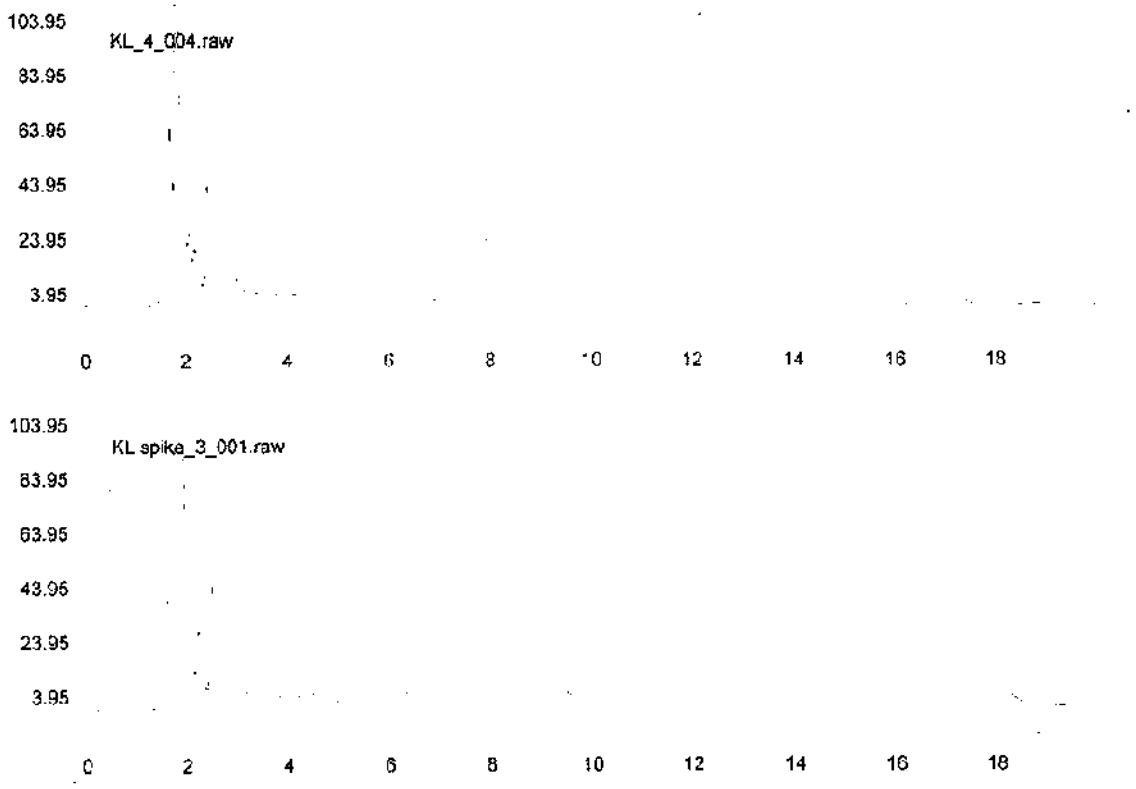
จากรายงานการวิจัยของ Prajna J และคณะ (2013) ทำการศึกษาสารฟินอลลิกในหญ้าแฝกหอม พบสาร ferulic acid ในปริมาณที่มากกว่า p-coumaric acid แต่หญ้าแฝกหอมในประเทศไทยพบ p-coumaric acid ในทุกตัวอย่าง และมากกกว่า ferulic acid
นอกนี้จาก HPLC โครมาโตรแกรมช่วงเวลา 0-4 นาที มีสารที่ไม่สามารถแยกได้อยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งอาจนำมาวิเคราะห์ใหม่สามารถแยกสารต่างๆได้ดีขึ้น จากการศึกษาลายพิมพ์ทางเคมีด้วยวิธี TLC และ HPLC พบความสอดคล้องโดยพบ p-coumaric acid ในทุกตัวอย่างทั้ง 2 วิธี



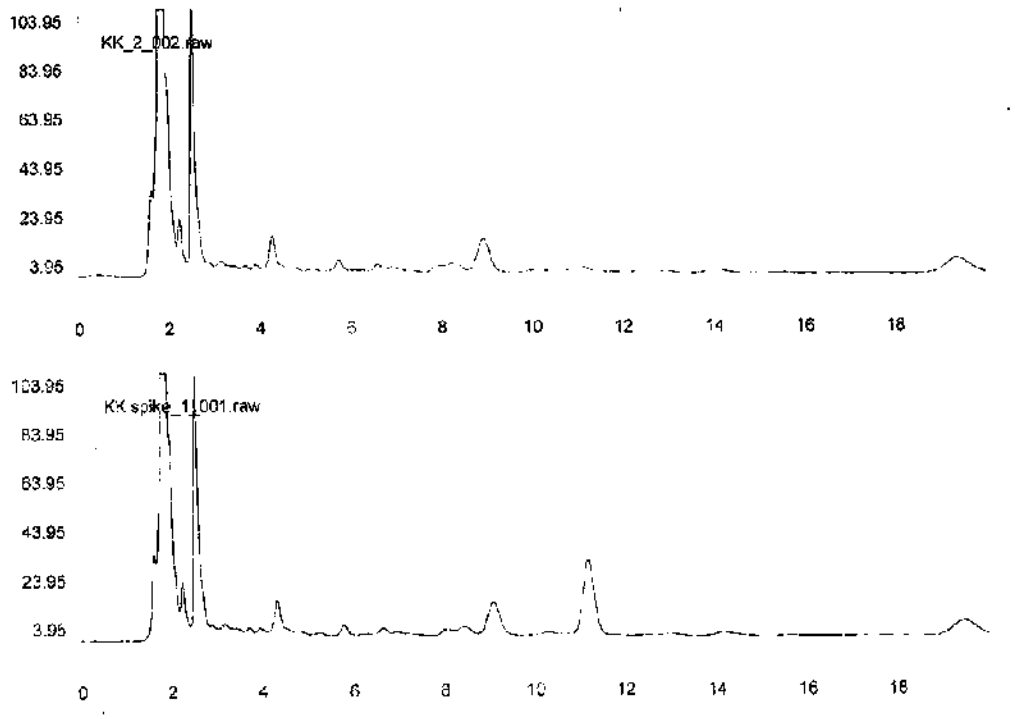
รูปที่ 9 HPLC Chromatogram พบ retention time (RT) ของ p-coumaric acid ที่ 10.5 นาที และ ferulic acid 13.3 นาที



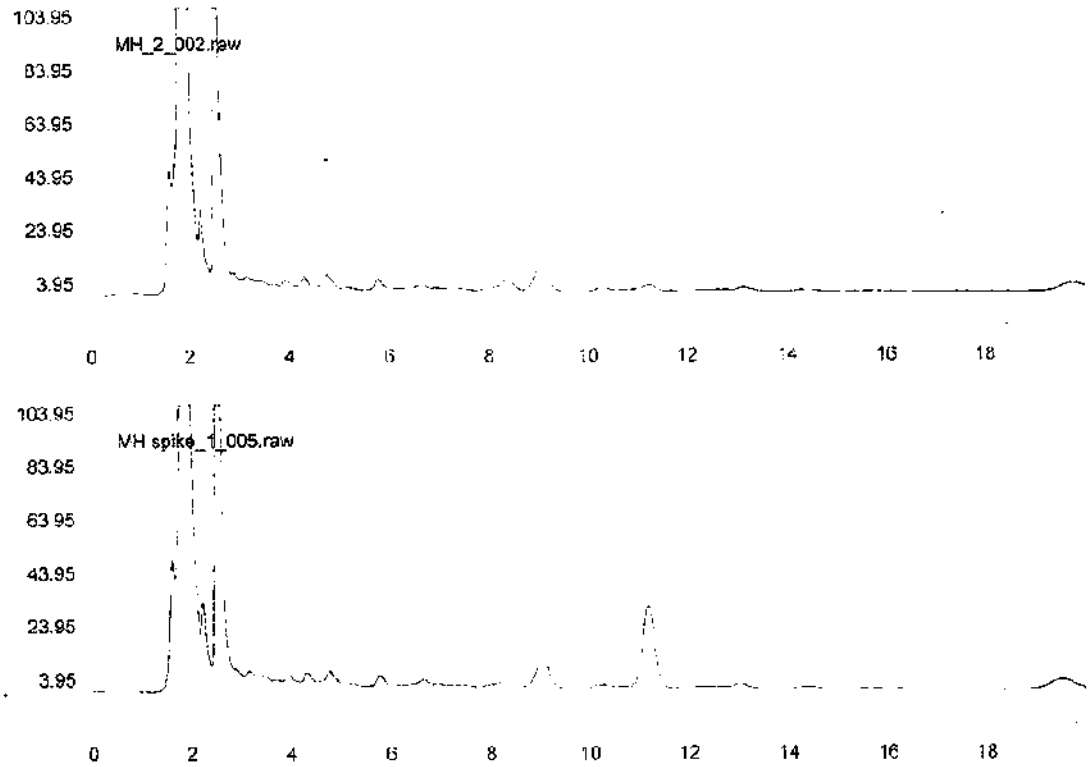
รูปที่ 10 HPLC Chromatogram สารสกัดหญ้าแฝกหอมจากมหาสารคาม



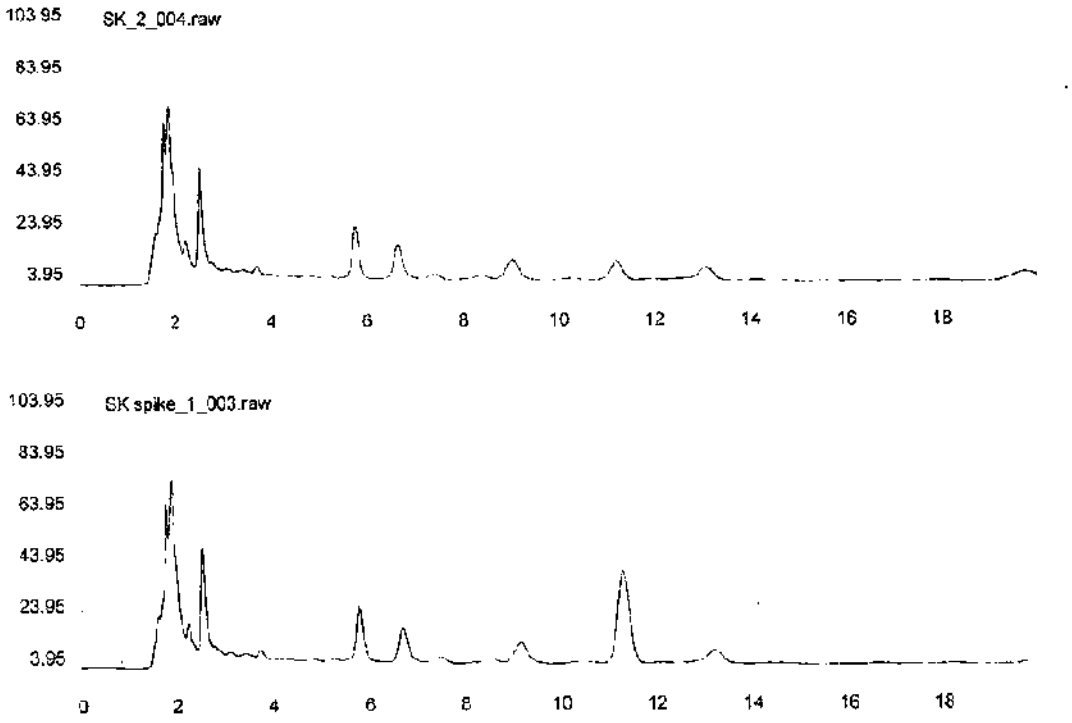
รูปที่ 11 HPLC Chromatogram หญ้าแฝกหอมจากกาฬสินธุ์ (บน) ทำการ spike peak ด้วย p-coumaric acid (ล่าง)



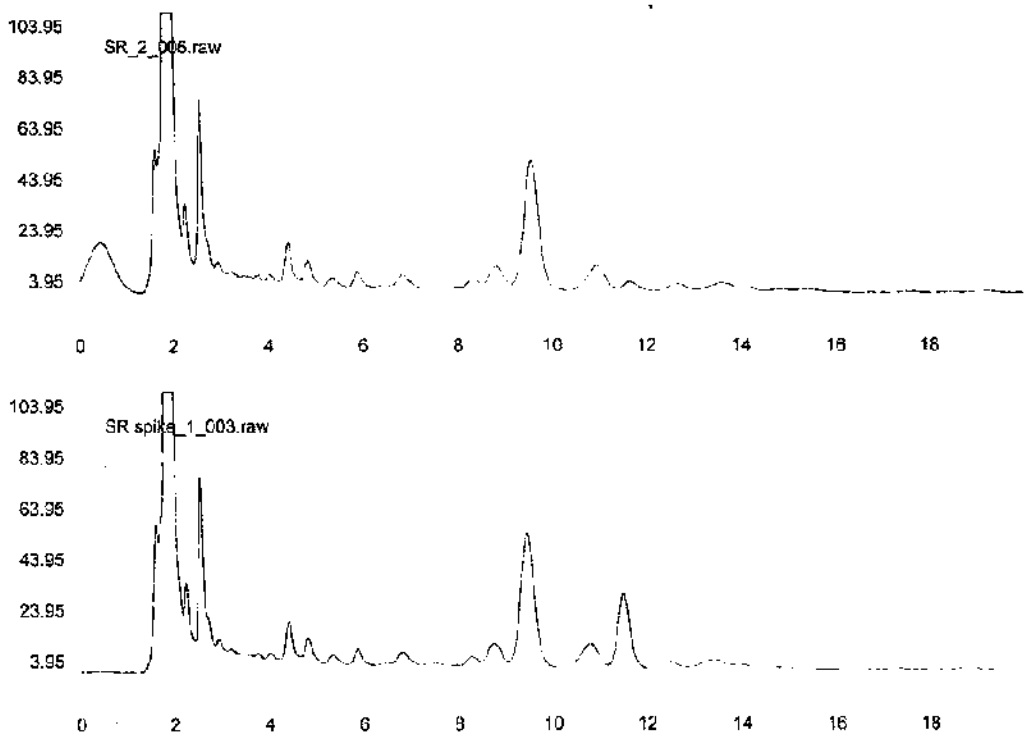
รูปที่ 12 HPLC Chromatogram หญ้าแฝกหอมจากขอนแก่น (บน) ทำการ spike peak ด้วย p-coumaric acid (ล่าง)



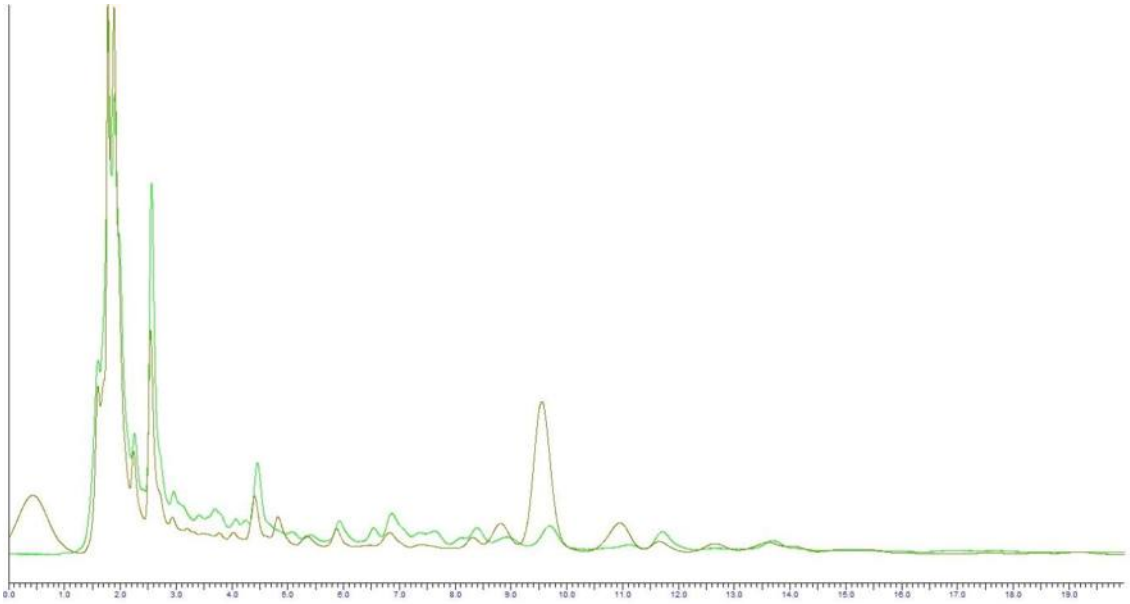
รูปที่ 13 HPLC Chromatogram หญ้าแฝกหอมจากมหาสารคาม(บน) ทำการ spike peak ด้วย p-coumaric acid(ล่าง)



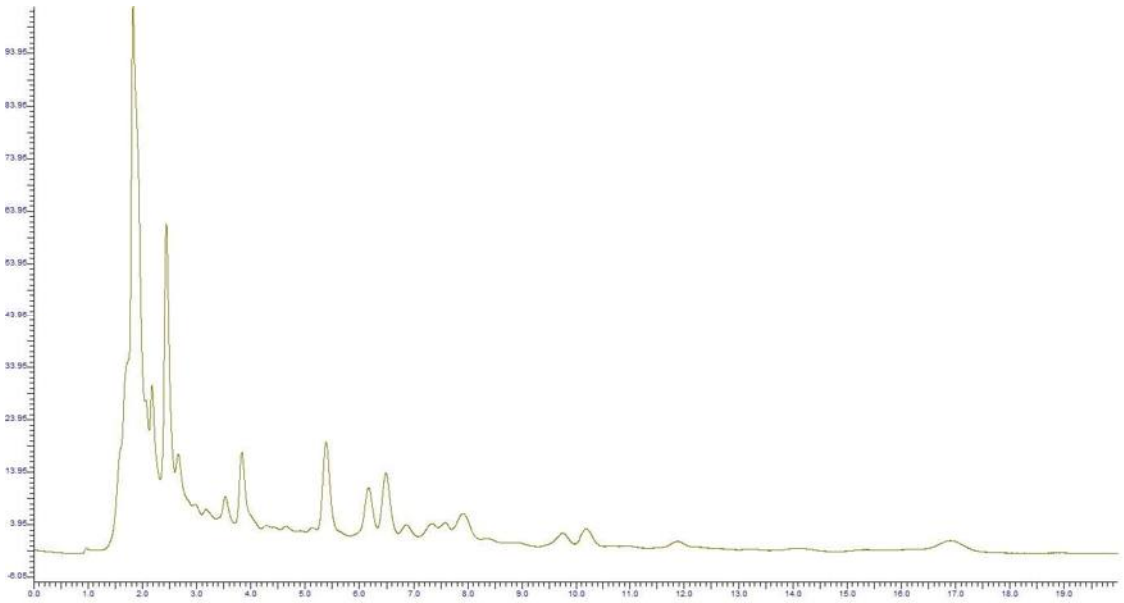
รูปที่ 14 HPLC Chromatogram หญ้าแฝกหอมจากสกลนคร (บน) ทำการ spike peak ด้วย p-coumaric acid (ล่าง)



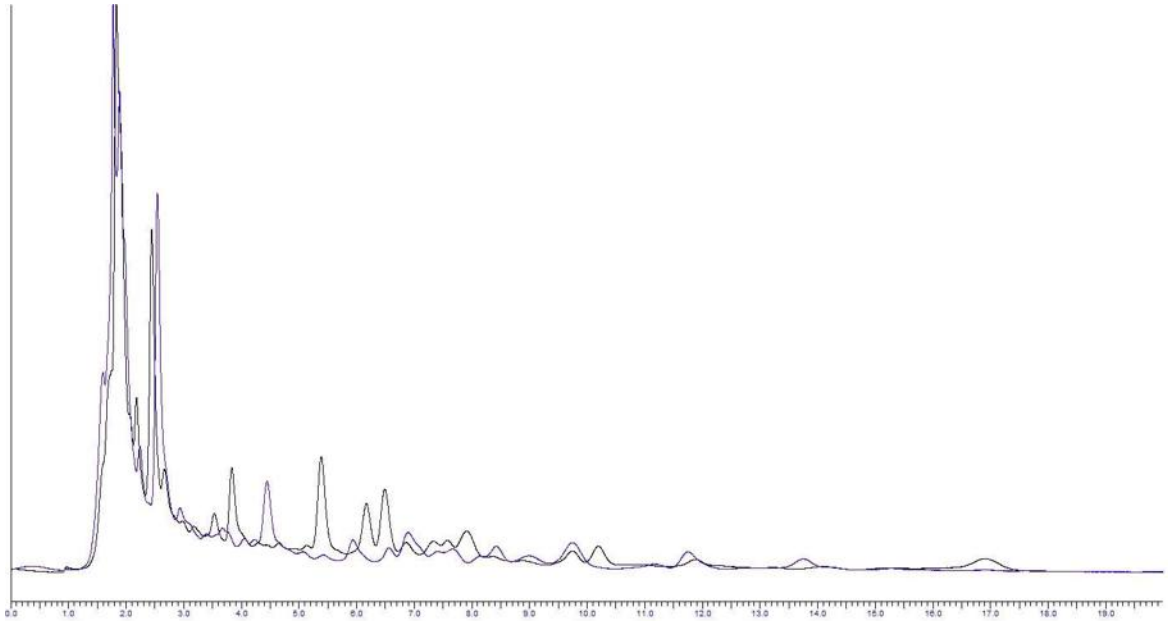
รูปที่ 15 HPLC Chromatogram หญ้าแฝกหอมจากสุรินทร์(บน) ทำการ spike peak ด้วย p-coumaric acid (ล่าง)



รูปที่ 16 Overlay HPLC Chromatogram ของหญ้าแฝกหอมจากสุรินทร์(น้ำตาล) และมหาสารคาม (เขียว)



รูปที่ 17 HPLC Chromatogram สารสกัดหญ้าแฝกจากการสเปร์ยดาย



รูปที่ 18 Overlay HPLC Chromatogram ของสารสกัดหญ้าแฝกจากการสเปร์ยดาย (ดำ) และมหาสารคาม (น้ำเงิน)

จากการศึกษาหาฤทธิ์ยับยั้งไส้เดือนฝอยในสารกลุ่มฟินอลลิกพบว่า ปริมาณสาร p-coumaric acid มีฤทธิ์ฆ่าไส้เดือดฝอย 69.86% ใน 24 ชั่วโมงที่ความเข้มข้น 1 mg/ml จึงทำการศึกษาหาปริมาณ p-coumaric acid ในตัวอย่างหญ้าแฝกหอมทั้ง 5 แหล่ง ด้วยวิธี HPLC ตารางที่ 4 พบว่าทุกตัวอย่างมี p-coumaric acid โดยมีปริมาณ 143.78-252.98 ug/g โดยแหล่งจาก สกลนครมีปริมาณ p-coumaric acid สูงที่สุดคือ 250.02±4.17 ug/g

ส่วนสารสารสกัดหญ้าแฝกหอมผ่านกระบวนการสเปร์ยดายมีปริมาณ p-coumaric acid 1.153 mg/g โดยในบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์หญ้าแฝกหอมที่ผลิตขึ้นมีน้ำหนักหญ้าแฝกหอมผ่านกระบวนการสเปร์ยดาย 50 กรัม ฉะนั้นจะมีปริมาณ p-coumaric acid 76.56 mg/บรรจุภัณฑ์

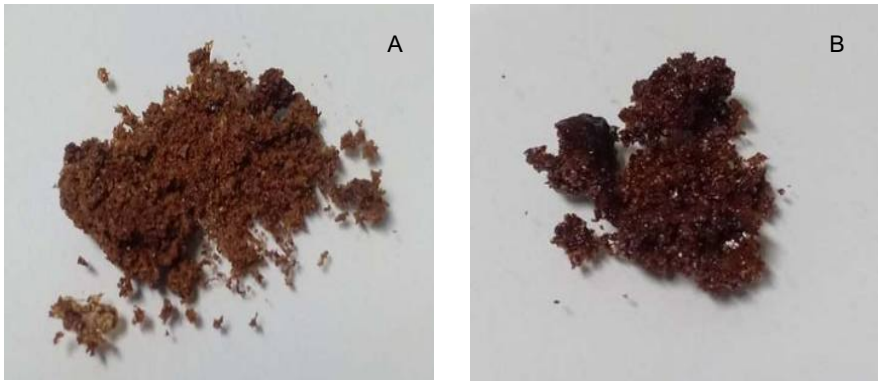
ตารางที่ 4 พื้นที่ใต้กราฟของ p-coumaric acid ที่ความเข้มข้น 120, 240 ug/ml และตัวอย่างหญ้าแฝกหอมทั้ง 5 แหล่ง และผลิตภัณฑ์แบบพ่นแห้งด้วยวิธี HPLC

สาร	**พื้นที่ให้กราฟ (uV sec)**	**ปริมาณ pCMA (ug/ml)**	**ปริมาณ pCMA (ug/g)**	**เฉลี่ย (ug/g)**
p-coumaric acid	1120616	120		
	3405512	240		
ขอนแก่น01	134277.1	14.3789	143.78	
ขอนแก่น02	135719.7	14.5334	145.33	144.55±1.09
กาฬสินธุ์01	162813.6	17.4347	174.34	
กาฬสินธุ์01	161238.4	17.2660	172.66	173.50±1.18
มหาสารคาม01	149438.9	16.0025	160.02	
มหาสารคาม02	151213.2	16.1925	161.92	160.97±1.34
สกลนคร01	350594.4	24.7077	247.07	
สกลนคร02	358974.8	25.2983	252.98	250.02±4.17
สุรินทร์01	173334.6	18.5613	185.61	
สุรินทร์02	176899.1	18.9430	189.43	187.52±2.70
p-coumaric acid	161744.94	20		
Spray dry	49546.15	6.125	1531.25	

5. การพัฒนาผลิตภัณฑ์สารสกัดหญ้าแฝกหอม

1. การทำแห้งแบบฟรีซดาย (Freeze dry)

ลักษณะภายนอกของสารสกัดหญ้าแฝกหอมหลังการทำแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze drying)



รูปที่ 19 ลักษณะภายนอกของสารสกัดหญ้าแฝกหอมหลังการทำแห้งแบบเยือกแข็ง
ที่มีการเก็บขณะที่ใบมีสีน้ำตาล (A) และใบมีสีเขียว (B)

สารสกัดหญ้าแฝกทำแห้งแบบเยือกแข็งพบว่า สารสกัดหญ้าแฝกหอมที่มีการเก็บขณะที่ใบมีสีเขียวมี %yield เทียบจากผงแห้งของหญ้าแฝกหอมมากกว่าใบสีน้ำตาล คือ ร้อยละ 4.82 และร้อยละ 2.88 ตามลำดับ และจากรูปที่ 19 พบว่าลักษณะของสารสกัดหญ้าแฝกหอมหลังการทำแห้งแบบเยือกแข็งจะมีสีน้ำตาล จับกันเป็นก้อน โดยสารสกัดหญ้าแฝกหอมที่มีการเก็บขณะที่ใบมีสีน้ำตาลจะมีลักษณะเป็นผงแห้งมากกว่าใบสีเขียว แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจะพบว่าสารสกัดหญ้าแฝกหอมทั้ง 2 ชนิดจะมีลักษณะค่อนข้างเยิ้มเหลว ซึ่งส่งผลต่อความคงสภาพเกิดความไม่สะดวกเมื่อนำสารสกัดมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ สารสกัดแบบเยือกแข็งจึงต้องเก็บสารสกัดไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2. การตั้งตำรับแบบโฟม-แมท (Foam-Mat drying)

รูปที่ 20 ลักษณะโฟมที่มีการใช้ 1% HPMC เป็นสารก่อโฟม
และใช้ Maltodextrin DE10 (A) และ Maltodextrin DE19 (B) เป็นสารเพิ่มความคงตัวของโฟม

จากรูปที่ 20 เมื่อทำการเตรียมตำรับโฟม-แมทโดยใช้ 1% HPMC เป็นสารก่อโฟม และใช้เวลาในการปั่นผสมเป็นเวลา 10 นาที สามารถก่อเกิดโฟมแต่โฟมมีลักษณะค่อนข้างเหลว เมื่อทำการเพิ่มสารก่อโฟมอีกชนิด Tween 80 พบว่า ตำรับที่มีการใช้ 0.2% Tween 80 และใช้เวลาในการปั่นผสมเพิ่มเป็น 20 นาที โฟมยังมีลักษณะค่อนข้างเหลวเช่นกัน จึงเพิ่มความเข้มข้น 0.5% Tween80 พบว่า สามารถเกิดโฟมได้ แต่ต้องเพิ่มระยะเวลาการปั่นผสมเป็นเวลา 30 นาที แสดงดังรูปที่ 6 และเมื่อทำการเปรียบเทียบตำรับโฟมที่มีการใช้ Maltodextrin DE10 และ Maltodextrin DE19 พบว่า ตำรับที่มีการใช้ Maltodextrin DE10 ลักษณะโฟมจะค่อนข้างเนียนและเนื้อโฟมแน่นกว่าตำรับที่มีการใช้ Maltodextrin DE19 (รูปที่ 21)

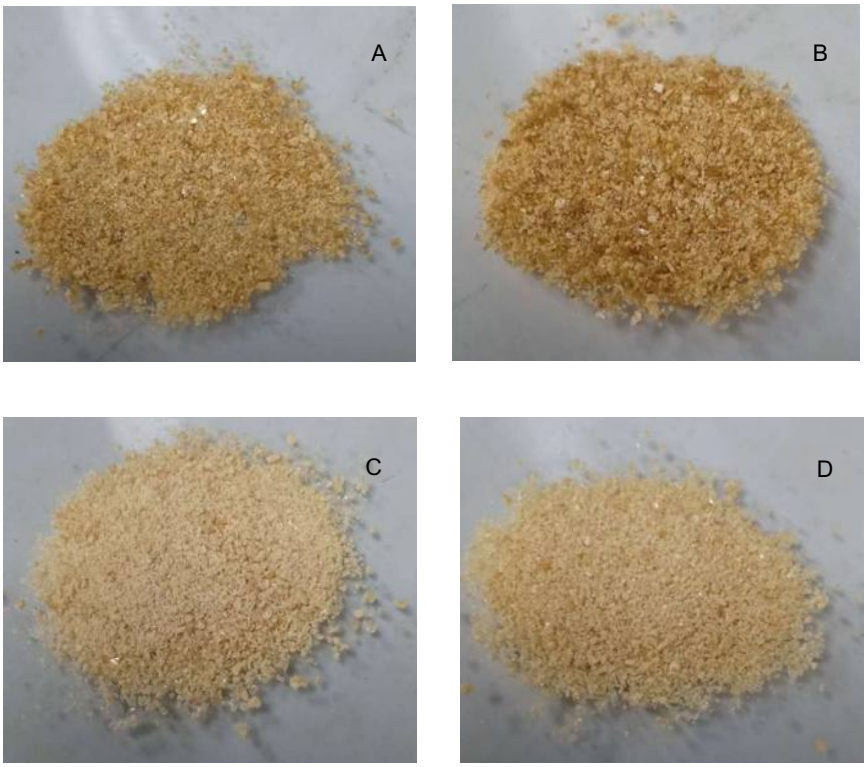
รูปที่ 21 ลักษณะโฟมที่มีการใช้ 1% HPMC และ 0.5% Tween80 เป็นสารก่อโฟม และใช้ Maltodextrin DE10 (A) และ Maltodextrin DE19 (B) เป็นสารเพิ่มความคงตัวของโฟม

เมื่อนำโฟมที่ได้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนดจึงนำโฟมแห้งไปบดลดขนาดผ่านแร่งเบอร์ 18 พบว่าลักษณะภายนอกของผลิตภัณฑ์หลังการทำแห้งแบบโฟม-แมทจากสารสกัดหญ้าแฝกหอมสามารถทำเป็นผลึกแห้ง มีความคงสภาพ ไม่เหลวเยิ้มเมื่อตั้งทิ้งไว้ ดังรูปที่ 22 โดยโฟม-แมทที่ใช้สารสกัดหญ้าแฝกหอมที่มีใบมีสีน้ำตาลจะมีลักษณะเป็นผลึกแห้งสีน้ำตาลเข้ม ส่วนสารสกัดหญ้าแฝกหอมที่ใบมีสีเขียวจะมีลักษณะเป็นผลึกแห้งสีน้ำตาลอ่อน

3. การศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงโฟม-แมทจากสารสกัดหญ้าแฝกหอม

จากตารางที่ 3 ผลการศึกษา Angle of repose, Bulk density, Tapped density, Compressibility index และ Hausner ratio ของสารสกัดหญ้าแฝกหอมหลังการทำแห้งแบบโฟม-แมท แสดงดังตารางที่ 5 เมื่อพิจารณาค่า Compressibility index และ Hausner ratio ของโฟมสารสกัดหญ้าแฝกหอมที่มีการเก็บขณะที่ใบมีสีน้ำตาล ทั้ง 2 ตำรับ พบว่า ผงของสารสกัดหญ้าแฝกหอมมีคุณสมบัติการไหลดี (Good) ส่วนโฟมสารสกัดหญ้าแฝกหอมที่มีการเก็บขณะที่ใบมีสีเขียว ทั้ง 2 ตำรับ พบว่า ผงของสารสกัดหญ้าแฝกหอมมีคุณสมบัติการไหลปานกลาง (Fair)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน



รูปที่ 22 ลักษณะภายนอกของสารสกัดหญ้าแฝกหอมหลังการทำแห้งแบบโฟม-แมท สารสกัดใบมีสีน้ำตาล โดยใช้ Maltodextrin DE10 (A) และ Maltodextrin DE19 (B) และสารสกัดใบมีสีเขียว โดยใช้ Maltodextrin DE10 (C) และ Maltodextrin DE19 (D)

ตารางที่ 5 ผลการศึกษา Angle of repose, Bulk density, Tapped density, Compressibility index และ Hausner ratio ของสารสกัดหญ้าแฝกหอมหลังการทำแห้งแบบโฟม-แมท

	สารสกัดจากหญ้าแฝกหอมที่มีการเก็บขณะที่ใบมีสีน้ำตาล		สารสกัดจากหญ้าแฝกหอมที่มีการเก็บขณะที่ใบมีสีเขียว	
	Maltodextrin DE10	Maltodextrin DE19	Maltodextrin DE10	Maltodextrin DE19
Angle of repose (°)	33.79±0.55	33.41±1.15	33.50±1.56	33.17±1.12
Bulk density (g/ml)	0.60±0.01	0.63±0.02	0.59±0.01	0.57±0.02
Tapped density (g/ml)	0.70±0.01	0.76±0.02	0.72±0.01	0.69±0.02
Compressibility index	13.43±1.02	16.14±2.26	17.75±1.47	17.05±0.89
Hausner ratio	1.16±0.01	1.19±0.03	1.22±0.02	1.21±0.01

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

การเตรียมสารสกัดหญ้าแฝกหอมด้วยวิธีทำแห้งแบบโฟม-แมท โดยใช้ 1% HPMC และ 0.5% Tween80 เป็นสารก่อโฟม และสารเพิ่มคงตัวของโฟม Maltodextrin DE10 และ DE19 สามารถก่อให้เกิดโฟมที่มีคุณสมบัติที่ดี สามารถนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปตอกเป็นรูปแบบเม็ดเพื่อเพิ่มความคงตัวและเพิ่มความสะดวกในการใช้งานต่อไป

2. การศึกษาเปรียบเทียบ ผลิตภัณฑ์ Foam-Mat drying และ spray dry

2.1 การศึกษาความสามารถในการละลาย

จากผลการทดสอบการละลายในน้ำของสารสกัดหญ้าแฝกหอมใบสีน้ำตาลอ่อน สารสกัดหญ้าแฝกหอมใบสีน้ำตาลอ่อนอบแห้งแบบพ่นฝอย(SD) และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการตั้งตำรับโฟมเมทได้ผลดังตาราง พบว่าสารสกัดน้ำหญ้าแฝกหอม (LB) และหญ้าแฝกหอมใบสีน้ำตาลอ่อนอบแห้งแบบพ่นฝอย(SD) ทั้งสองชนิดไม่สามารถละลายได้หมดที่ปริมาณน้ำ 200 ml นั่นคือมีค่าการละลายอยู่ในช่วง < 1g/l โดยสารละลายส่วนบนมีลักษณะใส แต่ยังคงมีตะกอนเล็กน้อย ซึ่งตะกอนที่เกิดขึ้นของสารสกัดหญ้าแฝกหอมใบสีน้ำตาลอ่อนมีลักษณะเป็นเม็ดเล็ก ๆ และมีเส้นใยจากพืชเล็กน้อย ส่วนตะกอนของสูตรตำรับหญ้าแฝกหอมอบแห้งแบบพ่นฝอยมีลักษณะเป็นเยื่อ และเส้นใย ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการกรองในกระบวนการผลิตสูตรตำรับที่ไม่ละเอียด ทำให้อาจมีเนื้อเยื่อของพืชปนมา ทั้งนี้จากผลการทดสอบพบว่าสูตรตำรับหญ้าแฝกหอมอบแห้งแบบโฟม-แมทจากใบหญ้าแฝกทุกสี สามารถละลายได้หมดที่ปริมาณน้ำ 0.5 ml นั่นคือมีค่าการละลายอยู่ในช่วง 1000-200 g/l และได้สารละลายที่มีลักษณะใส ไม่มีตะกอน อาจเนื่องจากปริมาณของสารสกัดในสูตรตำรับหญ้าแฝกหอมอบแห้งแบบโฟม-แมทมีปริมาณน้อย เพียงร้อยละ 2 เท่านั้น จึงสามารถละลายได้หมดส่วน Base ของตำรับพบว่าทั้ง Maltodextrin DE10 และ DE19 สามารถละลายได้หมดที่ปริมาณน้ำ 0.5 ml นั่นคือมีค่าการละลายอยู่ในช่วง 1000-200 g/l โดยสารละลายมีลักษณะใส ไม่มีตะกอน ทั้งนี้เนื่องจาก Base มีส่วนประกอบเป็น Maltodextrin ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิด Polysaccharide ที่สามารถละลายน้ำได้ดี จึงสามารถละลายได้หมด (ตารางที่ 6)

2.2 การศึกษาคุณสมบัติการไหลของผลิตภัณฑ์

ผลการศึกษา Angle of repose, Bulk density, Tapped density, Compressibility index และ Hausner ratio ของสูตรตำรับหญ้าแฝกหอมอบแห้งแบบโฟม-แมท สูตรตำรับหญ้าแฝกหอมอบแห้งแบบพ่นฝอย แสดงดังตารางที่ 7 เมื่อพิจารณาค่า Compressibility index และ Hausner ratio ของสูตรตำรับหญ้าแฝกหอมอบแห้งแบบพ่นฝอย พบว่าผงของหญ้าแฝกหอมมีคุณสมบัติการไหลแย่ (Poor) ส่วนสูตรตำรับหญ้าแฝกหอมอบแห้งแบบโฟม-แมทที่มีการเก็บขณะที่ใบมีสีน้ำตาลอ่อน ตำรับ DE10 พบว่ามีคุณสมบัติการไหลดี (Good) และตำรับ DE19 มีคุณสมบัติการไหลพอใช้ (Passable) สูตรตำรับหญ้าแฝกหอมอบแห้งแบบโฟม-แมทที่มีการเก็บขณะที่ใบมีสีเขียวทั้ง 2 ตำรับ พบว่ามีคุณสมบัติการไหลปานกลาง (Fair) สูตรตำรับหญ้าแฝกหอมอบแห้งแบบโฟม-แมทที่มีการเก็บขณะที่ใบมีสีน้ำตาล ทั้ง 2 ตำรับพบว่ามีคุณสมบัติการไหลดี (Good)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตาราง 6 ความสามารถในการละลายน้ำของสารสกัดหญ้าแฝกหอม สารสกัดหญ้าแฝกหอมแห้งแบบพ่นฝอย(SD) และผลิตภัณฑ์หญ้าแฝกหอมที่ได้จากการตั้งตำรับโฟมแมท

ตัวอย่าง	ความสามารถในการละลาย
สารสกัดหญ้าแฝก (LB)	<1 g/l
สารสกัดspray dry (SD)	<1 g/l
โฟมแมทจากใบน้ำตาลอ่อน-Maltodextrin DE 10 (LB DE10)	200-1000 g/l
โฟมแมทจากใบน้ำตาลอ่อน-Maltodextrin DE 19 (LB DE19)	200-1000 g/l
โฟมแมทจากใบสีเขียว-Maltodextrin DE 10 (G DE10)	200-1000 g/l
โฟมแมทจากใบสีเขียว-Maltodextrin DE 19 (G DE19)	200-1000 g/l
โฟมแมทจากใบสีน้ำตาล- Maltodextrin DE 10 (B DE-10)	200-1000 g/l
Maltodextrin DE 10	200-1000 g/l
Maltodextrin DE 19	200-1000 g/l

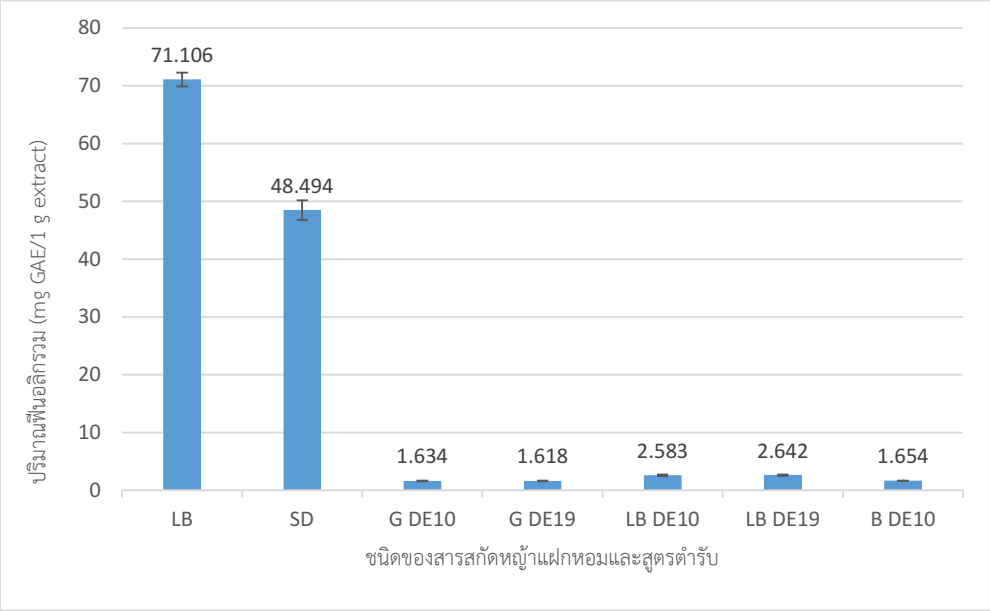
ตารางที่ 7 ผลการศึกษา Angle of repose, Bulk density, Tapped density, Compressibility index และ Hausner ratio ของสารสกัดหญ้าแฝกหอมชนิดต่างๆจากการทำแห้งแบบโฟม-แมท และ spray dry (SD)

	Spray dry	Foam-mat from light brown leave		Foam-mat from green leave		Foam-mat from brown leave
	SD	LB DE10	LB DE19	G DE10	G DE19	B DE 10
Angle of repose (°)	47.88	42.10	44.11	33.50	33.17	33.79
Bulk density (g/ml)	0.44	0.60	0.58	0.59	0.57	0.6
Tapped density (g/ml)	0.61	0.71	0.75	0.72	0.69	0.07
Compressibility index	28.80	15.49	22.67	17.75	17.05	13.43
Hausner ratio	1.40	1.18	1.29	1.22	1.21	1.16

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณ Total Phenolic content ในผลิตภัณฑ์

จากผลการศึกษาปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดหญ้าแฝกหอมใบสีน้ำตาลอ่อน (LB) และสารสกัดหญ้าแฝกหอมอบแห้งแบบโฟม-แมทสูตรต่างๆ (รูปที่ 23) ณ วันที่ 0 พบว่าสารสกัดหญ้าแฝกหอมใบสีน้ำตาลอ่อนมีปริมาณฟีนอลิกรวมเท่ากับ 71.10 ± 1.18 mg/g โดยมีปริมาณมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดหญ้าแฝกหอมใบสีน้ำตาลอ่อนอบแห้งแบบพ่นฝอย(SD) ซึ่งมีปริมาณฟีนอลิกรวมเท่ากับ 48.49 ± 1.69 mg/g ส่วนสารสกัดหญ้าแฝกหอมใบสีน้ำตาลอ่อนอบแห้งแบบโฟม-แมทสูตรต่างๆ พบว่ามีค่าน้อยโดยสารสกัดหญ้าแฝกหอมใบสีเขียวอบแห้งแบบโฟม-แมท DE10 และ DE19 มีปริมาณฟีนอลิกรวมเท่ากับ 1.63 ± 0.04 และ 1.61 ± 0.04 mg/g ของสารสกัดหญ้าแฝกหอมใบสีเขียวอบแห้งแบบโฟม-แมท ตามลำดับ สารสกัดหญ้าแฝกหอมใบสีน้ำตาลอ่อนอบแห้งแบบโฟม-แมท DE10 และ DE19 มีปริมาณฟีนอลิกรวมเท่ากับ 2.58 ± 0.13 และ 2.64 ± 0.11 mg/g ของสารสกัดหญ้าแฝกหอมใบสีน้ำตาลอ่อนอบแห้งแบบโฟม-แมท ตามลำดับ ส่วนสารสกัดหญ้าแฝกหอมใบสีน้ำตาลอบแห้งแบบโฟม-แมท DE10 มีค่าเท่ากับ 1.65 ± 0.02 mg/g ของสารสกัดหญ้าแฝกหอมใบสีน้ำตาลอบแห้งแบบโฟม-แมท



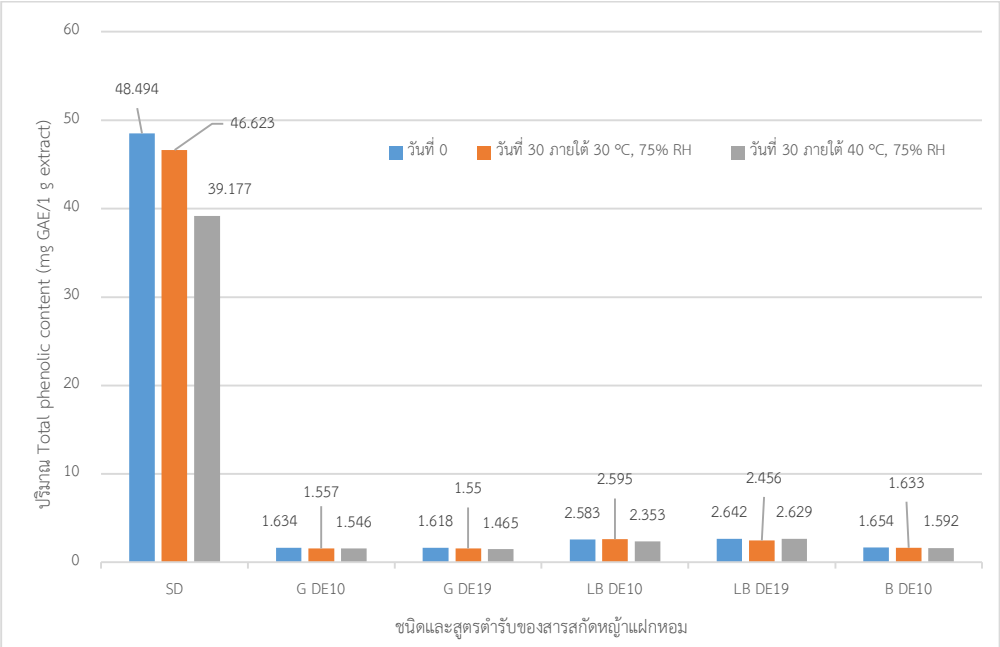
รูปที่ 23 กราฟเปรียบเทียบปริมาณ Total phenolics content ของสารสกัดหญ้าแฝกหอมใบสีน้ำตาลอ่อนและสารสกัดหญ้าแฝกหอมอบแห้งแบบโฟม-แมท ณ วันที่ 0

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

2.4 การศึกษาความคงสภาพในบรรจุภัณฑ์

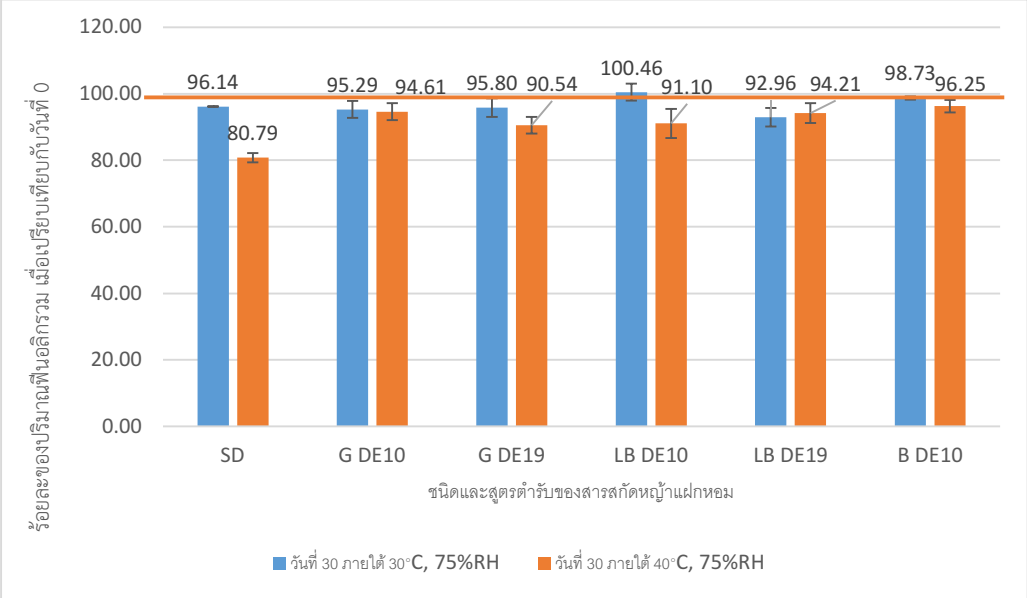
ทำการศึกษาความคงสภาพตัวอย่างในบรรจุภัณฑ์แบบอลูมิเนียม และซองสีชา โดยศึกษาหาปริมาณ(Total phenolic contents) ที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส

2.4.1 ศึกษาความคงสภาพผลิตภัณฑ์ในซองพลาสติกสีชา



รูปที่ 24 กราฟเปรียบเทียบปริมาณ Total phenolic content ของสารสกัดหญ้าแฝกหอมใบสีน้ำตาลอ่อนอบแห้งแบบพ่นฝอยและสารสกัดหญ้าแฝกหอมอบแห้งแบบโฟม-แมท ณ วันที่ 0 และ 30 เมื่อเก็บในซองพลาสติกสีชา ภายใต้สภาวะต่างๆ

สารสกัดหญ้าแฝกหอมใบสีน้ำตาลอ่อนอบแห้งแบบพ่นฝอย (SD) และสารสกัดหญ้าแฝกหอมอบแห้งแบบโฟม-แมทสูตรต่างๆ (รูปที่ 24) ณ วันที่ 30 พบว่าเมื่อเก็บตัวอย่างในซองพลาสติกสีชา ภายใต้อุณหภูมิ 30°C ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75% พบว่า SD มีปริมาณฟีนอลิกรวมใกล้เคียงกับวันที่ 0 โดยมีค่าเท่ากับ 46.62 ± 0.02 mg /g เมื่อเก็บตัวอย่างดังกล่าวภายใต้อุณหภูมิ 40°C ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75% พบว่ามีปริมาณฟีนอลิกรวมลดลงเมื่อเทียบกับวันที่ 0 โดยมีค่าเท่ากับ 39.17 ± 0.83 mg/g ส่วนการเปรียบเทียบปริมาณฟีนอลิกที่สภาวะทั้งสองของสารสกัดหญ้าแฝกหอมอบแห้งแบบโฟม-แมทสูตรต่างๆ ณ วันที่ 30 พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน โดยสารสกัดหญ้าแฝกหอมใบสีเขียวอบแห้งแบบโฟม-แมท DE10 และ DE19 (G) มีปริมาณฟีนอลิกรวมเท่ากับ 1.55 ± 0.05 และ 1.55 ± 0.05 mg/g ตามลำดับ เมื่อเก็บตัวอย่างภายใต้อุณหภูมิ 30°C ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75% และมีค่าเท่ากับ 1.54 ± 0.05 และ 1.46 ± 0.04 mg/g ตามลำดับ เมื่อเก็บตัวอย่างภายใต้อุณหภูมิ 40°C ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75% สารสกัดหญ้าแฝกหอมใบสีน้ำตาลอ่อนอบแห้งแบบโฟม-แมท DE10 และ DE19 (LB) มีปริมาณฟีนอลิกรวมเท่ากับ 2.59 ± 0.08 และ 2.45 ± 0.09 mg/g ตามลำดับ เมื่อเก็บตัวอย่างภายใต้อุณหภูมิ 30°C ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75% และมีค่า 2.35 ± 0.13 และ 2.62 ± 0.09 mg/g ตามลำดับ เมื่อเก็บตัวอย่างภายใต้อุณหภูมิ 40°C ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75% ส่วนสารสกัดหญ้าแฝกหอมใบสีน้ำตาลอบแห้งแบบโฟม-แมท DE10 (B) มีค่าเท่ากับ 1.63 ± 0.01 และ 1.59 ± 0.03 mg/g เมื่อเก็บภายใต้อุณหภูมิ 30°C และ 40°C ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75% ตามลำดับ

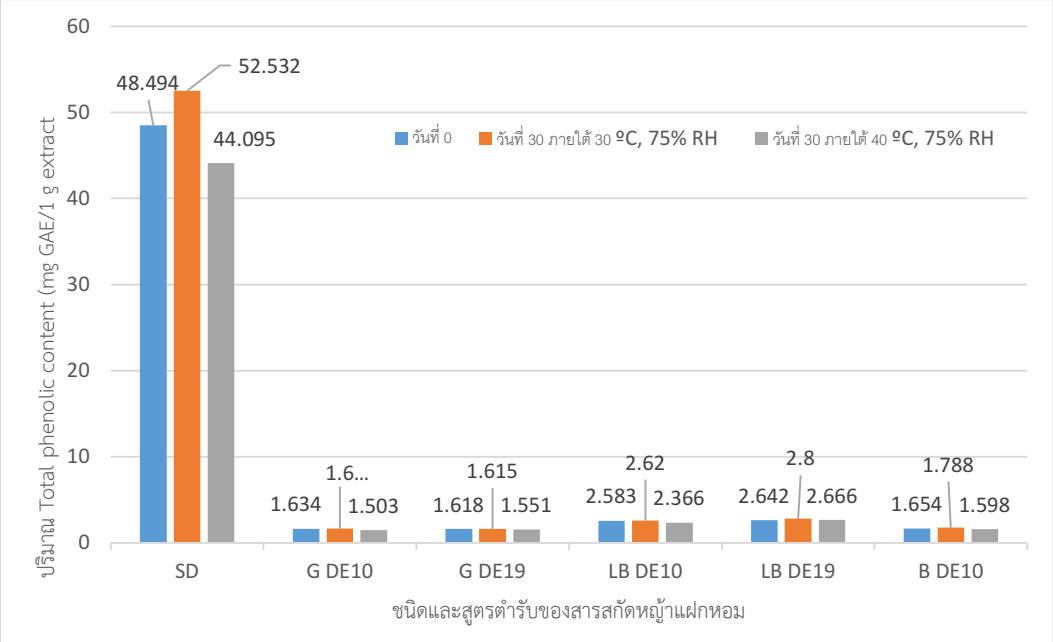


รูปที่ 25 ร้อยละของปริมาณฟีนอลิกรวมที่เปลี่ยนแปลงไปในวันที่ 30 เมื่อเปรียบเทียบกับวันที่ 0 ในตัวอย่างที่เก็บในซองพลาสติกสีชา

จากการเปรียบเทียบร้อยละของปริมาณฟีนอลิกรวมที่เปลี่ยนแปลงไปในวันที่ 0 เมื่อเปรียบเทียบกับวันที่ 30 ในตัวอย่างที่เก็บในซองพลาสติกสีชา (รูปที่ 25) พบว่าสารสกัดหญ้าแฝกหอมใบสีน้ำตาลอ่อนอบแห้งแบบพ่นฝอยมีค่าปริมาณฟีนอลิกรวมลดลงอย่างชัดเจนจากวันที่ 0 โดยพบว่าสารสกัดที่เก็บภายใต้อุณหภูมิ 30°C มีปริมาณที่สูงกว่าการเก็บภายใต้อุณหภูมิ 40°C ซึ่งสอดคล้องกับสูตรตำรับโฟม-แมทที่ได้จากสารสกัดใบสีเขียว ทั้งสูตรตำรับ DE10 และ DE19 ตำรับโฟม-แมทที่ได้จากสารสกัดใบสีน้ำตาลอ่อน DE10 และตำรับที่ได้จากสารสกัดใบสีน้ำตาล DE10 ส่วนตำรับโฟม-แมทที่ได้จากสารสกัดใบสีน้ำตาลอ่อน DE19 พบว่าการเก็บภายใต้อุณหภูมิ 40°C มีค่าสูงกว่า แต่หากพิจารณาจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่าปริมาณฟีนอลิกที่ได้จากทั้งสองสภาวะมีค่าคร่อมกัน จึงอาจสรุปได้ว่าค่าทั้งสองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ โดยความแตกต่างของปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดหญ้าแฝกหอมใบสีน้ำตาลอ่อนอบแห้งแบบพ่นฝอยมีค่ามากที่สุด เมื่อเทียบกับสูตรตำรับสารสกัดหญ้าแฝกหอมแบบโฟม-แมท

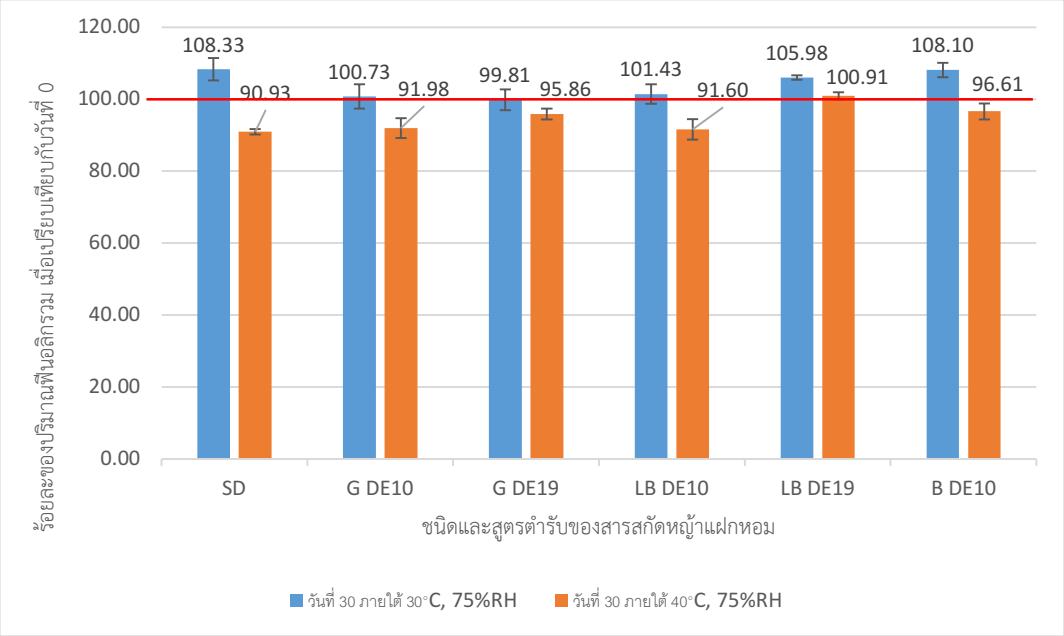
ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

2.4.2 ศึกษาความคงสภาพผลิตภัณฑ์ในซองอลูมิเนียม



รูปที่ 26 กราฟเปรียบเทียบปริมาณ Total phenolics content ของสารสกัดหญ้าแฝกหอมสีน้ำตาลอ่อนและสารสกัดหญ้าแฝกหอมอบแห้งแบบโฟม-แมท ณ วันที่ 0 และวันที่ 30 เมื่อเก็บในภาชนะบรรจุชนิดซองอลูมิเนียม ภายใต้สภาวะ 30°C ที่ 75% RH และ 40 °C ที่ 75% RH

จากผลการคำนวณปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดหญ้าแฝกหอมสีน้ำตาลอ่อนอบแห้งแบบพ่นฝอยและสารสกัดหญ้าแฝกหอมอบแห้งแบบโฟม-แมทสูตรต่างๆ (รูปที่ 26) ณ วันที่ 30 พบว่าเมื่อเก็บตัวอย่างในซองอลูมิเนียม ภายใต้อุณหภูมิ 30°C และ 40 °C ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75% พบว่าสารสกัดหญ้าแฝกหอมสีน้ำตาลอ่อนอบแห้งแบบพ่นฝอยมีปริมาณฟีนอลิกรวมใกล้เคียงกับวันที่ 0 โดยมีค่าเท่ากับ 52.53 ± 1.85 และ 44.09 ± 0.44 mg /g ตามลำดับ ส่วนการเปรียบเทียบปริมาณฟีนอลิกที่สภาวะทั้งสองของสารสกัดหญ้าแฝกหอมอบแห้งแบบโฟม-แมทสูตรต่างๆ ณ วันที่ 30 พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน โดยสารสกัดหญ้าแฝกหอมสีเขียวอบแห้งแบบโฟม-แมท DE10 และ DE19 มีปริมาณฟีนอลิกรวมเท่ากับ 1.64 ± 0.06 และ 1.61 ± 0.05 mg /g ตามลำดับ เมื่อเก็บตัวอย่างภายใต้อุณหภูมิ 30°C ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75% และมีค่าเท่ากับ 1.50 ± 0.05 และ 1.55 ± 0.03 mg /g ตามลำดับ เมื่อเก็บตัวอย่างภายใต้อุณหภูมิ 40°C ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75% สารสกัดหญ้าแฝกหอมสีน้ำตาลอ่อนอบแห้งแบบโฟม-แมท DE10 และ DE19 มีปริมาณฟีนอลิกรวมเท่ากับ 2.62 ± 0.08 และ 2.80 ± 0.02 mg /g ตามลำดับ เมื่อเก็บตัวอย่างภายใต้อุณหภูมิ 30°C ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75% และมีค่า 2.36 ± 0.08 และ 2.66 ± 0.03 mg/g ตามลำดับ เมื่อเก็บตัวอย่างภายใต้อุณหภูมิ 40°C ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75% ส่วนสารสกัดหญ้าแฝกหอมสีน้ำตาลอบแห้งแบบโฟม-แมท DE10 มีค่าเท่ากับ 1.78 ± 0.04 และ 1.59 ± 0.04 mg/g เมื่อเก็บภายใต้อุณหภูมิ 30°C และ 40°C ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 75% ตามลำดับ



รูปที่ 27 ร้อยละของปริมาณฟีนอลิกรวมที่เปลี่ยนแปลงไปในวันที่ 30 เมื่อเปรียบเทียบกับวันที่ 0 ในตัวอย่างที่เก็บในซองอลูมิเนียม

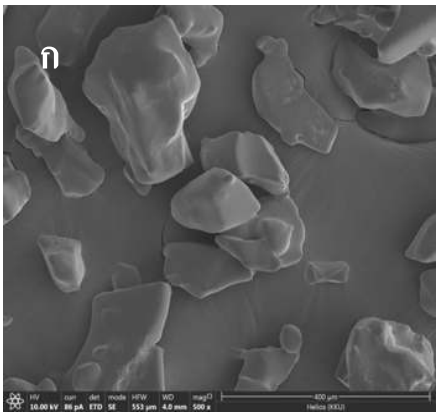
จากการเปรียบเทียบร้อยละของปริมาณฟีนอลิกรวมที่เปลี่ยนแปลงไปในวันที่ 30 เมื่อเปรียบเทียบกับวันที่ 0 ในตัวอย่างที่เก็บในซองอลูมิเนียม (รูปที่ 27) พบว่าสารสกัดหญ้าแฝกหอมใบสีน้ำตาลอ่อนอบแห้งแบบพ่นฝอยมีค่าปริมาณฟีนอลิกรวมลดลงอย่างชัดเจนจากวันที่ 0 โดยพบว่าสารสกัดที่เก็บภายใต้อุณหภูมิ 30°C มีปริมาณที่สูงกว่าการเก็บภายใต้อุณหภูมิ 40°C ซึ่งสอดคล้องกับสูตรตำรับโฟม-แมททุกตำรับ โดยความแตกต่างของปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดหญ้าแฝกหอมใบสีน้ำตาลอ่อนอบแห้งแบบพ่นฝอยมีค่ามากที่สุด เมื่อเทียบกับสูตรตำรับสารสกัดหญ้าแฝกหอมแบบโฟม-แมท

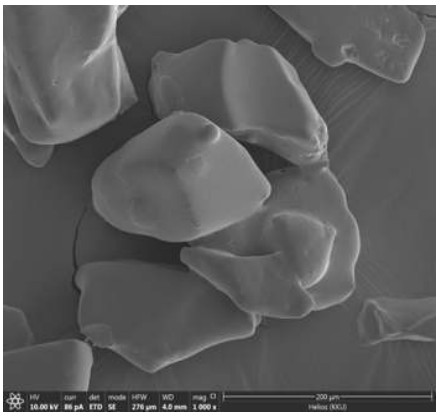
ในกรณีของปริมาณฟีนอลิกรวม ณ วันที่ 30 ในตัวอย่างที่เก็บในซองอลูมิเนียมภายใต้อุณหภูมิ 30°C ที่มีค่าสูงกว่าปริมาณฟีนอลิกรวม ณ วันที่ 0 คาดว่าความคาดเคลื่อนดังกล่าวอาจมาจากการวิเคราะห์ต่างเวลากัน ทำให้สารเคมีที่เตรียมมาใช้วิเคราะห์มีความแตกต่างกัน ทั้งในด้านความเข้มข้นและปริมาณ เนื่องจากเป็นการเตรียมสารเคมีแยกกัน

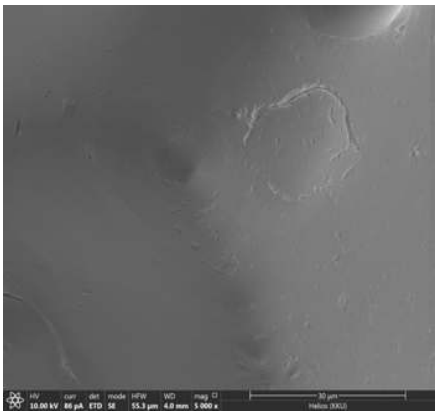
2.5 การศึกษาขนาดและรูปทรงของตำรับ

การศึกษาลักษณะของสารสกัดหญ้าแฝก และสูตรตำรับต่างๆ ทำโดยใช้เครื่อง Scanning electron microscope (SEM) ทำการถ่ายภาพ และบันทึกภาพเปรียบเทียบลักษณะที่ได้ (รูปที่ 28)

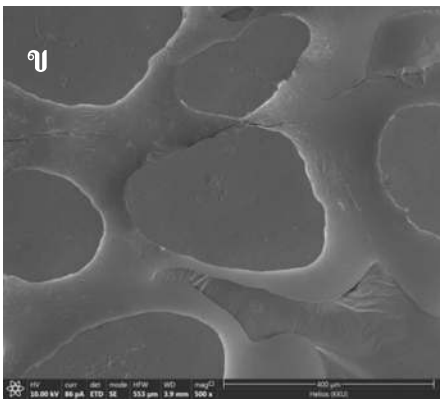
ก

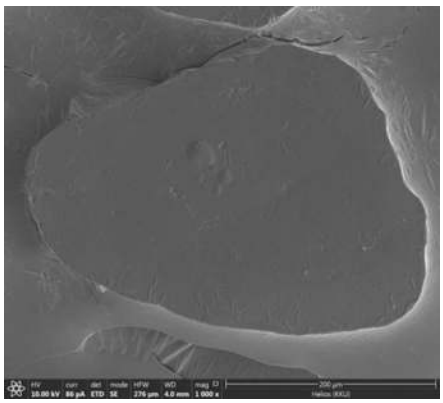


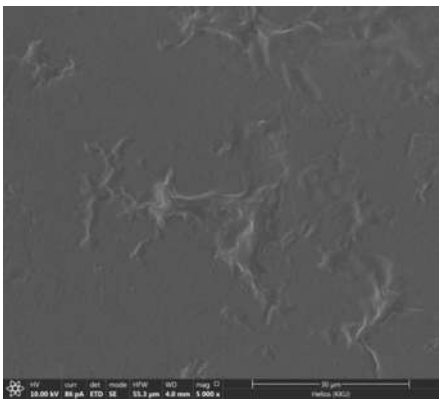




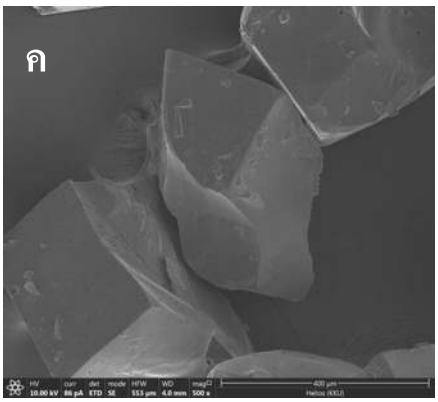
ข

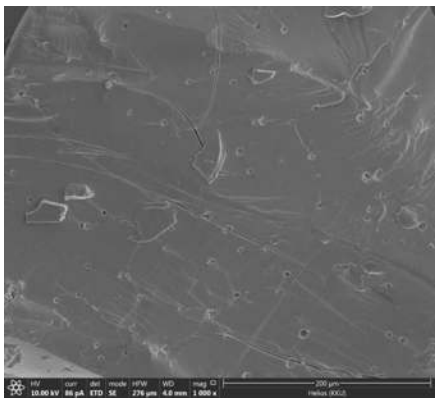


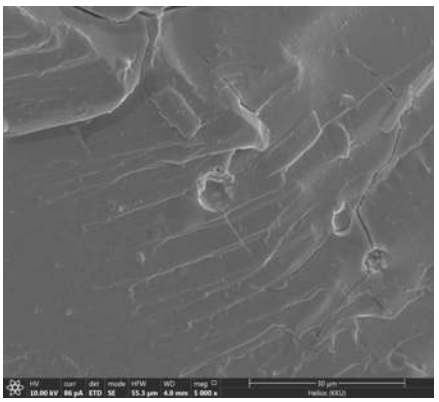




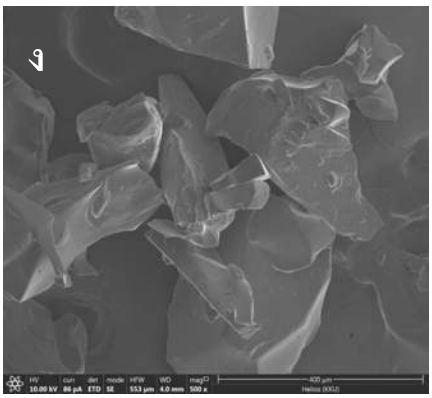
ค

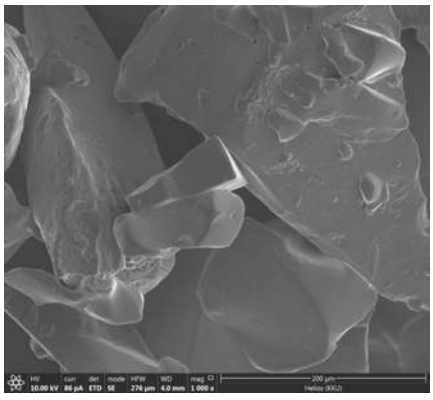


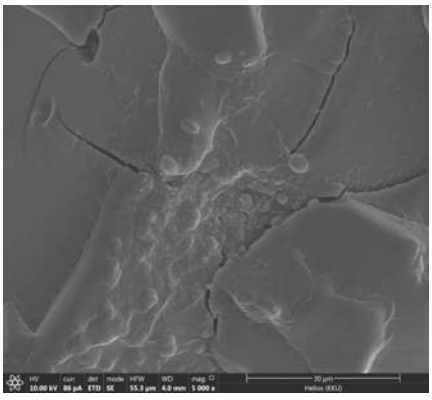




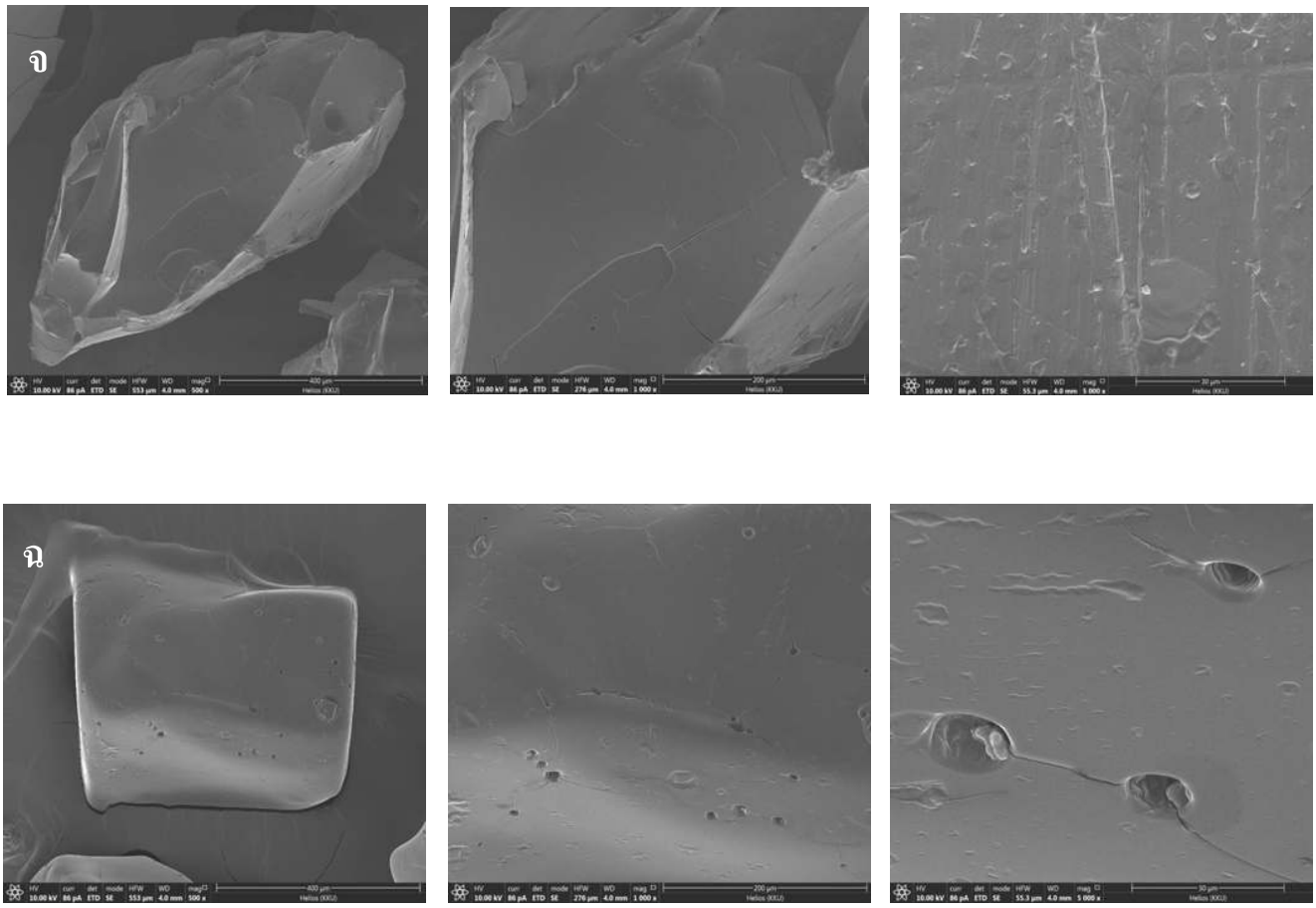
ง







ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

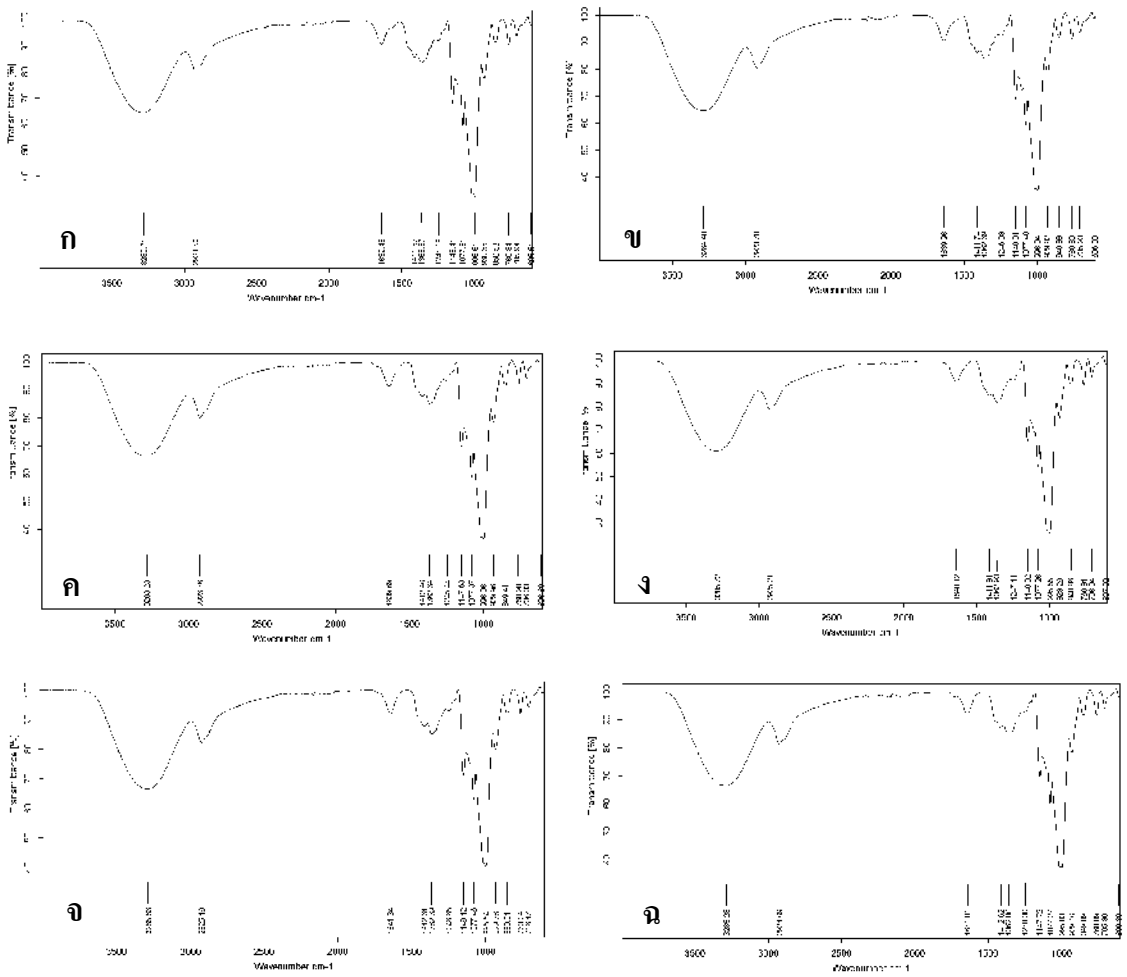


รูปที่ 28 แสดงรูปร่างและลักษณะของตำรับที่เตรียมได้ (ก) โฟมแมทหญ้าแฝกสีเขียว DE10 (G DE10) (ข) โฟมแมทหญ้าแฝกสีเขียว DE19 (G DE19) (ค) โฟมแมทหญ้าแฝกน้ำตาล DE10 (LG DE10) และ (ง) โฟม-แมทหญ้าแฝกน้ำตาล DE19 (LG DE19) เปรียบเทียบกับตำรับพื้นโฟมแมทที่มี maltodextrin DE 10 (จ) และ DE19 (ฉ)

ลักษณะของตำรับโฟมแมทจากหญ้าแฝกสีเขียวที่ได้เป็นเม็ดมีรูปร่างที่ไม่แน่นอน ผิวเรียบ มีลักษณะใกล้เคียงกันกับการใช้ maltodextrin DE 10 และ DE 19 ในการเป็นสารก่อโฟม ขณะที่โฟมแมทจากสารสกัดหญ้าแฝกสีน้ำตาลที่มีรูปร่างไม่แน่นอนเช่นกัน แต่ผิวของตำรับที่ได้จะมีความขรุขระมากกว่า ซึ่งลักษณะขรุขระที่เกิดขึ้นอาจมาจากการที่มีเส้นใยมากกว่าทำให้ผิวที่ได้ไม่เรียบ

2.6 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

จาก IR Chromatogram (รูปที่ 29) ของตำรับที่มีส่วนผสมของสารสกัดหญ้าแฝกหอมเปรียบเทียบกับสารช่วยทางเภสัชกรรม maltodextrin DE 10 และ DE 19 พบว่ามีองค์ประกอบเป็นไฮโดรคาร์บอนของเป็นหลักและมีความคล้ายคลึงกัน ไม่พบว่ามีการเกิดพีคใหม่เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับพื้น ดังนั้นการตั้งตำรับจึงไม่ได้มีผลต่อคุณสมบัติและองค์ประกอบของสารสกัดหญ้าแฝกที่ได้



รูปที่ 29 แสดงพันธะ และองค์ประกอบทางเคมีของตำรับที่เตรียมได้ (ก) โฟมแมทหญ้าแฝกสีเขียว DE10 (G DE10) (ข) โฟมแมทหญ้าแฝกสีเขียว DE19 (G DE19) (ค) โฟมแมทหญ้าแฝกน้ำตาล DE10 (LG DE10) และ (ง) โฟม-แมทหญ้าแฝกน้ำตาล DE19 (LG DE19) เปรียบเทียบกับตำรับพื้นโฟมแมทที่มี maltodextrin DE 10 (จ) และ DE19 (ฉ)

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สรุป
(Conclusion)

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแฝกสายพันธุ์สงขลา 3 อย่างน้อย 5 แหล่ง ปริมาณฟีนอลลิกอยู่ในช่วง 53.27-98.47 ug/mg สารสกัดหญ้าแฝกหอมจาก จ. สุรินทร์ ให้ปริมาณฟีนอลลิกมากที่สุด 98.47 ug/mg การศึกษาหาปริมาณสารกลุ่มโพลีแซกคาไรด์พบว่าสารสกัดหญ้าแฝกหอมให้ปริมาณโพลีแซกคาไรด์อยู่ในช่วง 163.25-329.58 ug/mg สารสกัดหญ้าแฝกหอม จ.มหาสารคาม ให้ปริมาณโพลีแซกคาไรด์มากที่สุด 329.58 ug/mg และหญ้าแฝกหอมจ.สุรินทร์ ให้ปริมาณสารโพลีแซกคาไรด์น้อยที่สุด 163.25 ug/mg และเมื่อศึกษาลายพิมพ์ทางเคมีด้วยวิธี HPLC และ TLC พบว่า p-coumaric acid สามารถพบได้ทุกตัวอย่าง โดย p-coumaric acid มีฤทธิ์ยับยั้งไส้เดือนฝอย 69.98% ภายใน 24 ชั่วโมงที่ความเข้มข้น 1 mg/ml เมื่อทำการศึกษาหาปริมาณ p-coumaric acid ด้วยวิธี HPLC มี p-coumaric acid อยู่ในช่วง 143.78-252.98 ug/g และ สกลนครมีปริมาณ p-coumaric acid สูงที่สุด p-coumaric acid อาจนำมาใช้เป็นสารเพื่อการประกันคุณภาพผลิตภัณฑ์จากหญ้าแฝกได้ โดยผลิตภัณฑ์สารสกัดหญ้าแฝกหอม Spray dry ในบรรจุภัณฑ์ขนาด 50 กรัม จะมีปริมาณ p-coumaric acid 76.56 mg

การพัฒนาตั้งตำรับผลิตภัณฑ์ต้นแบบจากสารสกัดหญ้าแฝกได้ผลิตภัณฑ์ 2 รูปแบบคือ Foam-mat และ Spray dry พบว่าการตั้งตำรับโดยวิธี Foam-mat จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความคงสภาพมากกว่า Spray dry แต่สามารถเติมสารสกัดหญ้าแฝกหอมลงไปในตำรับได้น้อย จึงทำให้ต้องใช้ผลิตภัณฑ์ในปริมาณสูงเมื่อนำมาใช้กำจัดไส้เดือนฝอย ซึ่งเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์หญ้าแฝกหอมจากการ Spray dry จะมีปริมาณฟีนอลลิกสูงกว่ามาก และมีราคาถูกกว่าแต่มีความคงสภาพไม่ดี จึงควรทำการปรับปรุงสูตรตำรับเพื่อเพิ่มความคงสภาพ นอกจากนี้ในการรักษาความคงสภาพของผลิตภัณฑ์ควรเก็บในที่อุณหภูมิต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส ในบรรจุภัณฑ์อลูมิเนียมจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์หญ้าแฝกคงสภาพได้มากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาหาสารออกฤทธิ์ในการกำจัดไส้เดือนฝอย เพื่อนำมาเป็นสารในการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ หรือสารสำคัญจากหญ้าแฝกที่สามารถนำมาเป็น marker เพื่อประกันคุณภาพสมุนไพร
2. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และประสิทธิภาพในการกำจัดไส้เดือนฝอยของหญ้าแฝกหอมจากภูมิภาคอื่นของประเทศไทย เนื่องจากงานวิจัยนี้ศึกษาเพียงหญ้าแฝกหอมจากแหล่งปลูกจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย
3. พัฒนาผลิตภัณฑ์ที่แบบพ่นแห้งให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดไส้เดือนฝอย ที่มีความคงสภาพมากขึ้น เพื่อให้สามารถพัฒนาในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

เอกสารอ้างอิง
(References)

1. โครงการพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชการที่ ๙. โครงการหญ้าแฝก [Internet]. 2010 [cite 2020 Jun 26]. Available from: https://sites.google.com/site/9khorngkarphrarachdari/khorngkar-fay-chalx-na-1
2. Dudai N, Tsion I, Shamir SZ, Nitzan N, Haim A. Agronomic and economic evalution of Vetiver grass (*Vetiver zizanioides* L.) as mean for phytoremediation of diesel polluted soils in Israel. J Enviro Manege. 2018; 211: 247-255
3. Banerjee R, Goswami P, Pathak K, Mukherjee A. Vetiver grass: An environment clean-up tool for heavy metal contaminated iron ore mine-soil. Ecol Engineer. 2016; 90: 25-34
4. Banerjee R, Goswami P, Lavania S, Mukherjee A, Lavania UC. Vetiver grass is a potential candidate for phytoremediation of iron ore mine spoil dumps. 2019; 132: 120-136
5. Khan A, Vijay R, Lenin Singaravelu D, Arpitha GR, Sanjay MR, Siengchin S, Jawaid M, Alamry K, Asiri AM. Extraction and characterization of vetier grass (*Chrysopogon zizannioides*) and kenaf fiber (Hibiscus cannabinus) as reinforcement materials for epoxy based composite structure. J Mater Res Technol. 2020; 9(1): 773-778
6. Chou ST, Lai CP, Lin CC, Shin Y. Study of the chemical composition, antioxidant activity and anti-inflammatory activity of essential oil from *Vetiveria zizanioides*. Food Chem. 2012; 134: 262-268
7. Mao L, Henderson G, Bourgeois WJ, Vaughn JA, Laine RA. Vetiver oil and nootkatone effects on the growth of pea and citrus. Indust Crops and Prod. 2006; 23: 327-332
8. Jiadapunnapat K, Reetz ND, MacDonald MH, Bhagavathy G, Chinnasri B, Soonthornchareonnnon N, SAsnarukkit A, Chauhan KR, Chitwood D, Meyer SLF. Activity of vetiver extracts and essential oils against *Meloidogyne incognita*. J. Nematology. 2018; 50: 1-16
9. Jiadapunnapat K, Meyer SLF, MacDonald MH, Reetz ND, Chitwood D, Masler EP, Soonthornchareonnnon N, Camp MJ, Sasnarukkit A, Chinnasri B. Vegetable plant vigor and suppression of *Meloidogyne incognita*. With vetiver shoot amendments in soil. Nematropica 2019; 49: 208-219
10. ไทยเกษตรศาสตร์. โรคพืชที่เกิดจากไส้เดือนฝอย [Internet]. 2013 [cited 2020 Jun 25] Available from: http://www.thaikasetsart.com/%E0%B9%82%E0%B8%A3%E0%B8%84%E0%B9%84%E0%B8%AA%E0%B9%89%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B8%9D%E0%B8%AD%E0%B8%A2%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%9B%E0%B8%A1/
11. เย็นจิตร เตชะดำรงสิน, ดรุณ เพ็ชรพลาย การศึกษาลักษณะทางเคมีและกายภาพของรากแฝกหอมในท้องตลาด. วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก 2548; 3: 3-19
12. กรมพัฒนาที่ดิน: หญ้าแฝกเฉลิมพระเกียรติ [Internet]. 2020 [cited 2020 Jun 25] Available from: http://www.ldd.go.th/link_vetiver/index.htm

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

13. รุ่งระวี เต็มศิริฤกษกุล, วงศ์สถิตย์ ฉั่วกุล, ภานุพงษ์ พงษ์ชีวิน, เบญญากาญจน์ พงศ์กิจวิฑูร, อำพล บุญเปล่ง, อุบลวรรณ บุญเปล่ง บรรณาธิการ. สมุนไพรและเครื่องยาไทยในยาสามัญประจำบ้าน. กรุงเทพมหานคร: หจก.สามลดา จำกัด; 2557
14. Kalsi PS, Chakravarti KK, Bhattacharyya SC. Terpenoids-XXXV: The structure of isobisabolene, a new sesquiterpene hydrocarbon from vetiver oil. Tetrahedron. 1962; 18: 1165-1169
15. Kalsi PS, Talwar KK. Stereostructure of vetidiol, a new antipodal sesquiterpene diol from vetiver oil; A novel role of biological activity to predict the position and stereochemistry of one of the hydroxyl group. Tetrahedron. 1987; 43: 2985-2988
16. Hanayama N, Kido F, Tanaka R, Uda H, Yoshikoshi A. Sesquiterpenoids of vetiver oil-I: The structures of zizanoic acid and related contituents. Tetrahedron. 1973; 29: 945-954
17. Methacanon P, Chaikumpollert O, Thavorniti P, Suchiva K. Hemicellulosic polymer from Vetiver grass and its physicochemical properties. Carbohydrate Polymers. 2003; 54: 335-342
18. Chaikumpollert O, Methacanon P, Suchiva K. Structure elucidation of hemicellulose from Vetiver grass. Carbohydrate Polymers. 2004; 57: 191-196
19. Prajna J, Richa J, Dipiyoti C. HPLC qualification of phenolic acids from *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash and its antioxidant and Microbial activity. J of Pharmaceutics. 2013: http://dx.doi.org/10.1155/2013/270472
20. Lu YH, Zheng XS, Lu ZX. Applicatio of vetiver grass *Vetiveria zizanioides*: Poaceae (L.) as a trap plant for rice stem borer Chilo suppressalis: Crambidae (Walker) in the paddy fields. J of Integrative Agriculture. 2019; 18(4): 797-804
21. อรทัย บุญทะวงศ์. กรรมวิธีและลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ มะเกี๋ยง (Cleistocalyx nervosum var paniala) ผงชงละลาย ที่ผลิตโดยวิธีเคลือบผิวน้ำ ตาล และวิธีอบแห้งแบบโฟม-แมท. การค้นคว้าแบบอิสระวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชา เทคโนโลยีการอาหารมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2547
22. พันธ์ลพ สินธุยา การแปรรูปลิ้นจี่ผงโดยการอบแห้งแบบอินฟาเรดภายใต้สูญญากาศ เชียงใหม่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2552.
23. ประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง กำหนดรายละเอียด และวิธีการขึ้นทะเบียน การออกใบสำคัญและการต่ออายุใบสำคัญการขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายที่กรมวิชาการเกษตรเป็นผู้รับผิดชอบ พ.ศ. ๒๕๕๒ (2552, 13 พฤศจิกายน) ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 126 ตอนพิเศษ 166 ง เอกสารแนบท้ายหน้า 38-48
24. Henderson G, Laine RA, Heumann DO, Chen F, Zhu BCR, inventor; Board of Supervisor of Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College., assignee. Vetiver oil extracts as termite repellent and toxicant. United State patent US 6890960. 2005 May 10.
25. Henderson G, Heumann DO, Laine RA, Maistrello L, Zhu BCR, Chen F, inventor; Board of Supervisor of Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College., assignee. Extract of vetiver oil as repellent and toxicant to ants, ticks, and cockroaches. United State patent US 6897244. 2005 June 14.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

26. Zhu BCR, Henderson G, Laine RA, inventor; Board of Supervisor of Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College., assignee. Dihydronootkatone and tetrahydronootkatone as repellents to arthropods. United State patent US 6897244. 2005 May 24.

หมายเหตุ : 1. จัดทำเล่มรายงานฉบับสมบูรณ์และบทสรุปผู้บริหาร จำนวน 5 ชุด
พร้อม CD ข้อมูล (ไฟล์ word) จำนวน 1 แผ่น
2. กรอกข้อมูลในระบบให้ครบถ้วน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน