ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

รหัสโครงการ PRP6505030330

เรื่อง

การปลูกรากสามสิบในพื้นที่ดินเค็มเพื่อเข้าสู่การรับรองมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชสมุนไพรและจัดทำเกณฑ์การตรวจรับรองมาตรฐานวัตถุดิบสมุนไพรสำหรับรากสามสิบอบแห้ง

Cultivation of *Asparagus racemosus* Willd. in saline soil to enter the certification process of Good Agricultural Practices (GAP) for herbs and criteria for Certificate of Analysis (CoA) for the dry root

โดย

นางวรนันต์ นาคบรรพต และคณะวิจัย

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ภายใต้แผนงานวิจัย
ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน)
ปีงบประมาณ พ.ศ. 2565

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การปลูกรากสามสิบในพื้นที่ดินเค็มเพื่อเข้าสู่การรับรองมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชสมุนไพรและจัดทำเกณฑ์การตรวจรับรองมาตรฐานวัตถุดิบสมุนไพรสำหรับรากสามสิบอบแห้ง ได้รับการได้รับทุนอุดหนุนการพัฒนาการวิจัยการเกษตรจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร ปีงบประมาณ 2565 การวิจัยส่วนกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวโดยการอบแห้งได้รับความอนุเคราะห์การใช้เครื่องอบแห้งและการให้คำปรึกษาด้านเทคโนโลยีการอบแห้งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ละมุล วิเศษ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม การดำเนินการในแปลงทดลอง บ้านโพนสิม อ.ยางตลาด จ. กาฬสินธุ์ ได้รับความร่วมมืออย่างดียิ่งจากพ่อขุนเพชร ซึ่งเป็นหมอดิน และผู้นำชุมชน ในการดูแลแปลงปลูก และประสานงานกับเกษตรในหมู่บ้านที่สนใจการปลูกรากสามสิบ และได้รับการสนับสนุนข้อมูลเชิงพื้นที่จากสถานีพัฒนาที่ดินกาฬสินธุ์ สถานที่ตั้งโรงเรือนร่วมทั้งน้ำและไฟที่ใช้ในโรงเรือน ได้รับความอนุเคราะห์จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมามา ณ โอกาสนี้ และคณะผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจปลูกรากสามสิบทางการค้า เป็นข้อมูลสำคัญเพื่อส่งเสริมการปลูกรากสามสิบซึ่งเป็นสมุนไพรทนเค็มในพื้นที่ดินเค็ม สมุนไพรรากสามสิบเป็นอยู่ในตำราอยุรเวช มีประวัติใช้มาอย่างยาวนานด้วยคุณประโยชน์หลากหลาย ดังนั้นการผลิตวัตถุดิบรากสามสิบอบแห้งที่มีคุณภาพมีข้อมูลสารสำคัญและเอกสารใบรับรองผลตรวจวิเคราะห์รองรับ จะช่วยส่งเสริมอุตสาหกรรรมสมุนไพรของไทย และสร้างความมั่นใจให้แก่คนไทยในการใช้สมุนไพรไทยบำรุงรักษาสุขภาพ

วรนันต์ นาคบรรพต
หัวหน้าโครงการฯ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

บทคัดย่อ

ต้นรากสามสิบ (*Asparagus racemosus* Willd.) เป็นไม้ล้มลุกอายุหลายปีและจัดเป็นพืชทนเค็ม สามารถเจริญได้ในดินเค็มสูงถึง 10 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร หัวหรือรากสะสมอาหารของต้นรากสามสิบอยู่ในอายุรเวทและมีประวัติการใช้มายาวนานเพื่อการรักษาและบำรุงสุขภาพ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปลูกรากสามสิบในพื้นที่ดินเค็มระดับน้อยถึงปานกลางเพื่อนำเข้าสู่กระบวนการขอรับการรับรองมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชสมุนไพร ติดตามการเจริญเติบโตและปริมาณสารสำคัญเพื่อเป็นแนวทางควบคุมคุณภาพและจัดทำข้อมูลเพื่อกำหนดเกณฑ์การตรวจรับรองมาตรฐานรากสามสิบอบแห้ง และถ่ายทอดความรู้การปลูกรากสามสิบ การตลาด และมาตรฐานสมุนไพร การทดลองใช้ต้นรากสามสิบสายพันธุ์จากบ้านโพนสิม ปลูกใน 4 ระบบ คือ ปลูกกลางแจ้งในพื้นที่ดินเค็มทั้งแบบแปลงยกร่องและในท่อซีเมนต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 เซนติเมตร ปลูกในโรงเรือนดินไม่เติมเกลือและดินเติมเกลือ ผลการศึกษาพบว่าการปลูกรากสามสิบแบบกลางแจ้งให้ปริมาณสารสำคัญกลุ่มซาโปนินสูงกว่าการปลูกในโรงเรือน และการปลูกรากสามสิบในวงท่อซีเมนต์ช่วยลดความเค็มจากเกลือลดการสูญเสียน้ำลงในดินด้านล่าง และเหมาะกับการใช้ระบบแบบน้ำหยด ทั้งนี้ความเค็มของดินช่วยกระตุ้นการสะสมน้ำตาลรีดิวซิงค์และการสร้างสารกลุ่มซาโปนินที่มีความหลากหลายในส่วนไกลโคน แต่ไม่มีผลต่อการกระตุ้นการสร้างสารกลุ่มฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ การปลูกรากสามสิบเพื่อเก็บผลผลิตควรทำเมื่อพืชมีอายุครบรอบการเจริญ 12-14 เดือน ในระยะพักตัวและลงหัว เพื่อให้ได้จำนวนของหัวที่มากและมีปริมาณสารซาโปนินสูง แต่หากต้องการสารกลุ่มฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และสาร Sarsasapogenin สามารถเก็บหัวได้ตั้งแต่อายุ 6 เดือน กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมคือ การคัดเลือกวัตถุดิบที่ไม่มีร่องรอยแมลงทำลาย กำจัดสิ่งแปลกปลอม หิน ดิน ทราย ซากแมลง และแมลงมีชีวิต หรือร่องรอยการเป็นเชื้อราออกให้หมด นำมาล้างทำความสะอาด ตัดแต่ง สไลด์เป็นแว่น ลวกด้วยน้ำ 80°C นาน 5 นาที และผ่านน้ำเย็นทันที เพื่อฆ่าเชื้อและหยุดเอนไซม์ที่จะมีผลลดคุณภาพของวัตถุดิบ และอบแห้งด้วยเตาไมโครเวฟแบบลมร้อนที่ 60°C 1000 วัตต์ ให้มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 10 ผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังกระบวนการเก็บเกี่ยว คือ รากสามสิบแผ่นอบแห้ง ที่อยู่ในเกณฑ์คุณภาพทั้ง สี กลิ่น รส ความสม่ำเสมอ มีปริมาณสารสำคัญซาโปนินไม่ต่ำกว่า 800 มิลลิกรัมสมมูลซาโปนินต่อกรัมน้ำหนักแห้ง สูงกว่าที่พบในตัวอย่างรากสามสิบที่จำหน่ายทางการค้าสองเท่า การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค LC-MS/MS ระบุว่าสารซาโปนินหลักคือ Asparacoside, Shatavarin IX, Asparanin A, Shatavarin V, Aspfiloside B และ Sarsasapogenin 3-[4'-glucosyl-6'-arabinosylglucoside] พบปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด 2-4 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด 1-4 มิลลิกรัมสมมูลอิพิคาเทชินต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ไม่พบมีโลหะหนักเจือปนเกินเกณฑ์มาตรฐาน และไม่มีการปนเปื้อนจุลินทรีย์เกินมาตรฐาน จากคุณสมบัติข้างต้นรากสามสิบสไลด์อบแห้งจัดอยู่ในคุณภาพชั้นพิเศษ การเก็บรักษาในถุงซิปฟลอยด์กันแสงที่อุณหภูมิ 27±2 °C และและความชื้น 62±5% พบว่าที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน ผลิตภัณฑ์ยังคงคุณภาพสีและสารสำคัญ การเก็บรักษานาน 12 เดือน ทำให้สีเข้มขึ้นและปริมาณฟีนอลิกปริมาณฟลาโวนอยด์ลดลง แต่ปริมาณสารซาโปนินในตัวอย่างลดลงเพียงเล็กน้อย สามารถใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับเตรียมเป็นสารสกัดสารซาโปนิน การคำนวณต้นทุนการปลูกรากสามสิบในพื้นที่ดินเค็มและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์พบว่า การปลูกรากสามสิบกลางแจ้งแบบวงท่อซีเมนต์ให้ปริมาณหัวและน้ำหนักหัวต่อต้นสูงกว่าการปลูกแบบแปลงยกร่อง โดยการปลูกรากสามสิบ 1 ปี จะได้น้ำหนักหัวประมาณ 625 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลกำไรต่อปีประมาณ 70,000-80,000 บาทต่อไร่

คำสำคัญ รากสามสิบ ดินเค็ม ซาโปนิน การปลูก กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว LC-MS/MS

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Abstract

Shatavari (*Asparagus racemosus* Willd.) is a perennial herbaceous herb and a salt-tolerant plant. It can grow in saline soils up to 10 dS/m. Storage root of Shatavari is used for stimulating immunity and promoting health. it is commonly used in Ayurveda. This research aims to study (i) growing Shatavari in low to moderate saline soils in order to apply a certification of Good Agricultural Practices for medicinal plants; (ii) monitoring the plant growth and maker compounds as a guideline for quality control and provide information to set criteria for certification of dried Shatavari roots; and (iii) transferring knowledge on planting Shatavari roots, marketing, and herbal standards. Shatavari plants from Phon Sim village were used in this experiment to be planted in four systems. For field experiments, the plants were grown in saline soil both raised beds and cement pipes (60 cm in diameter). Pot experiments were carried out in a greenhouse, and plants were grown in both fertile soil and fertile soil spiked with rock salt. The results indicated that Shatavari roots grown in the field experiment produced higher amounts of saponin compounds than those grown in the greenhouse. In addition, planting in the cement pipes decreased soil salinity and reduced water loss into the soil below, and it was suitable for using a drip irrigation system. The salinity of the soil stimulated the accumulation of reducing sugars and the production of diverse saponins in the glycone, but it had no effect on stimulating the production of phenolics and flavonoids. Shatavari roots should be harvested when the plants completed the life cycle for 12-14 months in the dormancy period to get a large number of tuberous roots with a high saponin content. However, the roots could be harvested after 6 month growth to get more phenolics, flavonoids, and Sarsasapogenin. The appropriate post-harvesting is the sorting of raw materials that do not have traces of insect damage, and getting rid of foreign objects such as rocks, dirt, sand, insect remains, live insects etc., and all traces of mold are removed. The selected roots are washed, cleaned, trimmed, and sliced into 3 mm thicknesses before being blanched in boiled water at 80°C for 5 minutes and immediately submerged in cold water. The blanching process sterilizes the sliced roots and stops enzymes that can reduce the quality of raw materials. The blanched roots are then dried with a hot air microwave oven at 60°C, 1000 watts to lower the humidity by less than 10% (w/w). The dried-sliced Shatavari roots obtained meet the quality criteria of colour, aroma, taste, and consistency. The saponin content is high, not less than 800 mg SE/g dry wt., two times higher than that found in commercial samples of dried Shatavari. The LC-MS/MS technique indicated that the main saponins are Asparacoside, Shatavarin IX, Asparanin A, Shatavarin V, Aspfiloside B and Sarsasapogenin 3-[4'-glucosyl-6'-arabinosylglucoside]. The total phenolic content ranges from 2-4 mg GAE/g dry wt., while the total flavonoid content ranges from 1-4 mg EPE/g dry wt. Heavy metal contaminations did not exceed the standard level, and microbial contaminations also did not exceed the standard. The dried-sliced roots are classified as an extra class due to their properties. The dried roots are stored in an aluminum foil zip lock bag at a temperature of 27±2 °C and humidity of 62 5%. Shelf life for 6 months still maintains the color quality and important substances. Storage for 12 months showed a darker colour and a decrease in phenolic and flavonoid content. Due to the slight change in saponin content, the 12-month samples may be used for preparing saponin extract. Cost-benefit calculations show that planting Shatavari in cement pipes had a higher number and weight of storage roots per plant than planting in raised plots. The tuber weight per rai of Shatavari grown for one year will be approximately 625 kilograms. As a result, an annual profit of around 70,000-80,000 rai could be achieved.

Keywords: Shatavari; Saline soil; planting; post-harvesting; LC-MS/MS

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญเรื่อง

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
สารบัญเรื่อง	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	4
1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย	8
2.1 การเพาะขยายพันธุ์ต้นรากสามสิบจากเมล็ดและเหง้า	9
2.2 โรงเรือนต้นแบบและแปลงปลูก	9
2.3 การติดตามการเจริญของต้นรากสามสิบ	10
2.4 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี	10
2.5 การวิเคราะห์การปนเปื้อนจุลินทรีย์เบื้องต้น	14
2.6 การอบแห้งรากสามสิบในกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว	14
2.7 การประเมินผลการปลูกในทางเศรษฐศาสตร์	15
2.8 การถ่ายทอดความรู้การปลูกรากสามสิบ	15
บทที่ 3 ผลการวิจัย	16
3.1 การเพาะขยายพันธุ์ต้นรากสามสิบจากเมล็ดและเหง้า	16
3.2 การปลูกต้นรากสามสิบ	18
3.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพดินและน้ำที่ใช้ในการปลูกรากสามสิบ	21
3.4 การเจริญของต้นรากสามสิบ และคุณลักษณะทางเคมี	25
3.5 การตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารสำคัญโดยใช้เทคนิค HPLC-Q-TOF-MS/MS	28
3.6 การจัดทำข้อมูลเพื่อกำหนดเกณฑ์การตรวจรับรองมาตรฐานวัตถุดิบสมุนไพรรากสามสิบ	40
3.7 กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวสมุนไพรรากสามสิบ	45
3.8 ถ่ายทอดความรู้การปลูกรากสามสิบ การตลาด และมาตรฐานสมุนไพร	52
3.9 การประเมินผลการปลูกในทางเศรษฐศาสตร์	58
บทที่ 4 อภิปราย สรุปและข้อเสนอแนะ	60
เอกสารอ้างอิง	64
ภาคผนวก	68

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	การจำแนกระดับความเค็มที่มีผลกระทบต่อพืช	2
1.2	ทรัพย์สินทางปัญญาที่เกี่ยวกับงานวิจัยที่จะนำไปสู่การใช้ประโยชน์รากสามสิบ	7
3.1	ผลการวิเคราะห์สมบัติของดินเก็บตัวอย่างในเดือนพฤศจิกายน 2565 ก่อนการเติมปุ๋ยเพิ่มเติม	22
3.2	ผลการวิเคราะห์สมบัติของดินเก็บตัวอย่างในเดือนกรกฎาคม 2566 หลังการเติมปุ๋ยเพิ่มเติม	24
3.3	ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินในโรงเรือนเก็บตัวอย่างในเดือนกรกฎาคม 2566 ที่ไม่เติมเกลือ	25
3.4	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ใช้ในการปลูกรากสามสิบน้ำบ่อที่ใช้ในแปลงและน้ำประปาที่ใช้ในโรงเรือน	25
3.5	การเจริญของต้นรากสามสิบเก็บครั้งที่ 1 เดือนพฤศจิกายน 2565 ต้นที่ปลูกในแปลงและในท่อซีเมนต์ อายุ 8 เดือน และต้นที่ปลูกในโรงเรือนมีอายุ 6 เดือน และการเจริญของต้นรากสามสิบหลังใส่ปุ๋ยเพิ่มเติม เก็บผลครั้งที่ 2 เดือนกรกฎาคม 2566 ต้นที่ปลูกในแปลงและในท่อซีเมนต์อายุ 14 เดือน และต้นที่ปลูกในโรงเรือนมีอายุ 12 เดือน ปริมาณน้ำตาล โพลีฟีนอล ฟีนอลิก ซาโปนิน และ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด	27
3.6	แสดงสารซาโปนินหลักที่พบในตัวอย่างหัวรากสามสิบเชิงปริมาณเมื่อเทียบพื้นที่ใต้พีคกับสารมาตรฐาน Shatavarin IV	38
3.7	ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ของตัวอย่างรากสามสิบที่จำหน่ายในท้องตลาดในรูปผงแห้งหรือรากอบแห้ง และตัวอย่างรากสามสิบจากบ้านโพนสิม	42
3.8	เปรียบเทียบจำนวนจุลินทรีย์แอโรบิคทั้งหมด (TAMC) และจำนวนยีสต์และราทั้งหมด (TYMC) ที่พบในตัวอย่าง AR-12 ที่นับได้ด้วยวิธีดรอปเพลท (drop plate) และการเกลี่ยเชื้อ (spread plate)	43
3.9	แสดงจำนวนจุลินทรีย์แอโรบิคทั้งหมด (TAMC) และจำนวนยีสต์และราทั้งหมด (TYMC) ที่พบในตัวอย่างรากสามสิบทางการค้า 11 ตัวอย่าง ศึกษาด้วยวิธีดรอปเพลท และผลตรวจสอบการพบเชื้อ *Clostridium* spp. ในตัวอย่าง	44
3.10	คุณลักษณะของตัวอย่างรากสามสิบสไลด์ที่ไม่ลวกและผ่านการลวก อบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน 60°C (TD 60C) เครื่องอบลมร้อนแบบไมโครเวฟที่ 60°C 1000 วัตต์ (MW1000 + 60C) และเครื่องอบลมร้อนแบบไมโครเวฟที่ 60°C 1500 วัตต์ (MW1500 + 60C)	46
3.11	ค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ของการทรีตเม้นต์ (ลวกและไม่ลวก) การอบแห้งรากสามสิบ และอายุการเก็บรักษา (shelf life) ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงค่า TPC, TFC, TSC, น้ำตาลทั้งหมด และ น้ำตาลรีดิวซ์	47
3.12	ข้อบกพร่องที่ยอมรับได้ตามระดับชั้นคุณภาพ	49
3.13	ปริมาณสูงสุดของโลหะหนักที่ยอมรับได้ของมาตรฐานสินค้าเกษตร พืชสมุนไพรแห้ง หัว เหง้า และราก	49
3.14	ปริมาณสูงสุดของจุลินทรีย์ที่ยอมรับได้ของมาตรฐานสินค้าเกษตร พืชสมุนไพรแห้ง หัว เหง้า และราก	50
3.15	ผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์รากสามสิบสไลด์อบแห้ง	51
3.16	ข้อความที่ระบุในเอกสารกำกับสินค้า ฉลาก ตามมาตรฐานสินค้าเกษตร พืชสมุนไพรแห้ง หัว เหง้า และราก	51
3.17	ต้นทุนการปลูกรากสามสิบในพื้นที่ดินเค็ม และผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ต่อ 1 งาน (100 ต้น)	58

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	ต้นรากสามสิบที่เจริญในพื้นที่ดินเค็มบ้านโพนสิม (ก) การเจริญในบริเวณใกล้ครบเกลือ โดย (ข) ภาพดอกของรากสามสิบ (สีขาว) ที่ต้นเจริญเลื้อยพันอยู่กับต้นหนามพุงดอ และ (ค) รากของต้นรากสามสิบที่พบในพื้นที่ดินเค็ม	3
2.1	แผนการปลูกรากสามสิบและการติดตามการเจริญเติมโตและปริมาณสารสำคัญ การเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์สมบัติดิน	8
2.2	แผนการรวมรวมผลิตภัณฑ์รากสามสิบอบแห้งและการเตรียมผลิตภัณฑ์รากสามสิบอบแห้งมาวิเคราะห์เพื่อจัดทำข้อมูลเพื่อกำหนดเกณฑ์มาตรฐานการตรวจรับรองวัตถุดิบ	9
3.1	ลักษณะทางพฤษศาสตร์ของต้นรากสามสิบ (*Asparagus racemosus* Willd.) (ก) ต้น ราก เหง้า (ข) ก้าน กิ่ง ใบ ดอก ผลอ่อนสีเขียว และผลสุกสีแดง (ค) ภาพขยายของดอก และผ่าด้านในของผลอ่อนและผลสุก	17
3.2	แสดงการเพาะเมล็ดรากสามสิบเป็นต้นอ่อน (ก) การเจริญเป็นต้นอ่อน (ข) ต้นอ่อนอายุ 1 เดือน และ ภาพขยายวงสีแดง (ค) ส่วนของต้นอ่อน ราก รากสะสมอาหาร และเหง้า ที่เริ่มพัฒนาขึ้นแต่ยังคงติดกับส่วนของเมล็ด (สีดำ)	17
3.3	แสดงสภาพของแปลงแบบยกร่อง (ก) การไถ่และยกร่องในเดือนเมษายน 2565 (ข) การปลูกแบบคลุมแปลง ทำค้างไม้เลื้อย และระบบน้ำหยดในแปลง และเสริมปุ๋ยคอกในเดือนพฤศจิกายน 2565 (ค) การเจริญของต้นรากสามสิบในสภาวะคลุมแปลง และ (ง) สภาพคราบเกลือรอบต้นรากสามสิบที่ไม่ได้คลุมแปลง	18
3.4	แสดงการปลูกรากสามสิบในวงทอซีเมนต์ (ก) การปรับพื้น การวางท่อ และการเริ่มปลูกรากสามสิบ (ข) สภาพพื้นที่ในช่วงเริ่มเข้าฤดูฝนเดือนพฤษภาคม 2565 (ค) สภาพของแปลงท่อปลูกในเดือนสิงหาคม 2565 มีการทำค้างและระบบน้ำหยด และ (ฉ) ดอกและเมล็ดของต้นรากสามสิบที่เจริญในวงท่อ	19
3.5	แสดง (ก) ดินเหนียวผสมดินทรายที่นำมาผสม ดินปลูกยี่ห้อสวนพนาพันธุ์และขี้วัวตรานายพล (ข) การผสมดินและการร่อนดิน (ค) ตัวอย่างภาพถ่ายของต้นพันธุ์ที่เลือกมาปลูกในโรงเรือน (ง) การเจริญแตกกิ่งใหม่ของต้นรากสามสิบหลังปลูก 1 เดือน และ (จ) ภาพถ่ายของดอกต้นรากสามสิบในโรงเรือนที่ไม่ได้รับการผสมเกสร	20
3.6	แสดงการปลูกต้นรากสามสิบในโรงเรือน (ก) การปลูกพืชในวันเริ่มต้น 1 กรกฎาคม 2565 (ข) เงาไม้ในช่วงก่อนตัดต้นไม้ (ค) การเปิดไฟในโรงเรือนในเวลา 5:00-21:00 น.เพื่อชดเชยแสงในวันฝนตกหนักเริ่ม 1 สิงหาคม 2565 และ (ค) สภาพโรงเรือนหลังจากตัดต้นไม้	21
3.7	TLC โครมาโทแกรมของสารสกัด (ก) หัวของต้นรากสามสิบปลูกในแปลงยกร่องอายุ 8 เดือน (ข) หัวของต้นรากสามสิบปลูกในท่อซีเมนต์อายุ 8 เดือน (ค) หัวของต้นรากสามสิบปลูกในโรงเรือนดินไม่เค็มอายุ 6 เดือน และ (ง) หัวของต้นรากสามสิบปลูกในโรงเรือนดินเค็มอายุ 6 เดือน	28
3.8	แสดง (ก) EIC สเปคตรัมของ Asparacoside ที่เวลา 4.9 นาที และ (ข) MS/MS fragmentation patterns	29
3.9	แสดง (ก) EIC สเปคตรัมของ Shatavarin IX ที่เวลา 5.9 นาที และ (ข) MS/MS fragmentation patterns	29
3.10	แสดง (ก) EIC สเปคตรัมของ Asparanin A ที่เวลา 7.1 นาที และ (ข) MS/MS fragmentation patterns	30
3.11	แสดง (ก) EIC สเปคตรัมของ Shatavarin V ที่เวลา 7.3 นาที และ (ข) MS/MS fragmentation patterns	30
3.12	แสดง (ก) EIC สเปคตรัมของ Sarsapogenin 3-[4"-glucosyl-6"-arabinosylglucoside] ที่เวลา 6.2 นาที (ข) และ (ค) MS/MS fragmentation patterns	31
3.13	แสดง (ก) EIC สเปคตรัมของ Aspafilioside B ที่เวลา 7.6 นาที (ข) และ (ค) MS/MS fragmentation Patterns	32
3.14	แสดง (ก)-(ค) MS/MS fragmentation patterns และ (ง) โครงสร้างของสาร acetyl glucosidic ของ shatavarin V	33
3.15	TIC โครมาโทแกรมของสารสกัด (ก) หัวของต้นรากสามสิบปลูกในแปลงยกร่องอายุ 14 เดือน (ข) หัวของต้นรากสามสิบปลูกในท่อซีเมนต์อายุ 14 เดือน (ค) หัวของต้นรากสามสิบปลูกในโรงเรือนดินไม่เค็มอายุ 12 เดือน และ (ง) หัวของต้นรากสามสิบปลูกในโรงเรือนดินเค็มอายุ 12 เดือน	34

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3.16	TIC โครมาโทแกรมของสารสกัดจากรากสามสิบที่ปลูกในแปลงยกร่องอายุ 14 เดือน และพื้นที่ใต้พีคของสารซาโปนินหลักที่พบในตัวอย่างสารสกัด	35
3.17	TIC โครมาโทแกรมของสารสกัดจากรากสามสิบที่ปลูกในท่อซีเมนต์อายุ 14 เดือน และพื้นที่ใต้พีคของสารซาโปนินหลักที่พบในตัวอย่างสารสกัด	35
3.18	TIC โครมาโทแกรมของสารสกัดจากรากสามสิบที่ปลูกในโรงเรือนดินที่ไม่เติมเกลืออายุ 12 เดือน และพื้นที่ใต้พีคของสารซาโปนินหลักที่พบในตัวอย่างสารสกัด	36
3.19	TIC โครมาโทแกรมของสารสกัดจากรากสามสิบที่ปลูกในโรงเรือนดินที่เติมเกลืออายุ 12 เดือน และพื้นที่ใต้พีคของสารซาโปนินหลักที่พบในตัวอย่างสารสกัด	36
3.20	แสดงพื้นที่ใต้พีคของสารมาตรฐาน Shatavarin IV ที่เวลา 6.3 นาที ความเข้มข้น 0.1, 1.0 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ก)-(ค) และ (ง) กราฟมาตรฐาน Shatavarin IV	37
3.21	แสดงโครงสร้างของสารซาโปนินที่พบในตัวอย่างสารสกัดรากสามสิบที่ได้จากแปลงปลูกแบบยกร่องท่อซีเมนต์ และปลูกในโรงเรือนทั้งดินไม่เติมเกลือและเติมเกลือ	38
3.22	วิธีการสังเคราะห์สารซาโปนินของรากสามสิบ (Asparagus racemosus) (ก) การสังเคราะห์ Shatavarin I, II, III, IV และ Triterpene saponin (Srivastava et al., 2018) และ (ข) Sarsasapogenin (Mustafa et al., 2022)	39
3.23	แสดงลักษณะของตัวอย่างสมุนไพรรากสามสิบที่จำหน่ายทางการค้าและรหัสตัวอย่าง	41
3.24	สีของสารสกัดสมุนไพรรากสามสิบที่จำหน่ายทางการค้าและรหัสตัวอย่าง	41
3.25	TLC โครมาโทแกรมของสารสกัด (ก) ตัวอย่างการค้า AR-12 และ (ข) รากสามสิบจากโพนสิมที่อบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน 60oC ร่วมกับคลื่นไมโครเวฟ 1000 วัตต์	43
3.26	แสดง (ก) ตัวอย่างรากสามสิบอบแห้งที่ไม่ผ่านการลวกก่อนอบแห้งด้วยเครื่องอบไมโครเวฟแบบลมร้อนที่ 60°C 1000 วัตต์ และ (ข) ตัวอย่างรากสามสิบอบแห้งที่ผ่านการลวกก่อนอบแห้งที่ 60°C 1000 วัตต์ ทั้งก่อนบดและหลังบด	45
3.27	แสดงผลของอายุการเก็บรักษา (shelf life) ที่มีต่อ (ก) ความสว่างของผลิตภัณฑ์ (ข) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (ค) ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และ (ง) ปริมาณซาโปนิน	47
3.28	แสดง TLC โครมาโทแกรมของสารสกัดตัวอย่างรากสามสิบสไลด์ที่ไม่ผ่านการลวกก่อนอบแห้งด้วยเครื่องอบไมโครเวฟแบบลมร้อนที่ 60oC 1000 วัตต์ หลังเสร็จสิ้นการอบแห้ง (ก) และ (ข) สารสกัดของตัวอย่างที่ผ่านการเก็บรักษานาน 12 เดือน	48
3.29	แสดง TLC โครมาโทแกรมของสารสกัดตัวอย่างรากสามสิบสไลด์ที่ผ่านการลวกก่อนอบแห้งด้วยเครื่องอบไมโครเวฟแบบลมร้อนที่ 60oC 1000 วัตต์ หลังเสร็จสิ้นการอบแห้ง (ก) และ (ข) สารสกัดของตัวอย่างที่ผ่านการเก็บรักษานาน 12 เดือน	48
3.30	แสดงการนำเสนอการปลูกราสามสิบในพื้นที่ดินเค็ม (ก) การออกบูทในงานพร้อมกับหน่วยวิจัยดินเค็ม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ข)-(ง) การนำเสนองานแก่เกษตรกรและผู้สนใจ วันที่ 23 ธันวาคม 2565	52
3.31	การอบรมเชิงปฏิบัติการถ่ายทอดความรู้การปลูกรากสามสิบ การตลาด มาตรฐานสมุนไพร และการประกอบอาหารคาวและหวานโดยใช้รากสามสิบเป็นวัตถุดิบ วันที่ 22 กรกฎาคม 2565 (ก) การถ่ายทอดความรู้การปลูกรากสามสิบ การตลาด และมาตรฐานสมุนไพร (ข) การอบรมเชิงปฏิบัติการการเก็บเกี่ยวผลผลิตรากสามสิบ การล้างทำความสะอาดและเตรียมเป็นวัตถุดิบประกอบอาหาร (ค) ตัวอย่างสมุนไพรรากสามสิบอบแห้ง (ง) รากสามสิบดองน้ำผึ้ง (จ) รากสามสิบเชื่อม (ฉ) รากสามสิบตุ๋นใส่กระดูกหมู และ (ช) รากสามสิบผัดพริกหมู	53

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3.32	การอบรมเชิงปฏิบัติการถ่ายทอดความรู้การปลูกรากสามสิบในพื้นที่ดินเค็ม ณ พื้นที่แปลงทดลองบ้านโพนสิม อ.ยางตลาด จ.กาฬสินธุ์ วันที่ 23-24 กันยายน 2566 (ก) เกษตรที่เข้าร่วมโครงการ (ข) การไถ่ปรับสภาพที่ กำจัดวัชพืช ทำแปลงยกร่อง และการปลูกรากสามสิบโดยการรองก้นหลุมด้วยปุ๋ยคอกและสารปรับปรุงดิน (ค) การคลุมแปลง (ง) การผสมดินร่องก้นหลุมและการปลูกในท่อซีเมนต (จ) แปลงแบบยกรองที่คลุมแปลงเสร็จสิ้นพร้อมทั้งวางระบบน้ำแบบสปริงค์เกอร์ และ (ฉ) การเจริญของต้นรากสามสิบในแปลงแบบยกร่องและแบบท่อซีเมนต์หลังการปลูกเป็นเวลา 2 สัปดาห์	54

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ตำบลหัวนาคำ อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ เป็นตำบลเก่าแก่จัดตั้งเมื่อปี 2300 จนถึงปัจจุบัน 244 ปี ตั้งอยู่ในเขตการปกครองอำเภอยางตลาด ประกอบด้วย 19 หมู่บ้าน มีพื้นที่ทั้งสิ้นจำนวน 44,458 ไร่ และเป็นพื้นที่ทำนาจำนวน 37,312 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 83.93 ของพื้นที่ทั้งหมด สภาพพื้นที่โดยทั่วไปเป็นที่ราบลุ่มและที่ราบลูกฟูก พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย จัดอยู่ในพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าวเล็กน้อย (S3) และไม่เหมาะสมต่อการปลูกข้าว (N zone) จำนวน 18,167 และ 1,264 ไร่ ตามลำดับ มีเพียง 17,728 ไร่ ที่อยู่ในพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าว (S2) (อรุณี, 2546) อาชีพหลักคือทำนา และอาชีพเสริมคือ ตัดเย็บเสื้อผ้า และค้าขาย โดยมีสินค้า OTOP ของตำบลที่ขึ้นทะเบียนไว้เพียง 2 ชนิด คือ เสื้อผ้าสำเร็จรูป และผลิตภัณฑ์จากยางรถยนต์ (สำนักงานพัฒนาชุมชนอำเภอยางตลาด, 2564) พื้นที่ศึกษาในครั้งนี้คือ บ้านโพนสิม หมู่ที่ 7 การสำรวจข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรจำนวน 66 ครัวเรือน พบว่าโครงสร้างครอบครัวประกอบด้วยผู้สูงอายุและเด็กในวัยเรียน อายุเฉลี่ย 40-60 ปี เกษตรกรร้อยละ 97 มีที่ดินเป็นของตนเอง และมีเพียงร้อยละ 3 เช่าพื้นที่ ในส่วนของเครื่องมือเกษตรพื้นฐาน เกษตรกรร้อยละ 40.9 มีรถไถเดินตาม ร้อยละ 28.8 มีเครื่องสูบน้ำ และร้อยละ 93.9 มียุ้งฉางเก็บข้าวเปลือก มีรถแทรกเตอร์จำนวน 2 ราย และ มีรถเกี่ยวข้าวจำนวน 1 ราย และเกษตรกรจำนวน 40 ราย หรือร้อยละ 66.6 มีแหล่งน้ำเป็นบ่อน้ำขนาดประมาณ 0.25-1 ไร่ และในหมู่บ้านมีแหล่งน้ำคือห้วยปลาหลด บึงบ้านโพนสิมอนุเคราะห์ และลำห้วยไหลผ่านพื้นที่เกษตรบางพื้นที่ เกษตรกรในหมู่บ้านต้องการความช่วยเหลือ คือ แหล่งน้ำและระบบชลประทาน เพิ่มราคาผลผลิต (ข้าว) ลดต้นทุนปุ๋ยเคมีและพันธุ์ข้าว ตรวจสอบคุณภาพดิน แก้ปัญหาดินเค็ม ลดต้นทุนการผลิตส่วนค่าจ้างรถไถและรถเกี่ยวข้าว ส่งเสริมอาชีพ ส่งเสริมการปลูกพืชเสริมระหว่างรอฤดูทำนา โดยเฉพาะพืชทนเค็ม การพึ่งพาตนเองด้วยพืชสมุนไพร พบสมุนไพรจำนวน 62 ชนิด ที่พบบางครัวเรือนในหมู่บ้านโพนสิม และปัจจุบันยังคงมีการใช้รักษาโรค แต่การใช้สมุนไพรยังจำกัดอยู่เฉพาะผู้สูงอายุ จึงควรส่งเสริมให้มีการใช้สมุนไพรเพื่อการส่งเสริมสุขภาพและบรรเทาอาการในเบื้องต้น รวมถึงส่งเสริมการใช้สมุนไพร (วิญญา และ วรนันต์, 2561)

หมู่บ้านโพนสิมมีโดมเกลือใต้ดินทั้งหมด 4 แหล่ง ที่จัดเป็นดินเค็มจัด วัดความเข้มข้นของความเค็มที่วัดได้จากค่าการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical conductivity; EC) ได้มากกว่า 16 dS/m ในหน้าแล้งพบคราบเกลือตามผิวดินจนสามารถถากหน้าดินไปต้มเกลือสินเทาว์ได้ แต่ใช้ปลูกพืชไม่ได้ผลและถูกปล่อยให้ว่างเปล่า ความเค็มของดินจะไล่ระดับจากบริเวณโดมเกลือเข้าสู่พื้นดินรอบข้าง เป็นดินเค็มมาก (8-16 dS/m) ดินเค็มปานกลาง (4-8 dS/m) ดินเค็มน้อย (2-4 dS/m) และดินไม่เค็ม (< 2 dS/m) โดยการขยายตัวของพื้นที่ดินเค็มในแต่ละระดับจะไม่มีความแน่นอนขึ้นกับระดับของแหล่งน้ำผิวดิน ฤดูกาล และระดับของแหล่งน้ำใต้ดิน โดยน้ำใต้ดินเป็นส่วนใหญ่จัดเป็นน้ำกร่อย หรือจัดเป็นน้ำเค็มที่ระดับความลึกมากกว่า 2 เมตรจากผิวดิน ดังนั้นถ้ามีการใช้ที่ดินอย่างไม่เหมาะสม ขาดการบำรุงดินด้วยอินทรีย์วัตถุและปล่อยให้เกิดเป็นพื้นที่แห้งแล้งไม่มีการปกคลุมของพืช จะทำให้เกลือจากน้ำใต้ดินมีโอกาสที่จะแทรกกระจาย ทำให้ดินแปรสภาพไปเป็นดินเค็มปานกลางหรือเค็มมากได้ บ้านโพนสิมซึ่งพื้นที่การเกษตรส่วนมากเป็นดินที่มีระดับความเค็มน้อยถึงปานกลางจะทำนาได้เฉพาะฤดูฝน เนื่องจากการตกของฝนช่วยชะล้างความเค็มจากหน้าดินลงไปและน้ำใต้ดินมีระดับความเค็มลดลง รวมถึงใช้มาตรการหลักในการจัดการพื้นที่ดินเค็มคือ การล้างดินและการปลูกไม้ยืนต้นทนเค็มรากลึกคือ ต้น กระถินออสเตรเลีย (*Acacia ampliceps*) บริเวณคันนาเพื่อช่วยลดความเค็ม (ไพรัช, 2560) รายได้ผลผลิตข้าวในพื้นที่ที่มีความเค็มจะได้ข้าวประมาณ 100-400 กิโลกรัมต่อไร่ ขึ้นอยู่กับระดับความเค็ม (สุระเดช และคณะ, 2548) คิดเป็นรายได้ประมาณ 1000-4000 บาทต่อไร่ ที่ราคาข้าวเปลือกมะลิ 105 ประมาณ 10 บาท ซึ่งส่วนใหญ่ไม่เพียงพอกับค่าปุ๋ยและค่าแรง เนื่องจากและดินขาดความอุดมสมบูรณ์จึงต้องใช้ปุ๋ยจำนวนมากเพื่อเพิ่มผลผลิต (วิญญา และ วรนันต์, 2561) และในปีที่มีปริมาณฝนตกน้อยข้าวจะยืนต้นตายเพราะขาดน้ำและความเค็มแพร่ขึ้นสู่ผิวดิน นอกจากนี้ในฤดูหนาวและฤดูแล้งจะเกิดปัญหาความเค็มของเกลือขึ้นสู่ผิวดิน และชาวบ้านไม่สามารถใช้พื้นที่ดินเค็มเพาะปลูกพืชเพื่อสร้างรายได้ และมีการปล่อยให้พื้นที่แห้งแล้งซึ่งก็จะทำให้เกิดปัญหาการแพร่กระจายของเกลือและทำให้ระดับความเค็มในดินเพิ่มสูงขึ้น แนวทางในการแก้ไขปัญหาในพื้นที่ลักษณะดังกล่าวที่น่าจะประสบความสำเร็จ คือ “การปลูกพืชชนิดอื่นที่ทนเค็มได้ทดแทนข้าว” ร่วมกับ “การรักษาความชื้นไว้ในดิน” โดยพืชที่จะปลูกควรเป็นพืชเศรษฐกิจและพืชสมุนไพรที่เป็น

ที่ต้องการของผู้บริโภค และเป็นพืชที่มีความสามารถทนแล้งและทนเค็มได้ในระดับน้อยถึงปานกลาง โดยระดับความเค็มที่มีผลกระทบต่อพืชแสดงดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 การจำแนกระดับความเค็มที่มีผลกระทบต่อพืช

ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	ระดับความเค็ม	อาการของพืช
น้อยกว่า 2	ไม่เค็ม	ไม่มีผลกระทบต่อพืช
2-4	เค็มน้อย	มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชไม่ทนเค็ม
4-8	เค็มปานกลาง	มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด
8-15	เค็มมาก	เฉพาะพืชทนเค็มเท่านั้นจึงเจริญเติบโตให้ผลผลิตได้
มากกว่า 15	เค็มจัด	เฉพาะพืชทนเค็มจัดจึงเจริญเติบดตให้ผลผลิตได้

ที่มา: FAO (1976)

การสำรวจพืชสมุนไพรในหมู่บ้านโพนสิมในพื้นที่ดินเค็มระดับน้อยถึงปานกลางรอบแหล่งโดมเกลือ พบต้นรากสามสิบ (*Asparagus racemosus*) เจริญในดินที่มีระดับความเค็มตั้งแต่ 2 dS/m ถึง 8 dS/m และมักพบขึ้นอยู่ร่วมกับต้นหนามพุงดอ (*Azima sarmentosa*) ซึ่งเป็นพืชชอบเค็ม (halophyte) ดังภาพที่ 1.1 ต้นรากสามสิบจัดเป็นพืชทนเค็ม (hylotolerant) สามารถเจริญในที่มีระดับความเค็ม 10 dS/m (Dagar et al., 2011) ชาวบ้านโพนสิมใช้ประโยชน์จากต้นรากสามสิบเฉพาะการนำเมล็ดอ่อนและยอดอ่อนไปทำเป็นอาหารคาว เช่น อ่อม และลาบ หรือ กินเป็นผักสดประกอบในมื้ออาหาร แต่ไม่นิยมบริโภคส่วนราก ปัจจุบันจำนวนของต้นรากสามสิบในหมู่บ้านโพนสิมลดลงมากเมื่อเทียบกับในอดีต การสืบค้นข้อมูลพบว่าต้นรากสามสิบเป็นพืชสมุนไพรที่มีกันใช้มาอย่างยาวนานส่วนรากมีสรรพคุณเป็นฮอร์โมนพืชบำรุงสตรี จึงมีแนวโน้มเป็นที่ต้องการผู้บริโภคที่นับวันจะเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ และมีการนำสารสกัดจากรากไปใช้เป็นวัตถุดิบผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด (Bopana and Saxena, 2007; Singh and Geetanjali, 2015)

(ค)

ภาพที่ 1.1 ต้นรากสามสิบที่เจริญในพื้นที่ดินเค็มบ้านโพนสิม (ก) การเจริญในบริเวณใกล้คราบเกลือโดย (ข) ภาพดอกของรากสามสิบ (สีขาว) ที่ต้นเจริญเลื้อยพันอยู่กับต้นหนามพุงดอ และ (ค) รากของต้นรากสามสิบที่พบในพื้นที่ดินเค็ม

ชาวบ้านโพนสิมใช้ประโยชน์จากต้นรากสามสิบเฉพาะการนำเมล็ดอ่อนและยอดอ่อนไปทำเป็นอาหารคาว เช่น อ่อม และลาบ หรือ กินเป็นผักสดประกอบในมื้ออาหาร แต่ไม่นิยมบริโภคส่วนราก ปัจจุบันจำนวนของต้นรากสามสิบในหมู่บ้านโพนสิมลดลงมากเมื่อเทียบกับในอดีต การสืบค้นข้อมูลพบว่าต้นรากสามสิบเป็นพืชสมุนไพรที่มีกันใช้มาอย่างยาวนานส่วนรากมีสรรพคุณเป็นฮอร์โมนพืชบำรุงสตรี จึงมีแนวโน้มเป็นที่ต้องการผู้บริโภคที่นับวันจะเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ และมีการนำสารสกัดจากรากไปใช้เป็นวัตถุดิบผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด (Bopana and Saxena, 2007; Singh and Geetanjali, 2015)

การขยายพันธุ์ต้นรากสามสิบตามธรรมชาติทำได้โดยใช้ลำต้นใต้ดิน แยกหน่อ และเพาะเมล็ดซึ่งใช้ระยะเวลานานในการงอกเป็นต้นพร้อมปลูก และมีการผลิตต้นกล้าเพื่อจำหน่ายน้อย การปลูกต้นรากสามสิบในลักษณะของพืชไร่มีมากในประเทศอินเดีย แต่ในประเทศไทยยังไม่พบการปลูกเป็นแปลงพืชไร่ การนำรากสามสิบมาเป็นตัวยาในประเทศไทยนิยมขุดหาจากเรือกสวน ไร่นา และแหล่งธรรมชาติทำให้เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ อย่างไรก็ตามการส่งเสริมการปลูกรากสามสิบเชิงเศรษฐกิจในประเทศไทยจำเป็นต้องทำด้วยความรอบคอบทั้งต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ

ต้นน้ำ คือ เกษตรกลุ่มปลูกสมุนไพร ควรให้ความรู้เกี่ยวกับสมุนไพร ถอดความรู้จากภูมิปัญญาท้องถิ่น และให้ทราบถึงข้อมูลและข้อจำกัดต่าง ๆ เกี่ยวกับการปลูกสมุนไพรเชิงพาณิชย์ โดยเฉพาะการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชสมุนไพร (Good Agricultural Practices for herbs) เพื่อยกระดับคุณภาพและมาตรฐานสมุนไพรที่ปลูกในพื้นที่ตำบลหนองแสงให้เป็นที่ยอมรับมากยิ่งขึ้น

กลางน้ำ คือ กลุ่ม/เกษตรกรผู้แปรรูปสมุนไพร ควรให้ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการแปรรูปสมุนไพร การสร้างมูลค่าให้กับสมุนไพร องค์ความรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะมาตรฐานการผลิตยาจากสมุนไพรตามหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิต (Good Manufacturing Practice: GMP) และเกณฑ์การตรวจรับรองมาตรฐานวัตถุดิบสมุนไพรเพื่อพัฒนาวัตถุดิบพืชสมุนไพรและผลิตภัณฑ์ให้ได้มาตรฐานมากขึ้น

ปลายน้ำ คือ ส่งเสริมให้เกษตรกรมีรายได้ ผู้ใช้สมุนไพรได้วัตถุดิบสมุนไพรในราคาที่พอใจ ผลิตภัณฑ์สมุนไพรและการให้บริการได้มาตรฐาน

โดยจากการเป็นผู้ร่วมการเสวนาภายใต้หัวข้อเรื่อง “ศาสตร์พระราชากับการแก้ปัญหาดินเค็ม” ในงาน “วันดินโลก รวมศาสตร์ของพ่อ เชื่อมต่อดินมีปัญหา น้อมนำวิถีราชา ต่อต้านการแปรสภาพเป็นทะเลทราย” วันที่ 28-29 มิถุนายน 2561 โรงแรมพูลแมนขอนแก่น ราชาออร์ คิด จังหวัดขอนแก่น และข่าวประชาสัมพันธ์เรื่อง “สาวร้อยผัว (รากสามสิบ) สมุนไพรซู่ซ่า..สู้ดินเค็ม” ในหนังสือพิมพ์ไทยรัฐ ฉบับวันที่ 11 กรกฎาคม 2561 และในเวปไซต์ของเกษตรทำกิน https://kasettumkin.com/herb/article_18670 มีผู้โทรศัพท์มาสอบถามข้อมูลกว่า 200 ราย จากการสัมภาษณ์และรวบรวมข้อมูลพบว่า ร้อยละ 30 ต้องการต้นพันธุ์ไปปลูกในพื้นที่ดินเค็มเพื่อจำหน่าย ร้อยละ 60 คือชาวบ้านที่ประสงค์จะขุดจากในป่ามาขาย และร้อยละ 10 ที่เป็นผู้นำชุมชนหรือผู้ใหญ่บ้าน ที่สอบถามเรื่องการแปรรูปผลผลิตและต้องการต้นกล้าไปส่งเสริมการปลูกและแปรรูปแก่ลูกบ้านเพื่อเพิ่มรายได้ แสดงให้เห็นว่าเกษตรไทยมีความสนใจที่จะปลูกจำหน่ายและแปรรูปเป็นจำนวนมาก จึงควรมีการส่งเสริมและเตรียมข้อมูลให้แก่เกษตรกรผู้สนใจ ตั้งแต่การหาต้นกล้า การปลูกและดูแลต้นรากสามสิบในพื้นที่ดินเค็มให้ได้ผลผลิตและสารสำคัญเชิงยา การขายและแปรรูปซึ่งรวมถึงแนวโน้มการตลาดทั้งในและต่างประเทศ ซึ่งการส่งเสริมต่าง ๆ ต้องควบคู่ไปพร้อมกับนวัตกรรมและการควบคุมคุณภาพให้ได้มาตรฐานเพื่อให้เกิดความยั่งยืนทั้งการผลิตและการตลาด และสอดคล้องกับนโยบาย ไทยแลนด์ 4.0 คือวิสาหกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม อุตสาหกรรมเป้าหมายคือ การเกษตรและเทคโนโลยีชีวภาพ และสอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ด้านเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน เสริมสร้างศักยภาพคน และส่งเสริมคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยผู้วิจัยได้เลือกหมู่บ้านโพนสิมซึ่งประสบปัญหาดินเค็ม ผู้นำชุมชนและชาวบ้านมีความกระตือรือร้นที่จะเข้าร่วมโครงการฯ มีโรงเรียนและเด็กรุ่นใหม่ที่พร้อมที่จะเรียนรู้และรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี และเป็นหมู่บ้านที่ติดถนนใหญ่ ไม่ห่างไกลจากตลาด อ.ยางตลาด และมหาวิทยาลัยมหาสารคาม อีกทั้งพื้นที่บ้านโพนสิมอยู่ภายใต้การดูแลของสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5 กรมพัฒนาที่ดิน และมีบันทึกข้อตกลงความร่วมมือ “การพัฒนาและวิจัยเพื่อการแก้ปัญหาดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ” ร่วมกันระหว่าง กรมพัฒนาที่ดิน กับมหาวิทยาลัยมหาสารคาม จึงคาดหมายว่าโครงการฯสามารถดำเนินการได้โดยได้รับความร่วมมือจากชาวบ้าน หน่วยงานต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม และ กรมพัฒนาที่ดิน และผลที่ได้รับจากโครงการจะสามารถเผยแพร่เป็นโมเดลหนึ่งของการฟื้นฟูและใช้ประโยชน์พื้นที่ดินเค็มปลูกสมุนไพรและพืชทนเค็มอย่างยั่งยืน

ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมีนำไปสู่วัตถุประสงค์ของโครงการ 3 ข้อ คือ (1) การปลูกรากสามสิบในพื้นที่ดินเค็มระดับน้อยถึงปานกลางในระบบปลูกแบบสมาร์ทฟาร์มและนำเข้าสู่กระบวนการขอรับการรับรองมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชสมุนไพร (2) ติดตามการเจริญเติบโตและปริมาณสารสำคัญเพื่อควบคุมคุณภาพสมุนไพร และจัดทำข้อมูลเพื่อกำหนดเกณฑ์การตรวจรับรองมาตรฐานวัตถุดิบสมุนไพรสำหรับรากสามสิบอบแห้ง และ (3) ถ่ายทอดความรู้การปลูกรากสามสิบ การตลาด และมาตรฐานสมุนไพร ให้แก่สมาชิกบ้านโพนสิม ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการคือแนวทางการปลูกรากสามสิบในพื้นที่ดินเค็มระดับน้อยถึงปานกลางให้ได้มาตรฐานเพื่อเป็นการส่งเสริมการปลูกพืชสมุนไพรเศรษฐกิจทางเลือกให้แก่เกษตรกรทดแทนการปลูกข้าว

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ปลูกรากสามสิบในพื้นที่ดินเค็มระดับน้อยถึงปานกลางในระบบปลูกแบบสมาร์ทฟาร์มและนำเข้าสู่กระบวนการขอรับการรับรองมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชสมุนไพร

1.2.2 ติดตามการเจริญเติบโตและปริมาณสารสำคัญเพื่อควบคุมคุณภาพสมุนไพร และจัดทำข้อมูลเพื่อกำหนดเกณฑ์การตรวจรับรองมาตรฐานวัตถุดิบสมุนไพร (Certificate of Analysis, CoA) สำหรับรากสามสิบอบแห้ง เพื่อรองรับวัตถุดิบสมุนไพรเข้าสู่โรงงานผลิตและการส่งออก

1.2.3 ถ่ายทอดความรู้การปลูกรากสามสิบ การตลาด และมาตรฐานสมุนไพร ให้แก่สมาชิกบ้านโพนสิม

1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การขยายตัวของพื้นที่ดินเค็มเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นทั่วโลก รวมทั้งในประเทศไทยโดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งมีแหล่งชั้นเกลือหินใต้ดิน (ขวัญใจ, 2550) มาตรการแก้ไขปัญหาดินเค็มในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตามแนวทางของกรมพัฒนาที่ดิน คือ ป้องกันการแพรกระจายดินเค็ม เพิ่มผลผลิตพืชในพื้นที่ดินเค็มนอย-เค็มปานกลาง แก้ไขลดระดับความเค็มดินลงให้พืชขึ้นได้ และ การฟื้นฟูสภาพแวดล้อมในพื้นที่ดินเค็มจัด (สมศรี, 2539) การฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมโดยใช้พืช

(phytoremediation) เพื่อฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มเป็นวิธีที่เหมาะสมและมีต้นทุนต่ำ โดยการปลูกพืชนอกจากช่วยทางตรง (direct) คือการที่พืชสะสมเกลือเข้าสู่ส่วนเหนือดิน และทางอ้อม (indirect) คือ การปลูกพืชปกคลุมหน้าดิน ช่วยชะลอการระเหยของน้ำและการเคลื่อนตัวของเกลือสู่ผิวดิน และเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน อย่างไรก็ตาม ความสำเร็จของการส่งเสริมการปลูกพืชเพื่อฟื้นฟูพื้นที่ควรเลือกพืชที่มีความทนต่อความเค็มของเกลือในพื้นที่ โดยพืชเหล่านี้มีกลไกในการทนเค็มแตกต่างกัน รายงานว่ากลไกความทนเค็มของพืชแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ (1) กลไกการหลีกเลี่ยงเกลือ (salt avoidance) เช่น การอวบน้ำ (succulence) รากเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ดินไม่เค็มมากหรือมีความชื้นเพียงพอที่จะเจือจางเกลือในสารละลายดิน การลดจำนวนและปรับขนาดของโครงสร้างภายใน และ (2) กลไกการกำจัดเกลือ (salt excluded) เช่น การคายเกลือออกจากใบและกาบใบ (อรุณี และ สมศรี, 2536 ก,ข) ทั้งนี้หากต้องการให้เป็นการฟื้นฟูและพัฒนาพื้นที่อย่างยั่งยืน พืชที่ปลูกควรเป็นพืชเศรษฐกิจที่สามารถปลูกเพื่อสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรเจ้าของพื้นที่ (Jesus et al., 2015; Gerhardt et al., 2017)

รากสามสิบเป็นพืชชนิดหนึ่งที่พบขึ้นได้ในพื้นที่ดินเค็มน้อย-ปานกลาง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (สมศรี, 2539) และจัดเป็นพืชทนเกลือ (halotolerant) ที่เจริญได้ในพื้นที่ดินเค็มและแห้งแล้ง (Dagar et al., 2011; Gómez Mercado, 2012; Shah, 2017) รากสามสิบมีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Asparagus racemosus* Willd อยู่ในวงศ์ Asparagaceae ชื่อสามัญ ศตาวรี (Satavati) ซึ่งแปลว่า สตรีผู้ครอบครองหนึ่งร้อยสามี มีชื่อถิ่นในประเทศไทยเรียกแตกต่างไปในแต่ละภาค คือ จ๋วงเครือ (ภาคเหนือ) ผักชีช้าง (หนองคาย) สามร้อยราก (กาญจนบุรี) ผักหนาม (โคราช) ม้าสามต๋อน สามร้อยผัว หรือ สาวร้อยผัว รากสามสิบเป็นพืชที่เจริญได้ดีในเขตร้อน มีต้นกำเนิดในแถบประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ไทย พม่า ลาว มาเลเซีย อินโนนีเซีย และมีการกระจายพันธุ์ออกไปในบริเวณประเทศต่าง ๆ เช่น จีน อินเดีย และทางเหนือของออสเตรเลีย พบในป่าร้อนชื้น ป่าร้อนแห้งแล้ง เขาหินปูน ป่าผลัดใบและป่าโปร่ง เป็นต้น ลักษณะทั่วไปเป็นไม้เลื้อย เนื่อแข็ง ลำต้นสีเขียวมีหนามแหลม มักเลื้อยพันต้นไม้อื่น ใบเดี่ยวแข็งออกรอบข้อเป็นฝอยเล็ก ๆ คล้ายหางกระรอก เหง้าและรากใต้ดินออกเป็นกระจุกคล้ายกระสวย ออกเป็นพวงคล้ายกระชาย ช่อดอกออกที่ปลายกิ่งหรือซอกใบ แบบช่อ ดอกย่อยสีขาวขนาดเล็กมีกลิ่นหอม ผลค่อนข้างกลมหรือเป็นสามพู ผิวเรียบเป็นมัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4-6 มิลลิเมตร ผลอ่อนสีเขียว เมื่อสุกสีแดงหรือม่วงแดง เมล็ดสีดำมี 2-6 เมล็ด ขยายพันธุ์ได้โดยใช้เหง้าหรือหน่อ รวมทั้งใช้เมล็ดในการเพาะต้นกล้า การปลูกควรปลูกในช่วงฤดูฝน และหากต้องการนำรากไปใช้ประโยชน์ควรปลูกลงดินเพื่อให้แตกรากได้มาก การเก็บเกี่ยวรากสามสิบนิยมเก็บเมื่อต้นรากสามสิบสะสมอาหารลงส่วนรากเต็มที่และส่วนต้นเฉาไป หรือ เก็บต้นฤดูฝนเมื่อแห่งหน่อขึ้นมาใหม่ ๆ (นิจศิริ และ ธวัชชัย 2547; เพชรตะวัน และคณะ, 2562)

สารสำคัญที่พบในส่วนรากได้แก่ asparagamine, cetanoate, daucostirol, sarsasapogenin, shatavarin, racemosol, rutin, alkaloid และ steroidal saponins (Singla and Jaitak, 2014; Singh and Geetanjali, 2015) สารหลักกลุ่ม steroidal saponins ที่พบในรากคือ shatavarin I (หรือ asparoside B), shatavarin IV (หรือ asparanin B), shatavarin V schidigerasaponin D5 (หรือ asparanin A) (Hayes et al., 2008) มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ โดยพืชสร้างสารกลุ่มนี้มาเพื่อให้มีคุณสมบัติปกป้องผิวพืชจากสภาพแวดล้อมภายนอก สามารถละลายน้ำเกิดฟองได้เป็นสารที่ทำหน้าที่เลียนแบบฮอร์โมนเพศ จึงมีบทบาทในการรักษาอาการที่เกิดขึ้นในช่วงวัยหมดระดู รวมไปถึงการช่วยปกป้องการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดรวมถึงโรคกระดูกพรุน (และสารหลักที่พบในส่วนของผลคือ racemoside A, racemosied B และ racemoside C ในส่วนใบมีอัลคาลอยด์ ซาโปนิน กลัยโคไซด์ ใช้ขับน้ำนม ช่วยให้เจริญอาหาร และเพิ่มกำหนัด สมุนไพรรากสามสิบมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย ต้านเชื้อรา ลดการอักเสบ แก้อาการปวด คลายกล้ามเนื้อของมดลูก บำรุงหัวใจ ป้องกันกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด ลดอาการหัวใจโตที่เกิดจากความดันโลหิตสูง ขับน้ำนม มีฤทธิ์เหมือนฮอร์โมนเอสโตรเจน ยับยั้งเบาหวาน ลดระดับไขมันในเลือด กระตุ้นภูมิคุ้มกัน ต้านอาการเม็ดเลือดขาวต่ำ เป็นพิษต่อเซลล์มะเร็ง ยับยั้งการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร ยับยั้งพิษต่อตับ (Hayes et al., 2008; Bopana and Saxena, 2007; Singh and Geetanjali, 2015) แต่การบริโภครากสามสิบมีข้อควรระวังจากการที่รากสามสิบมีสารซึ่งมีฤทธิ์เหมือนฮอร์โมนเอสโตรเจน จึงห้ามนำมาใช้ในสตรีที่มีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็ง เช่น ผู้ป่วยโรค uterine fribrosis หรือ fibrocystic breast (Bopana and Saxena, 2007; Singla and Jaitak, 2014; Singh and Geetanjali, 2015)

การใช้ประโยชน์ของรากสามสิบเป็นวัตถุดิบประกอบอาหารในประเทศไทยมีมาแต่โบราณ คือ ผลอ่อนสามารถนำมารับประทานได้ โดยนำมาทำเป็นแกงลูกสามสิบ รากนำมาต้ม เชื่อม หรือนำมาแช่อิ่ม ใช้รับประทานเป็นอาหาร หรือนำมาทำเป็นเครื่องดื่มผสมรากสามสิบ ทางภาคอีสานจะนำยอดมาลวกรับประทานเป็นผักเคียง ใช้รับประทานสด หรือนำมาผัด ทางภาคใต้จะใช้ส่วนยอดและใบใส่ในแกงส้มและแกงเลียง (สำนักงานโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, 2564) ปัจจุบันประเทศไทยมีการนำสมุนไพรรากสามสิบมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมจำหน่ายหลายรูปแบบ และใน

ประเทศอินเดียใช้สมุนไพรรากสามสิบเป็นอันดับสองรองจากมะขามป้อม และมีการผลิตส่งออกต่างประเทศไปเป็นส่วนประกอบของอาหารเสริม และสารสกัดผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางค์ การส่งเสริมการปลูกรากสามสิบในประเทศอินเดียในพื้นที่แห้งแล้งเพื่อสร้างรายได้ อายุของรากสามสิบที่เหมาะสมต่อการเก็บผลผลิตคือ 12-14 เดือน ขึ้นกับความอุดมสมบูรณ์ของดินและสภาพแวดล้อม โดยพบว่าหากปลูกรากสามสิบได้ผลผลิต 480 กิโลกรัม/ไร่ จะได้ผลตอบแทนหลังหักค่าใช้จ่ายประมาณ 4,400 บาท/ไร่ (Vikaspedia, 2021; IMP center, 2021)

ต้นรากสามสิบในแหล่งธรรมชาติมีปริมาณลดลงจากความต้องการของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้นจนมีการลักลอบขุดจากพื้นที่ป่า และในหมู่บ้าน โดยปัจจุบันผลิตภัณฑ์จากต้นรากสามสิบที่มีจำหน่ายในท้องตลาดเป็นการเก็บจากป่า ไม่มีพื้นที่ปลูกชัดเจน ขาดการปลูกเป็นแปลงที่ได้มาตรฐานจีเอพี ส่วนใหญ่ขายในรูป สมุนไพรอบแห้งบรรจุในแคปซูล และผงสมุนไพรเข้าตัวยาแผนไทย ยาลูกกลอนต่าง ๆ ที่ไม่ได้มีเอกสารใบรายงานผลการตรวจวิเคราะห์สินค้า งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อยกระดับสมุนไพรรากสามสิบให้ได้มาตรฐาน โดยปลูกแบบสมาร์ทฟาร์มในพื้นที่ดินเค็มที่มีการติดตั้งระบบเซ็นต์เซอร์ควบคุมการให้น้ำเพื่อรักษาระดับความเค็มระดับปานกลางให้มีค่าความเค็มไม่เกิน 8 dS/m และนำเข้าสู่กระบวนการขอรับการรับรองมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชสมุนไพร ติดตามการเจริญเติบโตและปริมาณสารสำคัญเพื่อควบคุมคุณภาพสมุนไพร และจัดทำข้อมูลเพื่อกำหนดมาตรฐาน และถ่ายทอดความรู้ที่ได้ให้แก่สมาชิกบ้านโพนสิม

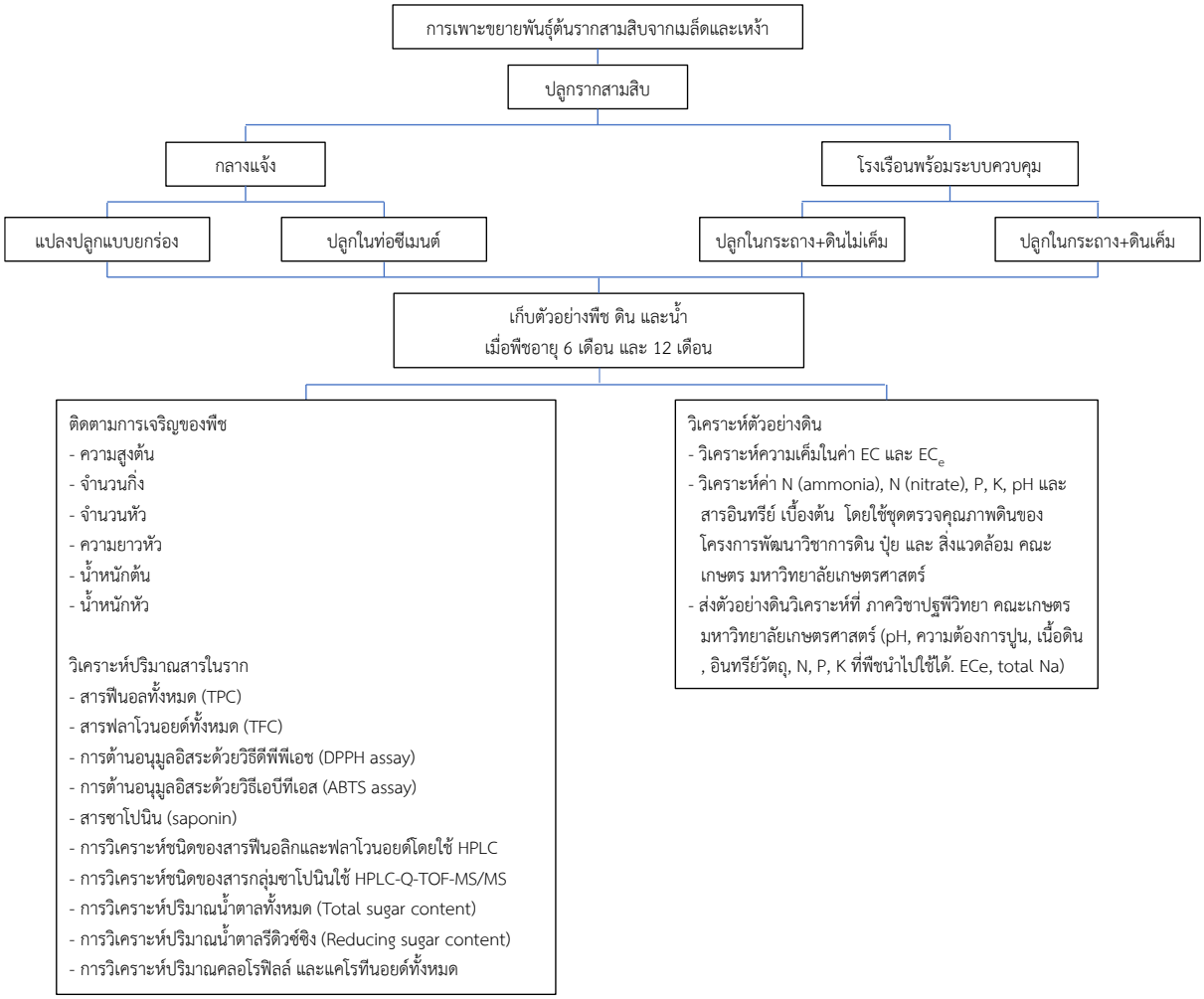
ตารางที่ 1.2 ทรัพย์สินทางปัญญาที่เกี่ยวกับงานวิจัยที่จะนำไปสู่การใช้ประโยชน์รากสามสิบ

รายการที่	หมายเลขทรัพย์สินทางปัญญา (เลขที่คำขอ/เลขที่ทะเบียน/เลขที่จดแจ้งข้อมูล)	ประเภททรัพย์สินทางปัญญา	ปี พ.ศ.ที่ได้รับความคุ้มครองสิทธิหรือวันที่ยื่นจดทะเบียน/วันที่ได้รับจดแจ้ง	ชื่อที่ได้รับความคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญา	ชื่อเจ้าของสิทธิในทรัพย์สินทางปัญญาและชื่อผู้ประดิษฐ์/ผู้สร้างสรรค์	ประเทศที่ทรัพย์สินทางปัญญาได้รับความคุ้มครอง
1	เลขที่คำขอ 1101000354	สิทธิบัตร	วันที่ยื่นคำขอ 10 มีนาคม 2554	โมโนโคลนัลแอนติบอดีที่มีความจำเพาะต่อสารซาตาวารินโฟร์ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์สารซาตาวารินโฟร์และซาโปนินในรากสามสิบ	รองศาสตราจารย์ ดร.กรกนก อิงคนินันท์ และคณะ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ มหาวิทยาลัยนเรศวร	ประเทศไทย
2	เลขที่คำขอ 0701003622	สิทธิบัตร	วันที่ยื่นคำขอ 20 กรกฎาคม 2550	กระบวนการผลิตสารสกัดจากรากสามสิบที่มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ก่อโรค	ภ.ญ.ดร.บุปผาชาติ พตด้วง และคณะ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย	ประเทศไทย
3	เลขที่คำขอ 1603000597	อนุสิทธิบัตร	วันที่ยื่นคำขอ 30 เมษายน 2557	ยาบำบัดรักษาอาการปวดมดลูกและกระชับมดลูกที่มีมหาเมฆ และ รากสามสิบเป็นส่วนประกอบ	นางกรสรัล ปัญจศุภโชค	ประเทศไทย
4	เลขที่คำขอ : 1803000655	สิทธิบัตร	วันที่ยื่นคำขอ 15 มีนาคม 2561	ผลิตภัณฑ์สมุนไพรสำหรับทา	นายอุทิศ วานิชานนท์	ประเทศไทย
5	เลขที่คำขอ 1503000008	อนุสิทธิบัตร	วันที่ยื่นคำขอ 30 ธันวาคม 2557	สูตรเครื่องดื่มสมุนไพรที่มีส่วนผสมของหญ้ารีแพร์และกรรมวิธีการผลิต	นางพิมพิมล ประภารุ่งโรจน์ บริษัท แกมบูจี จำกัด	ประเทศไทย
6	เลขที่คำขอ 1103000243	อนุสิทธิบัตร	วันที่ยื่นคำขอ 10 มีนาคม 2554	กรรมวิธีการเตรียมสารสกัดที่มีซาโปนินสูงจากรากสามสิบ	น.ส.กรกนก อิงคนินันท์ และคณะ มหาวิทยาลัยนเรศวร	ประเทศไทย

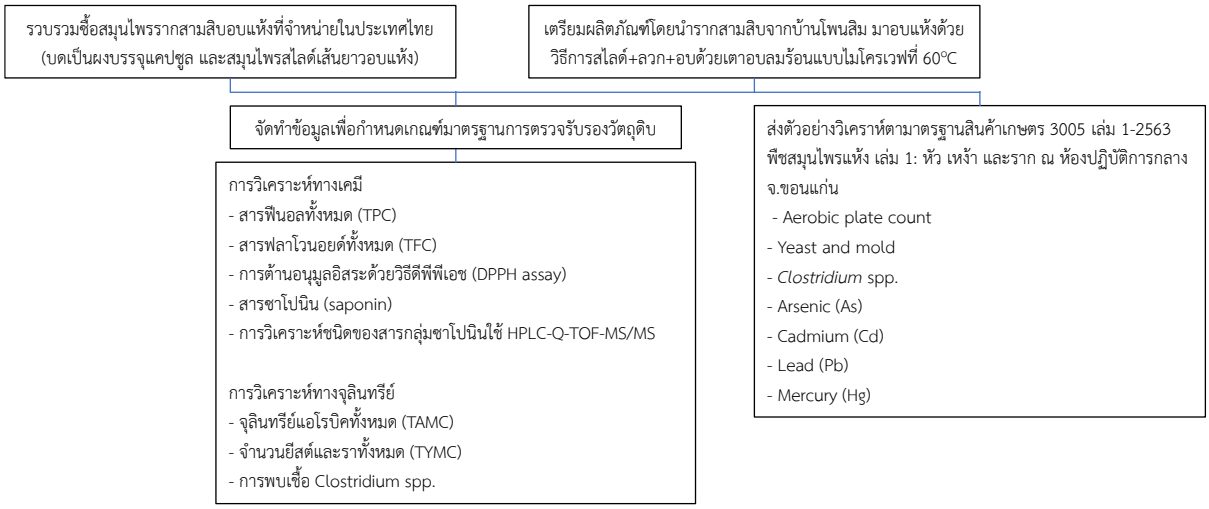
ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

บทที่ 2
วิธีดำเนินการวิจัย

การปลูกรากสามสิบและการติดตามการเจริญเติมโตและปริมาณสารสำคัญ รวมทั้งการเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์สมบัติดินดำเนินการดังสรุปในภาพที่ 2.1 และการรวมรวมผลิตภัณฑ์รากสามสิบอบแห้งและการเตรียมผลิตภัณฑ์รากสามสิบอบแห้งมาวิเคราะห์เพื่อจัดทำข้อมูลเพื่อกำหนดเกณฑ์มาตรฐานการตรวจรับรองวัตถุดิบสรุปดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.1 แผนการปลูกรากสามสิบและการติดตามการเจริญเติมโตและปริมาณสารสำคัญ การเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์สมบัติดิน



ภาพที่ 2.2 แผนการรวมรวมผลิตภัณฑ์รากสามสิบอบแห้งและการเตรียมผลิตภัณฑ์รากสามสิบอบแห้งมาวิเคราะห์เพื่อจัดทำข้อมูลเพื่อกำหนดเกณฑ์มาตรฐานการตรวจรับรองวัตถุดิบ

2.1 การเพาะขยายพันธุ์ต้นรากสามสิบจากเมล็ดและเหง้า

การขยายพันธุ์จากเมล็ดทำโดยแช่เมล็ดรากสามสิบในน้ำอุ่นอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส นานประมาณ 12 ชั่วโมง หมั่นเปลี่ยนน้ำเมื่อเย็นตัวลง และแช่น้ำอุณหภูมิห้องต่ออีก 12 ชั่วโมง จากนั้นให้ห่อเมล็ดที่ผ่านการแช่น้ำในห่อทิชชู่ก่อนนำไปบรรจุในกล่องพลาสติกเติมน้ำให้ทิชชู่ชุ่มอยู่เสมอเป็นเวลานาน 14 วัน หรือจนสังเกตพบตุ่มสีขาวที่จะงอกเป็นรากขึ้นที่เมล็ด จากนั้นนำเมล็ดไปเพาะลงในวัสดุปลูกคือ ดินปลูกผสมพีทมอส โดยปลูกเมล็ดให้ลึกจากผิวดินประมาณ 1 เซนติเมตร รดน้ำวันละ 1 ครั้ง ตั้งกระถางในที่ร่มนาน 3 สัปดาห์ เมล็ดจะเริ่มงอกในลักษณะเป็นหน่ออ่อน ให้อนุบาลต่อในที่มีแดดรำไรนาน 4 สัปดาห์ จนกระทั่งหน่อเปลี่ยนแปลงไปมีมีลักษณะเป็นต้นมีใบเดี่ยวที่เหมือนหางกระรอก 2-3 กิ่ง มีระบบรากแข็งแรงและอาจเกิดรากสะสมอาหารขึ้น จึงย้ายต้นกล้าลงปลูกในแปลงปลูก

การขยายพันธุ์จากเหง้าทำโดยเก็บต้นรากสามสิบจาก บ้านโพนสิม อ.ยางตลาด จ.กาฬสินธุ์ และ อ.วาปีปทุม จ.มหาสารคาม โดยเก็บจากบริเวณคันนาดินเค็ม และบริเวณขอบของโนนดินเค็มซึ่งดินมีระดับความเค็ม 4-8 dS/m ขุดต้นรากสามสิบพร้อมรากโดยขุดให้ห่างจากต้นประมาณ 50 เซนติเมตร เพื่อไม่ให้รากสะสมอาหารขาด ตัดเก็บส่วนรากสะสมอาหารขนาดใหญ่ออก เก็บไว้เฉพาะรากขนาดเล็กขนาดความยาว 5-10 เซนติเมตร ตัดส่วนต้นออก ล้างทำความสะอาดส่วนรากและเหง้า และนำไปใส่ตะกร้าคลุมด้วยผ้าชุบน้ำเพื่อให้เกิดความชื้นและกระตุ้นการงอกหน่อใหม่นาน 1-2 วัน เมื่อหน่อใหม่งอกจึงนำไปปลูกลงในถุงเพาะชำ 1 เดือน เหง้าต้นพันธุ์ขนาดใหญ่ 1 เหง้า สามารถแบ่งได้ 2-4 ส่วนขึ้นกับขนาดเหง้าของต้นพันธุ์ เพื่อใช้ปลูกขยายพันธุ์ ดินที่ใช้ในการปลูกในถุงเพาะคือ ดินร่วน:ดินทราย:ปุ๋ยหมักในอัตราส่วน 1:1:1

2.2 โรงเรือนต้นแบบและแปลงปลูก

การปลูกในแปลงปลูกดำเนินการ ณ ศูนย์เรียนรู้การจัดการพื้นที่ดินเค็มแบบบูรณาการ นายขุนเพชร ศรีภุตา ในหมู่บ้านโพนสิม ตำบลหัวนาคำ อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งเป็นพื้นที่การศึกษาศักยภาพการผลิตพืชเศรษฐกิจในพื้นที่ดินเค็มน้อยถึงปานกลาง (เขต N Zone) เพื่อจัดการปัญหาดินเค็มอย่างยั่งยืน พื้นที่ทดลองอยู่ใกล้กับโดมเกลือดินในพื้นที่จึงมีระดับความเค็มในแปลงระดับน้อย (2-4 dS/m) และระดับปานกลาง (4-8 dS/m) พื้นที่เดิมปลูกข้าวและไม่ได้มีการใช้ปุ๋ยเคมีหรือสารเคมีมามากกว่า 3 ปี ดินที่ใช้ปลูกเป็นดินร่วนผสมดินทราย เตรียมแปลงโดยใช้รถไถพรวนดินผสมกับปุ๋ยคอกจากขี้วัวตากแห้ง 60 กิโลกรัม (20 กิโลกรัม/ถุง x 3 ถุง) ต่อพื้นที่ 1 งาน (400 ตารางเมตร) ทำแปลงยกร่องขนาด 0.8 x 30 เมตร (กว้าง x ยาว) สูง 15 เซนติเมตร จำนวน 10 แปลง ระยะระหว่างแปลงห่าง 0.5 เมตร การปลูกต้นรากสามสิบในแปลงให้ห่างกัน 1 เมตร ปลูกโดยรองก้นหลุมด้วยปุ๋ยขี้วัว 300 กรัม คลุมแปลงด้วยพลาสติกเพื่อควบคุมวัชพืชและรักษาระดับความชื้นในดิน วางระบบท่อเพื่อให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด และมีระบบสปิงเกอร์เป็นระบบน้ำสำรอง ให้ปุ๋ยคอกซ้ำหลังปลูกนาน 6 เดือน

การปลูกในวงท่อใช้วงบ่อซีเมนต์เส้นผ่านศูนย์กลาง 60 เซนติเมตร ก่อนวางท่อปลูกปรับพื้นที่โดยการไถ่พรวนพื้นที่เพื่อกำจัดวัชพืช เติมดินในวงท่อด้วยดินเดิมของพื้นที่ รองก้นหลุมด้วยปุ๋ยขี้วัว 300 กรัม วางระบบท่อเพื่อให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด และให้ปุ๋ยคอกซ้ำหลังปลูกนาน 6 เดือน

ระบบโรงเรือนทรงหลังคาฟันเลื่อย ความกว้าง 80 x 100 ตารางเซนติเมตร โครงสร้างโรงเรือนเป็นเหล็กกัลป์วาไนซ์ โรงเรือนด้านบนคลุมด้วยพลาสติก PE200 ไมครอน ระบายอากาศโดยช่องระบายอากาศบนหลังคาและด้านข้างคลุมด้วยตาข่ายกันแมลงสีขาวความถี่ 32 ตา และมีการติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจวัดค่าแสงและอุณหภูมิของโรงเรือน และเซ็นเซอร์ตรวจวัดค่าความชื้นและการนำไฟฟ้าในดิน การให้น้ำด้วยระบบน้ำหยดและเพิ่มความชื่นได้ด้วยระบบพ่นสเปรย์หมอก การรดน้ำรักษาระดับความชื้นของดินให้ไม่ต่ำกว่า 60% สามารถตั้งเวลาเปิดปิดแสง น้ำหยด และ สเปรย์หมอก บันทึกค่าในแต่ละช่วงเวลาและควบคุมระบบด้วยแอปพลิเคชั่น HandySense ลิขสิทธิของ NETPIE Co., Ltd. ทั้งนี้เนื่องจากโรงเรือนต้องใช้ไฟฟ้าและควบคุมด้วยระบบเซ็นเซอร์จึงติดตั้งโรงเรือน ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

วิเคราะห์ดินเบื้องต้นโดยใช้ชุดตรวจคุณภาพดินของโครงการพัฒนาวิชาการดิน ปุ๋ย และ สิ่งแวดล้อม ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คือ ชุดตรวจสอบค่า เอ็น พี เค และกรด-ด่าง ของดิน (NPK pH Test Kit for Soil) และชุดตรวจสอบอินทรีวัตถุในดิน (Soil Organic Matter Test Kit) (Modified Walkley and Black Method) การวิเคราะห์ประเภทเนื้อดินใช้วิธี Beaker method และวิเคราะห์ความเค็มด้วยการวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า EC (electrical conductivity) ใช้สัดส่วนดินต่อน้ำ 1:5 และใช้วิธีการสกัดดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำแล้ววัดสารละลายที่สกัดได้เป็นค่า EC_e (EC extract) ตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน (2553) และเก็บตัวอย่างดินส่งวิเคราะห์คุณภาพ ณ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แปลงยกร่องและในวงท่อซีเมนต์ที่บ้านโพนสิมใช้น้ำบ่อปั๊มเข้าสู่ระบบน้ำหยดใช้รดต้นรากสามสิบ และโรงเรือนใช้น้ำประปาของคณะวิทยาศาสตร์ในการรดน้ำด้วยระบบน้ำหยด เก็บตัวอย่างน้ำที่ใช้ทั้งสองแหล่งส่งวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ณ หน่วยบริการวิชาการด้านเครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม การตรวจวิเคราะห์คุณภาพดินและน้ำเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับประกอบการยื่นขอการรับรองมาตรฐาน ใช้วิธีตามที่ระบุไว้ในมาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ.3502-2561 การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชสมุนไพร

2.3 การติดตามการเจริญของต้นรากสามสิบ

การปลูกต้นรากสามสิบดำเนินการ 4 สภาวะการปลูก คือ การปลูกในแปลงแบบยกร่อง การปลูกในท่อซีเมนต์ การปลูกในโรงเรือนดินผสมไม่เติมเกลือ การปลูกในโรงเรือนดินผสมเติมเกลือ เก็บตัวอย่างต้นรากสามสิบเพื่อติดตามการเจริญจำนวน 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 เก็บเดือนพฤศจิกายน 2565 ตัวอย่างต้นที่ปลูกในแปลงแบบยกร่องและปลูกในท่อซีเมนต์มีอายุ 8 เดือน และต้นที่ปลูกในโรงเรือนมีอายุ 6 เดือน หลักการเก็บตัวอย่างเติมปุ๋ยคอกลงในแปลง ท่อ และ ถุงปลูก ประมาณ 200 กรัม/ต้น โดยการโรยที่โคนต้นและพรวนดิน การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 ทำในเดือนมิถุนายน 2566 ตัวอย่างต้นจากแปลงแบบยกร่องและในท่อซีเมนต์มีอายุ 14 เดือน และต้นที่ปลูกในโรงเรือนมีอายุ 12 เดือน

ขุดเก็บตัวอย่างทั้งต้นโดยพยายามไม่ให้รากสะสมอาหารขาด เก็บตัวอย่างลงในถุงพลาสติกขนาดใหญ่ นำตัวอย่างมาล้างให้สะอาดด้วยน้ำประปา ขัดเบา ๆ ด้วยฟองน้ำเพื่อล้างดินที่ติดอยู่ที่รากให้หมด ล้างน้ำสะอาดซ้ำ 2 รอบ ซับตัวอย่างให้แห้ง วัดความยาวต้นจากโคนของเหง้าจนถึงปลายต้น ชั่งน้ำหนักทั้งต้น นับจำนวนกิ่งและจำนวนรากสะสมอาหาร ตัดแยกรากสะสมอาหารออกจากต้นและตัดส่วนปลายทั้งสองด้านที่ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ทางยาออกก่อนชั่งน้ำหนักเฉพาะส่วนราก

2.4 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี

2.4.1 การเตรียมตัวอย่างรากสามสิบและการสกัดตัวอย่าง

การเตรียมตัวอย่างทำโดยสุ่มตัวอย่างรากมาหั่นให้เป็นชิ้นหนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร และนำไปทำแห้งด้วยเทคนิคการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze dry) จากนั้นนำตัวอย่างมาปั่นบดด้วยเครื่องปั่นสมุนไพร บดด้วยโกร่งและร่อนตัวอย่างผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช (ช่องเปิด 0.25 มิลลิเมตร) เก็บในถุงพลาสติก และเก็บในกล่องทึบแสงที่มีซิลิกาเจลเพื่อลดความชื้นและการสัมผัสกับแสงและอากาศ

การสกัดสารสำคัญในรากสามสิบดัดแปลงจากวิธีของ Veena et al. (2015) โดยชั่งผงรากสามสิบ 0.125 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง และเติมตัวทำละลาย 70% (v/v) เอทานอล ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ปิดฝาเกลี่ยวหลอดทดลองให้สนิท นำหลอด

ตัวอย่างไปไปต้มสกัดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ด้วยเครื่อง Ultrasonic Bath Sonicator (BANDELIN รุ่น Sonorex digitec, Germany) สกัดจำนวน 3 ซ้ำ นำตัวอย่างมาปั่นเหวี่ยงที่ 6,000 รอบต่อนาที นาน 30 นาที เพื่อแยกเก็บส่วนใสของสารสกัด เก็บตัวอย่างในขวดสีชาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอไปทดสอบการทดสอบหาสารสำคัญต่อไป

2.4.2 การวิเคราะห์สารฟีนอลทั้งหมด (TPC)

ในสารสกัดรากสามสิบใช้วิธีโฟลินซิโอแคลทู (Folin Ciocalteu) ดัดแปลงตามวิธีของ Cicco et al. (2009) มีวิธีการทดสอบดังนี้ นำสารสกัดปริมาตร 100 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอด microcentrifuge tube ขนาด 1.5 มิลลิลิตร ที่มีสารละลาย Folin-Ciocalteu's reagent ความเข้มข้น 10% (v/v) ปริมาตร 500 ไมโครลิตรผสมให้เข้ากัน แล้วเติมสารละลาย Na_2CO_3 ความเข้มข้น 7.5% (w/v) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร และน้ำกลั่นปริมาตร 300 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่า จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยา ณ อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำสารละลายที่ผ่านการทำปฏิกิริยาแล้วไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 731 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer โดยใช้ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดตัวอย่างเป็นแบลงก์ (blank) นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณ TPC โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก (Gallic acid, GA) รายงานผลเป็นมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (mg GAE g^{-1} dry wt.) สารมาตรฐานที่ใช้ในการทำกราฟมาตรฐานคือ สารละลายกรดแกลลิกความเข้มข้น 5, 10, 20, 40, 60, 80,และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.4.3 การวิเคราะห์สารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (TFC)

ทั้งหมดในสารสกัดรากสามสิบด้วยวิธี Aluminum trichloride ($AlCl_3$) colorimetric ดัดแปลงตามวิธีของ Yoo et al. (2008) มีวิธีการทดสอบดังนี้คือ นำสาร 100 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอด microcentrifuge tube ที่มีน้ำปราศจากไอออนอยู่ 500 ไมโครลิตร เติมสารละลายโซเดียมไนไตรท์ (5% (w/v) $NaNO_2$) ปริมาตร 30 ไมโครลิตร เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นเติมอะลูมิเนียมไตรคลอไรด์ (10% (w/v) $AlCl_3$) ปริมาตร 60 ไมโครลิตร เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้อีก 6 นาที เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (1 M NaOH) ปริมาตร 200 ไมโครลิตร เจือจางด้วยน้ำปราศจากไอออนปริมาตร 110 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันก่อนตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV- Visible spectrophotometer โดยใช้ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดตัวอย่างเป็นแบลงก์ (blank) นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณ TFC โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานซึ่งเตรียมจากสารละลายอิพิคาเตชิน (Epicatechin, EC) รายงานผลเป็นมิลลิกรัมสมมูลของอิพิคาเตชินต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (mg ECE g^{-1} dry wt.) สารมาตรฐานที่ใช้ในการทำกราฟมาตรฐานคือสารละลายอิพิคาเตชินความเข้มข้น 5, 10, 20, 40, 80 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.4.4 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีดีพีพีเอช (DPPH assay)

ทำโดยเตรียม 2,2-Diphenyl-1-picryl-hydrazyl (DPPH) ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ โดยชั่งสาร DPPH มา 0.01 กรัม ละลายด้วยเมทานอล 25 มิลลิลิตร ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ปิดด้วยพาราฟิล์มและหุ้มด้วยพาราฟิล์มป้องกันแสง นำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (stock solution) เพื่อรอนำไปใช้ในการทดลองต่อไป เมื่อต้องการใช้ DPPH นำ DPPH ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ มาเจือจางให้มีความเข้มข้น 0.08 มิลลิโมลาร์ ก่อนนำไปทำปฏิกิริยากับสารสกัดที่ต้องการ การหาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดรากสามสิบด้วยวิธี DPPH ดัดแปลงตามวิธีของ Cotelle et al. (1996) มีวิธีการทดสอบดังนี้คือ นำสารสกัดปริมาตร 100 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอด microcentrifuge tube ขนาด 1.5 มิลลิลิตร ที่มีสารละลายอนุมูล DPPH ปริมาตร 900 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ด้วยเครื่องเขย่าจากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV- Visible spectrophotometer โดยใช้ตัวทำละลายเมทานอลเป็นแบลงก์ (blank) และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากแต่ละชุดการทดลองไปคำนวณ ร้อยละของความสามารถในการยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระจาก DPPH (Free radical scavenging activity (%) ดังสมการที่ (1) โดย A Blank แทนค่าการดูดกลืนของแสงของ DPPH ผสมตัวทำละลายที่ใช้ในการเจือจางตัวอย่าง และ A sample คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 นาโนเมตรของตัวอย่างที่ทำปฏิกิริยากับ DPPH

$$\% \text{ FRSA} = [(A_{\text{blank}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{blank}}] \times 100 \qquad (1)$$

2.4.5 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีเอบีทีเอส (ABTS assay)

โดยประยุกต์ตามวิธีการของ Re et al. (1999) โดยเตรียมสารละลาย ABTS (2, 2'–azobis (3-ethylbenzthiazoline-6sulfonic acid diammonium salt) ความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์ และสารละลาย $K_2S_2O_8$ (Potassium persulfate) ความเข้มข้น 2.45 มิลลิโมลาร์ (ความเข้มข้นสุดท้าย) ผสมสารละลาย ABTS กับสารละลาย $K_2S_2O_8$ ในอัตราส่วน 1 ต่อ 0.5 ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดประมาณ 12-16 ชั่วโมง จะได้สารอนุมูลอิสระ $ABTS^{\cdot+}$ ก่อนนำไปใช้งาน หลังจากนั้นนำสารละลาย $ABTS^{\cdot+}$ มาเจือจางด้วยเมทานอลและปรับให้มีค่าการดูดกลืนแสงเริ่มต้นในช่วง 0.700±0.020 ที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร นำสารสกัดปริมาตร 100 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอด microcentrifuge tube ขนาด 1.5 มิลลิลิตร ที่มีสารละลายอนุมูล $ABTS^{\cdot+}$ ปริมาตร 900 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่า จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV- Visible spectrophotometer โดยใช้ตัวทำละลายเมทานอลเป็นแบลงก์ (blank) และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากแต่ละชุดการทดลองไปคำนวณร้อยละของความสามารถในการยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระจาก $ABTS^{\cdot+}$ (Free radical scavenging activity (%) ดังสมการที่ (2) โดย A Blank แทนค่าการดูดกลืนของแสงของ $ABTS^{\cdot+}$ ผสมตัวทำละลายที่ใช้ในการเจือจางตัวอย่าง และ A sample คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร ของตัวอย่างที่ทำปฏิกิริยากับ $ABTS^{\cdot+}$

% FRSA= [(A blank-A sample)/ A blank] x 100 (2)

2.4.6 การวิเคราะห์ปริมาณสารซาโปนิน (saponin)

การวิเคราะห์ปริมาณสารซาโปนินในสารสกัดรากสามสิบใช้วิธีประยุกต์ของ Hiai et al. (1976) โดยเติมสารสกัด หรือสารมาตรฐานปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร ลงในหลอดแก้วขนาด 10 มิลลิลิตร และเติมสารละลายวานิลลิน (vanillin) ความเข้มข้น 8% (w/v) ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร หลังจากนั้นเติมต่อด้วยกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 72% (v/v) ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ปิดฝาให้แน่น ผสมสารให้ทั่วระมัดระวังเนื่องจากกรดมีความร้อน และนำไปอุ่นในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลลเซียส นาน 15 นาที จากนั้นนำออกมาแช่ในน้ำเย็นนาน 5 นาที และตั้งทิ้งไว้ให้มีอุณหภูมิห้องก่อนวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 535 นาโนเมตร โดยใช้ DI เป็นแบลงก์ (blank) นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณซาโปนิน (Saponin, SP) โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานซึ่งเตรียมจากสารละลายมาตรฐานซาโปนินรายงานผลเป็นมิลลิกรัมสมมูลของซาโปนินต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (mg SPE g^{-1} dry wt.) สารละลายมาตรฐานเตรียมโดยละลายซาโปนินความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยทำการชั่งสารมาตรฐานซาโปนิน 25 มิลลิกรัม ละลายในน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร จากนั้นทำการเจือจางตัวอย่างลงให้ได้ความเข้มข้น 100, 200, 400, 600, 800 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

2.4.7 การวิเคราะห์ชนิดของสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์โดยใช้ HPLC

การวิเคราะห์ HPLC โครมาโตแกรมของสารกลุ่มฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทำโดยใช้ระบบเฟสย้อนกลับ (reversed phase) โดยใช้เครื่อง LC-20AC Shimudzu ประเทศญี่ปุ่น ดัดแปลงจากวิธีของ Zuo et al. (2002) กรองสารสกัดด้วยแผ่นกรองไนลอน 0.45 ไมโครเมตร และใช้คอลัมภ์ Inertsil ODS-C18 ขนาด 4.6 mm x 250 mm, 5 um (Hichrom Limited, UK) โดยปริมาตรตัวอย่างที่วิเคราะห์คือ 20 ไมโครลิตร ตัวทำละลายเคลื่อนที่คือ 3% (v/v) กรดอะซิติก เป็นตัวทำละลายเฟส A และ 99.9% (v/v) เมทานอล เป็นตัวทำละลายเฟส B โดยใช้อัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที ใช้ระบบชะที่ทำให้องค์ประกอบตัวใดตัวหนึ่งของตัวชะเพิ่มสูงขึ้น (Gradient elution) และใช้อุณหภูมิคอลัมน์ที่ 40 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ด้วย UV-diode array detector (SPD-M20A, Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น) ที่ความยาวคลื่น 254 nm, 280 nm และ 360 nm

2.4.8 การวิเคราะห์ชนิดของสารกลุ่มซาโปนินใช้ HPLC-Q-TOF-MS/MS

ตามวิธีของ Onlom et al. (2017) ทำสารสกัดให้เข้มข้นโดยปิเปตสารสกัด 1 มิลลิลิตร ลงในหลอด microcentrifuge tube ขนาด 2 มิลลิลิตร ระเหยตัวทำละลายโดยใช้ไนโตรเจนเป่าระเหย และดูดตัวอย่างเพิ่มครั้งละ 1 มิลลิลิตร และทำแห้ง ทำจนครบ 3 มิลลิลิตร และชั่งน้ำหนักแห้งของ crude extract และละลายกลับด้วย 70% (v/v) เมทานอล ปริมาตร 1 มิลลิลิตร วิเคราะห์โดยใช้คอลัมน์ Phenomenex Luna C8 column (100°A, 5 µm, 150 x 4.6 mm, Phenomenex USA) ต่อกับ SecurityGuardTM C8 guard column (100 °A, 5 µm, 4 x 3 mm, Phenomenex, USA) อุณหภูมิคอลัมน์ 35 °C mobile phase ที่ใช้คือ 0.1% formic acid ละลายในน้ำ (eluent A) และ 0.1% formic acid ละลายใน acetonitrile (eluent B) ใช้โปรแกรมgradient โดยเริ่ม 50:50% (A:B) ต่อด้วย 40:60% (A:B) 5 นาที จากนั้นลดลงเป็นเชิงเส้นจนถึง 10:90% (A:B) ในอีก 4 นาทีต่อมา และค้างไว้ 3 นาที อัตราการไหล 0.6 mL/min ผ่าน HPLC-Q-TOF-MS/MS (Agilent Technologies

G6540B model, Agilent Technologies, Singapore) MS parameters คือ acquisition mass range ที่ 100-1200 m/z ด้วย 250 ms/spectrum N_2 ที่ 350 °C อัตราการไหล 10 L/min, nebulizer pressure 20 psi, capillary voltage 3500 V, the fragmentor voltage 250 V, skimmer 65 V, octapole RFV 750 V โดย MS/MS target ตั้ง collision energy ที่ 10, 20 and 40 V วิเคราะห์ผลที่ได้โดยใช้ Agilent LC-MS-Q-TOF MassHunter Data Acquisition Software version B.05.01 และ Agilent MassHunter Qualitative Analysis Software B 06.0 (Agilent Technologies, USA) วิเคราะห์โดยใช้ negative ion mode

2.4.9 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar content)

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในสารสกัดรากสามสิบใช้วิธีฟีนอลซัลฟุริก (Phenol sulfuric method) (Dubois et al., 1956) ทำโดยการปิเปตสารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดแก้วที่แช่เย็นอยู่ในน้ำแข็ง จากนั้นปิเปตสารละลายฟีนอลความเข้มข้น 5% (w/v) ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร ลงในหลอดตัวอย่าง ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้นาน 2-3 นาที ที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นปริมาณ 2.5 มิลลิลตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที นำสารละลายที่ผ่านการทำปฏิกิริยาแล้วไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV- Visible spectrophotometer โดยใช้ตัวทำละลายที่ใช้ในเจือจางการสกัดตัวอย่างเป็นแบลงก์ (blank) นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานกลูโคส รายงานผลเป็นมิลลิกรัมสมมูลของกลูโคส ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (mg glucose g^{-1} dry wt.) สารมาตรฐานที่ใช้ในการทำกราฟมาตรฐานคือ สารละลายกลูโคสความเข้มข้น 5, 10, 20, 40, 80,และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.4.10 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซิง (Reducing sugar content)

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซิงในสารสกัดรากสามสิบใช้วิธี 3, 5-dinitrosalicylic acid (DNS) method (Miller, 1959) ทำโดยปิเปตสารละลายตัวอย่าง 0.5 มิลลิลิตร ลงในหลอดแก้ว จากนั้นปิเปตสารละลาย 3,5-dinitrosalicylic acid ความเข้มข้น 0.1% (w/v) ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร ลงในหลอดตัวอย่าง ผสมให้เข้ากันก่อนนำไปต้มในน้ำเดือดนาน 10 นาที หลังจากนั้นเติมน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร พร้อมแช่ในน้ำเย็นทันที นำสารละลายที่ผ่านการทำปฏิกิริยาแล้วไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer โดยใช้ตัวทำละลายที่ใช้ในเจือจางการสกัดตัวอย่างเป็นแบลงก์ (blank) นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานกลูโคส รายงานผลเป็นมิลลิกรัมสมมูลของกลูโคสต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (mg glucose g^{-1} dry wt.) สารมาตรฐานที่ใช้ในการทำกราฟมาตรฐานคือ สารละลายกลูโคสความเข้มข้น 50, 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.4.10 การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ทั้งหมด
(Total Chlorophyll content, Total Carotenoids content)

การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในตัวอย่างใบรากสามสิบ ประยุกต์ตามวิธีการของ ศุภชาติ (2019) และ Saran et al. (2019) ตัวอย่างใบสดรากสามสิบชั่งน้ำหนัก 0.1 กรัม เติมสาร *N,N*-dimethylformamide (DMF) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดแก้วที่หุ้มฟรอยด์ ปิดฝาหลอดให้สนิทป้องกันการระเหย แช่ทิ้งไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง นาน 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าจนกว่าสีเขียวของตัวอย่างจะละลายออกมาหมด จากนั้นเทส่วนใสเก็บใส่ในหลอดทดลองใหม่ และนำไปวัดค่าการดูกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 480, 647 และ 664 นาโนเมตร บันทึกค่าการดูดกลืนแสง โดยการบันทึกค่าควรกดปุ่มการดูดกลืนแสง 2 ครั้ง นำค่าการดูดกลืนแสงมาคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์และคำนวณหาปริมาณแคโรทีนอยด์จากสูตร Wellburn (1994) ดังนี้

Chlorophyll a = (12 A664 – 3.11 A647)

Chlorophyll b = (20.78 A647 – 4.88 A664)

Total chlorophyll = Chlorophyll a + Chlorophyll b

Cx+c = (1000 A480 – 1.12 Chl a – 34.07 Chl b)/245

เมื่อ Cx+c = Total carotenoids = xanthophylls + carotenes คำนวณค่า 2 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยเป็น 1 ค่า สำหรับ 1 เนื้อเยื่อ ปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์รายงานในหน่วยมิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด

2.5 การวิเคราะห์การปนเปื้อนจุลินทรีย์เบื้องต้น

การวิเคราะห์การปนเปื้อนจุลินทรีย์เบื้องต้นใช้ตัวอย่างผงรากสามสิบ วิธีเตรียมตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการวิเคราะห์ดัดแปลงจากแนวทางการตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในตัวอย่างสมุนไพร โดยคณะทำงาน CoP สมุนไพร (2559) แนวทางการตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในตัวอย่างสมุนไพรใช้วิธีการตรวจหาเชื้อจุลินทรีย์ตาม Thai Pharmacopoeia Volumes I and II Supplement 2005 โดยตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร: พืชสมุนไพรแห้ง เล่ม 1: หัว เหง้า และราก ตามพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าเกษตร พ.ศ. 2551 กำหนดปริมาณสูงสุดของจุลินทรีย์ที่ยอมรับได้ของจำนวนยีสต์และราทั้งหมด (total combined yeasts and molds count) ไม่เกิน 5.0X 10^4 CFU/g และจำนวนเชื้อจุลินทรีย์แอโรบิกทั้งหมด (total aerobic microbial count) ไม่เกิน 5.0X 10^5 CFU/g และปริมาณ *Clostridium* spp. ต้องไม่พบในตัวอย่าง 1 กรัม

บดตัวอย่างพืชสมุนไพรด้วยเครื่องบดสมุนไพร โดยทำความสะอาดเครื่องด้วยแอลกอฮอล์ก่อนทำการบดตัวอย่าง และจากนั้นร่อนผ่านตะแกรง เก็บผงสมุนไพรไว้ในถุงซิปหุ้มฟรอย และเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ระหว่างรอการวิเคราะห์ การวิเคราะห์ทำโดยชั่งตัวอย่างผงสมุนไพร 1 กรัม ลงใน Phosphate Buffer Saline (PBS) pH 7.4 ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เขย่าผสมให้ทั่วก่อนทำการเจือจาง จะได้ค่าเจือจางที่ 10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5} และ 10^{-6} ตามลำดับ

การตรวจปริมาณยีสต์และราเบื้องต้นทำโดยนำตัวอย่างทุกความเข้มข้นมาหาปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนโดยใช้เทคนิคดรอปเพลท (Drop plate technique) ลงในอาหาร Sabouraud Dextrose Agar (SDA) ที่ผสม 50 mg/l Chloramphenicol (Chl) ปริมาตร 10 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส นาน 5-7 วัน และบันทึกจำนวนโคโลนีโดยจำนวนที่นับได้อยู่ในช่วง 5-50 โคโลนี รายงานผลเป็น Colony Forming Unit/gram (CFU/g)

การตรวจปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเบื้องต้นทำโดยนำตัวอย่างทุกความเข้มข้นมาหาปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนโดยใช้เทคนิคดรอปเพลทลงในอาหาร Trypticase Soya Agar (TSA) ปริมาตร 10 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 30-35 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง และบันทึกจำนวนโคโลนีโดยจำนวนที่นับได้อยู่ในช่วง 5-50 โคโลนี รายงานผลเป็น Colony Forming Unit/gram (CFU/g)

การวิเคราะห์จุลินทรีย์ *Clostridium* spp. ทำโดยเตรียมตัวอย่างสมุนไพรแห้ง และแคปซูล ทำการสุ่มตัวอย่าง (Sampling) มาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดสมุนไพรที่ผ่านการเช็ดฆ่าเชื้อด้วยแอลกอฮอล์ 70% เก็บรากสามสิบที่บดละเอียดมาใส่ลงในภาชนะที่ปลอดเชื้อ สำหรับตัวอย่างสมุนไพรที่เป็นแคปซูล หลังจากทำการสุ่ม นำใส่ภาชนะปลอดเชื้อ ด้วย เทคนิคปลอดเชื้อ การทำสอบทำโดยชั่งตัวอย่างสมุนไพรที่ต้องการตรวจสอบที่อัตราส่วน 1:10 นำไปเจือจางด้วย Phosphate Buffer Saline (PBS) ตัวอย่างละ 1หลอด แล้วนำไป Vortex mixer ให้เข้ากัน ปิเปตตัวอย่างมา 1 มิลลิลิตร ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Cooked meat medium ปริมาตร 9 มิลลิลิตรในหลอดทดลอง โดยจะแบ่งเป็นตัวอย่างละ 3 หลอด แล้วเททับหน้าด้วยพาราฟินเหลวขนาด 2 เซนติเมตร นำไปบ่มที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา24 ชั่วโมง จากนั้นเทพาราฟินเหลวที่ผิวหน้าอาหารในหลอดทิ้ง และใช้เทคนิค Streak plate แบบ simple ขีดลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ Perfringens Agar Base (TSC) 1ตัวอย่างต่อ1 จานอาหารเลี้ยงเชื้อ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48-72 ชั่วโมง ใน Anaerobic jar สังเกตโคโลนีสีดำที่เกิดขึ้น โคโลนีจะมีสีดำขนาด 2-4 มิลลิเมตร รอบโคโลนีมีตะกอนขุ่นขาว ทำการเลือกมาย้อมสีแกรม ซึ่งเชื้อ *Clostridium* spp. จะมีรูปร่างเป็นท่อน ย้อมติดสีแกรมบวก สร้างสปอร์ รายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัม (CFU/g)

2.6 การอบแห้งรากสามสิบในกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว

การอบแห้งรากสามสิบเพื่อเก็บรักษาในกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว ทำโดยนำรากสามสิบมาล้างทำความสะอาด ตัดส่วนหัวและท้ายที่ไม่ใช้ประโยชน์ออกก่อนนำไปสไลด์ตามขวางให้มีความหนา 3 มิลลิเมตร จากนั้นนำมาลวกที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ก่อนใช้ตะแกรงช้อนไปลงน้ำเย็น 4-10 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที และนำมาผึ่งให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงที่อุณหภูมิห้อง ก่อนนำเข้าอบด้วยเตาอบแห้งที่ใช้คลื่นไมโครเวฟ (Microwave assisted hot air oven) ที่ไมโครเวฟ 1000 วัตต์ ลมร้อน 60 องศาเซลเซียส (Thiangma et al., 2022) โดยอบจนกว่าความชื้นจะต่ำกว่า 10% เพื่อให้เป็นตามมาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 3005 เล่ม 1-2563 พืชสมุนไพรแห้ง เล่ม 1: หัว เหง้า และ ราก ตัวอย่างที่อบแห้งได้ส่งไปวิเคราะห์การปนเปื้อนโลหะ และการปนเปื้อนจุลินทรีย์ ณ ห้องปฏิบัติการกลาง จ.ขอนแก่น

ตัวอย่างรากสามสิบอบแห้งและผงรากสามสิบบรรจุแคปซูลที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจำนวน 11 ตัวอย่าง ถูกนำมาวิเคราะห์ค่าคุณลักษณะทางเคมี และปริมาณจุลินทรีย์ปนเปื้อนเพื่อประเมินคุณภาพของสมุนไพรรากสามสิบ

2.7 การประเมินผลการปลูกในทางเศรษฐศาสตร์

การประเมินผลการปลูกในทางเศรษฐศาสตร์ทำโดยเก็บข้อมูลตั้งแต่เริ่มโครงการ คือ ข้อมูลต้นทุนคงที่ (Fix cost) ค่าใช้จ่ายในการปรับพื้นที่ ค่าวัสดุปรับปรุงคุณภาพดิน ค่าใช้จ่ายในการทำโรงเรือนและระบบเซ็นเซอร์ควบคุมต่าง ๆ ต้นทุนผันแปร (valuable cost) ค่าจ้างคนดูแลพื้นที่และเก็บเกี่ยวผลผลิต ค่าน้ำ ค่าไฟในการอบแห้ง และอื่น ๆ เพื่อนำมาประเมินกับผลผลิตรากสามสิบที่จะได้ต่อไร่ และราคาที่จะขายได้ต่อไร่ วิเคราะห์ระยะเวลาในการคืนทุน โดยวิเคราะห์แยกเป็นรายแปลงเพื่อประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนทั้งระยะสั้นและระยะยาว

2.8 การถ่ายทอดความรู้การปลูกรากสามสิบ

เพื่อให้เกิดประโยชน์แก่ชุมชนบ้านโพนสิม โครงการจะมีการจัดโครงการ การถายทอดความรูการปลูกรากสามสิบ ใหแกสมาชิกบานโพนสิม และเกษตรกรที่สนใจ เพื่อเข้าศึกษาวิธีการปลูกในแปลงทดลอง รวมทั้งมีการจัดบรรยายด้านการตลาดและมาตรฐานสมุนไพร โดยจะรวมกับ สถานีพัฒนาที่ดินกาฬสินธุ์ สำนักงานพัฒนาที่ดิน เขต 5 จัดโครงการขึ้นในการจัดงานวันดินโลกของ จ.กาฬสินธุ์ ในปี พ.ศ. 2565 เพื่อกระตุ้นให้เกษตรกรสนใจปลูก และเกิดการส่งเสริมที่ยั่งยืนภายหลังเสร็จสิ้นโครงการฯ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

บทที่ 3
ผลการวิจัย

3.1 การเพาะขยายพันธุ์ต้นรากสามสิบจากเมล็ดและเหง้า

รากสามสิบ จำแนกตามสายวิวัฒนาการจะจัดอยู่ในอาณาจักร (Kingdom) Plantae, เคลด (Clade) กลุ่มเทรคีโอไฟต์ (Tracheophytes) ที่มีระบบท่อลำเลียง (vascular plant) เคลดแองจิโอสเปิร์ม (Angiosperm) เป็นกลุ่มของพืชมีเมล็ดที่เมล็ดถูกห่อหุ้มด้วยผล (fruit) หรือพืชดอก (flowering plants) และเคลดพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (monocotyledon หรือ monocot) มีใบเลี้ยงในเมล็ดเพียงหนึ่งใบ อันดับ (Order) Asparagales วงศ์ (Family) Asparagaceae สกุล (Genus) *Aspargus* สปีชีร์ *A. racemosus* ชื่อวิทยาศาสตร์ (Scientific name) คือ *Asparagus racemosus* Willd. ชื่อสามัญ (Common name) คือ สตวารี (Shatavari) ชื่อเรียกในประเทศไทยตามถิ่น จ๋วงเครือ (เหนือ) ผักชีช้าง (หนองคาย) ผักหนาม (นครราชสีมา) สามร้อยราก (กาญจนบุรี) สามสิบ ชีช้าง จั่นดิน ม้าสามต๋อน

รากสามสิบเป็นพืชล้มลุกหลายปี (perennial plant) มีการเหี่ยวเฉาในรอบปี (withering annually) ลักษณะทางพฤกษศาสตร์แสดงดังภาพที่ 3.1 และมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ดังนี้ คือ

ต้นเป็นไม้เลื้อย (scrambling) เนื้อแข็ง ที่มีกิ่งก้าน (branched) ลำต้นสีเขียว มีหนามแหลม มักเลื้อยพันต้นไม้อื่น เลื้อยยาว 1.5-4 เมตร เถา (vines) กลมเรียบ เถาอ่อนเป็นเหลี่ยม ตามข้อเถามีหนามแหลม ซึ่งเป็นหนามที่เปลี่ยนแปลงมาจากใบ (spine)

ใบคือส่วนของลำต้นที่เปลี่ยนแปลงไปให้สามารถสังเคราะห์แสงได้ (Cladodes) ใบมีลักษณะแบบเดียว (uniform) ขนาดเล็ก (small) ใบรูปลิ่มแคบ (subulate) คล้ายใบต้นไพน์ (pine needle) ปลายใบแหลม เป็นรูปเคียว โคนใบแหลม ลักษณะรวมเป็นกระจุก (fascicle) จำนวน 2-6 ใบ เรียงแบบสลับ ใบเดี่ยว แข็ง ออกรอบข้อ เป็นฝอยคล้ายหางกระรอก สีเขียว ใบกว้าง 0.5-1 มิลลิเมตร ยาว 3-6 เซนติเมตร มีหนามที่ซอกกระจุกใบ ก้านใบยาว 13-20 เซนติเมตร

เหง้าเป็นชนิดแตกกอ (sympodial rhizome) เหง้าและรากใต้ดินออกเป็นกระจุกคล้ายกระสวยออกเป็นพวงคล้ายรากกระชาย อวบน้ำ (swollen root) เป็นเส้นกลมยาว โตกว่าเถามาก

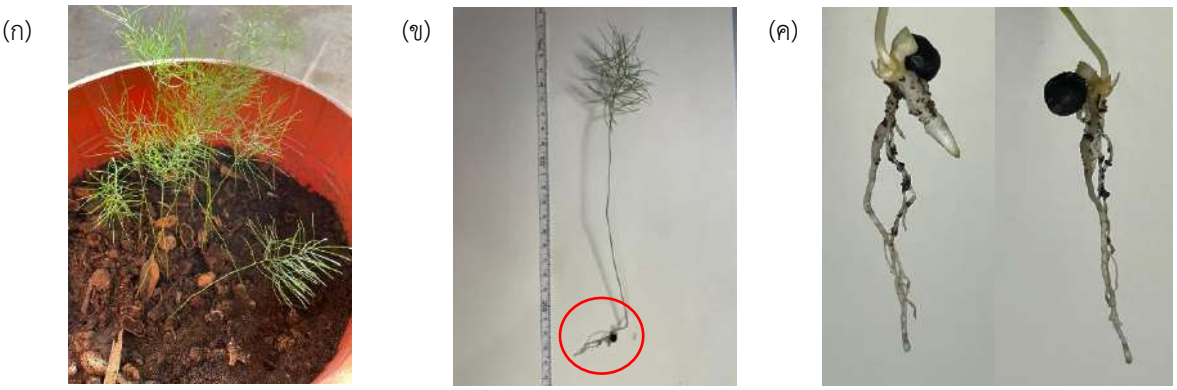
ดอกช่อ (inflorescence) แบบช่อกระจะ (raceme) ออกที่ปลายกิ่งหรือซอกใบ เรียงตัวในลักษณะดอกช่อเชิงลด (Spike) ดอกย่อย สีขาว ขนาดเล็ก ทรงระฆัง (bell-shaped) ขนาดประมาณ 2-3 เซนติเมตร มีกลิ่นหอม มี 12-17 ดอก ก้านดอกย่อย (Pedical) ยาวประมาณ 1.5-3 มิลลิเมตร ลักษณะผอมบาง (slender) กลีบดอก (petal) มี 6 กลีบ เชื่อมกันเป็นหลอดรูปดอกเข็ม ปลายแยกเป็นแฉก ส่วนหลอดยาว 2-3 มิลลิเมตร ส่วนแฉกรูปช้อน ยาว 3-4 มิลลิเมตร กลีบดอกบางและย่น เกสรเพศผู้ (stamen) เชื่อมและอยู่ตรงข้ามกลีบดอก ขนาดเล็กมี 6 อัน ขนาดประมาณ 0.7 มิลลิเมตร ก้านชูอับเรณูสีขาว อับเรณู (anther) สีเหลือง รังไข่ (ovary) รูปไข่กลับ ยาวประมาณ 1 มิลลิเมตร อยู่เหนือวงกลีบ มี 3 ช่อง แต่ละช่องมีออวุล (ovule) จำนวน 2 เมล็ด หรือมากกว่า ก้านเกสรเพศเมียสั้น ยอดเกสรเพศเมียแยกเป็นสามแฉกขนาดเล็ก โดยพืชในสกุล Asparagus พบทั้งที่มีดอกแบบสมบูรณ์เพศ (perfect flower) และดอกไม่สมบูรณ์เพศ (imperfect flower) อยู่ในต้นเดียวกัน (Judd, 2001) เช่น หน่อไม้ฝรั่ง (*Asparagus officinalis*) เป็นพืชที่มีต้นตัวผู้และต้นตัวเมียแยกต้นกัน คือมีต้นที่ให้ดอกตัวผู้และต้นที่ให้ดอกตัวเมียอย่างละเท่า ๆ กัน ซึ่งต้องอาศัยแมลงเป็นตัวช่วยผสมเกสร สำหรับต้นตัวผู้อาจให้ดอกที่เป็นดอกสมบูรณ์เพศได้แต่พบน้อยมาก ดอกตัวเมียมีขนาดเล็กมองเห็นได้ชัดและมีไม่มากเหมือนดอกตัวผู้ ประกอบด้วยเกสรตัวผู้ 6 อัน ที่ไม่สมบูรณ์ รังไข่ 3 พู และก้านเกสรตัวเมียขนาดสั้น ดอกตัวเมียและดอกสมบูรณ์เพศจะให้ผลแบบเบอรี่ (berry) ขนาดเล็ก ขณะที่ผลยังอ่อนอยู่จะมีสีเขียว เมื่อผลแก่จะเปลี่ยนเป็นสีแดง

ผลสด ค่อนข้างกลม หรือเป็น 3 พู ผิวเรียบเป็นมัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4-6 มิลลิเมตร ผลอ่อนสีเขียว (berry green) เมื่อสุกสีแดง (berry red) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8-10 มิลลิเมตร โดยปกติมีเมล็ด 1 เมล็ดต่อหนึ่งผล แต่อาจพบได้ถึง 2-3 เมล็ด โดยเมล็ดรากสามสิบมีใบเลี้ยงในเมล็ดเพียงหนึ่งใบ (monocotyledon)

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 3.1 ลักษณะทางพฤษศาสตร์ของต้นรากสามสิบ (*Asparagus racemosus* Willd.) (ก) ต้น ราก เหง้า (ข) ก้าน กิ่ง ใบ ดอก ผลอ่อนสีเขียว และผลสุกสีแดง (ค) ภาพขยายของดอก และ ผ่าด้านในของผลอ่อนและผลสุก

การเพาะเมล็ดรากสามสิบทำโดยแช่ในน้ำอุ่นอุณหภูมิ 60°C นาน 12 ชั่วโมง เพื่อกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในเมล็ด และเร่งอัตราการดูดซึมน้ำของเมล็ด จากนั้นนำเมล็ดไปแช่น้ำอุณหภูมิห้องและห่อผ้าหรือทิชชู่ชุ่มน้ำเพื่อให้เปลือกดูดซับน้ำจนอ่อนนุ่ม เพื่อให้มีการดูดซึมออกซิเจนเข้าไปในเมล็ดได้สะดวกและทำให้เมล็ดมีการหายใจเพิ่มขึ้น น้ำที่ซึมเข้าไปจะเป็นตัวละลายโปรโตพลาสซึมทำให้กิจกรรมต่าง ๆ ในเมล็ดเพิ่มขึ้น การทิ้งให้เมล็ดดูดน้ำจนถึงจุดวิกฤติจะทำให้เกิดกิจกรรมการย่อยสลายสารอาหารในเมล็ด เพื่อให้เมล็ดได้พลังงานไปใช้ในการเคลื่อนย้ายสารอาหารไปยังจุดเจริญเพื่อสังเคราะห์สารประกอบต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของต้นอ่อน (ชยพร แอคะรัจน์, 2546) หลังจากการแช่น้ำนาน 10-14 วัน พบส่วนของรากอ่อน (radicle) โผล่ออกมาจากเปลือกหุ้มเมล็ดทางรูไมโครฟายล์ (microphyte) เกิดเป็นตุ่มสีขาวสังเกตุเห็นได้ชัดเจน (Robbins & Borthwich, 1925) จากนั้นนำเมล็ดไปปลูกในดินปลูกโดยฝังให้ลึกประมาณ 0.5 เซนติเมตร รดน้ำวันละ 1 ครั้ง โดยต้นอ่อนที่มีอายุ 1 เดือน ยังมีส่วนของต้นส่วนเหนือดิน (shoot) ที่เจริญติดกับส่วนเมล็ด (สีดำ) เริ่มมีการสร้างราก (root) และรากสะสมอาหาร (storage root หรือ tuberous root) รูปกระสวย และส่วนของเหง้า (rhizome) เกิดขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 3.2 สรุประยะเวลาที่ต้องใช้ในการเพาะเมล็ดรากสามสิบให้เป็นต้นอ่อนที่แข็งแรงต้องใช้เวลาประมาณ 45 วัน



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 3.2 แสดงการเพาะเมล็ดรากสามสิบเป็นต้นอ่อน (ก) การเจริญเป็นต้นอ่อน (ข) ต้นอ่อนอายุ 1 เดือน และ ภาพขยายวงสีแดง (ค) ส่วนของต้นอ่อน ราก รากสะสมอาหาร และเหง้า ที่เริ่มพัฒนาขึ้นแต่ยังคงติดกับส่วนของเมล็ด (สีดำ)

3.2 การปลูกต้นรากสามสิบ

การปลูกต้นรากสามสิบทดลอง 4 ระบบ คือ ปลูกกลางแจ้งแบบแปลงปลูกยกร่อง ปลูกกลางแจ้งในท่อซีเมนต์ ปลูกในโรงเรือนดินที่ไม่เติมเกลือ และ ปลูกในโรงเรือนดินที่เติมเกลือ ใช้เวลาในการปลูกนาน 12-14 เดือน โดยมีการติดตามการเจริญและเก็บผลผลิตส่วนหัวมาวิเคราะห์พฤกษเคมีจำนวน 2 ครั้งคือ เมื่อต้นมีอายุ 6-8 เดือน และ 12-14 เดือน ทั้งนี้เนื่องจากการเพาะต้นกล้าต้องใช้ระยะเวลาไม่น้อยกว่า 3 เดือน การศึกษาครั้งนี้จึงใช้ต้นพันธุ์รากสามสิบที่เจริญในพื้นที่บ้านโพนสิม โดยคัดต้นให้มีขนาดใกล้เคียงนำมาใช้ในการทดลอง

3.2.1 การปลูกต้นรากสามสิบในแปลงปลูกแบบยกร่อง

การปลูกรากสามสิบทำโดยให้ชาวบ้านโพนสิมเป็นผู้ขุดต้นรากสามสิบในพื้นที่นาย้ายมาปลูกในแปลงทดลอง และปลูกรากสามสิบในแปลงยกร่องห่างกันต้นละ 50 เซนติเมตร จำนวนแถวละ 10 ต้น จำนวน 10 แถว รวมเป็น 100 ต้น เริ่มปลูกในเดือนเมษายน-2565 เริ่มมีฝนตกเดือนพฤษภาคม 2565 กรมอุตุนิยมวิทยาได้ประกาศเริ่มต้นฤดูฝนของประเทศไทยวันที่ 13 พฤษภาคม 2565 เดือนพฤษภาคมมีฝนตกหนักสลับกับฝนทิ้งช่วงประมาณ 7-10 วัน ทำให้แปลงปลูกมีน้ำท่วมขังซึ่งกระทบต่อระดับความเค็มและปริมาณธาตุอาหารในดิน เดือนมิถุนายน-กรกฎาคม 2565 ฝนยังคงตกหนักเป็นระยะในพื้นที่ทดลอง ทำให้มีวัชพืชขึ้นในพื้นที่ปลูก เดือนสิงหาคม-ตุลาคม 2565 มีฝนตกหนักมากและมีน้ำท่วมขังในร่องปลูก ฝนตกหนักมีผลต่อการชะละลายธาตุอาหารในดิน หลังการเก็บตัวอย่างพืชเพื่อไว้วิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญครั้งที่ 1 ต้นเดือนพฤศจิกายน 2565 จึงให้ปุ๋ยคอกโดยการเปิดพลาสติกโรยปุ๋ยคอกรอบโคนต้นประมาณ 200 กรัม และพรวนดินรอบโคนต้นก่อนคลุมพลาสติกกลับเช่นเดิม การคลุมพลาสติกช่วยควบคุมไม่ให้วัชพืชขึ้นและช่วยรักษาความชื้นในดิน ภาพที่ 3.3 (ค)-(ง) แสดงการเจริญของต้นรากสามสิบในแถวที่ไม่คลุมและคลุมพลาสติก ในช่วงวันที่ฝนทิ้งช่วงประมาณ 1 สัปดาห์ ของเดือนสิงหาคม 2565 จะสังเกตพบคราบเกลือรอบต้นรากสามสิบที่ไม่ได้คลุมพลาสติก กรมอุตุนิยมวิทยาประกาศเริ่มเข้าหน้าหนาว 29 ตุลาคม 2565 และเริ่มเข้าหน้าร้อนวันที่ 5 มีนาคม 2566 ในช่วงเดือน พฤศจิกายน 2565 ถึง เมษายน 2566 ที่ฝนไม่ตกการรดน้ำทำโดยการเปิดระบบน้ำหยดนาน 30 นาที ที่อัตราการไหลประมาณ 50 มิลลิลิตรต่อนาที รดน้ำ 1 วันเว้น 2 วัน

(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

ภาพที่ 3.3 แสดงสภาพของแปลงแบบยกร่อง (ก) การไถ่และยกร่องในเดือนเมษายน 2565 (ข) การปลูกแบบคลุมแปลง ทำค้างไม้เลื้อย และระบบน้ำหยดในแปลง และเสริมปุ๋ยคอกในเดือนพฤศจิกายน 2565 (ค) การเจริญของต้นรากสามสิบในสภาวะคลุมแปลง และ (ง) สภาพคราบเกลือรอบต้นรากสามสิบที่ไม่ได้คลุมแปลง

3.2.2 การปลูกต้นรากสามสิบในวงท่อซีเมนต์

การปลูกต้นรากสามสิบเริ่มในเดือนเมษายน 2565 ดินที่ใส่ลงในท่อปลูกคือดินในแปลง รองก้นหลุมด้วยปุ๋ยคอกประมาณ 300 กรัม ใช้ระบบน้ำหยดในการรดน้ำ เริ่มปลูกในเดือนเมษายน-2565 โดยใช้เหง้าต้นรากสามสิบ ช่วงเดือนพฤษภาคม 2565 มีฝนตกสลับกับฝนทิ้งช่วง 7-10 วัน เดือนมิถุนายน-กรกฎาคม 2565 ฝนที่ตกลงมาทำให้มีการเจริญของวัชพืชในวงท่อปลูกและในแปลงปลูกที่วางท่อ ฝนยังคงตกสลับกับทิ้งช่วง 7-10 วันเช่นเดิม แต่ต้นรากสามสิบมีการเจริญเติบโตที่ดีและไม่พบการตายของต้นรากสามสิบที่ปลูกในวงท่อ เดือนสิงหาคม-ตุลาคม 2565 มีฝนตกหนักมาก ทั้งนี้ต้นรากสาบสิบที่เจริญในวงท่อไม่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมขังเนื่องจากวงท่อปลูกระบายน้ำออกทางด้านล่าง แต่ปริมาณน้ำฝนอาจชะเกลือและธาตุอาหารในดินได้ หลังการเก็บตัวอย่างพืชเพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญครั้งที่ 1 ต้นเดือนพฤศจิกายน 2565 จึงเติมปุ๋ยคอกลงในวงท่อเพื่อชดเชยธาตุอาหารที่อาจเสียไปประมาณ 200 กรัม กำจัดวัชพืช และและคลุมด้วยฟางเพื่อลดการเจริญของวัชพืช รวมทั้งทำค้างปลูกแบบกระโจมเพื่อให้ต้นเกาะเลื้อยได้ดี พบต้นรากสามสิบจำนวน 23 ต้น จาก 50 ต้น (คิดเป็น 46%) มีการออกดอก และจำนวน 2 ต้น จาก 50 ต้นมีเมล็ด (คิดเป็น 4%) การเจริญของต้นรากสามสิบในแปลงปลูกแบบยกร่องแสดงดังภาพที่ 3.4

(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

ภาพที่ 3.4 แสดงการปลูกรากสามสิบในวงทอซีเมนต์ (ก) การปรับพื้น การวางท่อ และการเริ่มปลูกรากสามสิบ (ข) สภาพพื้นที่ในช่วงเริ่มเข้าฤดูฝนเดือนพฤษภาคม 2565 (ค) สภาพของแปลงท่อปลูกในเดือนสิงหาคม 2565 มีการทำค้างและระบบน้ำหยด และ (ฉ) ดอกและเมล็ดของต้นรากสามสิบที่เจริญในวงท่อ

3.2.3 การปลูกต้นรากสามสิบในโรงเรือน

การปลูกในโรงเรือนใช้ต้นรากสามสิบจากพื้นที่บ้านโพนสิม โดยนำต้นมาอนุบาลไว้ในดินทรายนาน 2 สัปดาห์ก่อนนำมาคัดต้นและย้ายปลูกลงในถุงผ้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ลึก 35 เซนติเมตร และใช้ค้างพลาสติกแบบกระโจมวงกลม ดินที่ใช้ปลูกเป็นดินผสมระหว่างดินทรายผสมดินเหนียว 1500 กิโลกรัม ดินปลูก 375 กิโลกรัม และขี้วัวตากแห้ง 15 กิโลกรัม เพื่อให้อินทรีย์วัตถุระหว่าง 0.60-1.59% ปริมาณ N ในรูปแอมโมเนียระดับต่ำ ปริมาณ P ระดับสูงมาก และปริมาณ K ระดับปานกลาง โดยศึกษาจากการปลูกรากสามสิบของประเทศอินเดีย (Agri farming, 2022) การปลูกรากสามสิบในโรงเรือนของ Saran et al. (2019) และการจัดการดินเพื่อปลูกหน่อไม้ฝรั่งในระบบเกษตรอินทรีย์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2546)

ซึ่งเป็นพืชในสกุลเดียวกับรากสามสิบ ขั้นตอนการเตรียมดินคือผสมดิน ร่อน ร่อน และตากดินเป็นเวลา 2 วัน ดังภาพที่ 3.5 (ก)-(ข) จากนั้นใส่ดินถุงละ 20 กิโลกรัม สุ่มดินไปวิเคราะห์ค่าระดับความเค็มและความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน เพื่อหาปริมาณมาณเกลือที่ต้องเติมลงไปในดินให้มีระดับความเค็มที่ประมาณ 5 dS/m ซึ่งคือระดับเค็มน้อยถึงปานกลาง การเติมเกลือใช้เกลือสินเทาว์ที่ทำขึ้นในหมู่บ้านโพนสิม โดยนำเกลือมาละลายด้วยน้ำปริมาตรที่ดินสามารถอุ้มไว้ได้ทั้งหมด และทิ้งไว้ 2 วันก่อนปลูกพืช ถุงปลูกพืชเป็นผ้าสักหลาดที่มีการระบายความชื้นได้ดี และเพื่อไม่ให้เกิดการสูญเสียเกลือจากการรดน้ำจึงรองถุงปลูกด้วยกะละมังเพื่อเก็บน้ำกรณีที่เกิดการรั่วซึมของน้ำออกจากถุงปลูกและนำกลับมารดลงในกระถางได้เพื่อรักษาระดับเกลือในดิน การปลูกเริ่มวันที่ 1 กรกฎาคม 2565 โดยคัดต้นที่มีขนาดการเจริญใกล้เคียงกัน ภาพที่ 3.5 (ค) แสดงตัวอย่างภาพถ่ายของต้นพันธุ์ที่เลือกมาปลูกในโรงเรือน ถ่ายภาพและบันทึกจำนวนราก การให้น้ำของโรงเรือนใช้ระบบน้ำหยด เดือนกรกฎาคม-สิงหาคม 2565 มีฝนตกหนักสลับกับฝนทิ้งช่วง การปรับตัวของต้นในช่วง 1 เดือนแรก พบต้นมีอาการใบเหลืองและร่วง จากนั้นจึงมีการแทงหน่อออกมาใหม่ ในเดือนสิงหาคมพบมีต้นรากสามสิบออกดอกจำนวน 5 ต้น (คิดเป็น 10%) แต่ดอกดังกล่าวเหี่ยวแห้งไปไม่เกิดเป็นเมล็ด ซึ่งอาจเนื่องจากต้นรากสามสิบเป็นพืชที่พบทั้งดอกสมบูรณ์เพศและดอกไม่สมบูรณ์เพศ จึงต้องอาศัยแมลงเป็นตัวช่วยผสมเกสร การปลูกในโรงเรือนปิดป้องกันแมลงจึงอาจทำให้ดอกไม่ได้รับการผสมเกสร เก็บตัวอย่างพืชมาวิเคราะห์ครั้งที่ 1 ในเดือนพฤศจิกายน 2565 ภาพที่ 3.5 (ง)-(จ) แสดงการปรับตัวของต้นรากสามสิบหลังปลูก 1 เดือน และภาพถ่ายของดอกต้นรากสามสิบที่ไม่ได้รับการผสมเกสร ตามลำดับ การปลูกต้นรากสามสิบในโรงเรือนระบบปิดพืชไม่ได้รับน้ำฝนจากแหล่งภายนอก (ภาพที่ 3.6) ทั้งนี้เนื่องจากเดือนสิงหาคม-ตุลาคม 2565 แสงในโรงเรือนน้อยเนื่องจากเป็นช่วงฤดูฝนท้องฟ้ามืดครึ้มและมีร่มเงาไม้จากต้นนนทรีใหญ่ข้างโรงเรือน จึงแก้ไขโดยการเปิดไฟชดเชยแสงในวันที่มีฝนตกหนัก และเดือนกันยายน 2565 ทางคณะวิทยาศาสตร์ได้ตัดต้นไม้เพื่อลดปัญหาจากร่มเงาไม้

(ก) (ข)

(ค) (ง) (จ)

ภาพที่ 3.5 แสดง (ก) ดินเหนียวผสมดินทรายที่นำมาผสม ดินปลูกยี่ห้อสวนพนาพันธุ์และขี้วัวตรานายพล (ข) การผสมดินและการร่อนดิน (ค) ตัวอย่างภาพถ่ายของต้นพันธุ์ที่เลือกมาปลูกในโรงเรือน (ง) การเจริญแตกกิ่งใหม่ของต้นรากสามสิบหลังปลูก 1 เดือน และ (จ) ภาพถ่ายของดอกต้นรากสามสิบในโรงเรือนที่ไม่ได้รับการผสมเกสร

(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

ภาพที่ 3.6 แสดงการปลูกต้นรากสามสิบในโรงเรือน (ก) การปลูกพืชในวันเริ่มต้น 1 กรกฎาคม 2565 (ข) เงาไม้ในช่วงก่อนตัดต้นไม้ (ค) การเปิดไฟในโรงเรือนในเวลา 5:00-21:00 น.เพื่อชดเชยแสงในวันฝนตกหนัก เริ่ม 1 สิงหาคม 2565 และ (ค) สภาพโรงเรือนหลังจากตัดต้นไม้

ในระหว่างการปลูกในโรงเรือนมีการตรวจวัดค่าความชื้นในอากาศ แสง อุณหภูมิของโรงเรือน และความชื้นของดิน สภาพแวดล้อมของโรงเรือน วัดทุกหนึ่งชั่วโมง โดยเฉลี่ยโรงเรือนมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในโรงเรือนเฉลี่ย 79% (ต่ำสุด 50%, สูงสุด 93%) ค่าแสงต่ำสุด (กลางคืน) 0 klux และสูงสุดในตอนกลางวัน 51 klux และ อุณหภูมิเฉลี่ย 29°C (ต่ำสุด 24°C, สูงสุด 40°C) ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศลดลงในช่วงเวลากลางวันตั้งแต่ประมาณ 7 โมงเช้า ถึงประมาณบ่ายสาม จากนั้นระดับความชื้นจะเพิ่มสูงขึ้นสอดคล้องกับระดับแสงและแปรผกผันกับอุณหภูมิ และดินรักษาระดับความชื้นดินไม่ให้ต่ำกว่า 60% โดยใช้ระบบน้ำหยด

3.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพดินและน้ำที่ใช้ในการปลูกรากสามสิบ

คุณภาพดินเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเจริญและการสร้างหัวของต้นรากสามสิบ ตารางที่ 3.1 แสดงผลการวิเคราะห์สมบัติของดินจากแปลงปลูกแบบยกร่อง ดินในท่อซีเมนต์ และ ดินในโรงเรือนซึ่งเป็นดินผสมที่เติมเกลือ เก็บตัวอย่างต้นเดือนพฤศจิกายน 2565 ในช่วงที่ต้นรากสามสิบในแปลงมีอายุ 8 เดือน และต้นรากสามสิบในโรงเรือนมีอายุ 6 เดือน หลังจากนั้นมีการเติมปุ๋ยคอกให้กับต้นในแปลงยกร่องและต้นในท่อซีเมนต์ประมาณ 200 กรัม โรยปุ๋ยบริเวณโคนต้นและพรวนรอบโคนต้น และเติมดินปลูกประมาณ 200 กรัมในกระถางปลูกในโรงเรือน ตารางที่ 3.2 และ 3.3 แสดงผลการวิเคราะห์สมบัติดินที่เก็บตัวอย่างในเดือนกรกฎาคม 2566 หลังการเติมปุ๋ย/ดินปลูก เมื่อต้นในแปลงมีอายุ 18 เดือน และ ต้นในโรงเรือนมีอายุ 12 เดือน คุณภาพของน้ำบ่อที่ใช้ในแปลงทดลองบ้านโพนสิม และ คุณภาพน้ำประปาที่ใช้ในโรงเรือน แสดงดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติของดินเก็บตัวอย่างในเดือนพฤศจิกายน 2565 ก่อนการเติมปุ๋ยเพิ่มเติม

รายการทดสอบ	หน่วย	ค่าทดสอบดินเดือน พฤศจิกายน 2565		
		ดินยกร่อง	ดินท่อปลูก	ดินโรงเรือน+เกลือ
พีเอช	-	5.6	5.6	6.7
ความต้องการปูน	Kg $CaCO_3$/Rai	134	269	67
การแจกกระจายขนาดอนุภาคดิน				
- ทราย	%	75	73	47
- ทรายแป้ง	%	18	20	34
- ดินเหนียว	%	7	7	19
เนื้อดิน*	-	LS ดินทรายปนดินร่วน	SL ดินร่วนปนทราย	L ดินร่วน
อินทรีย์วัตถุ	g/kg	5.69	9.36	19.0
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	mg/kg	17.7	19.4	254
โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	mg/kg	17.5	86.4	299
แคลเซียมที่เป็นประโยชน์	mg/kg	332	152	1,299
แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์	mg/kg	44.4	42.4	216
$EC_{1:5}$	dS/m	0.45	0.07	0.62
EC_e	dS/m	3.98	0.81	4.36
Total N	g/kg	0.39	0.35	0.56
Total Na	g/kg	0.40	0.12	0.55
Extr. Na	mg/kg	452	26	456
ESP	%	13.87	0.72	11.95
Total Cd	mg/kg	0.10	nd	nd
Total Cr	mg/kg	0.84	12.4	0.15
Total Pb	mg/kg	nd	4.60	11.20
Total Hg	µg/kg	26.7	25.8	31.9
Total As	µg/kg	1,713	1,865	5,906
Total Se	µg/kg	31,232	9,612	1,295
Sodium adsorption ratio (SAR)	-	22.0	4.4	11.1

หมายเหตุ: nd = not detected (น้อยมากจนไม่สามารถตรวจวัดได้)

*ดินทราย (Sandy, S) ดินร่วน (Loamy, L) ดินเหนียว (Clay, C) ดินทรายปนดินร่วน (LS) ดินร่วนปนทราย (SL) และดินร่วนเหนียวปนทราย (SCL)

ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่องมาตรฐานคุณภาพดิน พ.ศ. 2564 กำหนดให้โลหะหนักในดินต้องมีปริมาณ แคดเมียม (Cd) ไม่เกิน 67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โครเมียม (Cr) ไม่เกิน 17.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตะกั่ว (Pb) ไม่เกิน 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปรอท (Hg) ไม่เกิน 22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สารหนู (As) ไม่เกิน 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และซิลิเนียม (Se) ไม่เกิน 365 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คุณภาพดินในตารางที่ 3.1 แสดงให้เห็นว่าดินที่ใช้ปลูกต้นรากสามสิบมีปริมาณโลหะหนักไม่เกินมาตรฐานคุณภาพดิน

ค่าความเค็ม $EC_{1:5}$ ที่ได้จากการวัดด้วยอัตราส่วน 1:5 ตามประเภทของเนื้อดิน ณ อุณหภูมิ 25°C แสดงว่า ดินในแปลงปลูกและดินโรงเรือนที่เติมเกลือซึ่งมีค่า $EC_{1:5}$ เท่ากับ 0.45 และ 0.62 dS/m จัดอยู่ในระดับความเค็มปานกลาง (ทราย/ร่วนปนทราย 0.31-0.60 dS/m และ ดินร่วน 0.36-0.75 dS/m) ในขณะที่ดินในท่อซีเมนต์จัดอยู่ในระดับที่ไม่เค็ม คือมีค่า <0.15 dS/m ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำที่ 25°C (EC_e) ของดินในแปลงยกร่องและดินในโรงเรือนที่เติมเกลือมีค่าความเค็มเท่ากับ 3.98 dS/m และ 4.36 dS/m จัดอยู่ในระดับเค็มปานกลาง (4-8 dS/m) ซึ่งเป็นระดับดับที่มีผลต่อการเติบโตของพืชที่ไม่ทนเค็ม ค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียม (SAR) ของดินในแปลงมีค่า 22.0 สูงกว่า 13 แสดงถึงมี

โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงถึงระดับที่มีผลกระทบต่อสมบัติดิน และมีค่าเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน (ESP) ในดินแปลงยกร่อง และในดินโรงเรือนที่เติมเกลือเท่ากับ 13.87 % และ 11.95 % รวมทั้งปริมาณโซเดียมทั้งหมด (total Na) และปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ (Extr. Na) บ่งชี้ว่าดินในแปลงยกร่องมีค่าความเค็มสูงที่สุด รองลงมาคือดินในโรงเรือนที่เติมเกลือ ในขณะที่ดินของการปลูกในท่อซีเมนต์จัดว่าไม่ใช่ดินเค็ม

ดินในแปลงแบบยกร่องและดินในท่อซีเมนต์ในมีเนื้อดินเป็นดินทรายปนดินร่วน มีพีเอชเท่ากับ 5.6 อยู่ในช่วง 5.6-6.0 จัดเป็นดินที่มีความเป็นกรดปานกลาง (moderately acid) ทั้งนี้ดินในท่อซีเมนต์มีความต้องการปูนสูงกว่าดินในแปลงยกร่อง เนื่องจากดินมีอนุภาคของทรายแป้งสูงกว่าดินในแปลงยกร่อง ดินของแปลงปลูกแบบยกร่องและดินในท่อซีเมนต์มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำคือมีเพียง 5.69 และ 9.36 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.39 และ 0.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในเกณฑ์มีปริมาณไนโตรเจนต่ำ (0.25-0.50 กรัม/กก.) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินแปลงยกร่องและดินในท่อซีเมนต์มีค่าเท่ากับ 17.7 และ 19.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับมีฟอสฟอรัสค่อนข้างสูง (15-25 มก./กก.) ดินในโรงเรือนที่เติมเกลือมีค่าพีเอช 6.7 จัดเป็นดินที่เป็นกลาง (neutral) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในระดับปานกลาง คือ 19.0 กรัมต่อกิโลกรัม มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 0.56 กรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ (0.50-0.75 กรัม/กก.) และมีค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 254 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับสูงมาก (> 45 มก./กก.)

โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในดินมีแนวโน้มของความเป็นประโยชน์ต่อพืชที่แตกต่างกัน และพืชแต่ละชนิดมีความปริมาณความต้องการธาตุอาหารทั้งสามชนิดแตกต่างกัน ความเข้มข้นของธาตุอาหารในพืชขึ้นอยู่กับกระบวนการดูดซึม (absorption) กระบวนการเคลื่อนย้าย (transport) และกระบวนการสะสม (accumulation) ของธาตุอาหารเหล่านั้นภายในต้นพืช ซึ่งจะผันแปรไปตามชนิดและพันธุ์ของพืช โดยทั่วไปปริมาณธาตุอาหารประจุบวกทั้งหมดในพืชจะคงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก พืชจะพยายามรักษาระดับ ionic balance หรือ electroneutrality ให้คงที่ การมีธาตุอาหารตัวใดตัวหนึ่งในดินในปริมาณที่มากเกินพอ จะทำให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารตัวอื่นในพืชลดลงเรียกว่าความสัมพันธ์แบบต่อต้าน (antagonism) จากเกณฑ์มาตรฐานความสูงต่ำของค่าสมบัติทางเคมีของดินของกรมพัฒนาที่ดินบ่งชี้ว่า ดินแปลงแบบยกร่องมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก (< 30 มก./กก.) คือมีเพียง 17.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ดินในท่อซีเมนต์มีโพแทสเซียมอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง (60-90 มก./กก.) คือมีค่าเท่ากับ 86.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินในแปลงยกร่องและในท่อซีเมนต์มีค่า 44.4 และ 42.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในเกณฑ์มีแมกนีเซียมต่ำ (36-120 มก./กก.) ปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินแบบยกร่องมีปริมาณ 332 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สูงกว่าปริมาณแคลเซียมที่มีในท่อสองเท่า ส่วนดินผสมในโรงเรือนที่มีการเติมเกลือมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ และ แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในระดับสูงมากคือ 254, 299 และ 216 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และมีปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ 1,299 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในระดับปานกลาง

การเติมปุ๋ยทำเมื่อพืชมีอายุ 6 เดือน หลังการปลูก และเก็บตัวอย่างดินครั้งที่ 2 ในเดือนกรกฎาคม 2566 เมื่อพืชในแปลงยกร่องและในท่อซีเมนต์มีอายุ 18 เดือน และพืชในโรงเรือนมีอายุ 12 เดือน ผลการวิเคราะห์สมบัติของดินตารางที่ 3.2 แสดงให้เห็นว่า ในช่วงหลังฤดูหนาวและฤดูแล้ง ดินในแปลงยกร่องมีการเปลี่ยนแปลงของระดับธาตุอาหารและระดับความเค็มของดิน ดินมีความเป็นกรดมากขึ้นมีค่าพีเอช 5.5 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และพบปริมาณเพิ่มขึ้นของโพแทสเซียมในดินเพิ่มขึ้นอย่างมากเป็น 1283 มิลลิลิกรัมต่อกิโลกรัม (จากเดิม 17.5 มก./กก. ในเดือนพฤษภาคม 2565) แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นเป็น 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (จากเดิม 44.4 มก./กก.) และค่าปริมาณโซเดียมทั้งหมดสูงขึ้นเป็น 0.68 กรัมต่อกิโลกรัม (จากเดิม 0.40 กรัม/กก.) แต่ปริมาณของแคลเซียมลดลงเป็น 76.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (จากเดิม 332 มก./กก.) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของโพแทสเซียมและโซเดียมจากการะเหยของน้ำในพื้นที่ดินเค็มเป็นสาเหตุที่ทำให้ดินเค็มมากมีค่า EC_e เท่ากับ 10.72 dS/m ดินในท่อซีเมนต์ได้รับผลกระทบจากการระเหยของน้ำน้อยกว่าดินในแปลงยกร่อง ดินมีความเป็นกรดลดลงมีค่าพีเอช 6.5 ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่เป็นประโยชน์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และแมกนีเซียมที่มีประโยชน์มีค่าที่สูงขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์และแคลเซียมที่เป็นประโยชน์มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 457 และ 288 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้ดินในท่อซีเมนต์ยังคงจัดในกลุ่มดินไม่เค็มมีค่า EC_e เท่ากับ 0.27 dS/m ดินในโรงเรือนที่เติมเกลือไม่ได้รับผลกระทบจากฝนตกและการระเหยของน้ำในดิน เนื่องจากเป็นการปลูกในระบบปิดมีการให้น้ำระบบน้ำหยดรักษาสภาวะความชื้นในดินทำให้สมบัติดินมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย การเติมดินปลูก 200 กรัม ช่วยเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และ แมกนีเซียม มีค่าลดลงเล็กน้อย และดินยังคงอยู่ในระดับเค็มปานกลางคือมีค่า EC_e เท่ากับ 3.72 dS/m

ตารางที่ 3.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติของดินเก็บตัวอย่างในเดือนกรกฎาคม 2566 หลังการเติมปุ๋ยเพิ่มเติม

รายการทดสอบ	หน่วย	ค่าทดสอบดินเดือน กรกฎาคม 2566		
		ดินยกร่อง	ดินท่อปลูก	ดินโรงเรือน + เกลือ
พีเอช	-	5.5	6.5	7.1
ความต้องการปูน	kg $CaCO_3$/Rai	269	269	-
การแจกกระจายขนาดอนุภาคดิน				
- ทราย	%	75	73	52
- ทรายแป้ง	%	21	23	35
- ดินเหนียว	%	4	4	13
เนื้อดิน*	-	LS	SL	L
อินทรีย์วัตถุ	g/kg	6.43	8.23	22.1
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	mg/kg	19.7	22.3	203
โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	mg/kg	1,283	457	248
แคลเซียมที่เป็นประโยชน์	mg/kg	76.0	288	1,160
แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์	mg/kg	100	55.2	196
$EC_{1:5}$	dS/m	0.84	0.03	0.56
EC_e	dS/m	10.72	0.27	3.72
Total Na	g/kg	0.68	0.09	0.52
Extr. Na	mg/kg	598	555	521

*ดินทราย (Sandy, S) ดินร่วน (Loamy, L) ดินเหนียว (Clay, C) ดินทรายปนดินร่วน (LS) ดินร่วนปนทราย (SL) และดินร่วนเหนียวปนทราย (SCL)

การศึกษาการปลูกต้นรากสามสิบในโรงเรือนมีสภาวะควบคุมคือการปลูกในดินที่ไม่ได้เติมเกลือ ดังนั้นจึงวิเคราะห์สมบัติของดินโรงเรือนที่ไม่เติมเกลือที่ไม่มีการเติมดินปลูกและมีการเติมดินปลูกเพิ่มเมื่อพืชมีอายุ 6 เดือน ตารางที่ 3.3 แสดงให้เห็นว่า ดินผสมที่ใช้ในการปลูกรากสามสิบในโรงเรือนมีค่าพีเอชเป็นกลาง มีเนื้อดินเป็นดินร่วน การเติมดินปลูกเพิ่มประมาณ 200 กรัม ช่วยเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุและเพิ่มธาตุอาหารขึ้นเพียงเล็กน้อย อินทรีย์วัตถุในดินมีค่า 23 กรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับปานกลาง ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มีค่า 230 และ 290 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จัดอยู่ในระดับสูงมาก ปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ 255 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง และ ปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ 1298 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง และมีค่า EC_e 0.82 dS/m จัดเป็นดินไม่เค็ม ไม่มีผลต่อการเจริญของพืช

ตารางที่ 3.4 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ใช้ในการปลูกรากสามสิบ แหล่งน้ำที่ใช้ในแปลงยกร่องและท่อซีเมนต์คือสระที่ขุดขึ้นใหม่ในบริเวณที่ดินไม่เค็ม เก็บน้ำฝนไว้ใช้ในพื้นที่เกษตร ใช้ระบบสูบน้ำจากบ่อเก็บน้ำเข้าสู่ถังน้ำสำรองก่อนปล่อยลงสู่ระบบท่อน้ำหยด จากมาตรฐานน้ำชลประทานในด้านการเกษตรแสดงให้เห็นว่าคุณภาพน้ำบ่อมีค่าพีเอชเป็นกลาง 6.9 อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน 6.5-8.5 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 207 มิลลิกรัมต่อลิตร อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ไม่เกิน 500 มก./ล.) และอยู่ในช่วง 175-525 มิลลิกรัมต่อลิตร จัดเป็นคุณภาพน้ำระดับดี (Good) สามารถใช้ในการเพาะปลูกได้โดยไม่ต้องมีมาตรการป้องกันการสะสมความเค็ม ใช้กับพืชที่มีความทนทานต่อความเค็มพอประมาณได้ มีค่าความกระด้างทั้งหมด 28 มิลลิกรัมสมมูล $CaCO_3$ ต่อลิตร อยู่ในมาตรฐาน (< 500 มก. $CaCO_3$/ล.) และมีปริมาณคลอไรด์ 53 มิลลิกรัมสมมูล Cl^- ต่อลิตร อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (750 มก.Cl^-/ล.) และคุณภาพของน้ำประปาที่ใช้ในระบบโรงเรือนมีค่าพีเอช ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมด ความกระด้างทั้งหมด และ ปริมาณคลอไรด์ ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำชลประทานในด้านการเกษตร

ตารางที่ 3.3 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินในโรงเรือนเก็บตัวอย่างในเดือนกรกฎาคม 2566 ที่ไม่เติมเกลือ

รายการทดสอบ	หน่วย	ค่าทดสอบดินเดือน กรกฎาคม 2566	
		ดินโรงเรือน (ไม่เติมดินปลูก)	ดินโรงเรือน (เติมดินปลูก)
พีเอช	-	7.5	6.8
ความต้องการปูน	kg $CaCO_3$/Rai	-	-
การแจกกระจายขนาดอนุภาคดิน			
- ทราย	%	50	52
- ทรายแป้ง	%	36	36
- ดินเหนียว	%	14	12
เนื้อดิน*	-	L	L
อินทรีย์วัตถุ	g/kg	20.2	23.1
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	mg/kg	193	230
โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	mg/kg	189	290
แคลเซียมที่เป็นประโยชน์	mg/kg	902	1,298
แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์	mg/kg	182	255
EC_e	dS/m	0.81	0.82
Total Na	g/kg	0.26	0.31

*ดินทราย (Sandy, S) ดินร่วน (Loamy, L) ดินเหนียว (Clay, C) ดินทรายปนดินร่วน (LS) ดินร่วนปนทราย (SL) และดินร่วนเหนียวปนทราย (SCL)

ตารางที่ 3.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ใช้ในการปลูกรากสามสิบน้ำบ่อที่ใช้ในแปลงและน้ำประปาที่ใช้ในโรงเรือน

รายการทดสอบ	หน่วย	ตัวอย่างน้ำที่ใช้รดต้นรากสามสิบ	
		น้ำประปา คณะวิทยาศาสตร์	น้ำบ่อ บ้านโพนสิบ
ลักษณะทางกายภาพ	-	ใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีตะกอน	ขุ่น สีเหลือง ไม่มีกลิ่น มีตะกอน
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	pH unit	6.8	6.9
ความกระด้างทั้งหมด (Total hardness)	mg $CaCO_3$/L	88	28
สารที่ละลายได้ทั้งหมด (Total dissolved solids)	mg/L	185	207
คลอไรด์ (Chloride)	mg Cl^-/L	42	53

3.4 การเจริญของต้นรากสามสิบ และคุณลักษณะทางเคมี

ตารางที่ 3.5 สรุปการเจริญของต้นรากสามสิบในระบบปลูกทั้ง 4 ทรีตเมนต์ คือ การปลูกกลางแจ้งในแปลง การปลูกกลางแจ้งในท่อซีเมนต์ การปลูกในโรงเรือนดินไม่เค็ม และ การปลูกในโรงเรือนในโรงเรือนดินเค็ม เก็บผลการเจริญ 2 ระยะ คือ ระยะที่พืชอายุ 6-8 เดือน และพืชอายุ 12-14 เดือน ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า พืชที่มีอายุ 12-14 เดือนมีความสูงของต้นซึ่งวัดจากโคนที่ติดกับเหง้าจนถึงปลายของกิ่งที่ยาวที่สุดเพิ่มขึ้น ช่วงที่พืชอายุ 6-8 เดือน มีจำนวนกิ่งอยู่ในช่วง 5-10 กิ่งต่อต้น แต่เมื่อพืชอายุ 12-14 เดือน ครบวงรอบการเจริญพืชที่พืชจะเข้าสู่ระยะพักตัวและลงหัว (1 ปี) จำนวนกิ่งสดที่ยังไม่แห้งไปเนื่องจากการลงหัวพบอยู่ในช่วง 3-8 กิ่งต่อต้น ดังนั้นการประเมินจำนวนกิ่งเมื่อพืชอายุ 12-14 เดือน อาจไม่สามารถใช้ประเมินการเจริญได้ น้ำหนักของต้นเป็นการชั่งน้ำหนักรวมของทั้งต้น ซึ่งน้ำหนักส่วนใหญ่มาจากน้ำหนักของหัว (รากสะสมอาหาร) ต้นที่อายุครบวงรอบการเจริญ 1 ปี มีความเหมาะสมในการเก็บผลผลิต เนื่องจากมีจำนวนหัว ความยาวของหัว และ

น้ำหนักหัวโดยรวมเพิ่มขึ้น โดยภายใต้การปลูกทั้ง 4 สภาวะ พบว่าการปลูกต้นรากสามสิบในวงท่อซีเมนต์ได้จำนวนหัวเฉลี่ยสูงสุดคือ 213 หัวต่อต้น น้ำหนักหัวที่ได้หลังการตัดแต่งสูงสุด 1562 กรัม/ต้น รองลงมาคือการปลูกในโรงเรือนในดินที่ไม่เค็ม (89 หัว/ต้น และ 437 กรัม/ต้น) การปลูกในโรงเรือนในดินเค็ม (65 หัว/ต้น และ 307 กรัม/ต้น) และน้อยที่สุดคือต้นที่ได้จากการปลูกในแปลง (33 หัว/ต้น และ 80 กรัม/ต้น) ซึ่งเมื่อเทียบกับระดับความเค็มของค่า EC_e ในดินปลูกทั้ง 4 ทรีตเมนต์ค่าเฉลี่ยและการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าความเค็มมีผลต่อการเจริญและการสร้างหัวของต้นรากสามสิบ และต้นที่เจริญในดินไม่เค็มทั้งในท่อซีเมนต์และในโรงเรือนมีปริมาณคลอโรฟิลด์สูงกว่าต้นที่ปลูกในสภาวะที่เจริญในดินเค็ม ปริมาณคลอโรฟิลและคาโรทีนอยด์ของใบต้นรากสามสิบที่เจริญกลางแจ้งในท่อซีเมนต์มีค่าสูงที่สุดแสดงถึงความสมบูรณ์ของต้น และต้นที่ปลูกในโรงเรือนในดินเค็มมีปริมาณคลอโรฟิลด์และคาโรทินอยด์ต่ำที่สุดซึ่งอาจเกิดจากสภาวะดินเค็มและปริมาณแสงในโรงเรือนน้อยกว่าการปลูกกลางแจ้ง

การวิเคราะห์ค่าทางพฤกษเคมีในหัวของต้นรากสามสิบพบว่า ค่าฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และค่าฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (TFC) ในทุกสภาวะปลูกมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจนและไม่แตกต่างกันในพืชที่อายุ 6 เดือน และ 12 เดือน ค่า TPC ในสารสกัดมีค่าอยู่ในช่วง 0.7-1.2 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ค่า TFC มีค่าอยู่ในช่วง 0.2-0.5 มิลลิกรัมสมมูลของอิพิคาเตชินต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ทั้งนี้การวิเคราะห์ซาโปนินซึ่งเป็นสารหลักในหัวของรากสามสิบพบว่ารากสามสิบที่อายุครบ 1 ปี มีปริมาณซาโปนินสูงกว่าหัวที่อายุ 6 เดือน ทั้งนี้ปริมาณซาโปนินในการปลูกทั้ง 4 สภาวะมีความใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 907-1061 มิลลิกรัมซาโปนินต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในหัวไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจนทั้งในหัวอายุ 6 เดือนและ 1 ปี คือมีค่าอยู่ระหว่าง 665-1077 มิลลิกรัมกลูโคสต่อกรัมน้ำหนักแห้ง โดยที่รากของต้นที่เจริญในโรงเรือนมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงกว่าที่ปลูกกลางแจ้ง ผลการวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซิงค์พบว่าพืชที่อายุครบ 1 ปี มีการสะสมน้ำตาลรีดิวซิงค์ในหัวลดลง ยกเว้นต้นที่ปลูกในแปลงยกร่องที่มีระดับความเค็มของดินสูงมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงค์สูงที่สุดคือ 53 มิลลิกรัมกลูโคสต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงค์จากหัวที่ปลูกในอีก 3 ระบบมีค่าอยู่ในช่วง 25-28 มิลลิกรัมกลูโคสต่อกรัมน้ำหนักแห้ง การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีดีพีพีเอชและด้วยวิธีเอบีทีเอสของสารสกัดรากสามสิบแสดงให้เห็นว่าสารสกัดที่ได้จากหัวรากสามสิบที่ปลูกจากทั้ง 4 ระบบไม่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระไม่ใช่ฤทธิ์ที่โดดเด่นของสารสกัดที่ได้จากรากสามสิบ โดยมีข้อสังเกตคือสารสกัดจากรากของต้นที่อยู่ในระยะการเจริญ (6-8 เดือน) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอชสูงกว่าสารสกัดที่ได้จากต้นอายุ 12-14 เดือน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

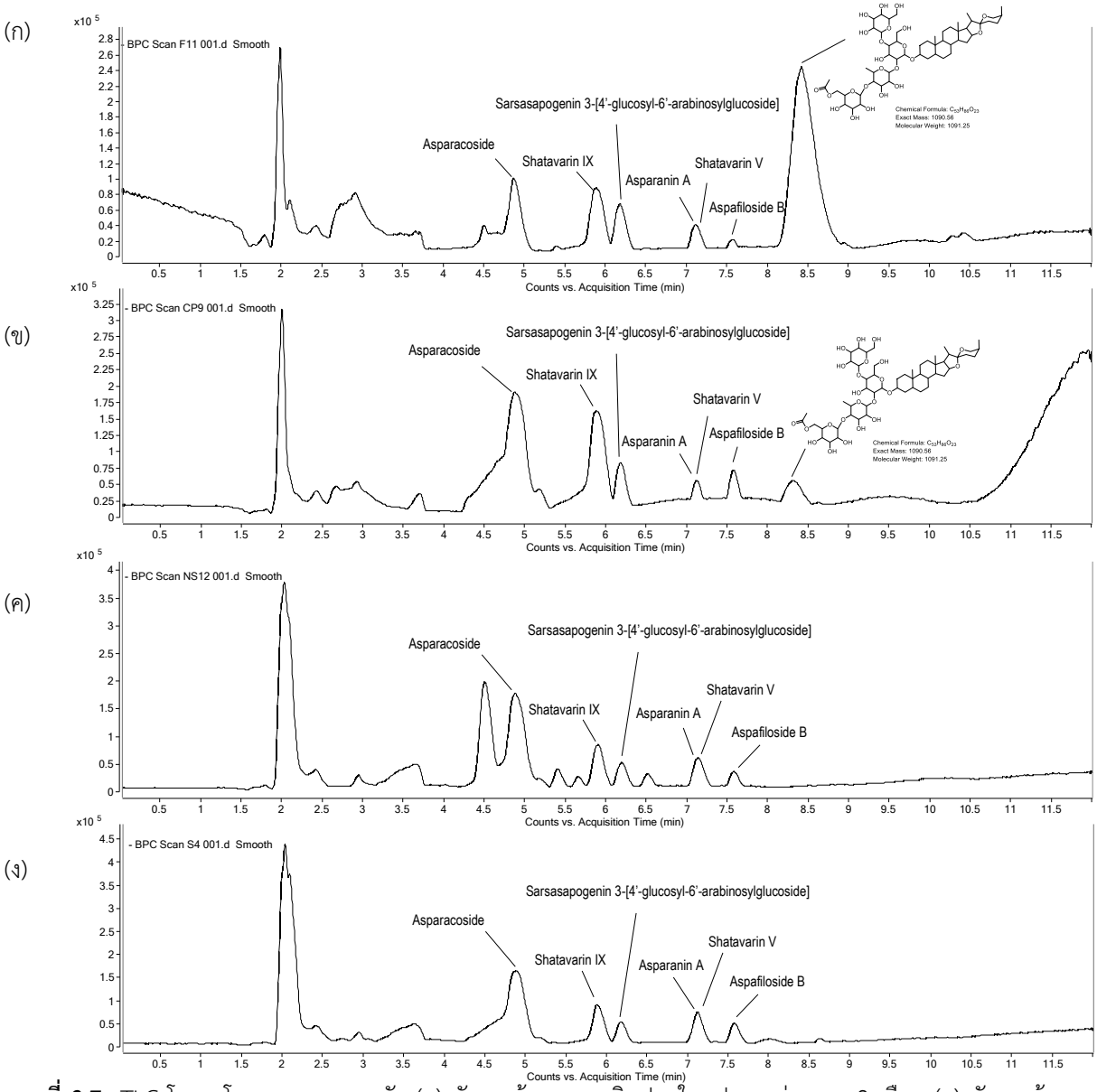
ตารางที่ 3.5 การเจริญของต้นรากสามสิบเก็บครั้งที่ 1 เดือนพฤศจิกายน 2565 ต้นที่ปลูกในแปลงและในท่อซีเมนต์อายุ 8 เดือน และต้นที่ปลูกในโรงเรือนมีอายุ 6 เดือน และการเจริญของต้นรากสามสิบหลังใส่ปุ๋ยเพิ่มเติม เก็บผลครั้งที่ 2 เดือนกรกฎาคม 2566 ต้นที่ปลูกในแปลงและในท่อซีเมนต์อายุ 14 เดือน และต้นที่ปลูกในโรงเรือนมีอายุ 12 เดือน ปริมาณน้ำตาล โพลีฟีนอล ฟีนอลิก ซาโปนิน และ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด

รายการ	ต้นในแปลง (8 เดือน)	ต้นในแปลง + ปุ๋ย (14 เดือน)	ต้นในท่อ (8 เดือน)	ต้นในท่อ + ปุ๋ย (14 เดือน)	ต้นโรงเรือน ดินไม่เค็ม (6 เดือน)	ต้นโรงเรือน ดินไม่เค็ม + ปุ๋ย (12 เดือน)	ต้นโรงเรือน ดินเค็ม (6 เดือน)	ต้นโรงเรือน ดินเค็ม + ปุ๋ย (12 เดือน)
ความสูงต้น (cm)	51.8 ± 18.0^{e}	67.8 ± 8.0^{e}	108.2 ± 30.8^{de}	182.7 ± 29.7^{bc}	167.0 ± 38.3^{c}	275.2 ± 98.4^{a}	147.0 ± 30.7^{cd}	237.0 ± 73.0^{ab}
จำนวนกิ่ง (กิ่ง/ต้น)	5.2 ± 4.0^{ab}	5.2 ± 1.5^{ab}	4.5 ± 2.6^{ab}	8.0 ± 4.6^{ab}	9.6 ± 6.2^{a}	7.0 ± 6.7^{ab}	5.6 ± 1.5^{ab}	3.4 ± 1.1^{c}
จำนวนหัว (หัว/ต้น)	33.5 ± 16.5^{d}	60.2 ± 38.4^{bcd}	79.2 ± 27.2^{bc}	213.3 ± 98.1^{a}	59.4 ± 9.6^{bcd}	89.4 ± 30.2^{b}	42.4 ± 8.7^{cd}	65.2 ± 18.8^{bcd}
ความยาวหัวเฉลี่ย (cm)	9.2 ± 3.6^{e}	18.6 ± 4.2bcd	15.2 ± 6.6cde	28.3 ± 8.1^{a}	11.7 ± 3.8^{de}	23.8 ± 5.7^{ab}	11.8 ± 1.6^{de}	21.8 ± 7.7^{abc}
น้ำหนักต้น (g wet wt./ต้น)	120.8 ± 76.3^{d}	337.6 ± 235.3^{bcd}	585.8 ± 375.5^{bc}	2,127.7 ± 952.8^{a}	234.8 ± 59.9^{cd}	639.8 ± 156.7^{b}	193.8 ± 51.6^{cd}	456.2 ± 46.0^{bcd}
น้ำหนักหัว (g wet wt./ต้น)	80.2 ± 59.2^{b}	242.8 ± 196.0^{b}	411.3 ± 263.5^{b}	1,562.7 ± 1199.4^{a}	139.4 ± 39.4^{b}	437.2 ± 105.4^{b}	114.2 ± 37.3^{b}	307.6 ± 46.4^{b}
TPC (mg GAE/g dry wt.)	1.10 ± 0.17^{ab}	0.93 ± 0.10^{ab}	1.18 ± 0.26^{a}	0.84 ± 0.10^{b}	0.96 ± 0.18^{ab}	0.78 ± 0.18^{b}	1.03 ± 0.12^{ab}	0.89 ± 0.17^{ab}
TFC (mg ECE/g dry wt.)	0.44 ± 0.12^{a}	0.21 ± 0.03^{b}	0.41 ± 0.06^{ab}	0.33 ± 0.08^{ab}	0.47 ± 0.14^{a}	0.32 ± 0.03^{ab}	0.47 ± 0.08^{a}	0.40 ± 0.22^{ab}
TSC (mg SE/g dry wt)	596.15 ± 63.14^{c}	907.73 ± 47.68^{b}	584.57 ± 109.17^{c}	1,061.07 ± 83.94^{a}	570.04 ± 8.18^{c}	1,034.40 ± 90.42^{a}	576.74 ± 66.63^{c}	961.07 ± 10.91^{ab}
Total sugar content (mg glucose/g dry wt.)	862.76 ± 93.86^{b}	665.31 ± 59.86^{b}	833.12 ± 42.18^{b}	844.10 ± 114.46^{b}	903.02 ± 86.25^{b}	1,077.15 ± 72.41^{a}	963.72 ± 75.16^{ab}	1,070.08 ± 31.54^{a}
Total reducing sugar (mg glucose/g dry wt.)	19.65 ± 0.54^{c}	53.02 ± 10.69^{b}	136.16 ± 13.95^{a}	28.32 ± 1.85^{b}	35.48 ± 8.54^{c}	25.24 ± 3.92^{b}	54.49 ± 16.59^{b}	28.26 ± 4.44^{c}
FRSA (%) DPPH	42.96 ± 4.16^{a}	26.44 ± 2.93^{b}	37.75 ± 8.72^{a}	23.35 ± 5.61^{b}	43.14 ± 3.87^{a}	25.23 ± 5.05^{b}	40.82 ± 2.77^{a}	19.57 ± 1.04^{b}
FRSA (%) ABTS	na	80.54 ± 5.64^{a}	na	72.75 ± 11.65^{a}	na	78.06 ± 11.13^{a}	na	71.31 ± 2.18^{a}
Chlorophyll a (mg//g wet wt. leaf)	na	20.89 ± 0.53^{b}	na	23.14 ± 0.59^{a}	na	21.24 + 0.40^{b}	na	16.23 ± 0.57^{c}
Chlorophyll b (mg//g wet wt. leaf)	na	8.20 ± 0.31^{c}	na	11.02 ± 0.54^{a}	na	9.11 ± 0.44^{b}	na	5.64 ± 0.32^{d}
Total chlorophyll (mg//g wet wt. leaf)	na	29.08 ± 0.82^{c}	na	34.16 ± 1.05^{a}	na	30.35 ± 0.81^{b}	na	21.86 ± 0.88^{d}
Total carotenoid (mg//g wet wt. leaf)	na	5.34 ± 0.22^{b}	na	6.21 ± 0.16^{a}	na	5.18 ± 0.20^{b}	na	3.69 ± 0.18^{c}

na = not analysed

3.5 การตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารสำคัญโดยใช้เทคนิค HPLC-Q-TOF-MS/MS

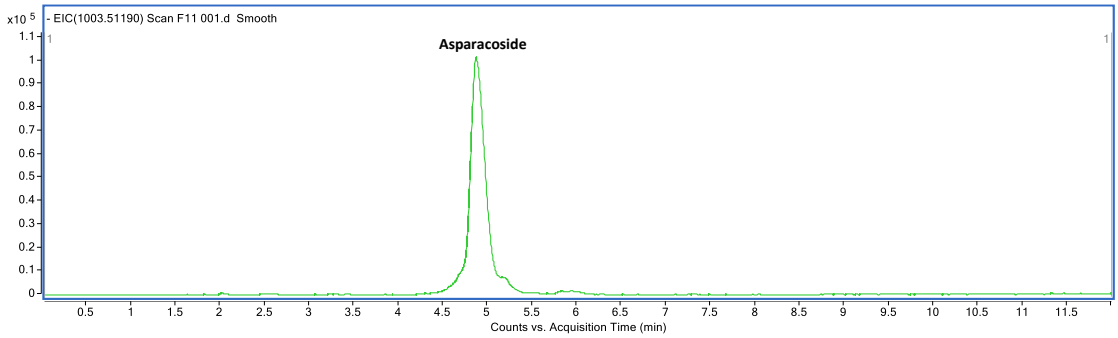
หัว (รากสะสมอาหาร) ของต้นรากสามสิบเก็บจากแปลงยกร่องและท่อซีเมนต์อายุ 8 เดือน และเก็บจากโรงเรือนที่ปลูกในดินที่เติมเกลือและไม่เติมเกลืออายุ 6 เดือน ทำแห้งแบบเยือกแข็งเพื่อรักษาสภาพสารให้ใกล้เคียงกับที่มีอยู่ในหัวสด สกัดด้วย 70% (v/v) เมทานอล ด้วยเครื่องอัลตราโซนิคที่อุณหภูมิ 50°C สภาวะสกัดมีความเหมาะสมต่อการสกัดสารซาโปนิน ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC-Q-TOF-MS/MS (ภาพที่ 3.7) แสดงให้เห็นว่า สารซาโปนินหลักที่พบในหัวของรากสามสิบที่ได้ต้นพันธุ์มาจากบ้านโพนสิมทั้งการปลูกแบบกลางแจ้งและในโรงเรือน คือ Asparacoside (ภาพที่ 3.8), Shatavarin IX (ภาพที่ 3.9), Asparanin A (ภาพที่ 3.10), Shatavarin V (ภาพที่ 3.11), และ Sarsasapogenin 3-[4'-glucosyl-6'-arabinosylglucoside] (ภาพที่ 3.12) และ Aspafiloside B (ภาพที่ 3.13) โดยการปลูกแบบกลางแจ้งทั้งแบบยกร่องและในท่อซีเมนต์พบพีคที่เวลา 8-8.5 นาที ซึ่งเมื่อวิเคราะห์รูปแบบการแตกเป็นชิ้นส่วนของมวล (mass fragmentation pattern) บ่งชี้ว่าเป็นสาร acetyl glucoside ของ Shatavarin V (ภาพที่ 3.14)



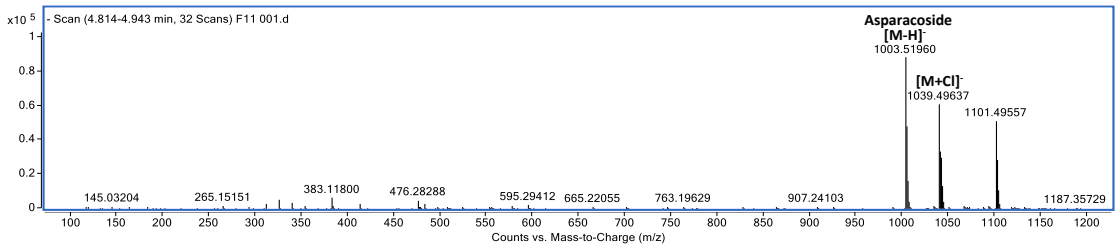
ภาพที่ 3.7 TLC โครมาโทแกรมของสารสกัด (ก) หัวของต้นรากสามสิบปลูกในแปลงยกร่องอายุ 8 เดือน (ข) หัวของต้นรากสามสิบปลูกในท่อซีเมนต์อายุ 8 เดือน (ค) หัวของต้นรากสามสิบปลูกในโรงเรือนดินไม่เค็มอายุ 6 เดือน และ (ง) หัวของต้นรากสามสิบปลูกในโรงเรือนดินเค็มอายุ 6 เดือน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

(ก)

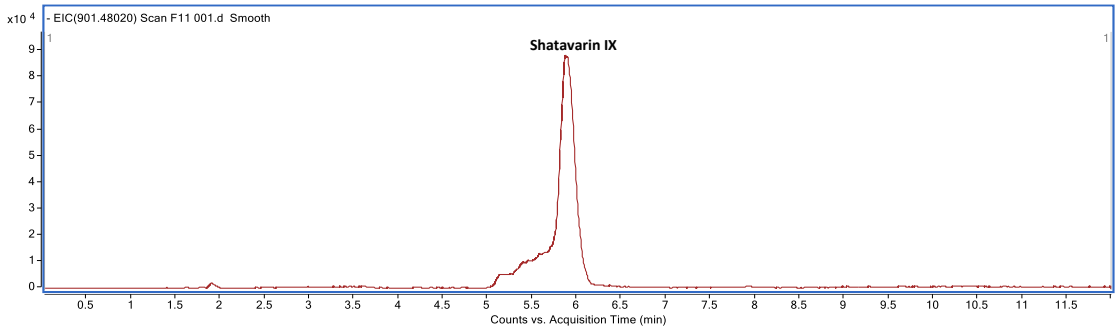


(ข)

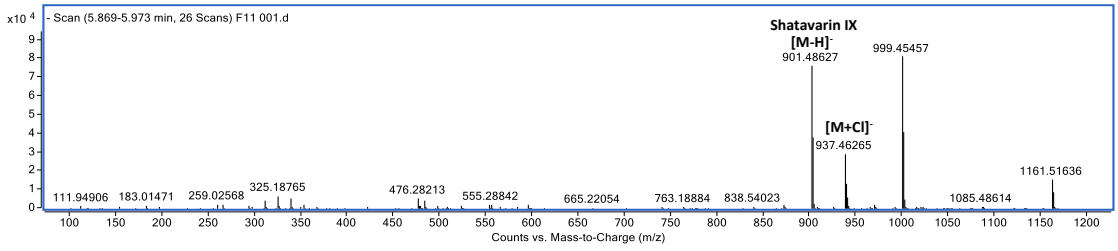


ภาพที่ 3.8 แสดง (ก) EIC สเปคตรัมของ Asparacoside ที่เวลา 4.9 นาที และ (ข) MS/MS fragmentation patterns

(ก)



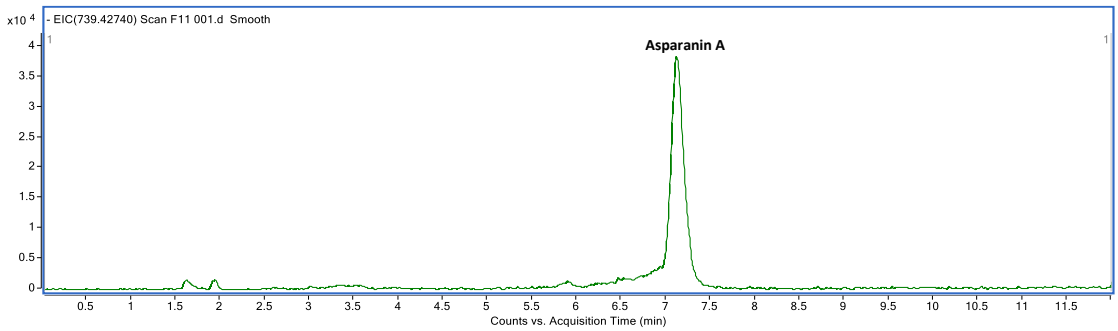
(ข)



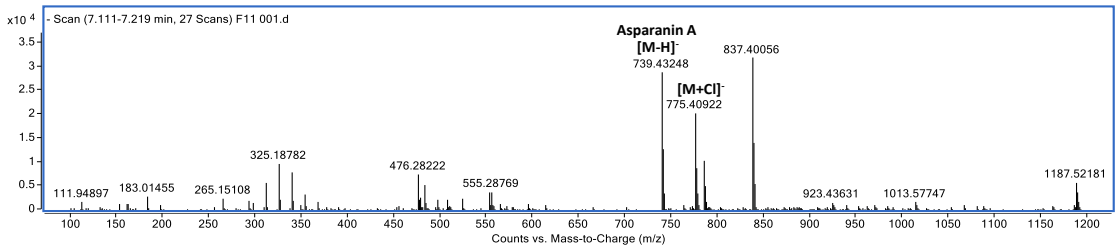
ภาพที่ 3.9 แสดง (ก) EIC สเปคตรัมของ Shatavarin IX ที่เวลา 5.9 นาที และ (ข) MS/MS fragmentation patterns

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

(ก)

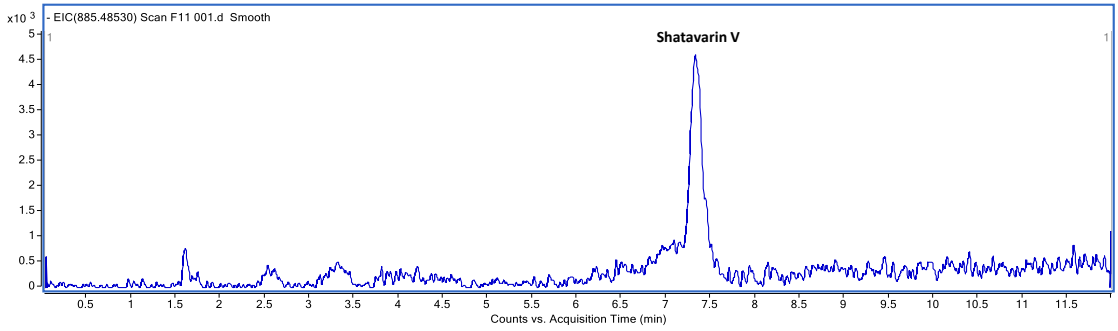


(ข)

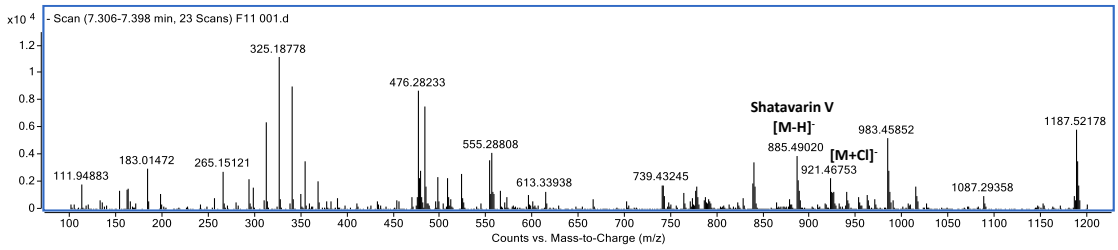


ภาพที่ 3.10 แสดง (ก) EIC สเปคตรัมของ Asparanin A ที่เวลา 7.1 นาที และ (ข) MS/MS fragmentation patterns

(ก)



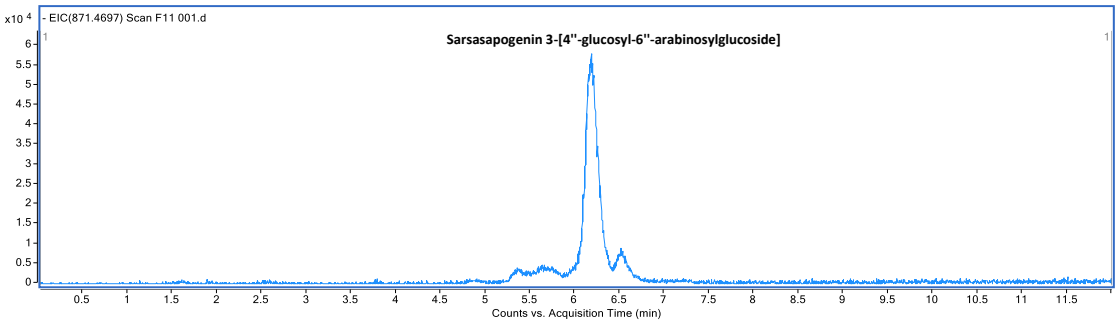
(ข)



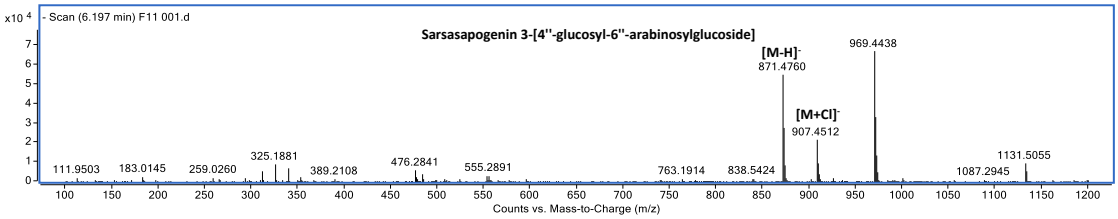
ภาพที่ 3.11 แสดง (ก) EIC สเปคตรัมของ Shatavarin V ที่เวลา 7.3 นาที และ (ข) MS/MS fragmentation patterns

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

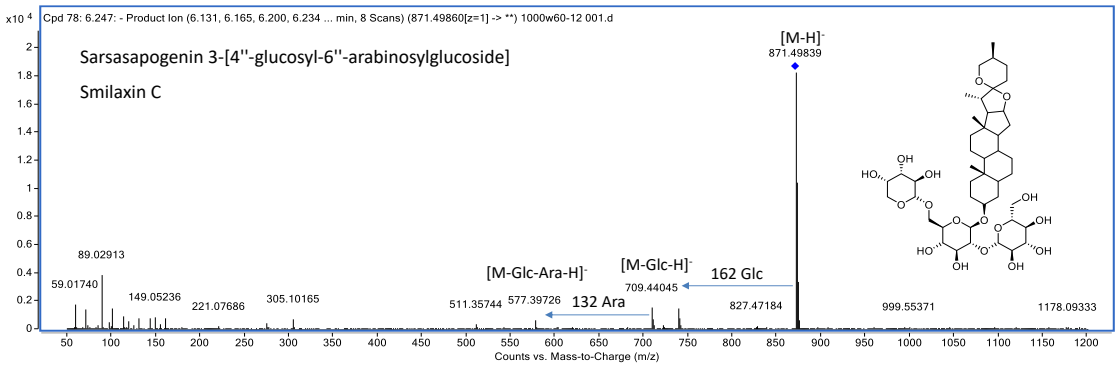
(ก)



(ข)



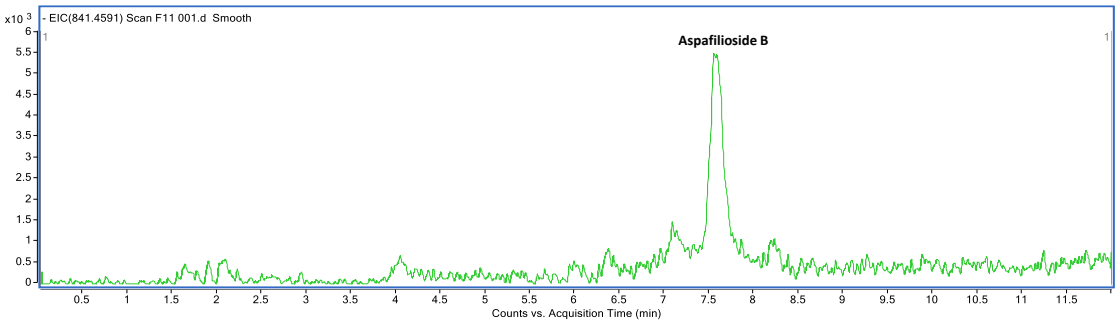
(ค)



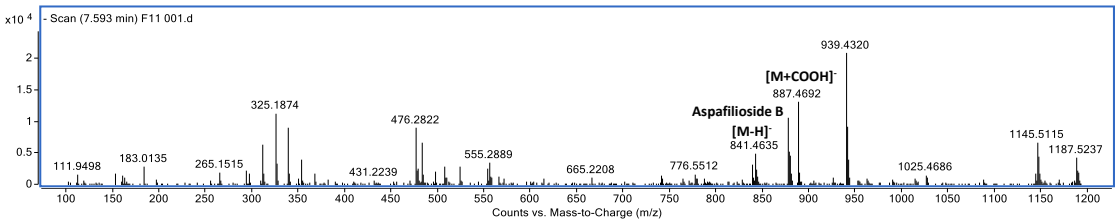
ภาพที่ 3.12 แสดง (ก) EIC สเปคตรัมของ Sarsapogenin 3-[4"-glucosyl-6"-arabinosylglucoside] ที่เวลา 6.2 นาที (ข) และ (ค) MS/MS fragmentation patterns

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

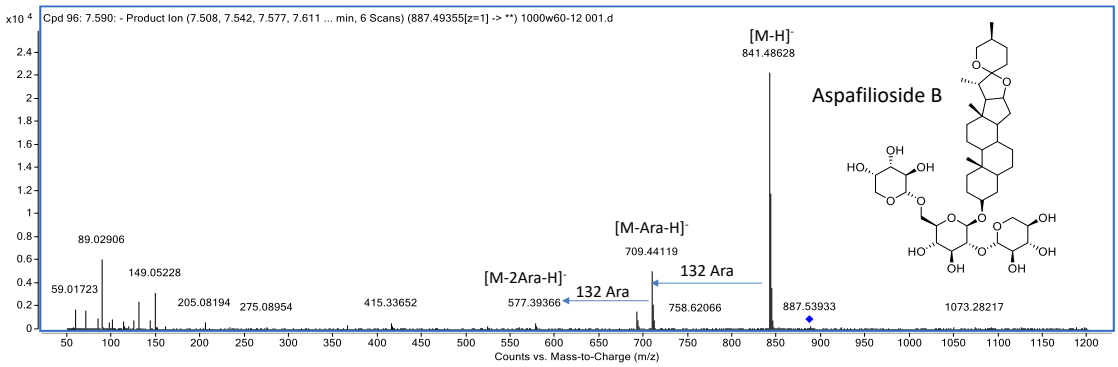
(ก)



(ข)

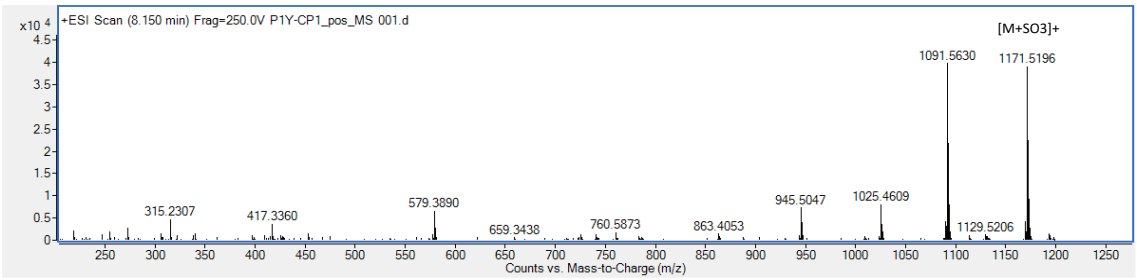


(ค)

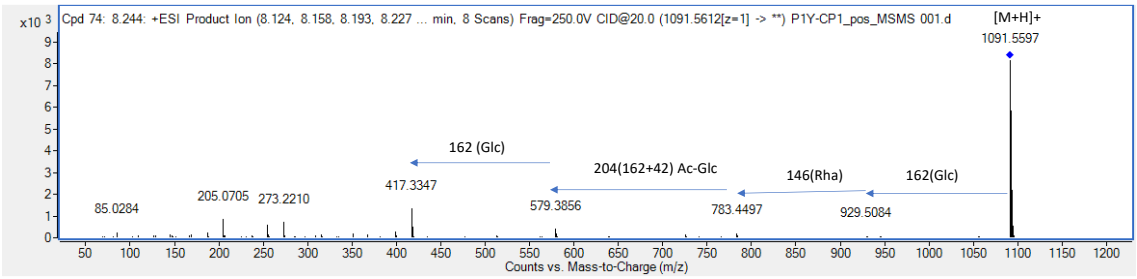


ภาพที่ 3.13 แสดง (ก) EIC สเปคตรัมของ Aspafilioside B ที่เวลา 7.6 นาที (ข) และ (ค) MS/MS fragmentation patterns

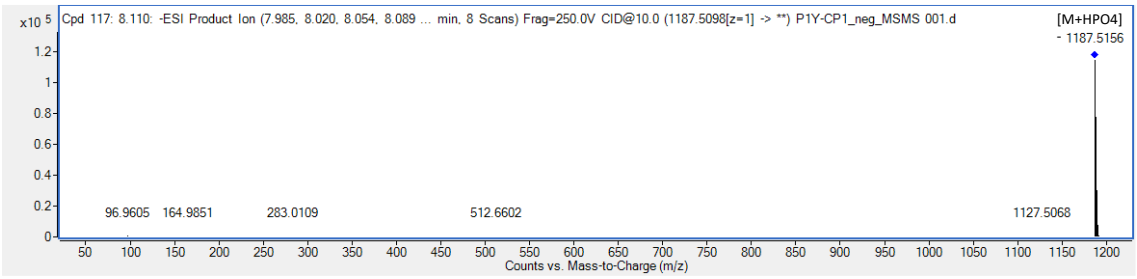
(ก)



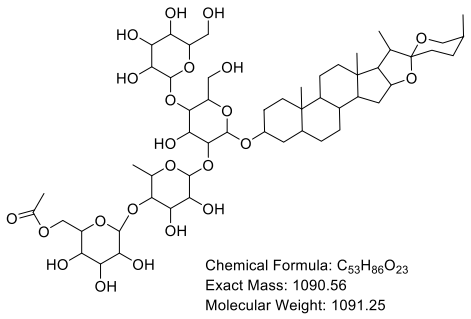
(ข)



(ค)



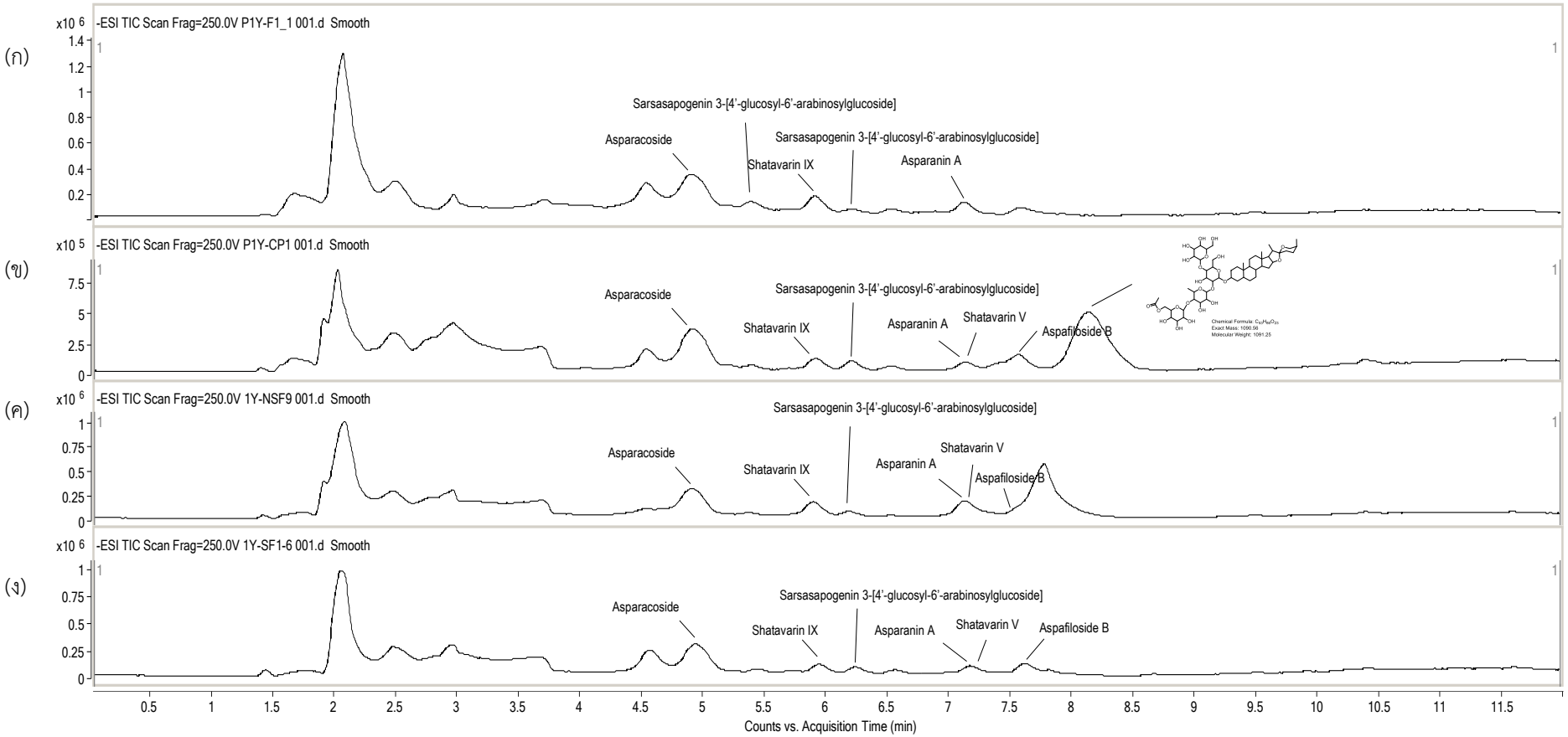
(ง)



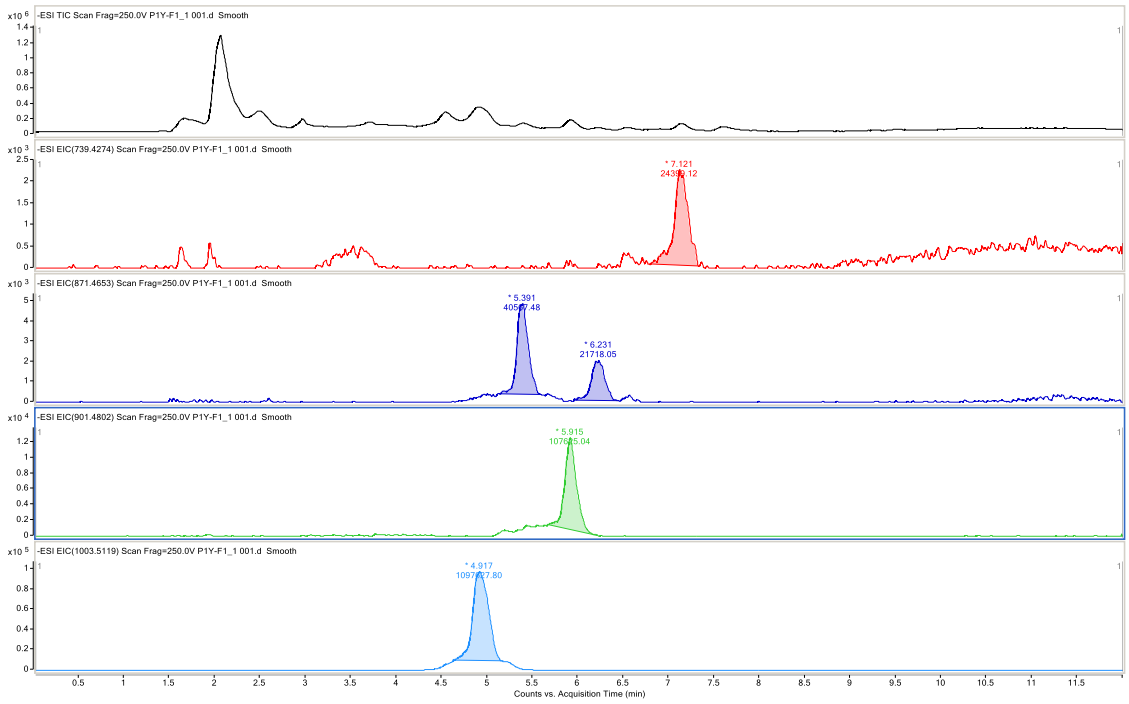
ภาพที่ 3.14 แสดง (ก)-(ค) MS/MS fragmentation patterns และ (ง) โครงสร้างของสาร acetyl glucosidic ของ shatavarin V

ภาพที่ 3.15 แสดงโครมาโทแกรมผลการวิเคราะห์สารสกัดของหัวของต้นรากสามสิบเก็บจากแปลงยกร่องและท่อซีเมนต์อายุ 14 เดือน และเก็บจากโรงเรือนที่ปลูกในดินที่เติมเกลือและไม่เติมเกลืออายุ 12 เดือน ด้วยเทคนิค HPLC-Q-TOF-MS/MS รูปแบบการแตกเป็นชิ้นส่วนของมวล (mass fragmentation pattern) บ่งชี้ว่าสารซาโปนินหลักที่พบในรากสามสิบ คือ Asparacoside, Shatavarin IX, Shatavarin V, Asparanin A, Sarsasapogenin 3-[4'-glucosyl-6'-arabinosylglucoside] และ Aspafiloside B และหัวที่ได้จากการปลูกในท่อซีเมนต์ยังพบพีคของ acetyl glucoside ของ Shatavarin V ที่เวลา 8-8.5 นาที การวิเคราะห์ในเชิงปริมาณทำโดยคำนวณพื้นที่ใต้พีคของสารซาโปนินหลักที่พบในสารสกัดของรากสามสิบปลูกในแปลงยกร่อง (ภาพที่ 3.16) สารสกัดจากรากสามสิบที่ปลูกในท่อซีเมนต์ (ภาพที่ 3.17) สารสกัดจากรากสามสิบที่ปลูกในโรงเรือนดินที่ไม่เติมเกลือ (ภาพที่ 3.18) และเติมเกลือ (ภาพที่ 3.19) เทียบกับกราฟมาตรฐาน Shatavarin IV ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กับพื้นที่ใต้พีค (ภาพที่ 3.20) ซึ่ง Shatavarin IV ไม่พบในตัวอย่างสารสกัดรากสามสิบจึงสามารถใช้เป็นสารมาตรฐานได้ ตารางที่ 3.6 แสดงปริมาณสารซาโปนินหลักที่พบในตัวอย่างสารสกัดในเชิงปริมาณ และโครงสร้างของสารกลุ่มซาโปนินทั้งหมดที่พบในสารสกัดรากสามสิบและ Shatavarin IV แสดงดังภาพที่ 3.21

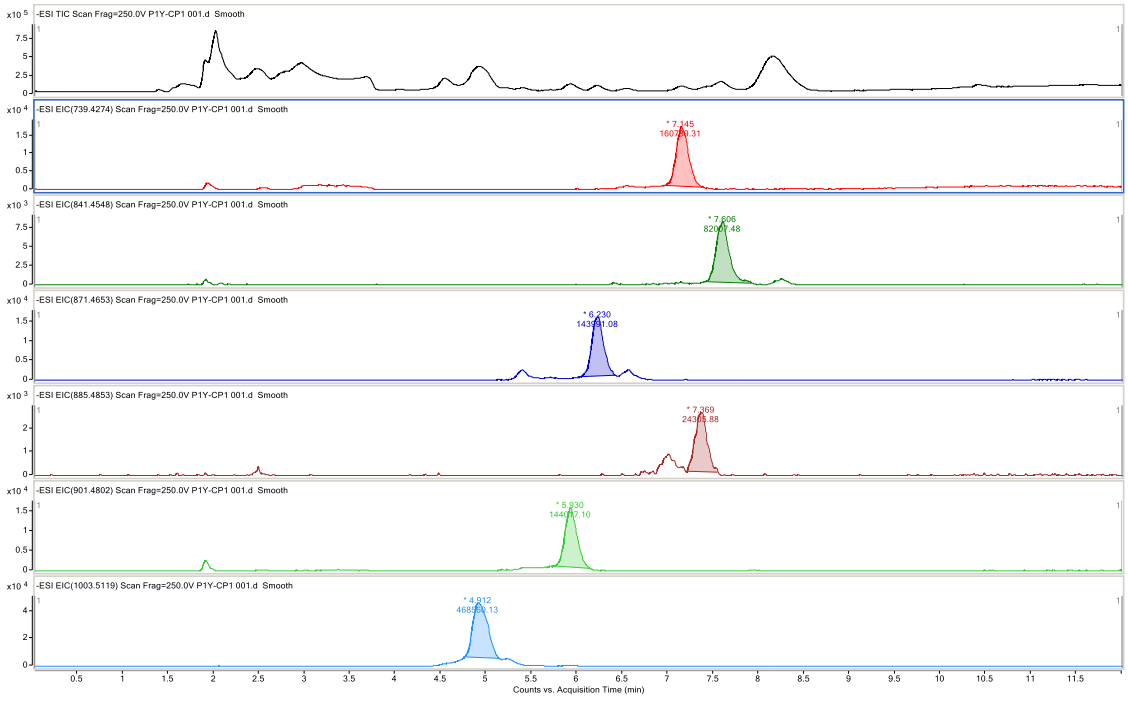
ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน



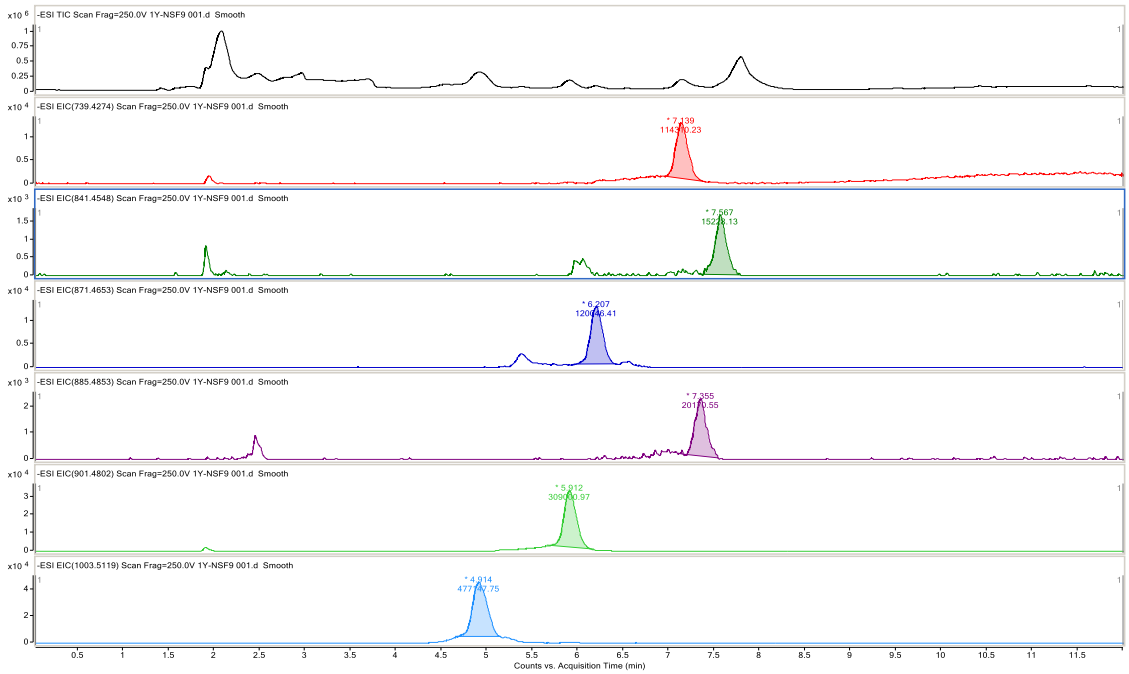
ภาพที่ 3.15 TIC โครมาโทแกรมของสารสกัด (ก) หัวของต้นรากสามสิบปลูกในแปลงยกร่องอายุ 14 เดือน (ข) หัวของต้นรากสามสิบปลูกในท่อซีเมนต์อายุ 14 เดือน (ค) หัวของต้นรากสามสิบปลูกในโรงเรือนดินไม่เค็มอายุ 12 เดือน และ (ง) หัวของต้นรากสามสิบปลูกในโรงเรือนดินเค็มอายุ 12 เดือน



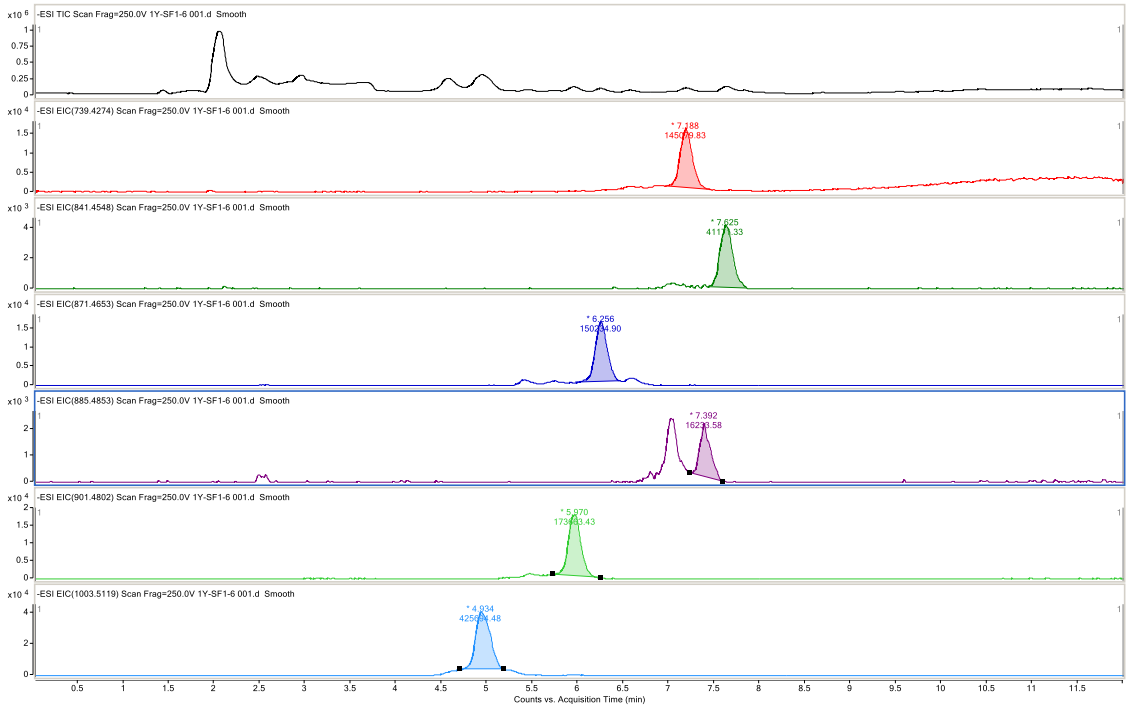
ภาพที่ 3.16 TIC โครมาโทแกรมของสารสกัดจากรากสามสิบที่ปลูกในแปลงยกร่องอายุ 14 เดือน และพื้นที่ใต้พีคของสารซาโปนินหลักที่พบในตัวอย่างสารสกัด



ภาพที่ 3.17 TIC โครมาโทแกรมของสารสกัดจากรากสามสิบที่ปลูกในท่อซีเมนต์อายุ 14 เดือน และพื้นที่ใต้พีคของสารซาโปนินหลักที่พบในตัวอย่างสารสกัด



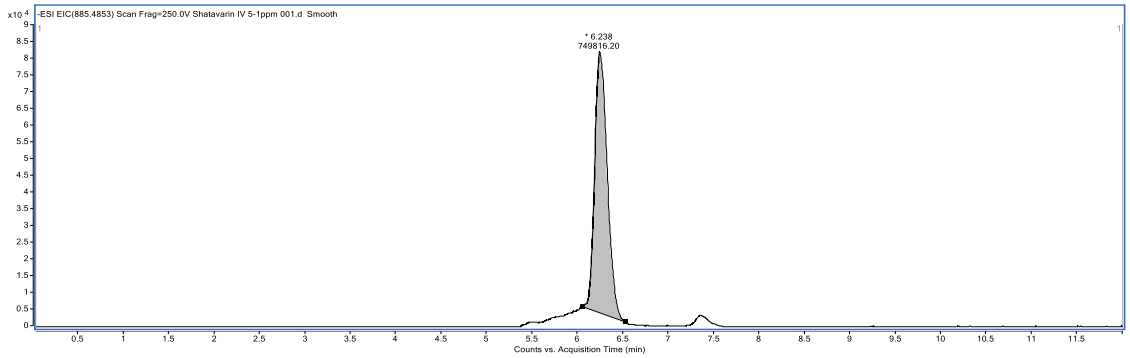
ภาพที่ 3.18 TIC โครมาโทแกรมของสารสกัดจากรากสามสิบที่ปลูกในโรงเรือนดินที่ไม่เติมเกลืออายุ 12 เดือน และพื้นที่ใต้พีคของสารซาโปนินหลักที่พบในตัวอย่างสารสกัด



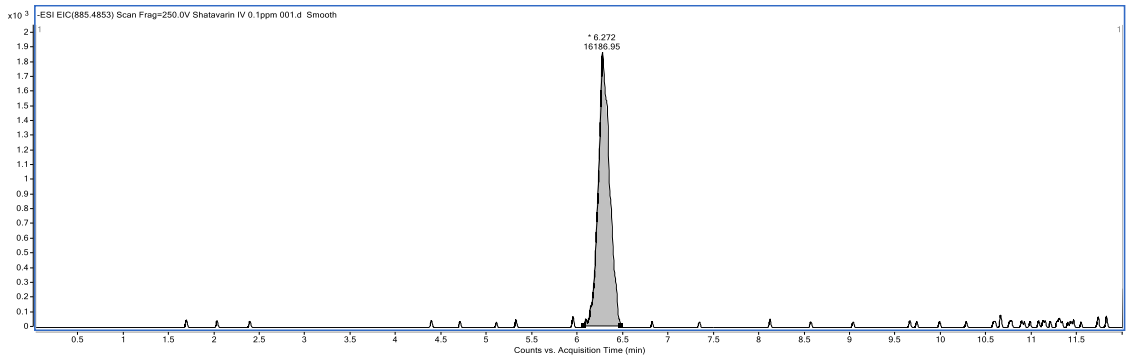
ภาพที่ 3.19 TIC โครมาโทแกรมของสารสกัดจากรากสามสิบที่ปลูกในโรงเรือนดินที่เติมเกลืออายุ 12 เดือน และพื้นที่ใต้พีคของสารซาโปนินหลักที่พบในตัวอย่างสารสกัด

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

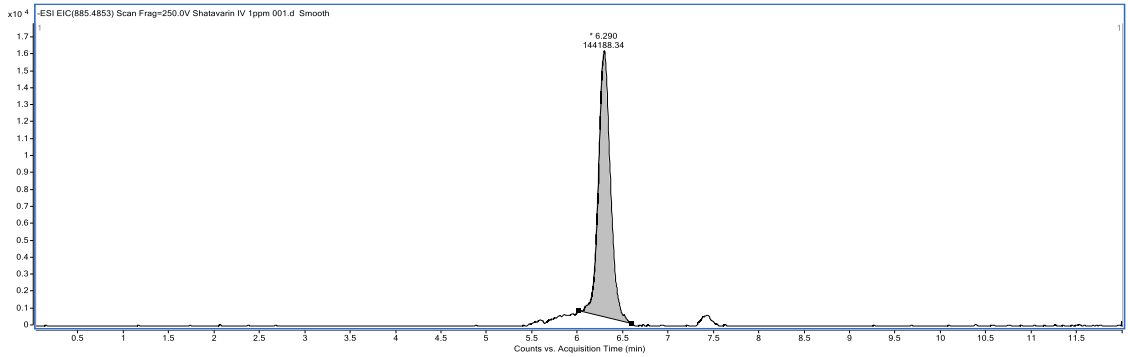
(ก)



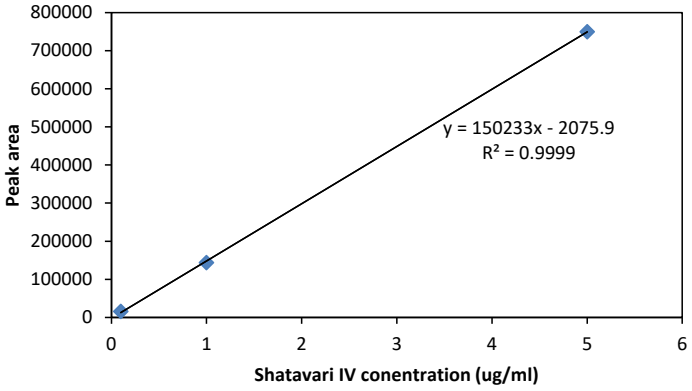
(ข)



(ค)



Conc.	Area
0.1	16186.95
1	144188.3
5	749816.2



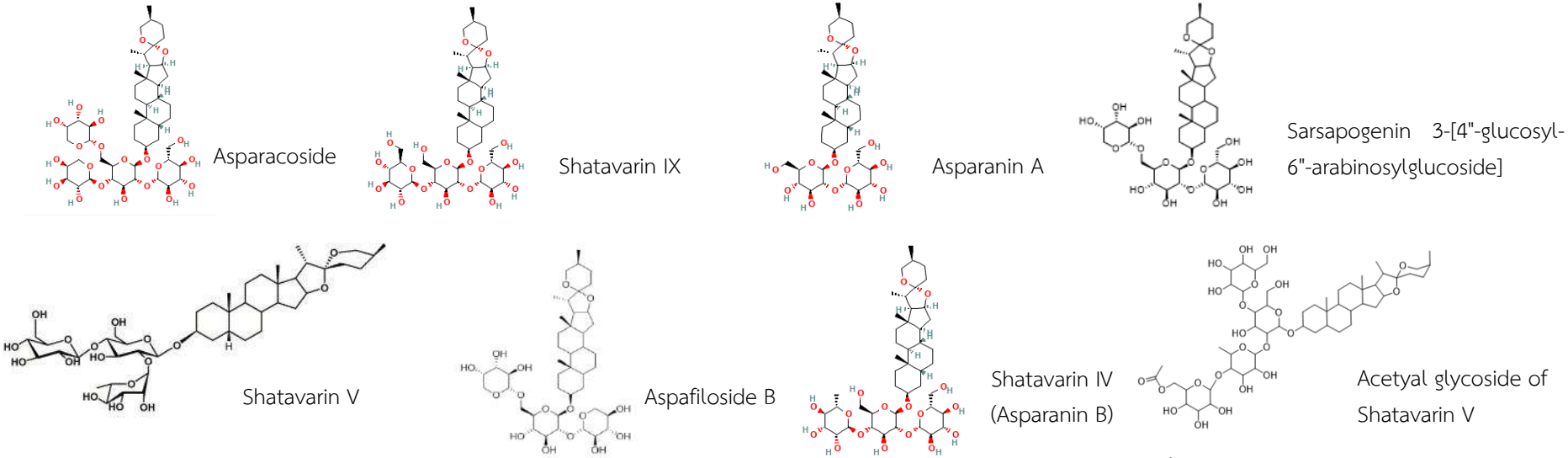
ภาพที่ 3.20 แสดงพื้นที่ใต้พีคของสารมาตรฐาน Shatavarin IV ที่เวลา 6.3 นาที ความเข้มข้น 0.1, 1.0 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ก)-(ค) และ (ง) กราฟมาตรฐาน Shatavarin IV

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางที่ 3.6 แสดงสารซาโปนินหลักที่พบในตัวอย่างหัวรากสามสิบเชิงปริมาณเมื่อเทียบพื้นที่ใต้พีคกับสารมาตรฐาน Shatavarin IV

สารซาโปนินหลัก	$[M+H]^+$	Rt (min)	ปริมาณสารซาโปนินในตัวอย่างหัวรากสามสิบเทียบกับสารมาตรฐาน Shatavarin IV (mg Shatavarin IV equivalent/L)							
			หัวจากแปลงยกร่อง		หัวจากท่อ		หัวจากโรงเรือน-ดินไม่เค็ม		หัวจากโรงเรือน-ดินเค็ม	
			ต้นที่ 1 (P1Y-F1)	ต้นที่ 2 (P1Y-F3)	ต้นที่ 1 (P1Y-CP1)	ต้นที่ 2 (P1Y-CP4)	ต้นที่ 1 (1Y-NSF6)	ต้นที่ 2 (1Y-NSF9)	ต้นที่ 1 (1Y-SF1-3)	ต้นที่ 2 (1Y-SF1-6)
Asparacoside	1003.51	4.91	7.32	4.40	3.13	3.05	4.35	3.19	3.48	2.85
Sarsapogenin 3-[4"-glucosyl-6"-arabinosylglucoside]	871.46	5.39	0.28	0.22	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Shatavarin IX	901.48	5.93	0.73	0.67	0.97	1.79	0.55	2.07	2.55	1.17
Sarsapogenin 3-[4"-glucosyl-6"-arabinosylglucoside]	871.46	6.23	0.16	0.12	0.97	1.17	0.39	0.81	1.29	1.01
Asparanin A	739.43	7.14	0.18	0.15	1.08	1.20	0.08	0.77	0.64	0.98
Shatavarin V	885.48	7.37	nd	nd	0.18	0.17	nd	0.15	0.07	0.12
Aspafiloside B	841.45	7.61	nd	nd	0.56	0.33	0.06	0.12	nd	0.29

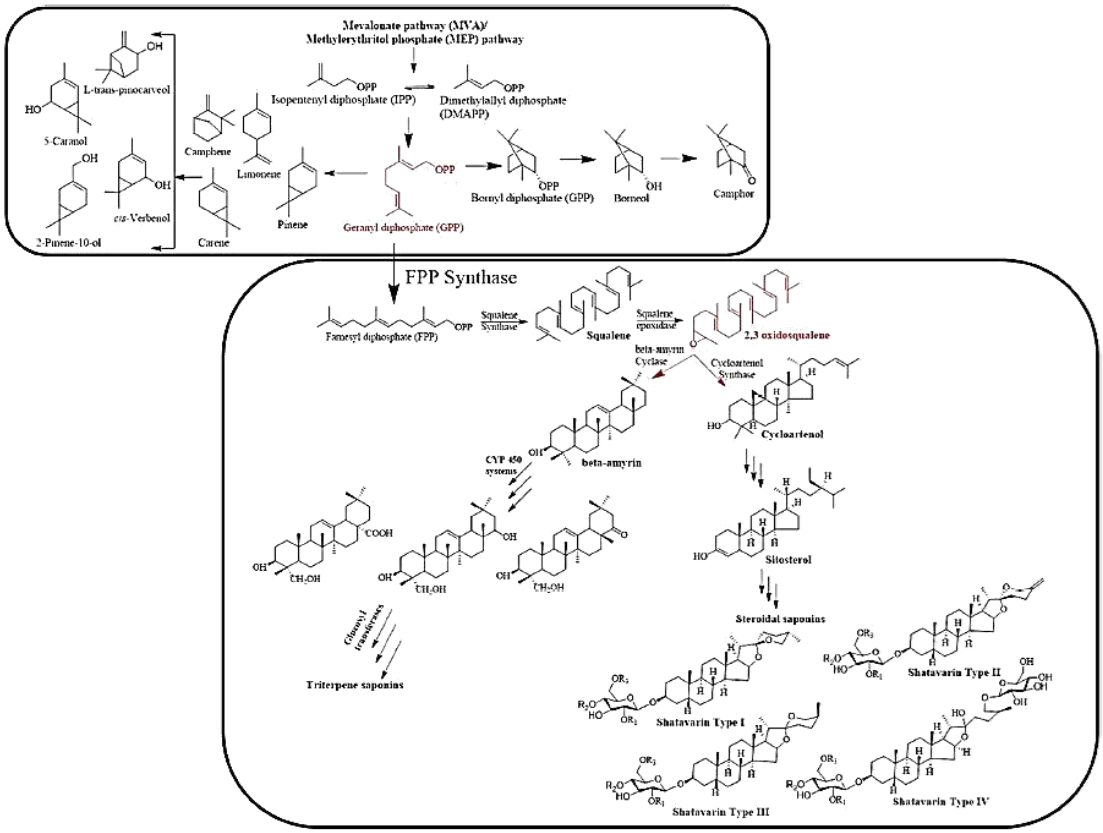
nd = not detected



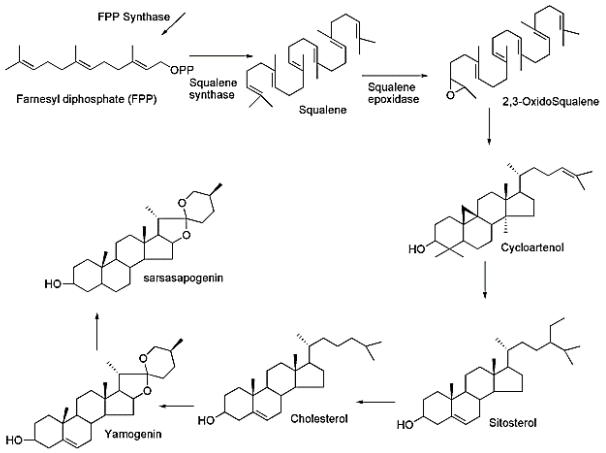
ภาพที่ 3.21 แสดงโครงสร้างของสารซาโปนินที่พบในตัวอย่างสารสกัดรากสามสิบที่ได้จากแปลงปลูกแบบยกร่อง ท่อซีเมนต์ และปลูกในโรงเรือนทั้งดินไม่เติมเกลือและเติมเกลือ

ผลวิเคราะห์เชิงปริมาณตารางที่ 3.6 แสดงให้เห็นว่าความเค็มมีแนวโน้มส่งผลต่อการสังเคราะห์สารกลุ่มซาโปนินสะสมในรากของต้นรากสามสิบเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะสาร Aaparacoside ที่พบสูงในสารสกัดจากต้นที่ปลูกแบบแปลงยกร่องซึ่งมีระดับความเค็มของดิน (EC_e) ในช่วงที่เก็บตัวอย่างสูงถึง 10.72 dS/m และพบพีคของ Sarsapogenin 3-[4"-glucosyl-6"-arabinosylglucoside] ทั้งที่เวลา 5.39 และ 6.23 นาที สาร Shatavarin IX พบสูงในสารสกัดจากต้นโรงเรือนดินเติมเกลือ สาร Asparanin A, Shatavarin V และ Aspafiloside B มีแนวโน้มพบในสารสารสกัดจากต้นที่ปลูกในท่อซีเมนต์สูงกว่าสารสกัดจากต้นที่ปลูกในทรีตเมนต์อื่น ซึ่งเมื่อพิจารณาวิธีสังเคราะห์สารกลุ่มซาโปนินของต้นรากสามสิบ (*Asparagus racemosus*) (ภาพที่ 3.22) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่สะสมสูงในรากของต้นรากสามสิบที่ปลูกในแปลง (53 mg glucose/g dry wt.) อาจเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์และสะสมสาร Asparacoside และ Sarsapogenin 3-[4"-glucosyl-6"-arabinosylglucoside]

(ก)



(ข)



ภาพที่ 3.22 วิธีการสังเคราะห์สารซาโปนินของรากสามสิบ (*Asparagus racemosus*) (ก) การสังเคราะห์ Shatavarin I, II, III, IV และ Triterpene saponin (Srivastava et al., 2018) และ (ข) Sarsasapogenin (Mustafa et al., 2022)

3.6 การจัดทำข้อมูลเพื่อกำหนดเกณฑ์การตรวจรับรองมาตรฐานวัตถุดิบสมุนไพรรากสามสิบ

การจัดทำข้อมูลเพื่อกำหนดเกณฑ์การตรวจรับรองมาตรฐานวัตถุดิบสมุนไพรรากสามสิบ ทำโดยศึกษาตัวอย่างรากสามสิบที่มีจำหน่ายในประเทศไทยจำนวน 12 ตัวอย่าง (ภาพที่ 3.23) ซึ่งมีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ดังนี้คือ AR-1 ตัวอย่างผงรากสามสิบบรรจุแคปซูลในบรรจุภัณฑ์ขวดพลาสติกมีระบุผู้ผลิตชัดเจน AR-8 และ AR-9 ตัวอย่างผงรากสามสิบบรรจุแคปซูลในบรรจุภัณฑ์ถุงพลาสติกมีชื่อผู้จำหน่ายแต่ไม่ระบุสถานที่ผลิต AR-2 และ AR-3 คือผงรากสามสิบบรรจุในบรรจุภัณฑ์ขวดแก้วและขวดพลาสติกมีฉลากระบุผู้ผลิตและสถานที่ผลิต AR-7 คือผงรากสามสิบบรรจุในบรรจุภัณฑ์ถุงฟลอยด์มีฉลากระบุผู้ผลิตและสถานที่ผลิต AR-6 ผงรากสามสิบบดหยาบบรรจุในซองชาและบรรจุภัณฑ์คือถุงพลาสติกมีฉลากระบุผู้ผลิตเป็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชน AR-10, AR-11 และ A-12 เป็นรากสามสิบหั่นสไลด์แนวยาวแห้งบรรจุในถุงพลาสติกมีชื่อร้านผู้จำหน่ายแต่ไม่ระบุสถานที่ผลิต และ AR-5 เป็นสารสกัดรากสิบชนิดน้ำบรรจุในขวดแก้วข้อบ่งใช้คือใช้เป็นยาและเป็นเครื่องสำอางค์ จึงตัดตัวอย่าง AR-5 ออกจากการศึกษาและคงเหลือตัวอย่างทั้งสิ้น 11 ตัวอย่าง เพื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างรากสามสิบที่เจริญในพื้นที่ดินเค็มหมู่บ้านโพนสิมที่ผ่านกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวด้วยการล้างและลวกก่อนอบด้วยเครื่องไมโครเวฟแบบลมร้อน 60°C ร่วมกับคลื่นไมโครเวฟ 1000 วัตต์

ตัวอย่างรากสามสิบที่ยังไม่ละเอียด (AR-10, -11, -12) ถูกสุ่มมาปั่นให้ละเอียดก่อนนำมาสกัดพร้อมกับตัวอย่างอื่นด้วยวิธีชั่งตัวอย่าง 0.125 กรัม ใส่ลงในหลอดบรรจุ 70% (v/v) เมทานอล ปริมาตร 4 มิลลิลิตร สกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิคที่อุณหภูมิ 50°C สีของสารสกัดที่ได้มีสีที่แตกต่างกันตั้งแต่สีเหลือง สีน้ำตาลอ่อน และสีน้ำตาลเข้ม (ภาพที่ 3.24) ซึ่งเมื่อพิจารณาสีของสารสกัดกับค่าวิเคราะห์ทางพฤกษเคมี (ตารางที่ 3.7) พบว่าความเข้มของสีสารสกัดไม่มีความสัมพันธ์กับค่าทางพฤกษเคมี และตารางที่ 3.7 แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างรากสามสิบทางการค้ามีค่าฟินอลิกทั้งหมด (TPC) อยู่ในช่วง 1.95-5.69 mg GAE/g dry wt. และมีค่าฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (TFC) อยู่ในช่วง 0.45-4.39 mg ECE/g dry wt. และมีค่าปริมาณซาโปนินทั้งหมด (TSC) อยู่ในช่วง 172-437 mg SE/g dry wt. และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (0.08 mM) ในค่า IC_{50} อยู่ในช่วง 0.590-3.495 mg crude/ml reaction โดยสารสกัดที่มีค่า TPC และ TFC สูงจะมีค่า IC_{50} ต่ำ ซึ่งแสดงว่าสารสกัดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงใช้ปริมาณเพียงเล็กน้อยก็สามารถต้านอนุมูลอิสระให้ลดลงได้ร้อยละ 50 ซึ่งตัวอย่างทางการค้า AR-4 ที่ผลิตจากประเทศอินเดียมีค่า TPC, TFC และ IC_{50} ใกล้เคียงกับที่มีอยู่ในตัวอย่างรากสามสิบที่เก็บจากโพนสิม และ AR-12 มีปริมาณ TSC ต่ำที่สุดเพียง 172 mg SE/g dry wt. ตัวอย่างรากสามสิบที่เจริญในพื้นที่โพนสิมที่ไม่ผ่านการลวกและผ่านการลวกก่อนอบแห้งด้วยเครื่องอบไมโครเวฟแบบลมร้อนที่ 60°C 1000 วัตต์ มีค่ามีปริมาณซาโปนินสูงถึง 807 และ 892 mg SE/g dry wt. ตามลำดับ มากกว่าในตัวอย่างการค้าถึงสองเท่า ตัวอย่างรากสามสิบอบแห้งจากโพนสิมที่ไม่ผ่านการลวกก่อนอบแห้งมีค่า TPC และ TFC มากกว่าตัวอย่างที่ผ่านการลวก ซึ่งอาจเนื่องจากการลวกตัวอย่างสไลด์ด้วยน้ำร้อนทำให้สูญเสียสารกลุ่มที่ละลายน้ำได้ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ของรากสามสิบจากโพนสิมที่ไม่ผ่านการลวกก่อนอบแห้งในค่า IC_{50} จึงมีค่า 1.598 mg crude/ml reaction แสดงถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่าสารสกัดจากรากสามสิบโพนสิมที่ลวกก่อนอบแห้งที่มีค่า IC_{50} เท่ากับ 3.709 mg Crude/ml reaction การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค LC/MS/MS เปรียบเทียบพีคสารซาโปนินที่พบในสารสกัด AR-12 และสารสกัดจากรากสามสิบจากโพนสิมที่ไม่ผ่านการลวกก่อนอบแห้ง (ภาพที่ 3.25) พบว่าสารสกัด AR-12 พบเฉพาะพีคที่แสดงถึง acetyl glucoside ของ Shatavarin V ส่วนสกัดรากสามสิบจากโพนสิมพบพีคของสารซาโปนินหลายชนิดคือ Asparacoside, Shatavarin IX, Sarsasapogenin 3-[4'-glucosyl-6'-arabinosylglucoside, Asparanin A, Shatavarin V และ Aspafiloside B

AR-1 AR-2 AR-3 AR-4 AR-5 AR-6

AR-7 AR-8 AR-9 AR-10 AR-11 AR-12

ภาพที่ 3.23 แสดงลักษณะของตัวอย่างสมุนไพรรากสามสิบที่จำหน่ายทางการค้าและรหัสตัวอย่าง

AR-1 AR-2 AR-3 AR-4 AR-6 AR-7 AR-8 AR-9 AR-10 AR-11 AR-12

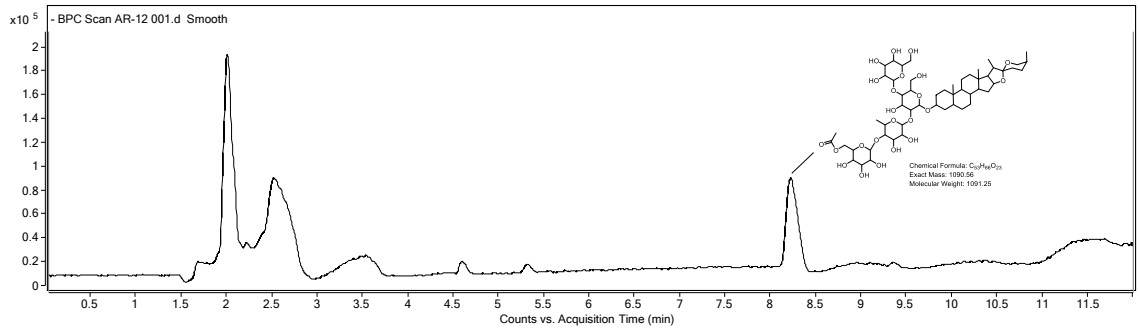
ภาพที่ 3.24 สีของสารสกัดสมุนไพรรากสามสิบที่จำหน่ายทางการค้าและรหัสตัวอย่าง

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

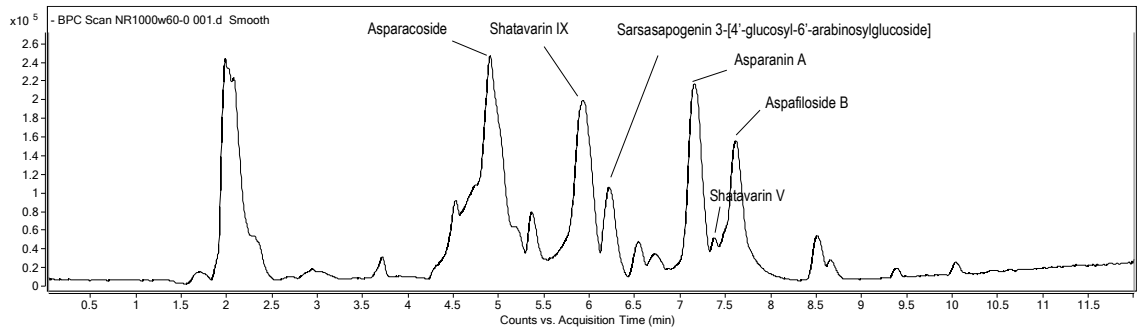
ตารางที่ 3.7 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ของตัวอย่างรากสามสิบที่จำหน่ายในท้องตลาดในรูปผงแห้งหรือรากอบแห้ง และตัวอย่างรากสามสิบจากบ้านโพนสิม

รหัสตัวอย่าง	แหล่งที่มาของตัวอย่าง	ลักษณะผลิตภัณฑ์	TPC (mg GAE/g dry wt.)	TFC (mg ECE/g dry wt.)	IC_{50} (mg crude/ml reaction)	TSC (mg SE/g dry wt.
ลวก+อบ	รากสามสิบจากโพนสิม ล้าง ลวก และอบแห้งแบบลมร้อนที่ 60°C, 1000 วัตต์	ผงบดละเอียด	1.19±0.03^{f}	0.45±0.04^{f}	3.709±0.265^{a}	892.25±82.29^{a}
ไม่ลวก+อบ	รากสามสิบจากโพนสิม ล้าง และอบแห้งแบบลมร้อนที่ 60°C,1000 วัตต์	ผงบดละเอียด	1.78±0.12^{f}	0.60±0.02^{f}	1.598± 0.119^{b}	807.91±14.4^{a}
AR-1	ร้านบุญยิ่งสมุนไพร ยาแคปซูล สมุนไพรรากสามสิบ	ผงบดละเอียดบรรจุในแคปซูล	4.78±0.12b^{c}	4.39±0.43^{a}	0.705±0.093b^{ef}	337.40±39.71^{cd}
AR-2	Macrobiotic WORLD Shatavari Superfood Powder	ผงบดละเอียด	2.33±0.10^{ef}	0.69±0.13^{f}	1.524±0.194^{b}	388.87±44.25^{cd}
AR-3	ORIENTAL HERITAGE HERBALISTS (OHH) ASPARAGUS RACEMOSUS WILLD Powder	ผงบดละเอียด	4.21±0.10^{d}	1.61±0.09^{e}	0.875±0.099^{de}	437.86±23.79^{c}
AR-4	Himalaya Shatavari WOMEN'S WILLNESS	ผงบดละเอียดอัดเม็ด	1.95±0.23^{f}	0.75±0.09^{f}	3.495±0.465^{a}	172.72±2.80^{e}
AR-6	ใบชาเวียงพิงค์ ราชินีสมุนไพร รากสามสิบ (สาวน้อยร้อยผัว)	ผงบดหยาบในถุงชา	4.14±0.23^{d}	2.00±0.11^{d}	0.678±0.083^{ef}	312.23±11.64^{d}
AR-7	Arogaya Vzd Herbals for Vitality in life SHATAVARI POWDER ผงชาทาวาริ	ผงบดละเอียด	5.17±0.38^{b}	3.55±0.32^{b}	0.531±0.006^{f}	403.79±55.80^{cd}
AR-8	JANYA IN HERB รากสามสิบแคปซูล	ผงบดละเอียดบรรจุในแคปซูล	4.73±0.41^{c}	2.82±0.05^{c}	0.590±0.056^{ef}	386.83±48.15^{cd}
AR-9	รากสามสิบแคปซูล	ผงบดละเอียดบรรจุในแคปซูล	5.69±0.26^{a}	3.36±0.24^{b}	0.597±0.064^{ef}	403.10±27.74^{cd}
AR-10	สมุนไพรบ้านนิษา รากสามสิบ	รากหันสไลด์แห้ง	2.46±0.17^{e}	0.45±0.05^{f}	1.082±0.157^{cd}	396.81±19.22^{cd}
AR-11	รากสามสิบแห้ง	รากหันสไลด์แห้ง	2.71±0.18^{e}	0.47±0.11^{f}	1.306±0.109^{bc}	421.69±46.32^{c}
AR-12	สมุนไพรท่าพระจันทร์ TPC HERB รากสามสิบแห้ง	รากหันสไลด์แห้ง	4.23±0.29^{d}	2.22±0.19^{d}	0.651±0.047^{ef}	396.50±35.08^{bc}

(ก)



(ข)



ภาพที่ 3.25 TLC โครมาโทแกรมของสารสกัด (ก) ตัวอย่างการค้า AR-12 และ (ข) รากสามสิบจากโพนสิมที่อบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน 60°C ร่วมกับคลื่นไมโครเวฟ 1000 วัตต์

การวิเคราะห์การปนเปื้อนจุลินทรีย์เบื้องต้นใช้ตัวอย่างรากสามสิบที่มีจำหน่ายทางการค้าทั้ง 11 ตัวอย่าง เจือจางตัวอย่างตั้งแต่ 10^{-1} ถึง 10^{-6} การเปรียบเทียบเทคนิการนับจำนวนจุลินทรีย์แอโรบิคทั้งหมด (total aerobic microbial count, TAMC) และจำนวนยีสต์และราทั้งหมด (total combined yeasts and molds count, TYMC) ด้วยวิธีดรอปเพลท (drop plate) และการเกลี่ยเชื้อ (spread plate) ที่พบในตัวอย่าง AR-12 ที่นับได้ด้วยวิธีดรอปเพลท (drop plate) และการเกลี่ยเชื้อ (spread plate) ใช้ตัวอย่าง AR-12 ในการศึกษา ตารางที่ 3.8 แสดงให้เห็นว่าจำนวน TAMC ที่นับด้วยวิธีดรอปเพลทและการเกลี่ยเชื้อมีจำนวนใกล้เคียงกัน แต่จำนวน TYMC ที่ได้จากวิธีดรอปเพลทมีจำนวนน้อยกว่าวิธีการเกลี่ยเชื้อซึ่งเป็นวิธีมาตรฐาน ทั้งนี้วิธีดรอปเพลทสามารถใช้ประเมินการปนเปื้อนจุลินทรีย์เบื้องต้นได้โดยเฉพาะการปนเปื้อนแบคทีเรียและจำนวน TAMC

ตารางที่ 3.8 เปรียบเทียบจำนวนจุลินทรีย์แอโรบิคทั้งหมด (TAMC) และจำนวนยีสต์และราทั้งหมด (TYMC) ที่พบในตัวอย่าง AR-12 ที่นับได้ด้วยวิธีดรอปเพลท (drop plate) และการเกลี่ยเชื้อ (spread plate)

ตัวอย่าง	วิธีการศึกษา	TAMC (cfu/g)	TYMC (cfu/g)
AR-12	Drop plate	$2.0\times10^{5}\pm0.4\times10^{5}$ (ไม่เกินมาตรฐานกำหนด)	$9.9\times10^{2}\pm0.0$
	Spread plate	$2.5\times10^{5}\pm0.1\times10^{5}$ (ไม่เกินมาตรฐานกำหนด)	$1.5\times10^{4}\pm0.5\times10^{4}$

หมายเหตุ: ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร: พืชสมุนไพรแห้ง เล่ม 1: หัว เหง้า และราก ตามพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าเกษตร พ.ศ.2551 กำหนดจำนวนยีสต์และราทั้งหมด ไม่เกิน $5.0\text{X }10^{4}$ cfu/g และจำนวนเชื้อจุลินทรีย์แอโรบิกทั้งหมด ไม่เกิน $5.0\text{X }10^{5}$ cfu/g

ตารางที่ 3.9 แสดงจำนวนจุลินทรีย์แอโรบิคทั้งหมด (TAMC) และจำนวนยีสต์และราทั้งหมด (TYMC) และผลตรวจสอบการพบเชื้อ *Clostridium* spp. ของตัวอย่างที่การค้า 11 ตัวอย่าง โดยจำนวน TYMC ที่มีอยู่จริงในตัวอย่างมีแนวโน้มมีค่าเป็นสองเท่าของจำนวนที่นับได้ด้วยวิธีดรอปเพลท ดังนั้นผลการวิเคราะห์แสดงอย่างชัดเจนว่าตัวอย่างรากสามสิบที่ไม่พบการปนเปื้อนจุลินทรีย์ทั้ง TAMC, TYMC และไม่พบการปนเปื้อน *Clostridium* spp. คือตัวอย่าง AR-4 ซึ่งผลิตจากประเทศอินเดียเท่านั้น ส่วนตัวอย่างรากสามสิบที่ผลิตและจำหน่ายในประเทศไทยพบการปนเปื้อน TAMC ทุกตัวอย่าง ทั้งนี้ตัวอย่างรากสามสิบในรูปผงรากสามสิบบรรจุแคปซูลพร้อมรับประทาน เช่น ตัวอย่าง AR-2, AR-8 และ AR-9 มีแนวโน้มการปนเปื้อนทั้ง TAMC, TYMC และ *Clostridium* เกินเกณฑ์มาตรฐานจึงควรที่ควรมีการตรวจสอบควบคุมคุณภาพอย่างเร่งด่วน

ตารางที่ 3.9 แสดงจำนวนจุลินทรีย์แอโรบิคทั้งหมด (TAMC) และจำนวนยีสต์และราทั้งหมด (TYMC) ที่พบในตัวอย่างรากสามสิบทางการค้า 11 ตัวอย่าง ศึกษาด้วยวิธีดรอปเพลท และผลตรวจสอบการพบเชื้อ *Clostridium* spp. ในตัวอย่าง

รหัสตัวอย่าง	ตัวอย่างสมุนไพรรากสามสิบ	TAMC (cfu/g)	TYMC (cfu/g)	*Clostridium* spp.
AR-1	ร้านบุญยิ่งสมุนไพร ยา แคปซูล สมุนไพรรากสามสิบ	$1.5x10^5 \pm 0.2x10^5$ (ไม่เกินมาตรฐานกำหนด)	ไม่พบ	ไม่พบการเจริญ
AR-2	Macrobiotic WORLD Shatavari Superfood Powder	$1.4x10^5 \pm 0.3x10^5$ (ไม่เกินมาตรฐานกำหนด)	$2.0x10^3 \pm 0.0$ (มีแนวโน้มเกินเกณฑ์)	ไม่พบการเจริญ
AR-3	ORIENTAL HERITAGE HERBALISTS (OHH) ASPARAGUS RACEMOSUS WILLD Powder	$6.9x10^5 \pm 1.5x10^5$ (เกินมาตรฐานกำหนด)	ไม่พบ	ไม่พบการเจริญ
AR-4	Himalaya Shatavari WOMEN'S WILLNESS	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบการเจริญ
AR-6	ใบชาเวียงพิงค์ ราชินี สมุนไพร รากสามสิบ (สาวน้อยร้อยผัว)	$9.8x10^5 \pm 1.0x10^5$ (เกินมาตรฐานกำหนด)	$2.0x10^4 \pm 0.0$ (มีแนวโน้มเกินเกณฑ์)	ไม่พบการเจริญ
AR-7	Arogaya Vzd Herbals for Vitality in life SHATAVARI POWDER ผงชาทาวาริ	$7.4x10^4 \pm 1.5x10^4$ (ไม่เกินมาตรฐานกำหนด)	ไม่พบ	พบการเจริญ (เกินมาตรฐาน)
AR-8	JANYA IN HERB รากสามสิบแคปซูล	$9.9x10^3 \pm 1.0x10^3$ (ไม่เกินมาตรฐานกำหนด)	$9.9x10^2 \pm 0.0$	ไม่พบการเจริญ
AR-9	รากสามสิบแคปซูล	$1.3x10^5 \pm 0.2x10^5$ (ไม่เกินมาตรฐานกำหนด)	$3.4x10^3 \pm 0.5x10^3$ (มีแนวโน้มเกินเกณฑ์)	พบการเจริญ (เกินมาตรฐาน)
AR-10	สมุนไพรบ้านนิษา รากสามสิบ	$1.2x10^6 \pm 0.04x10^6$ (เกินมาตรฐานกำหนด)	$9.8x10^2 \pm 0.0$	ไม่พบการเจริญ
AR-11	สมุนไพรรากสามสิบแห้ง	$1.0x10^7 \pm 0.04x10^7$ (เกินมาตรฐานกำหนด)	$4.5x10^4 \pm 2.5x10^4$ (มีแนวโน้มเกินเกณฑ์)	ไม่พบการเจริญ
AR-12	สมุนไพรท่าพระจันทร์ TPC HERB รากสามสิบแห้ง	$2.0x10^5 \pm 0.4x10^5$ (ไม่เกินมาตรฐานกำหนด)	$9.9x10^2 \pm 0.0$	ไม่พบการเจริญ
จำนวนตัวอย่างปนเปื้อน (เกินเกณฑ์)		10 (4)	7 (4)	2 (2)

หมายเหตุ: ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร: พืชสมุนไพรแห้ง เล่ม 1: หัว เหง้า และราก ตามพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าเกษตร พ.ศ.2551 กำหนดจำนวนยีสต์และราทั้งหมด ไม่เกิน $5.0X\ 10^4$ CFU/g จำนวนเชื้อจุลินทรีย์แอโรบิกทั้งหมดไม่เกิน $5.0X\ 10^5$ CFU/g และ *Clostridium* spp. ต้องไม่พบในตัวอย่าง 1 กรัม

3.7 กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวสมุนไพรรากสามสิบ

กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม เป็นการทำงานวิจัยร่วมกับคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมชีวภาพ โดยเก็บตัวอย่างรากสามสิบที่เจริญในพื้นที่บ้านโพนสิม การเตรียมตัวอย่างก่อนการอบแห้งทำโดยคัดเลือกรากที่มีความสมบูรณ์ ไม่มีรอยแมลงกัดแทะ และไม่มีการเน่าเสียหรือขึ้นรา นำมาตัดส่วนหัวและส่วนปลายของรากสะสมอาหารออกให้เหลือเฉพาะส่วนที่เป็นรากสะสมอาหาร ล้างให้สะอาดโดยใช้ฟองน้ำถูเบา ๆ เพื่อล้างเศษดินออกให้หมด และล้างน้ำสะอาดซ้ำอีกสองครั้ง นำส่วนรากที่ล้างสะอาดแล้วมาสไลด์ด้วยเครื่องสไลด์ด้านขวางให้เป็นแว่นหนา 3 มิลลิลิเมตร ก่อนนำมาศึกษาการเตรียมตัวอย่างโดยไม่ลวกและลวกน้ำร้อน ก่อนนำมาอบแห้ง 3 แบบ คือ การอบด้วยเครื่องอบลมร้อนที่ 60°C อบด้วยเครื่องอบไมโครเวฟแบบลมร้อนที่ 60°C 1000 วัตต์ และ 60°C 1500 วัตต์ เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการอบแห้งให้มีความชื้นต่ำกว่า 10% (w/w) ความชื้นเริ่มต้น (initial moisture) และความชื้นสุดท้าย (final moisture) คุณภาพด้านสี (*L**, *a**, *b**, H^{o} และ *C**) สารฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) สารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (TFC) สารซาโปนินทั้งหมด (TSC) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugar content) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงค์ (total reducing sugar) จำนวนแบคทีเรียแอโรบิคทั้งหมด (TAMC) และจำนวนยีสต์และราทั้งหมด (TYMC) ในตัวหลังการอบแห้ง ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 3.10 ภาพตัวอย่างรากสามสิบสไลด์อบแห้งก่อนบดและบดละเอียดแสดงดังภาพที่ 3.26

ผลการทดลองตารางที่ 3.10 แสดงให้เห็นว่าการลวกทำให้ความชื้นเริ่มต้นของตัวอย่างรากสามสิบสดเพิ่มขึ้นจาก 80% เป็น 87% ทั้งนี้การอบแห้งทุกวิธีให้ค่าความชื้นสุดท้าย 7-8% น้อยกว่าเกณฑ์ความชื้นมาตรฐาน 10.0% (w/w) และมีค่า a_w ไม่แตกต่างกัน การลวกก่อนการอบมีแนวโน้มทำให้ปริมาณ TABC และ TYMC ในตัวอย่างลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ผ่านการลวกค่าสี *L**, *a**, *b** แสดงให้เห็นว่าการลวกก่อนการอบทำให้ตัวอย่างมีสีอ่อนมากกว่าตัวอย่างที่ไม่ลวกก่อนอบ และการใช้ไมโครเวฟร่วมกับการอบแบบลมร้อนช่วยลดระยะเวลาการอบแห้ง และรักษาระดับ TSC ได้มากกว่าการอบแห้งแบบลมร้อนที่ 60°C การศึกษาค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ของการทรีตเม้นต์ (ลวกและไม่ลวก) และการอบแห้งรากสามสิบที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะต่าง ๆ ดังตารางที่ 3.11 แสดงให้เห็นว่าการลวกตัวอย่างรากสามสิบสไลด์ด้วยน้ำทำให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงค์ลดลง ปริมาณ TPC และ TFC มีค่าลดลงเล็กน้อย แต่ไม่มีผลต่อค่า TSC อย่างมีนัยสำคัญ และวิธีการอบแห้งที่แตกต่างกันมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงค่าต่าง ๆ เพียงเล็กน้อย และปริมาณความชื้นสุดท้ายหลังการอบแห้งรวมทั้งค่า a_w มีความสัมพันธ์เชิงลบกับ TPC, TFC, TSC ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงค์ และปริมาณของสารพฤกษเคมีที่มีอยู่ในตัวอย่างมีความสัมพันธ์เชิงบวก

อายุการเก็บรักษา (shelf life) เป็นปัจจัยสำคัญที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์รากสามสิบแผ่นอบแห้ง ภาพที่ 3.27 แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างที่เก็บรักษาในถุงฟลอยด์กันแสงและในลังพลาสติกเพื่อรักษาอุณหภูมิและความชื้น 27±2 °C และ 62±5% เมื่อเวลาผ่านไป 3, 6 และ 12 เดือน มีสีที่เข้มขึ้นพิจารณาจากค่า *L** ที่ลดลง และมีปริมาณ TPC, TFC และ TSC น้อยลงเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น เทียบกับตัวอย่างหลังการอบแห้ง (0 เดือน) โดยแม้ค่า TSC จะมีการเปลี่ยนแปลงลดลงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษานาน 12 เดือน การวิเคราะห์ LC-MS/MS ของตัวอย่างรากสามสิบอบแห้งทั้งที่ผ่านการลวกและไม่ผ่านการลวกก่อนอบแห้งแสดงให้เห็นว่าพีกหลักของสารสกัดจากตัวอย่างรากสามสิบที่เก็บรักษานาน 12 เดือน มีความสูงพีคลดลง ภาพที่ 3.28 (ข) แสดงการลดลงของพีค Apsparcoside และ ภาพที่ 3.29 (ข) แสดงการลดลงของพีค Asparanin A และมีรูปแบบโครมาโทแกรมที่เปลี่ยนแปลงไป จากการพิจารณาถึงปริมาณสารซาโปนินซึ่งเป็นคุณสมบัติหลักของรากสามสิบและความปลอดภัยจากการปนเปื้อนจุลินทรีย์และการประหยัดพลังงานในการอบแห้ง จึงเลือกวิธีการเตรียมตัวอย่างโดยการลวกก่อนอบแห้งด้วยไมโครเวฟแบบลมร้อนที่ 60°C 1000 วัตต์

(ก) (ข)

ภาพที่ 3.26 แสดง (ก) ตัวอย่างรากสามสิบอบแห้งที่ไม่ผ่านการลวกก่อนอบแห้งด้วยเครื่องอบไมโครเวฟแบบลมร้อนที่ 60°C 1000 วัตต์ และ (ข) ตัวอย่างรากสามสิบอบแห้งที่ผ่านการลวกก่อนอบแห้งที่ 60°C 1000 วัตต์ ทั้งก่อนบดและหลังบด

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางที่ 3.10 คุณลักษณะของตัวอย่างรากสามสิบสไลด์ที่ไม่ลวกและผ่านการลวก อบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน 60°C (TD 60C) เครื่องอบลมร้อนแบบไมโครเวฟที่ 60°C 1000 วัตต์ (MW1000 + 60C) และเครื่องอบลมร้อนแบบไมโครเวฟที่ 60°C 1500 วัตต์ (MW1500 + 60C)

พารามิเตอร์	ไม่ลวก (Non-blanched)			ลวก (Blanched)		
	TD 60C	MW1000 + 60C	MW1500 + 60C	TD 60C	MW1000 + 60C	MW1500 + 60C
Time (hrs)	7	6	5	6	5	4
Initial moisture (%)	79.84 ± 0.55^{a}	79.83 ± 0.56^{a}	80.15 ± 0.60^{a}	87.47 ± 0.28^{b}	87.56 ± 0.65^{b}	87.24 ± 0.31^{b}
Final moisture (%)	6.87 ± 0.64^{a}	7.23 ± 0.52^{ab}	7.16 ± 0.36^{ab}	7.07 ± 0.43^{ab}	7.86 ± 0.21^{b}	7.62 ± 0.36^{ab}
a_w	0.339 ± 0.014^{a}	0.378 ± 0.012^{b}	0.339 ± 0.025^{a}	0.328 ± 0.014^{a}	0.356 ± 0.014^{ab}	0.333 ± 0.027^{a}
*L**	87.60 ± 0.44^{c}	90.90 ± 1.08^{d}	88.24 ± 0.61^{c}	84.53 ± 0.55^{a}	85.99 ± 0.62^{b}	83.76 ± 0.70^{a}
*a**	2.79 ± 0.28^{c}	1.73 ± 0.30^{a}	2.29 ± 0.14^{b}	2.58 ± 0.11b^{c}	2.27 ± 0.04^{b}	2.85 ± 0.08^{c}
*b**	16.79 ± 1.57^{bc}	13.81 ± 0.69^{a}	15.51 ± 0.59^{ab}	16.71 ± 1.33^{bc}	15.78 ± 0.32^{bc}	17.65 ± 0.56^{c}
H^{o}	80.57 ± 0.65^{a}	82.91 ± 0.87^{c}	81.60 ± 0.30^{b}	81.19 ± 0.42^{ab}	81.80 ±0.10^{ab}	80.83 ± 0.12^{ab}
*C**	17.02 ± 1.58^{bc}	13.92 ± 0.72^{a}	15.68 ± 0.60^{ab}	16.91 ± 1.32^{bc}	15.94 ± 0.32^{bc}	17.88 ± 0.56^{c}
TPC (mg GAE/g DW)	1.56 ± 0.11^{b}	1.96 ± 0.08^{c}	1.63 ± 0.08^{b}	1.26 ± 0.10^{a}	1.35 ± 0.11^{a}	1.19 ± 0.11^{a}
TFC (mg ECE/g DW)	0.64 ± 0.07^{bc}	0.69 ± 0.07^{c}	0.61 ± 0.12^{bc}	0.46 ± 0.07^{ab}	0.52 ± 0.07^{ab}	0.42 ± 0.06^{a}
TSC (mg SE/g DW)	872.5 ± 25.2^{a}	1256.8 ± 25.1^{d}	989.1 ± 36.5^{b}	1031.0 ± 23.4^{bc}	1296.4 ± 29.6^{d}	1060.2 ± 30.6^{c}
Total sugar (mg/g DW)	1424.8 ± 44.2^{c}	1277.1 ± 17.1^{d}	1457.8 ± 16.4^{c}	1170.2 ± 11.4^{a}	1263.1 ± 53.1^{b}	1152.7 ± 28.4^{a}
Total reducing sugar (mg/g DW)	40.36 ± 1.20^{b}	47.43 ± 2.06^{c}	46.04 ± 4.71^{c}	23.38 ± 0.23^{a}	27.19 ± 0.63^{a}	25.49 ± 0.77^{a}
TABC (log_{10} CFUs/g DW)	4.1 ± 0.0^{b}	4.0 ± 0.2^{b}	3.6 ± 0.3^{ab}	3.4 ± 0.3^{a}	4.0 ± 0.3^{b}	3.9 ± 0.3^{b}
TYMC (log_{10} CFUs/g DW)	3.4 ± 0.3^{b}	1.0 ± 1.5^{a}	3.2 ± 0.3^{b}	1.0 ± 1.5^{a}	nd	nd

nd = not detected

ตารางที่ 3.11 ค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ของการทรีตเม้นต์ (ลวกและไม่ลวก) การอบแห้งรากสามสิบ และอายุการเก็บรักษา (shelf life) ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงค่า TPC, TFC, TSC, น้ำตาลทั้งหมด และ น้ำตาลรีดิวซ์

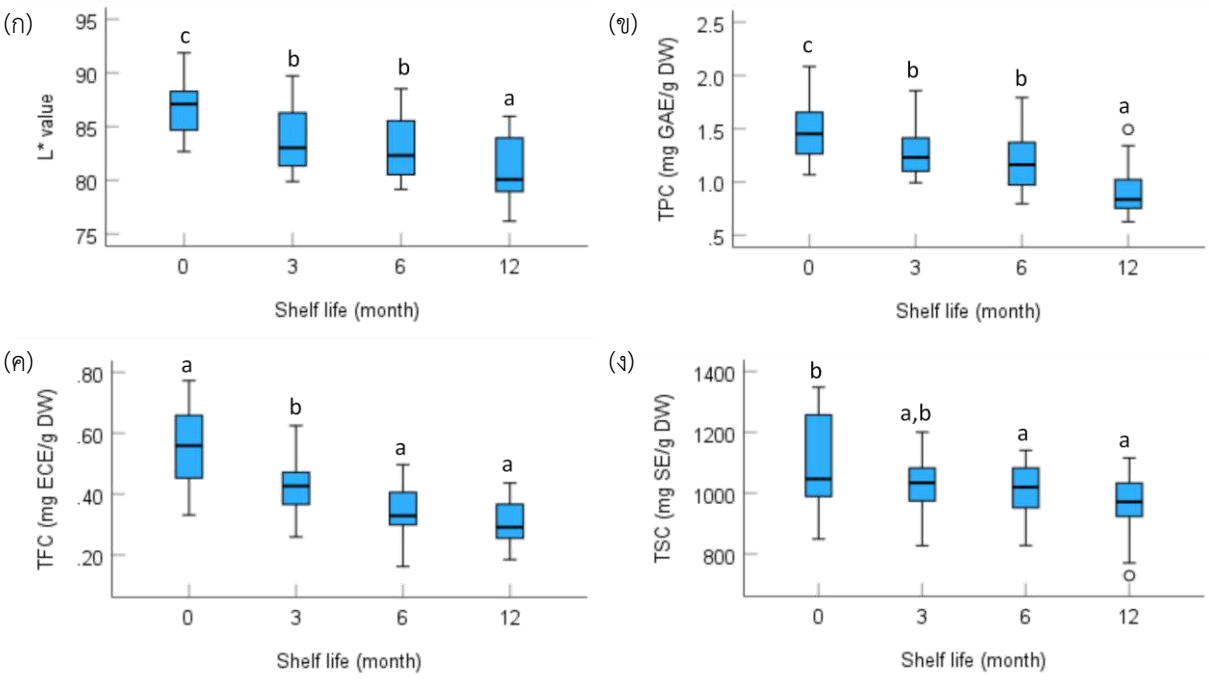
	TPC	TFC	TSC	Total sugar	Total reducing sugar
Pretreatment[a]	-.358**	-.235**	.378**	-.757**	-.854**
Drying method[b]	-.060	-.052	.225**	.128	.040
Final moisture	-.557**	-.500**	-.051	-.393**	-.353**
Water activity	-.618**	-.546**	-.135	-.462**	-.404**
TPC	1.000	.692**	.285**	.662**	.696**
TFC		1.000	.364**	.601**	.548**
TSC			1.000	.129	-.069
Total sugar				1.000	.843**
Total reducing sugar					1.000

หมายเหตุ: ค่าที่กำหนดในการวิเคราะห์ทางสถิติ

[a] การทรีตเม้นต์ (1 = ไม่ลวก, 2 = ลวก).

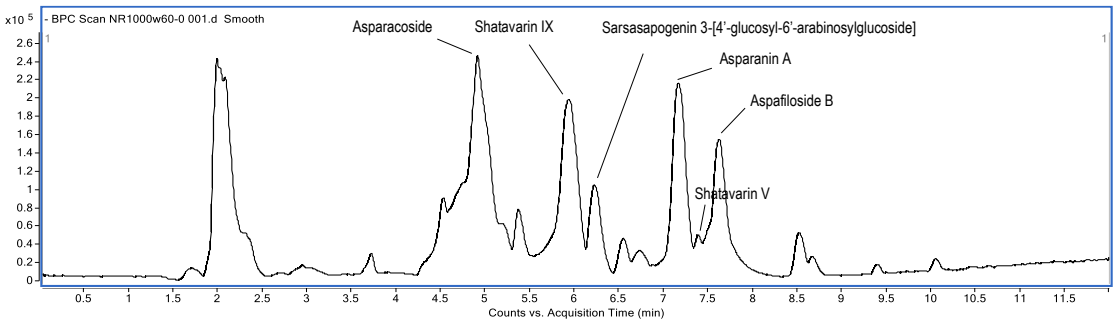
[b] วิธีการอบแห้ง (1 = TD 60C, 2= MW 1000 + 60C, 3 = MW 1500 W + 60C).

**สหสัมพันธ์ที่ระดับความเชื่อมั่น p < 0.01 level (2-tailed) ที่สอดคล้องกับ Spearman's test.

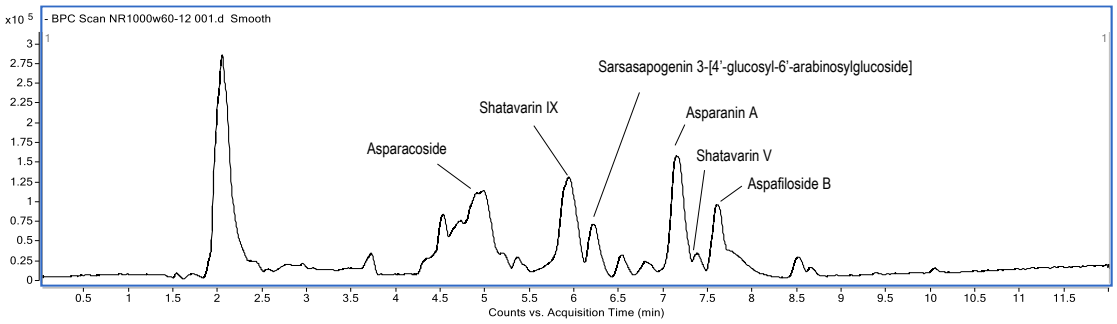


ภาพที่ 3.27 แสดงผลของอายุการเก็บรักษา (shelf life) ที่มีต่อ (ก) ความสว่างของผลิตภัณฑ์ (ข) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (ค) ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และ (ง) ปริมาณซาโปนิน

(ก)

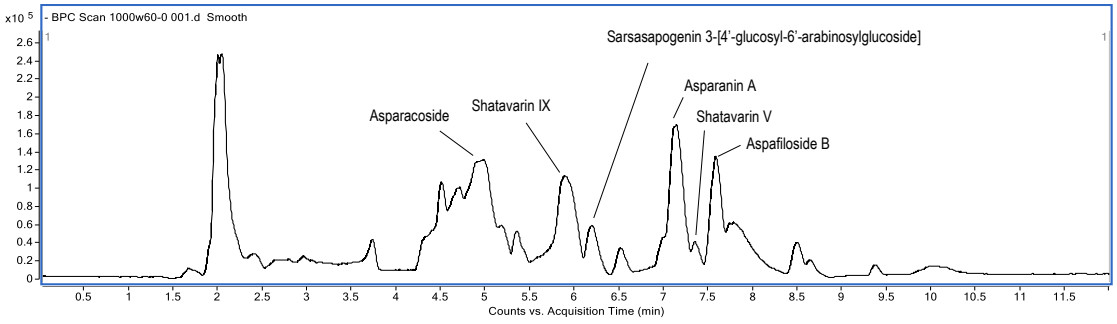


(ข)

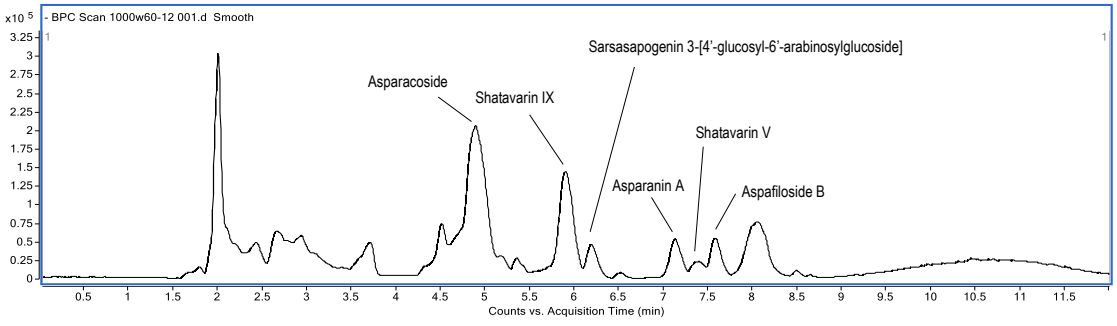


ภาพที่ 3.28 แสดง TLC โครมาโทแกรมของสารสกัดตัวอย่างรากสามสิบสไลด์ที่ไม่ผ่านการลวกก่อนอบแห้งด้วยเครื่องอบไมโครเวฟแบบลมร้อนที่ 60°C 1000 วัตต์ หลังเสร็จสิ้นการอบแห้ง (ก) และ (ข) สารสกัดของตัวอย่างที่ผ่านการเก็บรักษานาน 12 เดือน

(ก)



(ข)



ภาพที่ 3.29 แสดง TLC โครมาโทแกรมของสารสกัดตัวอย่างรากสามสิบสไลด์ที่ผ่านการลวกก่อนอบแห้งด้วยเครื่องอบไมโครเวฟแบบลมร้อนที่ 60°C 1000 วัตต์ หลังเสร็จสิ้นการอบแห้ง (ก) และ (ข) สารสกัดของตัวอย่างที่ผ่านการเก็บรักษานาน 12 เดือน

มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 3005 เล่ม 1-2563 พืชสมุนไพรแห้ง เล่ม 1: หัว เหง้า และราก (Dried herbs: bulbs, rhizomes and roots) ได้ระบุนิยามผลิตภัณฑ์ คือ พืชสมุนไพรที่มีชื่อวิทยาศาสตร์กำหนดไว้ใน Thai Pharmacopoeia หรือ Thai Herbal Pharmacopoeia หรือ เอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับพืชสมุนไพรซึ่งจัดทำโดยหน่วยงานที่เป็นที่ยอมรับ และนำส่วนของพืชสมุนไพรส่วนใดส่วนหนึ่ง ได้แก่ หัว (bulbs) เหง้า (rhizomes) ราก (roots) มาใช้ โดยต้องผ่านกระบวนการทำให้แห้งด้วยวิธีการที่เหมาะสมภายใต้การควบคุม ซึ่งอาจผ่านกระบวนการ เช่น การทำความสะอาด การลวกนึ่งหรือต้มหรือคั่ว การตัดหรือหั่น ก่อนการทำให้แห้ง แต่ไม่ผ่านกระบวนการบด โดยแบบของพืชสมุนไพรแห้ง: หัว เหง้า และ ราก ตามมาตรฐานนี้ มี 4 แบบ คือ (1) ทั้งหัว หรือทั้งเหง้า หรือ ทั้งราก (whole) (2) แผ่น (slice) (3) ชิ้น (piece) และ (4) อื่น ๆ (others) โดยระบุให้ชัดเจนที่ฉลาก

เกณฑ์คุณภาพ:

1) สี กลิ่น รส ปกติตามคุณลักษณะเฉพาะของพืชสมุนไพรชนิดนั้น ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมของแหล่งผลิตหรือกระบวนการผลิต

2) มีความสม่ำเสมอในรุ่นเดียวกัน ทั้งในเรื่องสายพันธุ์ และคุณลักษณะเฉพาะทางกายภาพของพืชสมุนไพร

3) ปริมาณความชื้น รากสามสิบจัดอยู่ในกลุ่มพืชสมุนไพรที่ไม่มีน้ำมันหอมระเหย ต้องมีความชื้นไม่เกิน 10.0% (w/w)

4) ข้อบกพร่องและเกณฑ์ยอมรับ ที่ใช้แบ่งชั้นคุณภาพเป็นไปตามตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.12 ข้อบกพร่องที่ยอมรับได้ตามระดับชั้นคุณภาพ

ข้อบกพร่อง	ปริมาณสูงสุด (% โดยมวล)		
	ชั้นพิเศษ (Extra class)	ชั้นหนึ่ง (Class I)	ชั้นสอง (Class II)
1) เชื้อราที่มองเห็นได้ (visible mold)	0	0	0
2) แมลงมีชีวิต (live insect)	0	0	0.5
3) ชิ้นที่มีร่องรอยการเข้าทำลายของแมลง (insect-damaged matter) หลังการเก็บรักษา	0	1.0	1.0
4) สิ่งแปลกปลอม (foreign matter) เช่น หิน ดิน ทราย ชิ้นส่วนอื่นของพืช พืชชนิดอื่น	2.0	2.0	2.0
5) ซากแมลง (dead insects) ชิ้นส่วนแมลง (insect fragments) ขนสัตว์	0	0.5	1.0
6) สิ่งขับถ่ายจากสัตว์ (animal excreta)	0	0	0.5

วัตถุเจือปนอาหาร: ไม่อนุญาตให้ใช้วัตถุเจือปนอาหาร

สารปนเปื้อน:

1) โลหะหนัก: ปริมาณโลหะหนักไม่เกินเกณฑ์กำหนด ตามตารางที่ 3.13

ตารางที่ 3.13 ปริมาณสูงสุดของโลหะหนักที่ยอมรับได้ของมาตรฐานสินค้าเกษตร พืชสมุนไพรแห้ง หัว เหง้า และราก

ชนิดโลหะหนัก	ปริมาณสูงสุด (mg/kg)
1) สารหนูทั้งหมด (total arsenic)	4.0
2) แคดเมียม (cadmium)	0.3
3) ตะกั่ว (lead)	10.0
4) ปรอททั้งหมด (total mercury)	0.5

หมายเหตุ: ที่มา Thai Herbal Pharmacopoeia 2019

2) อะฟลาทอกซิน (alfatoxins)

ปริมาณอะฟลาทอกซินให้เป็นเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน ดังนี้ คือ ปริมาณสูงสุดของอะฟลาทอกซินทั้งหมด (total aflatoxins) ไม่เกิน 20 ug/kg

3) สารพิษตกค้าง

ปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้างให้เป็นไปตามข้อกำหนดในกฎหมายที่เกี่ยวข้อง และ มกษ. 9002 มาตรฐานสินค้าเกษตร เรื่อง สารพิษตกค้าง: ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด และ มกษ. 9003 มาตรฐานสินค้าเกษตร เรื่อง สารพิษตกค้าง: ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ปนเปื้อนจากสาเหตุที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้

สุขลักษณะ:

1) การผลิตและการปฏิบัติต่อพืชสมุนไพรแห้ง: หัว เหง้า และราก ให้เป็นไปตาม มกษ. 3502 มาตรฐานสินค้าเกษตร เรื่อง การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชสมุนไพร หรือได้รับการรับรองตาม มกษ. 3502 หรือมาตรฐานที่เทียบเท่า

2) การบวนการทำให้แห้งและการบรรจุ ซึ่งอาจมีกระบวนการจัดเตรียมก่อนการทำให้แห้ง เช่น การทำความสะอาด การลวกหรือนึ่งหรือต้มหรือคั่ว การตัดหรือหั่น ต้องทำอย่างถูกสุขลักษณะ และสามารถป้องกันการปนเปื้อน หรือได้รับการรับรองตาม มกษ. 9023 มาตรฐานสินค้าเกษตร เรื่อง หลักเกษฑ์การปฏิบัติซ หลักเกณฑ์ทั้วไปเกี่ยวกับสุขลักษณะอาหาร หรือมาตรฐานที่เทียบเท่า

3) จุลินทรีย์ ให้เป็นไปตามข้อกำหนดตามตารางที่ 3.14

ตารางที่ 3.14 ปริมาณสูงสุดของจุลินทรีย์ที่ยอมรับได้ของมาตรฐานสินค้าเกษตร พืชสมุนไพรแห้ง หัว เหง้า และราก

ชนิดจุลินทรีย์	ปริมาณสูงสุด
1) จำนวนเชื้อจุลินทรีย์แอโรบิกทั้งหมด (total aerobic microbial count)	ไม่เกิน 5.0×10^5 cfu/g
2) จำนวนยีสต์และราทั้งหมด (total combined yeasts and molds count)	ไม่เกิน 5.0×10^4 cfu/g
3) เอสเชอริเชีย โคไล (*Escherichia* coli)	ไม่พบในตัวอย่าง 1 g
4) คลอสตริเดียม (*Clostridium* spp.)	ไม่พบในตัวอย่าง 1 g
5) แซลโมเลลา (*Salmonella* spp.)	ไม่พบในตัวอย่าง 10 g

หมายเหตุ: cfu/g = colony forming unit per gram ที่มา Thai Herbal Pharmacopoeia 2019

เกณฑ์การบรรจุและการวัด:

1) พืชสมุนไพรแห้งต้องบรรจุในภาชนะบรรจุที่สะอาด ถูกสุขลักษณะ มีคุณสมบัติป้องกันไม่ให้พืชสมุนไพรแห้งเกิดความเสียหาย ทนทานต่อการจัดการ การขนส่ง และการเก็บรักษา

2) พืชสมุนไพรแห้งที่บรรจุในแต่ละหีบห่อ ต้องมีน้ำหนักสุทธิไม่น้อยกว่าที่ระบุในฉลากหรือในเอกสารกำกับสินค้า

การแสดงฉลาก:

1) การแสดงฉลากให้เป็นไปตามข้อกำหนดและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

2) ต้องมีข้อความที่ระบุในเอกสารกำกับสินค้า ฉลาก หรือ แสดงไว้ที่บรรจุภัณฑ์ โดยข้อความต้องมองเห็นได้ง่าย ชัดเจน ไม่หลุดออก ไม่เป็นเท็จหรือหลอกลวงหรือที่อาจจะทำให้เข้าใจผิดเกี่ยวกับลักษณะของสินค้า

จากมาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 3005 เล่ม 1-2563 พืชสมุนไพรแห้ง เล่ม 1: หัว เหง้า และราก จึงส่งตัวอย่างรากสามสิบที่เจริญในพื้นที่บ้านโพนสิม จ.กาฬสินธุ์ และมีกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวคือ การคัด ตัดแต่ง ล้างทำความสะอาด สไลด์ และเตรียมตัวอย่างโดยการลวกน้ำร้อน 80 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ก่อนใช้ตะแกรงช้อนไปลงน้ำเย็น 4-10 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที และนำมาผึ่งให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงที่อุณหภูมิห้อง ก่อนนำเข้าอบด้วยเครื่องอบไมโครเวฟแบบลมร้อน ที่ 60°C 1000 วัตต์ ได้เป็นผลิตภัณฑ์รากสามสิบสไลด์อบแห้ง ไปวิเคราะห์ยังห้องปฏิบัติการกลาง จ.ขอนแก่น ได้ผลวิเคราะห์ดังตารางที่ 3.15

ตารางที่ 3.15 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์รากสามสิบสไลด์อบแห้ง

รายการทดสอบ*	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOD	วิธีทดสอบอ้างอิง
Aerobic Plate Count	$2.4x10^3$	cfu/g	-	FDA BAM Onine, 2001 (Chapter 3)
Yeast and molds	< 10	cfu/g	-	FDA BAM Onine, 2001 (Chapter 8)
Clostridium spp.	Not detected	per 1 g	-	USP38/33:2015
Arsenic (As)	< 0.050	mg/kg	0.025	In-house method based on AOAC (2019) 2015.01
Cadmium (Cd)	< 0.010	mg/kg	0.005	In-house method based on AOAC (2019) 2015.01
Lead (Pb)	0.646	mg/kg	0.025	In-house method based on AOAC (2019) 2015.01
Mercury (Hg)	Not detected	mg/kg	0.008	In-house method based on AOAC (2019) 2015.01

หมายเหตุ: การวิเคราะห์จุลินทรีย์อ้างอิงเลขที่รายงาน TRKK66/11434 และการวิเคราะห์โลหะอ้างอิงเลขที่รายงาน TRKK66/10831

ผลวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์รากสามสิบสไลด์อบแห้ง (ตารางที่ 3.15) เทียบกับตารางที่ 3.13 ปริมาณสูงสุดของโลหะที่ยอมรับ และตารางที่ 3.14 ปริมาณสูงสุดของจุลินทรีย์ที่ยอมรับได้ พบว่าผลิตภัณฑ์รากสามสิบสไลด์อบแห้งมีค่าโลหะ As, Cd, Pb และ Hg ไม่เกินมาตรฐาน และมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์แอโรบิก จำนวนยีสต์และราทั้งหมด และ *Clostridium* spp. ไม่เกินมาตรฐาน ดังนั้นจึงสามารถใช้กระบวนการข้างต้นเป็นกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวสมุนไพรรากสามสิบ โดยจากเกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตร พืชสมุนไพรแห้ง หัว เหง้า และราก อาจสามารถระบุข้อความในเอกสารกำกับสินค้าได้ดังตารางที่ 3.16

ตารางที่ 3.16 ข้อความที่ระบุในเอกสารกำกับสินค้า ฉลาก ตามมาตรฐานสินค้าเกษตร พืชสมุนไพรแห้ง หัว เหง้า และราก

ข้อความที่ระบุในเอกสารกำกับสินค้า ฉลาก	ตัวอย่างข้อมูลการบันทึกผลิตภัณฑ์ รากสามสิบสไลด์อบแห้ง
1) ชื่อพืชสมุนไพรแห้ง	รากสามสิบแผ่นอบแห้ง (Dried-sliced Shatavari)
2) ชื่อวิทยาศาสตร์ หากมีการจำแนกย่อยในระดับต่ำกว่าชนิดพันธุ์ (species) ต้องระบุให้ชัดเจน	*Asparagus racemosus* Willd.
3) สายพันธุ์ (strains) กรณีจำเป็น	สายพันธุ์จากหมู่บ้านโพนสิม จ.กาฬสินธุ์ ประเทศไทย
4) ส่วนของพืช	รากสะสมอาหาร (storage root หรือ tuberous root)
5) อายุเก็บเกี่ยว หรือระยะเก็บเกี่ยว หรือระยะการเจริญเติบโต (ถ้ามี)	12 เดือน
6) แบบ	แผ่นอบแห้ง (Dried slice)
7) ชั้นคุณภาพ	ชั้นพิเศษ (Extra Class)
8) น้ำหนักสุทธิ เป็นระบบเมตริก	ระบุข้อมูลตามจริง
9) วัน เดือน ปี ที่ผลิตหรือบรรจุ	ระบุข้อมูลตามจริง
10) วัน เดือน ปี ที่หมดอายุ (ถ้ามี)	อายุการเก็บรักษา (Shelf life) 6 เดือน
11) ชื่อและที่อยู่ของผู้ผลิต ผู้บรรจุ ผู้จัดจำหน่าย ผู้นำเข้า หรือผู้ส่งออก	ระบุข้อมูลตามจริง
12) ข้อแนะนำในการใช้ และการเก็บรักษา (ถ้ามี)	บรรจุในถุงฟลอยด์กันแสง ที่บรรจุซองสารดูดความชื้น เก็บที่อุณหภูมิห้อง และบริโภคให้หมดในเวลา 6 เดือน

3.8 ถ่ายทอดความรู้การปลูกรากสามสิบ การตลาด และมาตรฐานสมุนไพร

การถ่ายทอดความรู้ในการปลูกรากสามสิบ การตลาดและมาตรฐานสมุนไพร ดำเนินการทั้งสิ้น 3 ครั้ง

ครั้งที่ 1 การถ่ายทอดความรู้ในการปลูกรากสามสิบและนำเสนอตัวอย่างผลิตภัณฑ์และทิศทางการตลาด ในวันศุกร์ที่ 23 ธันวาคม 2565 งานวันดินโลก จังหวัดกาฬสินธุ์ ประจำปี 2565 ภายใต้หัวข้อ “Soils, where food begins : อาหารก่อกำเนิด เกิดจากดิน” โดยได้มีโอกาสนำเสนอการปลูกรากสามสิบในพื้นที่ดินเค็มให้แก่ นายปราโมทย์ ยาใจ อธิบดีกรมพัฒนาที่ดิน รวมทั้งผู้เข้าร่วมงานซึ่งได้แก่ เกษตรกรต้นแบบ หมอดิน ผู้นำชุมชน และเกษตรกรในจังหวัดกาฬสินธุ์ที่มีปัญหาดินเค็ม โดยมีผู้เข้าร่วมงานสนใจจำนวนมาก ดังภาพที่ 3.30 และมีการแจกเอกสารเผยแพร่การปลูกรากสามสิบ

(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

ภาพที่ 3.30 แสดงการนำเสนอการปลูกรากสามสิบในพื้นที่ดินเค็ม (ก) การออกบูทในงานพร้อมกับหน่วยวิจัยดินเค็ม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ข)-(ง) การนำเสนองานแก่เกษตรกรและผู้สนใจ วันที่ 23 ธันวาคม 2565

ครั้งที่ 2 การอบรมเชิงปฏิบัติการถ่ายทอดความรู้การปลูกรากสามสิบ การตลาด มาตรฐานสมุนไพร และการประกอบอาหารคาวและหวานโดยใช้รากสามสิบเป็นวัตถุดิบ วันที่ 22 กรกฎาคม 2565 ณ บ้านปลาบู่ ตำบลหนองแสง อำเภอวาปีปทุม จ.มหาสารคาม เพื่อเป็นการส่งเสริมการปลูกรากสามสิบ และการแปรรูป โดยมีตัวแทนจากแต่ละหมู่บ้านที่สนใจเข้าร่วมอบรม จำนวน 20 คน ดังภาพที่ 3.31

(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

(จ)

(ฉ)

(ช)

ภาพที่ 3.31 การอบรมเชิงปฏิบัติการถ่ายทอดความรู้การปลูกรากสามสิบ การตลาด มาตรฐานสมุนไพร และการประกอบอาหารคาวและหวานโดยใช้รากสามสิบเป็นวัตถุดิบ วันที่ 22 กรกฎาคม 2565 (ก) การถ่ายทอดความรู้การปลูกรากสามสิบ การตลาด และมาตรฐานสมุนไพร (ข) การอบรมเชิงปฏิบัติการการเก็บเกี่ยวผลผลิตรากสามสิบ การล้างทำความสะอาดและเตรียมเป็นวัตถุดิบประกอบอาหาร (ค) ตัวอย่างสมุนไพรรากสามสิบอบแห้ง (ง) รากสามสิบดองน้ำผึ้ง (จ) รากสามสิบเชื่อม (ฉ) รากสามสิบตุ๋นใส่กระดูกหมู และ (ช) รากสามสิบผัดพริกหมู

ครั้งที่ 3 การอบรมเชิงปฏิบัติการถ่ายทอดความรู้การปลูกรากสามสิบในพื้นที่ดินเค็ม ณ พื้นที่แปลงทดลอง บ้านโพนสิม อ.ยางตลาด จ.กาฬสินธุ์ วันที่ 23-24 กันยายน 2566 โดยมีเกษตรกรผู้สนใจจะปลูกรากสามสิบในพื้นที่เกษตรของตนเอง เข้าร่วมการอบรมจำนวน 10 คน ในโครงการได้ถ่ายทอดความรู้การปลูกรากสามสิบทั้งแบบแปลงปลูกแบบยกร่อง และปลูกแบบวงท่อซีเมนต์ การปรับสภาพดิน การทำแปลง การคลุมแปลง การให้ปุ๋ย การปลูกและการเก็บเกี่ยวผลผลิต ดังภาพที่ 3.32 โดยจะมีการติดตามการเจริญของรากสามสิบร่วมกับเกษตรอย่างต่อเนื่องจนถึงกำหนดเก็บผลผลิตในเดือนพฤษภาคม 2567

(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

(จ)

(ฉ)

ภาพที่ 3.32 การอบรมเชิงปฏิบัติการถ่ายทอดความรู้การปลูกรากสามสิบในพื้นที่ดินเค็ม ณ พื้นที่แปลงทดลอง บ้านโพนสิม อ.ยางตลาด จ.กาฬสินธุ์ วันที่ 23-24 กันยายน 2566 (ก) เกษตรที่เข้าร่วมโครงการ (ข) การไถ่ปรับสภาพที่ กำจัดวัชพืช ทำแปลงยกร่อง และการปลูกรากสามสิบโดยการรองก้นหลุมด้วยปุ๋ยคอกและสารปรับปรุงดิน (ค) การคลุมแปลง (ง) การผสมดินร่องก้นหลุมและการปลูกในท่อซีเมนต์ (จ) แปลงแบบยกรองที่คลุมแปลงเสร็จสิ้นพร้อมทั้งวางระบบน้ำแบบสปริงค์เกอร์ และ (ฉ) การเจริญของต้นรากสามสิบในแปลงแบบยกร่องและแบบท่อซีเมนต์หลังการปลูกเป็นเวลา 2 สัปดาห์

รากสามสิบ

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Asparagus racemosus* Willd. จัดอยู่ในวงศ์หน่อไม้ฝรั่ง (ASPARAGACEAE)

ชื่อท้องถิ่นอื่น ๆ สามร้อยราก (กาญจนบุรี), ผักหนาม (นครราชสีมา), ผักชีช้าง (หนองคาย), จ้วงเครือ (ภาคเหนือ), เตอสีเบาะ (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน), พอคายเมะ (กะเหรี่ยง-เชียงใหม่), ชีช้าง, ผักชีช้าง, จั่นดิน, ม้าสามต๋อน, สามสิบ, ว่านรากสามสิบ, ว่านสามสิบ, ว่านสามร้อยราก, สามร้อยผัว, สาวร้อยผัว, ศตาวรี เป็นต้น

ลักษณะของรากสามสิบ

ต้นรากสามสิบ

จัดเป็นไม้เถาเนื้อแข็งเลื้อยพันต้นไม้อื่นด้วยหนาม (หนามเปลี่ยนมาจากใบเกล็ดบริเวณข้อ) สามารถเลื้อยปีนป่ายต้นไม้อื่นขึ้นไปได้สูงประมาณ 1.5-4 เมตร แตกแขนงเป็นเถาห่าง ๆ ลำต้นเป็นสีเขียวหรือสีขาวแกมเหลือง เถามีขนาดเล็กเรียว กลม เรียบ ลื่น และเป็นมัน ตามข้อเถามีหนามแหลมหนามมีลักษณะโค้งกลับ บริเวณข้อมีสิ่งขดแขนงแบบรอบข้อ ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวลักษณะแบนเป็นรูปขอบขนาน ปลายแหลม ทำหน้าที่แทนใบ มีหัวและรากอยู่ใต้ดิน ออกเป็นกระจุกคล้ายกระสวย ลักษณะของรากออกเป็นพวงคล้ายรากกระชาย ลักษณะอวบน้ำ เป็นแล้งกลมยาว พบได้ในประเทศไทย อินเดีย ศรีลังกา ชวา จีน มาเลเซีย และออสเตรเลีย ขึ้นตามป่าในเขตร้อนชื้น ป่าเขตร้อนแห้งแล้ง ป่าผลัดใบ ป่าโปร่งหรือตามเขาหินปูน

ใบรากสามสิบ

ใบเป็นใบเดี่ยว แข็ง ออกรอบข้อเป็นฝอย ๆ เล็กคล้ายหางกระรอก หรือออกเรียงสลับเป็นกระจุก 3-4 ใบ ใบเป็นสีเขียวลักษณะของใบเป็นรูปเข็มขนาดเล็ก ปลายใบแหลม เป็นรูปเส้นเดียว โคนใบแหลม ผิวเรียบมัดใต้ง เส้นเป็นสามเหลี่ยม มี 3 เส้น มีหนามที่ขอกระจุกใบ

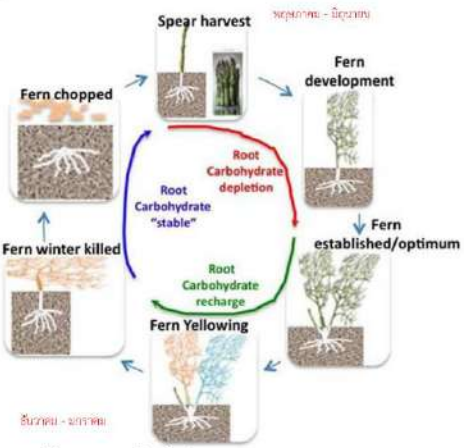
ดอกรากสามสิบ

ออกดอกเป็นช่อกระจะ โดยจะออกที่ปลายกิ่งหรือตามซอกใบและข้อเถา ดอกย่อยมีขนาดเล็ก ดอกเป็นสีขาวและมีกลิ่นหอม มีประมาณ 12-17 ดอก มีกลีบรวม 6 กลีบ กลีบมีลักษณะเป็นรูปขอบขนาน ปลายกลีบมน ขอบเรียบ กลีบเกสรตัวผู้ 6 อัน ก้านชูอับเรณูเป็นสีขาว อับเรณูเป็นสีน้ำตาลเข้ม รังไข่อยู่เหนือวงกลีบ ส่วนก้านเกสรเพศเมียขนาดเล็ก โดยจะออกดอกในช่วงประมาณเดือนเมษายน-พฤษภาคม

ผลรากสามสิบ

ลักษณะของผลเป็นรูปทรงค่อนข้างกลม หรือเป็นหู 3 หู ผิวผลเรียบเป็นมัน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4-6 มิลลิเมตร ผลอ่อนเป็นสีเขียว เมื่อสุกแล้วจะเปลี่ยนเป็นสีแดงหรือสีม่วงแดง ภายในผลมีเมล็ดประมาณ 2-6 เมล็ด เมล็ดเป็นสีดำ เปลือกหุ้มมีลักษณะแข็งแต่เปราะ ออกผลในช่วงประมาณเดือนสิงหาคม-ตุลาคม

การขยายพันธุ์รากสามสิบ



วงจรชีวิตของรากสามสิบ ดัดแปลงจาก Michigan state university (2021)

ขยายพันธุ์ได้โดยการใช้เหง้า หรือ ใช้หน่อ หรือ ใช้เมล็ด ปลูกในช่วงฤดูฝนจะเป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุด

ปลูกในกระถาง หรือในท่อ ควรใช้ดินปริมาณมากและดูแลรักษาให้น้ำอย่างพอเพียง

ปลูกลงดิน จะทำให้ออกรากแตกแขนงได้มากขึ้น พลค่อการนำไปใช้ ประโยชน์ในด้านของสมุนไพร

การเก็บเกี่ยวรากสามสิบ นิยมเก็บเมื่อต้นรากสามสิบสะสมอาหารลงส่วนรากเพิ่มขึ้นและส่วนต้นแห้งไป หรือเก็บต้นฤดูฝนเมื่อแห่งหน่อขึ้นมาใหม่ ๆ อายุที่เหมาะสมต่อการเก็บผลผลิตคือ 12-18 เดือน

เอกสาร: นิตยา กรีงรังษี, ธาริชัย มังคละศุภผล (2547) หนังสือสมุนไพรไทย เล่ม 1. "สามสิบ (Satavari)". หน้า 298.
สหวัฒน์ วันหรัตนแก้ว, พัชราภรณ์ วัฒนวิชัยกิจ และ โสภณ บุญมีวิเศษ (2562) ความรู้ภาคปฏิบัติของว่านสามสิบ, วารสารวิจัยและนวัตกรรม (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) ปีที่ 22 ฉบับที่ 1 หน้า 1-10.
ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. "รากสามสิบ". [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: www.pharmgarden.com.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

รากสามสิบ

ประโยชน์ของรากสามสิบ

สารสำคัญที่พบในรากสามสิบ asparagamine, cetanoate, daucostirol, sarsasapogenin, shatavarin, racemosol, rutin, alkaloid และสารหลักกลุ่ม **steroidal saponins** เป็นสารที่ทำหน้าที่เลียนแบบฮอร์โมนเอสโตเจนในเพศหญิง จึงเรียกสารกลุ่มนี้ว่า ไฟโตเอสโตเจน **(phytoestrogen)**

ในอินเดียจะใช้รากสามสิบเป็นยากระตุ้นสมรรถภาพทางเพศทั้งชายและหญิง ทางภาคเหนือของไทยจะใช้รากสามสิบทำเป็นยาดองใช้กินเป็นยาบำรุงสำหรับเพศชาย กินแล้วตึกตักเหมือนม้า 3 ตัว จึงมีอีกชื่อหนึ่งว่า "ม้าสามต๋อน" ส่วนหมอยาโบราณจะใช้เป็นยาบำรุงสำหรับสตรี ซึ่งเป็นที่มาของชื่อ "สาวร้อยผัว" หรือ "สามร้อยผัว"

มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย ต้านเชื้อรา ลดการอักเสบ แก้อาการปวด คลายกล้ามเนื้อของมดลูก การรักษาอาการที่เกิดขึ้นในช่วงวัยหมดระดูของสตรี บำรุงหัวใจ ป้องกันกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด ลดอาการหัวใจโตที่เกิดจากความดันโลหิตสูง ขับน้ำนม มีฤทธิ์เหมือนฮอร์โมนเอสโตรเจน ยับยั้งเบาหวาน ลดระดับไขมันในเลือด กระตุ้นภูมิคุ้มกัน ต้านอาการเม็ดเลือดขาวต่ำ เป็นพิษต่อเซลล์มะเร็ง ยับยั้งการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร ยับยั้งพิษต่อตับ

ผลอ่อนสามารถนำมารับประทานได้ โดยนำมาทำเป็นแกงลูกสามสิบ ภาคอีสานจะนำยอดมาลวกรับประทานเป็นผักเคียง ใช้รับประทานสด หรือนำมาผัด ทางภาคใต้จะใช้ส่วนที่อยู่เหนือดินมาใส่ในแกงส้มและแกงเลียง

รากนำมาต้ม เชื่อม หรือนำมาแช่อิ่ม ใช้รับประทานเป็นอาหาร หรือนำมาทำเป็นน้ำรากสามสิบ หรือชา

ภาพ Facebook สมุนไพรต่างๆ by ตรุ๊ง

ในปัจจุบันมีการนำสมุนไพรรากสามสิบมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมรากสามสิบออกมาจำหน่ายหลายรูปแบบ ทั้งชนิดน้ำ และแคปซูล และหัวแห้ง ผู้บริโภคควรศึกษาให้ถี่ถ้วนก่อนนำมาใช้ประโยชน์

รากสามสิบมีฤทธิ์เหมือนฮอร์โมนเอสโตรเจน ดังนั้นห้ามใช้ในสตรีที่มีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งเต้านม และเนื้องอกมดลูก

ต้นรากสามสิบที่พบเจริญในป่าธรรมชาติ

อ้างอิง: ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. "รากสามสิบ". [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: www.pharmarden.com.
เว็บไซต์เมดไทย. "รากสามสิบ สรรพคุณและประโยชน์ของต้นรากสามสิบ 40 ข้อ". [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://medthai.com/รากสามสิบ.
Bopana, N. and Saxena, S. (2007) *Asparagus racemosus*-Ethnopharmacological evaluation and conservation needs. Journal of Ethnopharmacology, 110: 1 15.
Hayes, P.Y., Aisyah, H., Reg Lehmann, J., Penman, K., Kitching, W. and De Voss, J.J. (2008) Steroidal saponins from the roots of *Asparagus racemosus*. *Phytochemistry*, 69: 796-804.
Singh, R. and Geetanjali (2015) *Asparagus racemosus*: a review on its phytochemical and therapeutic potential. *Natural Product Research*, DOI: 10.1080/14786419.2015.1092148.

การปลูกรากสามสิบ

รากสามสิบ ชื่อวิทยาศาสตร์ *Asparagus racemosus* Willd. หรือ ศตวารี (Shatavari) เป็นสมุนไพรที่ใช้ในตำรายาอายุรเวช เป็นพืชที่อยู่ในสกุลเดียวกับหน่อไม้ฝรั่ง ส่วนรากของรากสามสิบมีสรรพคุณเด่นคือ บำรุงสุขภาพเพศหญิง บำรุงกำลัง ขับน้ำนม ลดระดับไขมันในเลือด และ กระตุ้นภูมิคุ้มกัน จากสรรพคุณดังกล่าวทำให้ความต้องการสมุนไพรรากสามสิบในประเทศไทยเพิ่มสูงขึ้น ทั้งใช้เป็นยาสมุนไพรอบแห้ง และสมุนไพรสกัดผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางค์ ส่วนรากสด เมล็ดอ่อน และยอดอ่อน ใช้ประกอบอาหารได้ทั้งคาวและหวาน

การเพาะกล้า

1. การเพาะกล้าทำโดยแช่เมล็ดในน้ำอุ่น (60°C) นาน 12 ชั่วโมง และแช่น้ำอุณหภูมิปกติอีก 12 ชั่วโมง
2. นำเมล็ดลงปลูกลงในกระบะเพาะเมล็ด ฝังลึก 2 ซม. และโรยกลบด้วยดินบาง ๆ
3. รดน้ำวันละ 1 ครั้ง
4. เมล็ดจะงอกเป็นต้นอ่อนใช้เวลาประมาณ 20-30 วัน
5. เลี้ยงให้ต้นอ่อนมีอายุ 2-3 เดือน จึงพร้อมย้ายปลูก

**การเพาะกล้าควรทำในเดือน กุมภาพันธ์-เมษายน

ดินเพาะกล้า

ดินปลูก 3 ส่วน
ดินทราย 2 ส่วน
ปุ๋ยคอก 1 ส่วน
ผสมเศษใบไม้ เปลือกถั่ว หรือ แกลบ อีก 1 ส่วน เพื่อให้ดินร่วนซุย

การปลูกลงแปลง

1. รากสามสิบชอบดินร่วนปนทราย การปลูกแบบอินทรีย์ทำโดยไถพรวนเศษพืชในแปลง ใส่ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกอัตรา 6 ตันต่อไร่
2. ยกร่องแปลงให้แต่ละแปลงกว้าง 80 ซม. ระยะระหว่างแถว 80 ซม.
3. ปลูกต้นอ่อนให้มีระยะห่าง 50 ซม. เพื่อให้รากแผ่ได้ดี
4. รากสามสิบไม่ชอบน้ำแฉะเพราะจะทำให้หัวเน่า รดน้ำ 2 วัน 1 ครั้ง ทั้งนี้ขึ้นกับแต่ละพื้นที่ และฤดูกาล
   ** การให้น้ำทำได้ทั้งระบบน้ำหยด และสปริงเกอร์
   ** เพื่อควบคุมไม่ให้มีวัชพืช และป้องกันการระเหยน้ำ ควรคลุมแปลงด้วยพลาสติก หรือ ฟาง
5. การปลูกควรทำในเดือน พฤษภาคม และให้ปุ๋ยคอกซ้ำในเดือน กันยายน โดยเป็นการให้ระหว่างต้น
6. ช่วง ส.ค.- ต.ค. ต้นจะมีการเกิดดอก เมล็ด และ แตกหน่อ
7. ช่วง ต.ค.- ธ.ค. ต้นจะเจริญเต็มที่ และสร้างรากสะสมอาหาร ระยะนี้ให้รดน้ำเพียง 7 วัน 1 ครั้ง
8. ช่วง ม.ค.- มี.ค. ต้นจะเข้าสู่ระยะพักตัวลงหัว จะมีการเหลืองของใบ ระยะนี้ให้รดน้ำเพียง 7 วัน 1 ครั้ง และสามารถเก็บเกี่ยวเฉพาะส่วนของรากสมบูรณ์อายุ 12 เดือน มาจำหน่าย หรือ บริโภคได้
9. รากสามสิบเป็นพืชหลายปี รากที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวคือ รากอายุ 12, 18, 24 เดือน
10. รากสามสิบที่มีอายุเลย 3 ปี การเจริญจะลดลง ควรมีการขุดมาปลูกใหม่ โดยส่วนเหง้าที่ตัดส่วนต้นและรากออกแล้วสามารถนำมาใช้ปลูกขยายพันธุ์ต่อไปได้

3.9 การประเมินผลการปลูกในทางเศรษฐศาสตร์

การคำนวณต้นทุนการปลูกรากสาบสิบอ้างอิงวิธีคำนวนของ ภัทรานิษฐ์ ช่วยสระน้อย และคณะ (2564) และประมาณต้นทุนและรายได้จากการปลูกรากสามสิบใน 1 งาน หรือ 400 ตารางเมตร และคิดการปลูกจำนวน 400 ต้น การคำนวณต้นทุนและผลตอบแทนแสดงดังตารางที่ 3.17 การคำนวณผลกำไรคิดจากจำนวนน้ำหนักหัวสดเมื่อพืชอายุหลังปลูก 1 ปี และราคารับซื้อหัวสดเฉลี่ยที่ 150 บาทต่อกิโลกรัม และหักลบต้นทุนที่เกิดจากการลงทุนระบบปลูกที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายทุกปี เช่น โรงเรือนและท่อซีเมนต์ เป็นต้น การประเมินผลกำไรที่ได้พบว่าการปลูกแบบแปลงยกร่องมีจำนวนหัวและน้ำหนักหัวต่อต้นต่ำจึงทำให้เมื่อคำนวณค่าใช้จ่ายและราคาขายหัวสดต่อไร่พบว่าขาดทุนประมาณ 9,250 บาท/ไร่ การปลูกแบบท่อซีเมนต์ให้จำนวนหัวและน้ำหนักหัวสดสูงกว่าการปลูกแบบแปลงยกร่อง (ตารางที่ 3.5) และค่าวัสดุคือท่อซีเมนต์ที่สามารถใช้ซ้ำได้ในปีต่อ ๆ ไป จึงทำให้ได้กำไรประมาณ 73,950 บาท/ไร่ ในขณะที่การปลูกแบบโรงเรือนได้ปริมาณหัวสดต่ำกว่าซึ่งอาจเนื่องจากมีการให้น้ำแก่พืชมากเกินจำเป็น พืชจึงมีการสร้างใบมากกว่าการลงหัว นอกจากนี้ยังมีค่าใช้จ่ายสำหรับระบบไฟควบคุมปั๊มน้ำและค่าเชื่อมต่ออินเตอร์เนตจึงทำให้ขาดทุนประมาณ 6,150 บาท/ไร่

ตารางที่ 3.17 ต้นทุนการปลูกรากสามสิบในพื้นที่ดินเค็ม และผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ต่อ 1 งาน (100 ต้น)

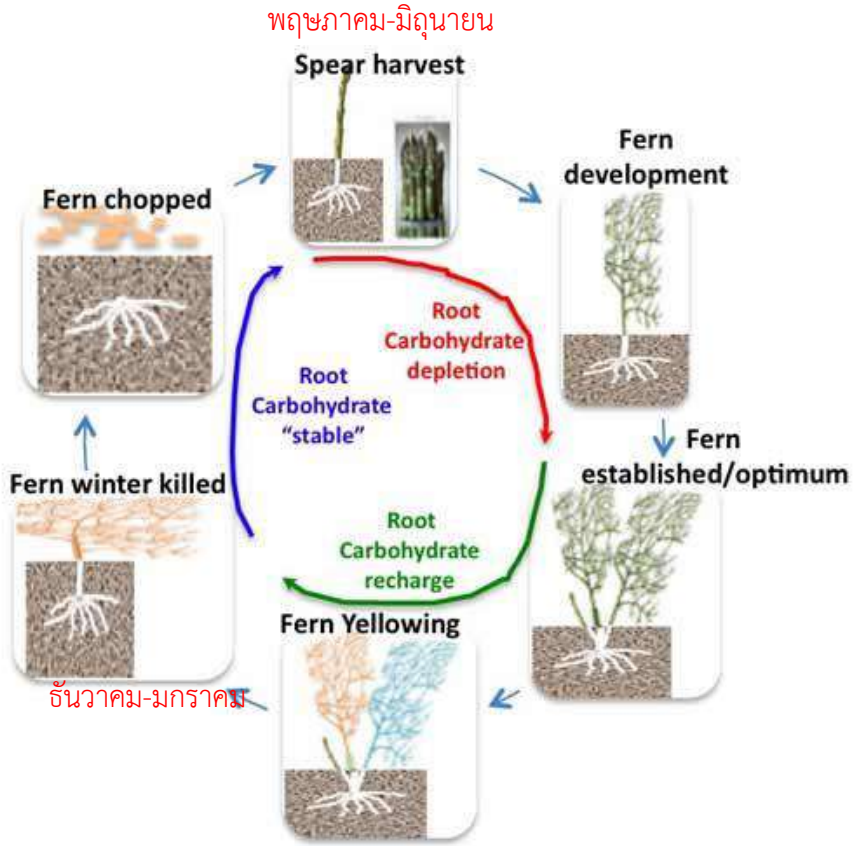
รายการ	การปลูกแบบแปลงยกร่อง	การปลูกในวงท่อซีเมนต์	การปลูกในโรงเรือน
ค่าวัสดุ			
1) ค่าอุปกรณ์ระบบน้ำหยด	2,000[1]	2,000[1]	-
2) ค่าปุ๋ยคอก (0.5 กิโลกรัม/ต้น)	1,750	1,750	1,750
3) ค่าต้นพันธุ์รากสามสิบ 100 ต้น (20 บาท/ต้น)	2,000	2,000	2,000
4) ค่าท่อซีเมนต์ขนาด 60x30 ซม. (100 ท่อ)	-	10,000[1]	
5) ค่าพลาสติกคลุมแปลง (10 แถว x 10 เมตร)	1,000	-	
6) ค่าโทรศัพท์และค่าไฟควบคุมระบบปั๊มน้ำ			1,200
7) ค่ากระถางขนาดใหญ่ (100 ใบ)			6,000[1]
8) ค่าจ้างเหมาทำโรงเรือนและระบบควบคุม			250,000[1]
ค่าแรงงาน (350 บาท/วัน/คน)			
1) การเตรียมดิน	300	300	300
2) การใส่ปุ๋ยหมัก	300	300	300
3) การปลูกรากสามสิบ	300	300	300
4) การกำจัดวัชพืช	300	300	300
ต้นทุนรวม (บาท/งาน) ไม่นับรวม (1)	5,950	**4,950**	**6,150**
ต้นทุนต่อปี (บาท/ไร่)[2] ไม่นับรวม (1)	23,800	**19,800**	**24,600**
ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)* (1 ไร่ปลูก 400 ต้น)	97	625	123
ราคาขายหัวสด (บาท/กิโลกรัม)	150	150	150
รายได้ (บาท/ไร่) [3]	**14,550**	**93,750**	**18,450**
กำไร (บาท/ไร่) คำนวณจาก (3)-(2)	**(-) 9,250**	**73,950**	**(-) 6,150**

หมายเหตุ: * จำนวนผลผลิตคำนวณจากน้ำหนักหัวทั้งหมดต่อต้น เมื่อต้นรากสามสิบมีอายุ 12-18 เดือน (ตารางที่ 3.5)

ดังนั้นหากต้องการเพิ่มผลกำไรให้กับระบบปลูกแบบแปลงปลูกยกร่องทำได้โดยเพิ่มราคารับซื้ออย่างน้อย 2 เท่า จาก 150 บาท เป็น 300 บาท เนื่องจากปริมาณสารซาโปนินในส่วนรากของต้นรากสามสิบที่ปลูกในดินเค็มมีมากกว่ารากสามสิบที่จำหน่ายในท้องตลาด 2 เท่า ซึ่งหากราคาได้รับการปรับจะทำให้การปลูกในระบบแปลงยกร่องมีกำไรประมาณ 5,300 บาท/ไร่ และการปลูกในระบบโรงเรือนควบคุมควรมีการปรับระบบควบคุมให้เต็มประสิทธิภาพโดยการปรับการปลูกให้สามารถควบคุมความเค็มให้คงที่ที่ 10 dS/m และความคุมการรดน้ำให้ระดับความชื้นดินในระยะสร้างหัวอยู่ที่ 40-50**%** ใกล้กับสภาพธรรมชาติ เพื่อกระตุ้นการสร้างหัวและสะสมสารซาโปนินไกลโคไซด์ เพื่อเพิ่มผลผลิตและทำให้รากมีปริมาณสารสำคัญสูงเพื่อให้จำหน่ายได้ราคาสูง

บทที่ 4
อภิปราย สรุปและข้อเสนอแนะ

ต้นรากสามสิบเป็นพืชเป็นไม้ล้มลุกอายุหลายปี (Perennial herb)แต่ในช่วงฤดูหนาวจะเกิดการพักตัว (Dormancy) ซึ่งเป็นช่วงที่พืชลงหัวและเหมาะสมต่อการเก็บส่วนราก (ภาพที่ 3.27) ดังนี้นเนื่องจากการศึกษาครั้งนี้มีระยะเวลาการศึกษาเพียง 1 ปี การศึกษาครั้งนี้จึงปลูกต้นรากสามสิบด้วยกล้าที่ได้จากการเพาะเมล็ดและเหง้า ควบคู่ไปกับการนำต้นรากสามสิบที่เจริญในพื้นที่ดินเค็มบ้านโพนสิมมาปลูกเพื่อศึกษาการเจริญ รากสามสิบชอบขึ้นคือ แสงแดดจัด และดินร่วนปนทรายที่ไม่อุ้มน้ำ ไม่มีน้ำท่วมถึง รากสามสิบเป็นไม้เลื้อย การปลูกจึงต้องเตรียมค้างสำหรับการยึดเกาะเพื่อให้เก็บผลผลิตและดูแลตัดแต่งต้นและเก็บเกี่ยวผลผลิต (ลูก และยอด) ได้ง่าย การปลูกในพื้นที่จะปลูกในพื้นที่ดินเค็มรอบโนนเกลือที่มีระดับความเค็มแตกต่างกันในช่วง 2-10 dS/m บันทึกการเจริญ ความสูงต้น จำนวนยอด สุ่มเก็บตัวอย่างราก รวมทั้งเก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณธาตุอาหาร NPK และค่าความเค็มของเกลือในดินเป็นระยะเวลาทุก 6 เดือน ตามช่วงการเจริญของต้นรากสามสิบ รากสามสิบใช้เวลาในการปลูกนาน 12-14 เดือน เพื่อให้รากเจริญเติบโตเต็มที่ ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพดินและสภาพอากาศ (Upadhyay et al., 2011) เก็บตัวอย่างโดยสุ่มต้นเก็บข้อมูลแบบบล็อก (Randomized Block Design, RBD) จำนวนรากที่เป็นแบบกระจุก (fasciculate root) ความยาวราก และเก็บตัวอยางรากสามสิบมาอบแห่ง วิเคราะห์ค่าน้ำหนักสด (wet weight) น้ำหนักแห้ง และตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์สารสำคัญที่พบในราก รวมทั้งนำตัวอย่างอบแห้งมาตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารสำคัญ วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ การปนเปอนโลหะหนักและจุลินทรีย



ภาพที่ 3.27 วงจรชีวิตของ *Asparagus* racemosus ดัดแปลงจาก Michigan state university (2021)

ถึงแม้ในสภาพธรรมชาติมักพบรากสามสิบเจริญเจริญเลื้อยพันอยู่ใต้ต้นไม้ใหญ่ รากสามสิบจัดเป็นต้นที่ชอบแสงแดด การพรางแสงจะมีผลทำให้พืชเจริญได้ไม่ดี สร้างหัวน้อย และหากมีร่มเงาหรือพรางแสงมากกว่า 25% การสร้างสารสารสำคัญจะลดลง (Saran et al. 2019) จากการทดลองปลูกรากสามสิบใน 4 ระบบ คือ ปลูกกลางแจ้งแบบแปลงยกร่อง ปลูกกลางแจ้งในท่อซีเมนต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 เซนติเมตร ปลูกในโรงเรือนดินไม่เติมเกลือ และ ปลูกในโรงเรือนดินเติมเกลือ พบว่าการปลูกรากสามสิบแบบกลางแจ้งให้ปริมาณสารสำคัญกลุ่มซาโปนินที่สูงกว่าการปลูกในโรงเรือน และการปลูกรากสามสิบในวงท่อซีเมนต์ดีในด้านของจำนวนหัว ลดความเค็มจากเกลือและการสูญเสียน้ำลงในดินด้านล่างและใช้เหมาะกับการใช้ระบบแบบน้ำหยด ที่มีการคลุมด้วยฟางเพื่อรักษาความชื้นและควบคุมวัชพืช หากปลูกแบบแปลงยกร่องต้องมีการคลุมพลาสติกเพื่อควบคุมปริมาณวัชพืช ปลูกห่าง 1 เมตร ให้รากกระจายตัวได้ดี เพราะรัศมีของระยะรากวัดจากรากสะสมอาหารที่ยาวที่สุดอยู่ที่ 28 เซนติเมตร (ตารางที่ 3.5) รากที่เกิดขึ้นของรากสามสิบเป็นลักษณะการเกิดกระจายออกด้านข้างเป็นหลัก มีการเจริญในแนวดิ่งไม่มาก การคลุมพลาสติกยังช่วยรักษาความชื่นในดินไม่ให้สูญเสียไปซึ่งจะช่วยควบคุมระดับความเค็มไม่ให้ขึ้นมายังผิวหน้าในบริเวณที่มีการเจริญของต้นและการพัฒนาสร้างราก การให้น้ำในระบบแปลงสามารถทำได้ทั้งแบบน้ำหยด แต่ที่เหมาะสมสำหรับแปลงคือ แบบสปริงเกอร์ น้ำสามารถซึมลงในดินระหว่างร่องของแปลงได้ การปลูกในโรงเรือนระบบปิดไม่มีความจำเป็นเนื่องจากต้นต้องการแมลงในการผสมเกษรเพื่อให้เกิดเมล็ดพันธุ์ หรือ เมล็ดสำหรับจำหน่ายเป็นเมล็ดอ่อน หากปลูกในโรงเรือนถึงแม้มีการออกดอกแต่ดอกจะไม่ได้รับการผสมพันธุ์ การรดน้ำสำหรับต้นรากสามสิบไม่มีความจำเป็นที่ต้องรักษาความชื้นในดินมาก สามารถรดได้ 2 วันต่อ 1 ครั้ง ดังนั้นระบบควบคุมในโรงเรือนจึงไม่มีความจำเป็น และปริมาณสารสำคัญในสภาวะที่ปลูกแบบกลางแจ้งมีแนวโน้มจะให้ต้นที่แข็งแรงมากกว่า แต่ทั้งนี้หากต้องการปลูกรากสามสิบเพื่อควบคุมระดับความเค็มในเหมาะต่อการสร้างสารซาโปนินไกลโคซายด์ให้สม่ำเสมอตลอดฤดูกาล การปลูกในโรงเรือนจะมีความเหมาะสมกว่า เนื่องจากสามารถควบคุมปริมาณน้ำ และโรงเรือนแบบปิดมีหลังคาทำให้ไม่ได้รับอิทธิพลจากน้ำฝนที่จะทำให้ปริมาณธาตุอาหารในดินโดยเฉพาะระดับของเกลือ และธาตุอาหารที่ละลายน้ำคือ โพแทสเซียม แคลเซียม และ ฟอสฟอรัส มีความผันแปรในระหว่างการปลูก ทั้งนี้ความเค็มของดินช่วยกระตุ้นการสารกลุ่มซาโปนิน แต่ไม่มีผลต่อการกระตุ้นการสร้างสารกลุ่มฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ในต้นรากสามสิบสายพันธุ์จากบ้านโพนสิม (ตารางที่ 3.5)

การปลูกรากสามสิบเพื่อเก็บผลผลิตควรทำเมื่อพืชมีอายุครบ 1 ปี เพื่อให้ได้จำนวนของหัวที่มากและมีปริมาณสารซาโปนินสูง แต่หากต้องการสารกลุ่มฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ร่วมด้วย รวมทั้งสารที่เป็น Sarsasapogenin ซึ่งเป็นสารพฤษศาสตร์ใหม่ที่มีการรายงานฤทธิ์ต้านการอักเสบ ต้านมะเร็ง ต้านเบาหวาน ต้านความผิดปกติของระบบไร้ท่อ (anti-osteoclastogenic activity) ป้องกันระบบประสาท (neuroprotection) รักษาภาวะเข้าสู่วัยสาวก่อนกำหนด (precocious puberty) (Mustafa et al., 2022) ควรเก็บหัวรากสามสิบในระยะที่มีการพัฒนาหัวคือ 6 เดือน (ตารางที่ 3.6) เนื่องจากสาร Sarsasapogenin เป็นสารตัวกลางในระหว่างการสร้างสาร Asparacoside และ Shatavarin (Srivastava et al., 2018; Mustafa et al., 2022) ทั้งนี้ควรมีการศึกษาระยะเวลาการเก็บต้นเพื่อให้ได้สารที่ต้องการในระยะการเจริญที่เหมาะสม

ความเค็มของเกลือกระตุ้นการสร้างน้ำตาลรีดิวซิงค์สะสมในหัว ซึ่งสัมพันธ์กับการสร้างสารกลุ่มซาโปนินไกลโคไซด์ จึงควรมีการศึกษาอย่างละเอียดมากขึ้นเพื่อให้การปลูกรากสามสิบในพื้นที่ดินเค็มได้กลุ่มสารซาโปนินที่มีความเฉพาะ และนำมาสู่ข้อมูลการป้อนค่าให้กับระบบควบคุมการให้น้ำให้เป็นตามระดับความเค็มที่กำหนด ทั้งนี้ต้นรากสามสิบสามารถเจริญได้ตั้งแต่ในระดับดินที่ไม่มีความเค็ม ความเค็มน้อยถึงปานกลาง และความเค็มสูง ECe 10 dS/m (Dagar et al., 2011) จากการปลูกในแปลงแบบยกร่องระยะเก็บเกี่ยวครบ 1 ปี ที่ไม่ใช่หน้าฝน ดินที่มีความเค็มสูง 10 dS/m (ตารางที่ 3.2) มีแนวโน้มกระตุ้นการสะสมน้ำตาลรีดิวซิงค์ในหัวและการสร้างสาร Asparacoside และSarsapogenin แต่ทั้งนี้พืชก็แสดงความเครียดเกลือจากการที่ต้นเจริญได้น้อยกว่าในสภาวะดินที่ไม่เค็ม และสร้างจำนวนหัวได้ต่ำกว่า (ตารางที่ 3.5)

กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม เป็นการทำงานร่วมกับระหว่างคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมชีวภาพ พบว่าวิธีการที่เหมาะสมคือ การคัดเลือกวัตถุดิบที่ไม่มีร่องรอยแมลงทำลาย กำจัดสิ่งแปลกปลอม หิน ดิน ทราย ซากแมลง และแมลงมีชีวิต หรือร่องรอยการเป็นเชื้อราออกให้หมด นำมาล้างทำความสะอาด ตัดแต่ง สไลด์เป็นแว่น ลวกด้วยความร้อน น๊อกน้ำเย็น เพื่อฆ่าเชื้อและหยุดเอนไซม์ที่จะมีผลลดคุณภาพของวัตถุดิบ และอบแห้งด้วยเตาไมโครเวฟแบบลมร้อนที่ 60°C 1000 วัตต์ ให้มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 10 ตามข้อกำหนดของ มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 3005 เล่ม 1-2563 พืชสมุนไพรแห้ง เล่ม 1: หัว เหง้า และราก ผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังกระบวนการเก็บเกี่ยว คือ รากสามสิบแผ่นอบแห้ง ที่อยู่ในเกณฑ์คุณภาพทั้ง สี กลิ่น รส ความสม่ำเสมอ มีความชื้นไม่เกิน 10.0% (w/w) มีปริมาณสารสำคัญซาโปนินสูงไม่ต่ำกว่า 800 mg SE/g dry wt. ซึ่งสูงกว่าที่พบในตัวอย่างรากสามสิบที่จำหน่ายทางการค้าประมาณสองเท่า (ตารางที่ 3.7) โดยระบุสารกลุ่มซาโปนินหลักคือ

Asparacoside, Shatavarin IX, Asparanin A, Shatavarin V, Aspfiloside B และ Sarsasapogenin 3-[4'-glucosyl-6'-arabinosylglucoside] มีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด 2-4 mg GAE/g dry wt. มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด 1-4 mg ECE/g dry wt. ไม่มีโลหะหนักเจือปนเกินเกณฑ์มาตรฐาน และ ไม่มีปริมาณจุลินทรีย์สูงสุดเกินเกณฑ์โดยเฉพาะ *Clostridium* spp. ที่มักมีเจือปนในดิน ในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้มีการส่งตรวจสารอะฟลาทอกซิน เนื่องจากเป็นตัวอย่างที่ปลูกขึ้นเองในพื้นที่ที่ไม่มีประวัติการใช้ปุ๋ยเคมีและยาปราศศัตรูพืชมากกว่า 3 ปี และในกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวไม่มีขั้นตอนที่ทิ้งให้เกิดราในตัวอย่างวัตถุดิบอบแห้ง จากคุณสมบัติข้างต้นรากสามสิบสไลด์อบแห้งจัดอยู่ในคุณภาพชั้นพิเศษ (Extra class) และการเก็บรักษาในถุงฟลอยด์กันแสง และในลังพลาสติกเพื่อรักษาอุณหภูมิและความชื้น 27±2 °C และ 62±5% มีอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมคือ 6 เดือน เพื่อให้ยังคงคุณภาพสี ปริมาณฟีนอลิก ปริมาณฟลาโวนอยด์ และการปนเปื้อนจุลินทรีย์ไม่เกินมาตรฐาน ในตัวอย่างที่เก็บรักษานาน 12 เดือน การเก็บรักษานาน 12 เดือนคุณภาพของสี ปริมาณฟีนอลิก ปริมาณฟลาโวนอยด์ จะลดลง แต่ปริมาณสารซาโปนินในตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงลดลงเพียงเล็กน้อย (ตารางที่ 3.10) ดังนั้นผลิตภัณฑ์รากสามสิบสไลด์อบแห้งที่มีอายุเก็บรักษาไม่เกิน 6 เดือน เหมาะสมนำไปเป็นวัตถุดิบผลิตอาหารเสริม และวัตถุดิบที่มีอายุเก็บรักษาเกิน 6 เดือน ถึงไม่เกิน 12 เดือน สามารถใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับสกัดสารซาโปนินใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางค์ หรือประกอบเข้ากับตัวยาอื่น ๆ ที่ต้องการการใช้ในรูปของสารสกัดได้

ต้นพันธุ์รากสามสิบจากบ้านโพนสิมควรมีการตรวจสอบยืนยันสายพันธุ์ และเปรียบเทียบกับสายพันธุ์ *Asparagus racemosus* ที่ได้แหล่งอื่น ๆ ทั้งในประเทศไทย และประเทศที่เป็นผู้จำหน่ายรายใหญ่คือ อินเดีย และจีน เพื่อสร้างเอกลักษณ์ของสายพันธุ์และใช้ระบุในเอกสารใบวิเคราะห์สินค้า (Certificate of Analysis, CoA) ตามข้อกำหนดของ มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 3005 เล่ม 1-2563 พืชสมุนไพรแห้ง เล่ม 1: หัว เหง้า และราก ซึ่งรูปแบบสารซาโปนินหลักที่พบในรากสามสิบสายพันธุ์จากโพนสิมและปลูกในพื้นที่ดินเค็มบ้านโพนสิมอาจจะสามารถนำไปสู่การขึ้นทะเบียนเป็นพืช GI หรือ สินค้าที่มีสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI, Geographical Indication)

การคำนวณต้นทุนการปลูกรากสามสิบคิดจากจำนวนน้ำหนักหัวสดเมื่อพืชอายุหนึ่งปีหลังการปลูก และหักลบต้นทุนที่เกิดจากการลงทุนระบบปลูกที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายทุกปี เช่น โรงเรือนและท่อซีเมนต์ เป็นต้น การประเมินผลกำไรพบว่าการปลูกแบบแปลงยกร่องมีจำนวนหัวและน้ำหนักหัวต่อต้นต่ำจึงทำให้เมื่อคำนวณค่าใช้จ่ายและราคาขายหัวสดต่อไร่พบว่าขาดทุนประมาณ 9,250 บาท/ไร่ การปลูกแบบโรงเรือนได้ปริมาณหัวสดต่ำกว่าซึ่งอาจเนื่องจากมีการให้น้ำแก่พืชมากเกินจำเป็นพืชจึงมีการสร้างใบมากกว่าการลงหัว นอกจากนี้ยังมีค่าใช้จ่ายสำหรับระบบไฟควบคุมปั๊มน้ำและค่าเชื่อมต่ออินเตอร์เนตจึงทำให้ขาดทุนประมาณ 6,150 บาท/ไร่ ในขณะที่การปลูกแบบท่อซีเมนต์ให้จำนวนหัวและน้ำหนักหัวสดสูง 625 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าการปลูกแบบแปลงยกร่องจึงทำให้ได้กำไรประมาณ 73,950 บาท/ไร่ สูงกว่าข้อมูลการปลูกในประเทศอินเดียที่ปลูกเป็นแปลงแบบยกร่องได้ผลผลิตประมาณ 400-500 กิโลกรัม/ไร่ และได้ผลตอบแทนหลังหักค่าใช้จ่ายประมาณ 4,000-5000 บาท/ไร่ (Vikaspedia, 2021; IMP center, 2021) จึงควรส่งเสริมการปลูก โดยหากต้องการให้มีสารกลุ่มซาโปนินเพิ่มขึ้นจากความเครียดดินเค็ม อาจสามารถใช้ดินโซนของแปลงกลางแจ้งที่เกิดความเค็มเติมลงในวงท่อได้ และการเพิ่มผลกำไรให้กับระบบปลูกแบบแปลงปลูกยกร่องทำได้โดยเพิ่มราคารับซื้ออย่างน้อย 2 เท่า จาก 150 บาท เป็น 300 บาท เนื่องจากปริมาณสารซาโปนินในส่วนรากของต้นรากสามสิบที่ปลูกในดินเค็มมีมากกว่ารากสามสิบที่จำหน่ายในท้องตลาด 2 เท่า ซึ่งหากราคาได้รับการปรับจะทำให้การปลูกในระบบแปลงยกร่องมีกำไรประมาณ 5,300 บาท/ไร่ และการปลูกในระบบโรงเรือนควบคุมควรมีการปรับระบบควบคุมให้เต็มประสิทธิภาพโดยการปรับการปลูกให้สามารถควบคุมความเค็มให้คงที่ที่ 10 dS/m และความคุมการรดน้ำให้ระดับความชื้นดินในระยะสร้างหัวอยู่ที่ 40-50% ใกล้กับสภาพธรรมชาติ เพื่อกระตุ้นการสร้างหัวและสะสมสารซาโปนินไกลโคไซด์ เพื่อเพิ่มผลผลิตและทำให้รากมีปริมาณสารสำคัญสูงเพื่อให้จำหน่ายได้ราคาสูง ทั้งนี้การศึกษาในประเด็นการปลูกรากสามสิบในดินเค็มควรมีการปลูกและเก็บผลอย่างต่อเนื่องอีกอย่างน้อย 1 รอบ และควรมีการติดตามความเค็มสำหรับแปลงปลูกแบบกลางแจ้งทั้งแปลงแบบยกร่องและแปลงปลูกแบบท่อซีเมนต์เนื่องจากความเค็มของดินในแปลงปลูกแบบกลางแจ้งมีการเปลี่ยนผันแปรแปลงตามฤดูกาลระดับน้ำฝนและปริมาณน้ำใต้ดินเพื่อนำไปสู่ข้อมูลตั้งโปรแกรมการรดน้ำเพื่อควบคุมระดับความเค็ม

การจำหน่ายผลิตภัณฑ์รากสามสิบอบแห้งในตลาดออนไลน์ประเทศไทยมีราคาที่หลากหลายตั้งแต่ 300-3000 บาทต่อกิโลกรัม โดยยังไม่มีเอกสารระบุเกรดและเอกสาร CoA รับรองผลิตภัณฑ์ การจำหน่ายรากสามสิบของประเทศอินเดียมีความชัดเจนระบุราคาขายตามเกรดของผลิตภัณฑ์โดยมีราคาอยู่ในช่วง 150-500 รูปีต่อกิโลกรัม หรือ 66-220 บาทต่อกิโลกรัม ถูกกว่าราคาจำหน่ายในประเทศไทย และมีเอกสาร CoA แนบท้ายผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้เอกสาร CoA ที่แนบระบุเพียงปริมาณของจุลินทรีย์ที่ไม่เกินมาตรฐาน ซึ่งจากการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญ รากสามสิบที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็มบ้านโพนสิมมีปริมาณสาร

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ซาโปนินและชนิดสารสำคัญกลุ่มซาโปนินที่สูงกว่า (ตารางที่ 3.7) และเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Onlom et al. (2017) ตัวอย่างรากสามจากบ้านโพนสิมมีความหลากหลายของชนิดสารในกลุ่มซาโปนินมากกว่ารากสามสิบที่เก็บตัวอย่างจากจังหวัดอื่นของประเทศไทย ดังนั้นหากมีการวิเคราะห์ออกใบ CoA ที่ระบุจุดเด่นของสารสกัดซาโปนิน รวมทั้งการระบุปริมาณสารเชิงปริมาณ จะสามารถยกระดับราคาของรากสามสิบให้สามารถจำหน่ายได้ราคาสูง และการทราบปริมาณสารสำคัญยังเป็นประโยชน์กับผู้ผลิตสินค้าที่ใช้รากสามสิบเป็นวัตถุดิบ และเป็นประโยชน์กับผู้บริโภคที่จะทราบควบคุมปริมาณที่ควรบริโภค

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน (2546) คู่มือการจัดการดินเพื่อปลูกหน่อไม้ฝรั่งในระบบเกษตรอินทรีย์, กลุ่มระบบงานวิจัย กองแผนงาน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 27 หน้า

กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. คู่มือการปฏิบัติงานกระบวนการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี เอกสารเลขที่ OSD-03. แก้ไขครั้งที่ 1, 51 หน้า

ขวัญใจ ยวงเดชกล้า (2550) ความสัมพันธ์ของน้ำบาดาลกับดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. รายงานวิชาการ ฉบับที่ สทร 2/550 กรมทรัพยาการธรณี 33 หน้า

จุไรรัตน์ เกิดดอนแฝก. “รากสามสิบ” หนังสือสมุนไพรลดไขมันในเลือด 140 ชนิด.หน้า 157.

ชยพร แอคะรัจน์ (2546) วิทยาการเมล็ดพันธุ์ โรงพิมพ์เทพพิทักษ์การพิมพ์ กรุงเทพฯ 197 หน้า

นิจศิริ เรืองรังษี, ธวัชชัย มังคละคุปต์ (2547) หนังสือสมุนไพรไทย เล่ม 1. “สามสิบ (Sam Sip)”. หน้า 298.

พัชรี ธีรจินดาขจร. คู่มือการวิเคราะห์ดินทางเคมี. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2552, 169 หน้า

เพชรตะวัน จันทร์ขอนแก่น, พัชราวดี วัฒนวิกย์กิจ และ โสภณ บุญมีวิเศษ (2562) กายวิภาคศาสตร์ของรากสามสิบ, วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) ปีที่ 22 ฉบับที่ 1 หน้า 1-10.

ไพรัช พงษ์วิเชียร (2560) การเกษตรในพื้นที่เดินเค็มของประเทศไทยเพื่อรับมือกับความต้องการทางอาหาร, กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 122 หน้า

ศุภชาติ ธรรมนิติเวทย์ (2562) การสกัดสารสีจากใบพืชสำหรับใช้ในการศึกษาทางสรีรวิทยาของพืช เกษตรนเรศวร ปีที่ 16 ฉบับที่ 1 หน้า 73-81.

วิญญา ดุงแก้ว และ วรนันต์ นาคบรรพต (2561) รายงานการวิจัย: การศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของเกลือในพื้นที่ดินเค็มและการสำรวจข้อมูลพื้นฐานด้านเศรษฐกิจของเกษตรกรในพื้นที่พื้นที่ดินเค็มบ้านโพนสิม ต.หัวนาคำ อ.ยางตลาด จ.กาฬสินธุ์, เสนอต่อสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 34 หน้า

สมศรี อรุณินท์. 2539. ดินเค็มในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 276 หน้า

คณะทำงาน CoP สมุนไพร (2559) แนวทางการตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในตัวอย่างสมุนไพร สถาบันวิจัยสมุนไพร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

สำนักยาและวัตถุเสพติด กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข (2560) คู่มือการจัดทำข้อมูลเพื่อกำหนดมาตรฐานยาสมุนไพรไทย ในตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย. บริษัท 1241 มิราคูลัส จำกัด, กรุงเทพฯ, 23 หน้า

สุระเดช วงษ์ศรีทาม สันติภาพ ปัญจพรรค์, เริงศักดิ์ กตเวทิน และ มงคล ต๊ะอุ่น (2548) อิทธิพลของระดับความเค็ม ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105, วารสารวิจัย มข. (บศ.) ฉบับพิเศษ, หน้า 103-112.

อรุณี ยูวะนิยม และสมศรี อรุณินท์ (2539 ก) กลไกความทนเค็มของพืชชอบเกลือ รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน

อรุณี ยูวะนิยม และสมศรี อรุณินท์ (2539 ข) การคัดเลือกพันธุ์พืชชอบเกลือ รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน

อรุณี ยูวะนิยม (2546) การจัดการแก้ไขปัหาดินเค็ม เอกสารวิชาการกลุ่มวิจัยและพัฒนาการจัดการดินเค็ม สำหรับวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพฯ. 101 หน้า.

Bopana, N. and Saxena, S. (2007) *Asparagus racemosus*-Ethnopharmacological evaluation and conservation needs. *Journal of Ethnopharmacology*, 110: 1–15.

Cicco, N., Lanorte, M.T., Paraggio, M., Viggiano, M., and Lattanzio, V. (2009) A reproducible, rapid and inexpensive Folin-Ciocalteu micro-method in determining phenolics of plant methanol extracts. *Microchemical Journal*, 91(1): 107-110.

Cotelle, N., Bernier, J.L., Catteau, J.P., Pomery, J., Wallet, J.C., Gaydou, E.M. (1996) Antoxidant properties of hydroxy-flavones. *Free Radical Biology & Medicine*, 20(1): 35-43.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Dagar, J.C., Minhas, P.S. and Kumar, M. (2011) Cultivation of medicinal and aromatic plants in saline environments. *Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 6(9), DOI: 10.1079/PAVSNNR20116009.

Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A., Smith, F. (1956) Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry, 28(3): 350-356.

Gerhardt, K.E., Gerwing, P.D. and Greenberg, B.M. (2017) Opinion: Taking phytoremediation from proven technology to accepted practice. *Plant Science*, 256: 170–18.

Gomez Mercado, F., Del Moral Torres, F., Gimenez Luque, E. and De Haro Lozano, S. (2012) Salinity tolerance of the hygrophilous plant species in the wetlands of the South of the Iberian Peninsula. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 40(1): 18-28.

Hiai, S., Oura, H., and Nakajima, T. (1976) Color reaction of some sapogenins and saponins with vanillin and sulfuric acid. *Planta Med*, 29(2): 116-122.

Jayashree, G.V., Rachitha, P., Krupashree, K. and Farhath, K. (2013) Phytochemical analysis of methanolic extract of roots of *Asparagus racemosus* (Shatavari). *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 4: 250-254.

Jesus, J.M., Danko, A.S., Fiúza, A. and Borges, M.T. (2015) Phytoremediation of salt-affected soils: a review of processes, applicability, and the impact of climate change. *Environmental Science and Pollution Research*, 22: 6511–6525.

Judd, W.S. (2001) The Asparagaceae in the southeastern united states, *Harvard Papers in Botany*, 6(1), 223-244.

Karuna, D.S., Dey, P., Das, S., Kundu, A. and Bhakta, T. (2018) *In vitro* antioxidant activities of root extract of *Asparagus racemosus* Linn. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 8: 60-65.

Miller, G.L. (1959) Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, 31(3): 426-428.

Murashige, T. and Skoog, F. (1962) A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiology Plant*, 15: 473-497.

Mustafa, N.H., Sekar, M., Fuloria, S., Begum, M.Y., Gan, S.H., Rani, N.N.I.M., Ravi, S., Chidambaram, K., Subramaniyan, V., Sathasivam, K.V., Jeyabalan, S., Uthirapathy, S., Ponnusankar, S., Lum, P.T., Bhalla, V. and Fuloria, N.K. (2022) Chemistry, biosynthesis and pharmacology of sarsasapogenin: A potential natural steroid molecule for new drug design, development and therapy. Molecules, 27: 2032. https://doi.org/10.3390/molecules27062032

Onom, C., Nuengchamnong, N., Phrompittayarat, W., Putalun, W., Waranuch, N., Ingkaninan, K. (2017) Quantification of saponins in Asparagus racemosus by HPLC-Q-TOF-MS/MS, *Natural Product Communications*, 12(1): 1-10.

Patel, L.S. and Patel, R.S. (2015) Rapid *in vitro* micro propagation of *Asparagus racemosus* Willd. from Nodal Explants. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4: 607-617.

Gokarn, R., Rajput, D., Wanjari, A., Rathi, B. (2015) Pharmaceutical standardization of Shatavari granules. *Joinsysmed,* 3(2): 60-64.

Hayes, P.Y., Aisyah, H., Reg Lehmann, J., Penman, K., Kitching, W. and De Voss, J.J. (2008) Steroidal saponins from the roots of *Asparagus racemosus*. Phytochemistry, 69: 796-804.

Raddy, K.N., Kumar, A.M. and Rahiman, B.A. (2007) Rapid *in vitro* protocol for high multiple shoot induction, rooting and flowering in *Asparagus racemosus* L. *Medicinal and aromatic plant science and biotechnology*, 1: 274-277.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Raval, P.K., Nishteshwar, K., Patel, B.R. and Shukla, V.J. (2012) *Asparagus racemosus* Willd. – "A comparative phytochemical analysis of fresh dried roots of Shatavari". *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives*, 3: 1458-1461.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice+Evans, C. (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology & Medicine*, 26: 1231-1237.

Robbins, W.W. and Borthwich, H.A. (2022) Development of the seed of Asparagus officinalis. *Botanical Gazette*, 80, 426-438.

Saran, P.L., Singh, S., Solanki, V.H., Kalariya, K.A., Meena, R.P. and Patel, R.B. (2019) Impact of shade-net intensities on root yield and quality of Asparagus racemosus: A viable option as an intercrop. *Industrial Crops and Products*, 141: 111740. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111740

Shah, J.P. (2017) Halophytes a resource for the future in arid regions of Kachchh. *Current Trends in Biomedical Engineering & Biosciences*, 4(1), DOI: 10.19080/CTBEB.2017.04.5555629.

Singla, R. and Jaitak, V. (2014) Shatavari (*Asparagus racemosus* Wild): A review on its cultivation, morphology, phytochemistry and pharmacological importance. International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research, 5(3): 742-57.

Singh, R. and Geetanjali (2015) *Asparagus racemosus*: a review on its phytochemical and therapeutic potential. *Natural Product Research*, DOI: 10.1080/14786419.2015.1092148.

Singh, A., Verma, O.P. and Koshy, E.P. (2013) Micropropagation of *Asparagus racemosus* (Shatavari). *Asian Journal of Plant Science and Research*, 3(4):134-137.

Srivastava, P.L., Shukla, A., Kalunke, R.M. (2018) Comprehensive metabolic acid transcriptomic profiling of various tissues provide insights for saponin biosynthesis in the medicinally important *Asparagus racemosus*. *Scientific Reports*, 8: 9098. DOI:10.1038/s41598-018-27440-y

Thakur, K.E., Kamble, R.R., Choudhary, R.S. and Chavan, N.S. (2016) Micropropagation and phytochemical analysis of *Asparagus racemosus* (Shatavari). Multilogic in science, 6: 212-216.

Thiangma, P., Nakbanpote, W., Poomsa-ad, N. and Wiset, L. (2022) Effect of drying condition on Shatavari (Asparagus racemosus Willd.) root quality and energy consumption. Engineering Access, 8(2): 330-335.

Upadhyay, N.V., Shaikh, J.A., Patel, D.H. and Patel, M.A. (2011) Effect of harvesting stages on growth and yield of Satavari (*Asparagus racemosus* Wild). *International Journal of Plant Sciences*, 6(2): 343-344.

Veena, N., Arora, S., Kapila, S., Singh, R.R.B., Katara, A., Pandey, M.M., Rastogi, S. and Rawat, A.K.S. (2014) Immunomodulatory and antioxidative potential of milk fortified with *Asparagus racemosus* (Shatavari). Journal of Medicinal Plants Studies, 2(6): 13-19.

Veena, N., Arora, S., Singh, R.R.B., Katara, A., Rastogi, S., and Rawat, A.K.S. (2015) Effect of Asparagus racemosus (Shatavari) extract on physicochemical and functional properties of milk and its interaction with milk proteins. Journal of Food Science and Technology, 52(2): 1176-1181.

WaghDipali, S., KastureVeena, S. and Pawar Sarita S. (2014) Phytochemical evaluations of marketed Shatavari formulations and development of analytical methods for saponins contents. International Journal of Research in Pharmacy and Chemistry, 4(3): 673-680.

Yoo, K.M., Lee, C.H., Lee, H., Moon, B., Lee, C.Y. (2008) Relative antioxidant and cytoprotective activities of common herbs. *Food Chemistry*, 106: 929-936.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี “รากสามสิบ” http://www.phargarden.com/main.php?action=viewpage&pid=101 [วันที่ค้นข้อมูล: 26 สิงหาคม 2565]

สำนักงานโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี. (2564) สรรพคุณสมุนไพร 200 ชนิด, สามสิบ สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2564 จากเว็บไซต์ www.rspg.or.th/plants_data/herbs/.

สำนักงานพัฒนาชุมชนอำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ (2564) หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2564 จากเว็บไซต์ https://district.cdd.go.th/yangtalat/service/one-tambon-one-product/#

Agricultural Association in Peint (2021) "Shatavari" Agriculture Assosiates, Ubhidhod, Tal-Peinth, Dist-Nashik, Maharashtra. Retrieved December 20, 2021, from https://shatavari-agriculture-assosiates.business.site/

Agri Farming, “Growing Shatavi, and Cultivation Practices, Economics, https://www.agrifarming.in/growing-shatavari-and-cultivation-practices-economics [Accessed 26 August 2022]

Flower of India “Satawiri” http://www.flowersofindia.net/catalog/slides/Satawari.html [Accessed 26 August 2022]

IMP.Center (2021) Growing Shatavari, And Cultivation Practices, Economics. Retrieved December 20, 2021, from https://imp.center/agri/growing-shatavari-and-cultivation-practices-economics/

Michigan state university (2021) Integrated management of asparagus following the end of the harvest period. Retrieved December 20, 2021 from https://www.canr.msu.edu/news/integrated_management_of_asparagus_following_the_end_of_the_harvest_period

Upadhyay, N.V., Shaikh, J.A., Patel, D.H. and Patel, M.A. (2011) Effect of harvesting stages on growth and yield of satavari (*Asparagus racemosus* Wild). *International Journal of Plant Sciences*, 6(2): 343-344.

Vikaspedia (2021) *Asparagus racemosus*. Retrieved December 20, 2021, from https://vikaspedia.in/agriculture/crop-production/package-of-practices/medicinal-and-aromatic-plants/asparagus-racemosus.

WFO The world flora online, “Asparagus racemosus Willd.” wfo-0000634415 http://worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000634415;jsessionid=047271A219DB096CD98E15F8322E9CF1 [Accessed 26 August 2022]

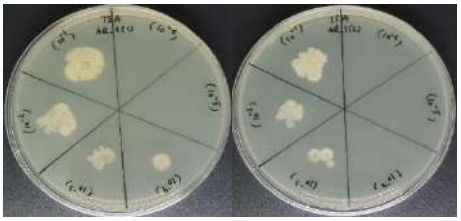
ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ภาคผนวก

ภาพการทดสอบการปนเปื้อนจุลินทรีย์

(ก)

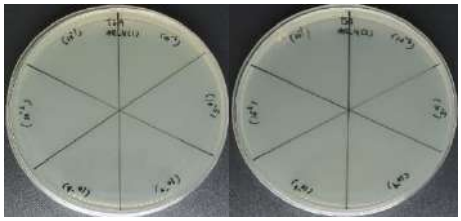
(ข)



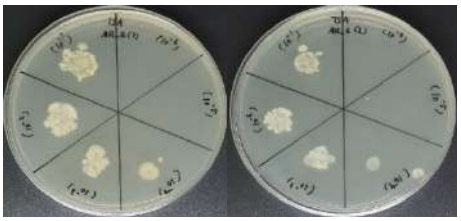
(ค)

(ง)

(จ)

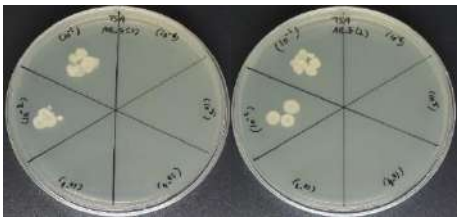


(ฉ)

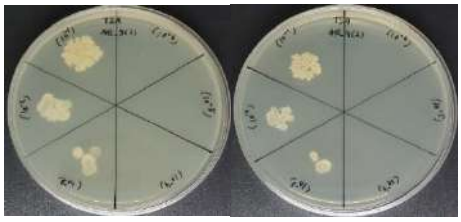


(ช)

(ซ)

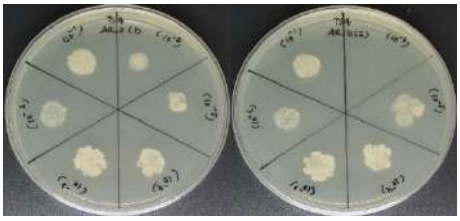


(ฌ)

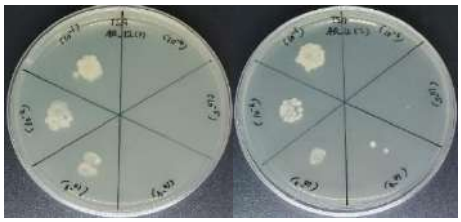


(ญ)

(ฎ)

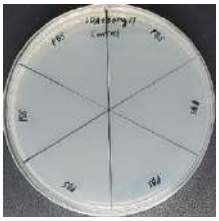


(ฏ)

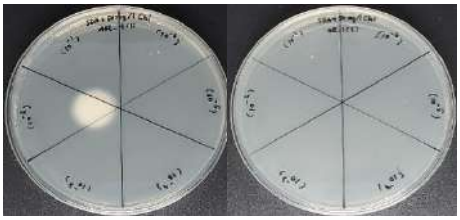


ภาพที่ ก-1 การเจริญของแบคทีเรียในตัวอย่างวิเคราะห์ด้วยเทคนิคดรอปเพลทจำนวน 2 ซ้ำ (ก) จานควบคุม ผลการเจริญของเชื้อแบคทีเรียบนจานอาหาร TSA ควบคุม PBS, pH 7.4 (ข) AR_1 (ค) AR_2 (ง) AR_3 (จ) AR_4 (ฉ) AR_6 (ช) AR_7 (ซ) AR_8 (ฌ) AR_9 (ญ) AR_10 (ฎ) AR_11 และ (ฏ) AR_12 บ่มที่ 30-35°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

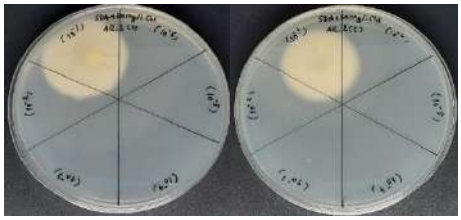
(ก)



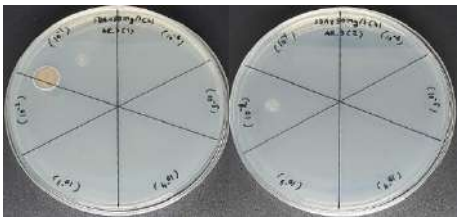
(ข)



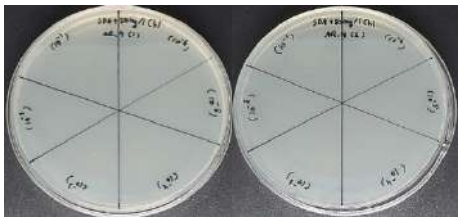
(ค)



(ง)

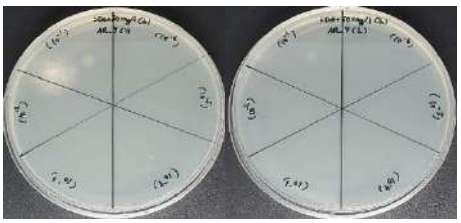


(จ)

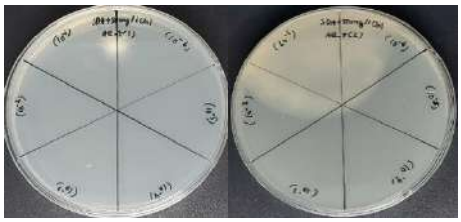


(ฉ)

(ช)



(ซ)

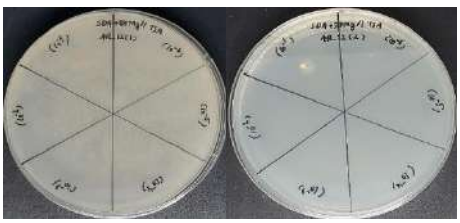


(ฌ)

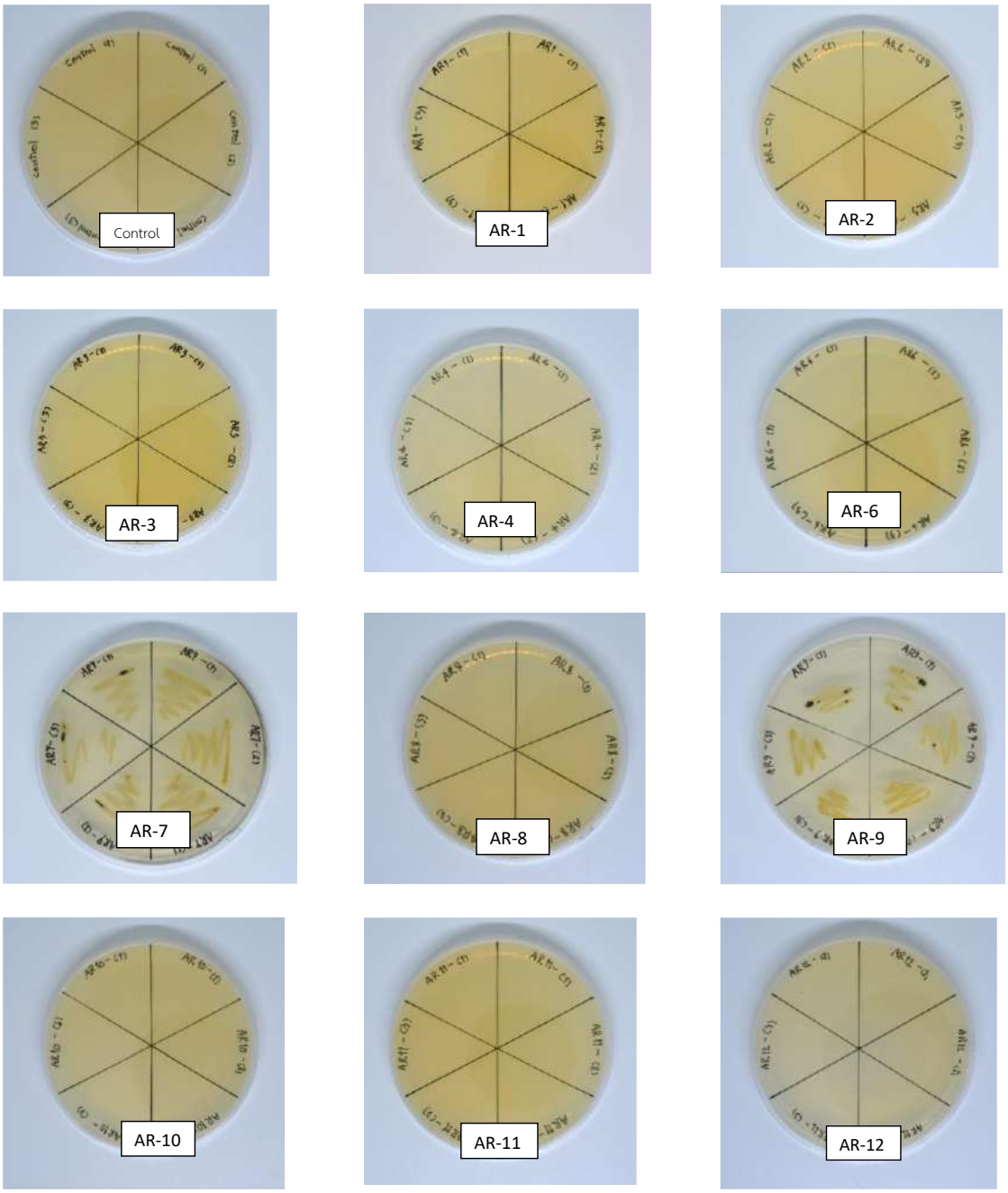
(ญ)

(ฎ)

(ฏ)



ภาพที่ ก-2 การเจริญของยีสต์และราในตัวอย่างวิเคราะห์ด้วยเทคนิคดรอปเพลทจำนวน 2 ซ้ำ (ก) จานควบคุม ผลการเจริญของเชื้อยีสต์และราบนจานอาหาร SDA ควบคุม PBS, pH 7.4 (ข) AR_1 (ค) AR_2 (ง) AR_3 (จ) AR_4 (ฉ) AR_6 (ช) AR_7 (ซ) AR_8 (ฌ) AR_9 (ญ) AR_10 (ฎ) AR_11 และ (ฏ) AR_12 บ่มที่ 20-25°C เป็นเวลา 5 วัน



ภาพที่ ก-3 ผลการทดสอบการตรวจหา Clostridium spp. ในอาหาร Perfiring Agar Base (T.S.C) 72 ชั่วโมง ใน Anaerobic jar

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน