วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

ความหลากหลายทางพันธุกรรมและปริมาณสารแคปไซซินในพริกพื้นเมืองที่มีศักยภาพของประเทศไทย

Genetic and Capsaicin Content Diversity of Potentially Local Native Peppers of Thailand

มณเทียน แสนดะหมื่น[*1] สนธิชัย จันทร์เปรม[2] และ บุบผา คงสมัย[2]

Monthian Saendamuen[*1] Sontichai Chanprame[2] and Buppa Kongsamai[2]

[1] สาขาวิชาวิจัยและพัฒนาการเกษตร คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

[1] Program in Agicultural Research and Development, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140

[2] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

[2] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140

* Corresponding author: saendamuen_m@yahoo.com

(Received: 1 November 2021; Revised: 28 March 2022; Accepted: 30 May 2022)

Abstract

Potentially local Thai chili peppers are a potential crop. There is an important ingredient in the traditional cuisine of Thailand. Currently, one of the potential crops chili extracts they are the main ingredients are used cosmetic and medicinal products. Therefore, it is needed to conduct the field survey and phytochemical study of this plant to establish the necessary data for effective use. The objective of this study was to characterize the diversity of local-chili varieties to use for further development of new chili varieties. Conducted a survey and collected among 42 accessions of small-fruit landraces collected from 16 sources of the country. Study morphology following IBPGR descriptor. Analysis of DNA molecular by using by AFLP technique and quantitative analysis of collected indigenous peppers phytochemicals. Morphological characterization results showed that the mean values of each variable of morphology were subjected to principal component

analysis (PCA) and group analysis. Both analyzes were able to separate the small-scale accession into four main groups independent of the pepper type and the source from which it was collected. Analysis of genetic diversity by molecular markers and identification the data were analyzed on the basis of PCA and group analysis it was found that using 10 primer pairs, 153 DNA bands appeared, with similarity coefficients in the range of 0.19-0.85. Grouping can be divided into 4 large groups. Considering the yield and content of capsaicin, it was found that 10 varieties of chili peppers with potential for further cultivar production and development were, the results showed that the highest yielding strain was KRIC004, KRIC002, LEIC003, TAKC001 and NSTC001 while the chili with high capsaicin content was MHSC077, MHSC073, PBIC001, MHSC038, PREC001 and MHSC033.
Keywords: Morphological Traits, DNA fingerprint, Principle component analysis, Capsaicin

บทคัดย่อ

พริกขี้หนูพื้นเมืองผลเล็กเป็นพืชท้องถิ่นที่มีศักยภาพ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในอาหารพื้นบ้านของไทย ปัจจุบันมีการใช้สารสกัดจากพริกเพื่อทำผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและยามากขึ้น จำเป็นต้องทำการสำรวจและศึกษาปริมาณสารแคปไซซินที่สำคัญของพริกพื้นเมือง เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะความหลากหลายของพันธุ์พริกท้องถิ่นและเป็นข้อมูลในการพัฒนาพันธุ์พริกต่อไป ดำเนินการสำรวจและรวบรวมพริกพื้นเมืองผลเล็กจำนวน 42 สายพันธุ์ จาก 16 แหล่งปลูกของประเทศไทย โดยทำการศึกษาสัณฐานวิทยา ตามเอกสารอธิบายของ IBPGR วิเคราะห์โมเลกุลดีเอ็นเอโดยใช้เทคนิค AFLP และการวิเคราะห์ปริมาณของสารแคปไซซินพริกพื้นเมืองที่เก็บรวบรวม นำผลไปทำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) และการวิเคราะห์จัดกลุ่ม ซึ่งสามารถจำแนกพริกพื้นเมืองออกเป็นสี่กลุ่มหลักโดยไม่ขึ้นกับชนิดของพริกและแหล่งที่มาของการรวบรวม การวิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรมระดับชีวโมเลกุลโดยใช้ไพรเมอร์ 10 คู่ ปรากฏแถบดีเอ็นเอ 153 แถบ วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือน Dice Similarity coefficient และจัดกลุ่มด้วยวิธี UPGMA (Unweighted pair group method with arithmetic average) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงกันในช่วง 0.19-0.85 แบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่ ๆ ทำการปลูกเปรียบเทียบผลผลิตและปริมาณแคปไซซิน โดยพบว่าพริกพื้นเมืองที่ศึกษาที่มีศักยภาพในการผลิตและพัฒนาพันธุ์ต่อไป จำนวน 10 สายพันธุ์ โดยสายพันธุ์พริกพื้นเมืองที่ให้ผลผลิตสูง 5 สายพันธุ์ ได้แก่ KRIC004, KRIC002, LEIC003, TAKC001 และ NSTC001 และพริกพื้นเมืองที่มีปริมาณสารแคปไซซินสูง จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ MHSC077, MHSC073, PBIC001, MHSC038, PREC001 และ MHSC033
คำสำคัญ: ลักษณะสัณฐานวิทยา ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ วิเคราะห์องค์ประกอบหลัก แคปไซซิน

คำนำ

พริกเป็นพืชผักชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมของหลายประเทศในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อนของโลก ปี 2562 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกพริกประมาณ 565,300 ไร่ และผลผลิตประมาณ 367,200 ตัน (FAOSTAT, 2021) ซึ่ง สุชีลา (2549) ได้จัดชนิดตามเชื้อพันธุกรรมและพันธุ์พริกเผ็ดในประเทศไทยมีพริกที่มีความสำคัญ 5 ชนิดคือ พริกขี้หนูเม็ดเล็ก พริกขี้หนูเม็ดใหญ่ พริกยักษ์ พริกหยวก และพริกใหญ่ โดยพริกที่ปลูกมากที่สุดคือ พริกขี้หนูเม็ดเล็ก (*Capsicum frutescens*) ซึ่งมีแหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ในภาคเหนือและภาคอีสาน (มณีฉัตร, 2541) พริกมีจำนวนโครโมโซม 2n = 24 เป็นพืชผสมตัวเองตามธรรมชาติแต่สามารถผสมข้ามได้ประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ (Purseglove, 1968) ซึ่งมีคุณค่าทางอาหารมีประโยชน์ต่อร่างกาย สามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งบริโภคสดและแปรรูปใช้ในการปรุงแต่งรสและใช้เป็นสีในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น พริกแห้ง พริกป่น ซอสพริก เครื่องแกง นอกจากนี้ภายในผลพริก มีสารที่เรียกว่า แคปไซซิน (Capsaicin) ที่มีรสเผ็ด สามารถใช้เป็นผลิตภัณฑ์รักษาโรค เช่น ฆ่าเชื้อแบคทีเรียในกระเพาะอาหาร ช่วยในการดูดซึมอาหาร คลายกล้ามเนื้อ และลดอาการปวด สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทางการแพทย์และเภสัชกรรม ปัจจุบันปริมาณความต้องการใช้พริกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งทางด้านอาหารและผลิตภัณฑ์รักษาโรค ปริมาณสารแคปไซซินในผลพริกจะแตกต่างกันมากน้อยตามปัจจัยของ สภาพอากาศ พันธุ์ แหล่งปลูก ระยะแก่ และส่วนต่าง ๆ ของผลพริกอีกด้วย (พิทยา, 2551; Maga, 1975) โดยเฉพาะพริกพื้นเมืองของไทยซึ่งปลูกและเก็บรักษาพันธุ์โดยผู้ปลูกในท้องถิ่นต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องเพื่อใช้ประโยชน์ ทำให้มีความหลากหลายทางพันธุกรรมในลักษณะต่าง ๆ สูง (Camacho *et al*., 2005) ซึ่งในปัจจุบันแนวโน้มความต้องการใช้พริกในปริมาณที่มากขึ้น โดยพริกพื้นเมืองของไทยมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นพันธุ์การค้า หากแต่ยังไม่มีการศึกษาข้อมูลมากพอ ปัญหาหนึ่งที่พบคือความคล้ายคลึงของพริกพื้นเมืองบางสายพันธุ์ทั้งที่มีชื่อเรียกต่างกัน (อรรัตน์, 2558) อีกทั้งพันธุ์พริกพื้นเมืองมีการคัดเลือกโดยธรรมชาติและการคัดเลือกโดยเกษตรกรท้องถิ่น ยังมีผลผลิตค่อนข้างต่ำประมาณ 300-500 กิโลกรัมต่อไร่ และไม่ทราบถึงปริมาณปริมาณสารแคปไซซินที่แน่ชัด

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินลักษณะทางสัณฐานวิทยาร่วมกับเครื่องหมายโมเลกุล AFLP และปริมาณสารแคปไซซินเพื่อจัดกลุ่มความสัมพันธ์ของพริกขี้หนูพื้นเมืองผลเล็กที่มีศักยภาพในท้องถิ่นของไทยสำหรับการใช้ประโยชน์ทางการเกษตรและอุตสาหกรรม และเพื่อการอนุรักษ์พันธุ์พื้นเมืองเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนและการปรับปรุงพันธุ์พริกพื้นเมืองในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

พืชใช้ในการทดลอง

พันธุ์พริกพื้นเมืองผลเล็กจำนวน 42 สายพันธุ์ที่รวบรวมจากแหล่งปลูกต่าง ๆ (Table 1) ซึ่งปลูกทดสอบ ณ แปลงทดลองของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรแม่ฮ่องสอน จังหวัดแม่ฮ่องสอน (19° 16′ N latitude 97° 56′ W longitudes) ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-กันยายน 2560 โดยมีขนาดแปลงกว้าง 3 เมตร ยาว 5 เมตร ระยะระหว่างต้น 75 เซนติเมตร และระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร วางแผนการทดลองแบบ Augmented design in

RCB มี 3 ซ้ำ ปลูกสิ่งทดลองพันธุ์ละ 4 แถว แถวละ 7 ต้น เก็บข้อมูลเฉพาะ 2 แถวกลาง จำนวน 10 ต้น ทำการใส่ปุ๋ย กำจัดวัชพืช และฉีดพ่นสารเคมีป้องกันโรคและแมลงตามความเหมาะสม

การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและการวิเคราะห์ปริมาณแคปไซซิน

บันทึกลักษณะทางสัณฐานวิทยาตามเกณฑ์การตรวจสอบลักษณะทางพันธุ์พืชที่เสนอโดย International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) (IBPGR, 1993) ของพริกพื้นเมือง จำนวน 52 ลักษณะ ประกอบด้วยลักษณะคุณภาพ 38 ลักษณะ และลักษณะปริมาณ 13 ลักษณะ ร่วมกับเอกสารคู่มือหลักเกณฑ์การตรวจสอบพันธุ์พืชของสำนักงานคุ้มครองพันธุ์พืช ตั้งแต่ระยะต้นกล้าจนถึงระยะเก็บเกี่ยว

บันทึกผลผลิตต่อต้น และวิเคราะห์ปริมาณสารแคปไซซินตามวิธีของ Al-Othman *et al*. (2011) คำนวณระดับความเผ็ดตามหน่วย Scoville Heat Unit (SHU) แบ่งออกเป็น 5 ระดับแล้วแปลงข้อมูลเป็นมาตรวัดอันตรภาคชั้น ตั้งแต่ไม่เผ็ด (0-700 SHU) เผ็ดน้อย = 1, (700-3,000 SHU) เผ็ดปานกลาง = 2, (3,000-25,000) เผ็ดมาก = 3, (25,000-70,000 SHU) = 4 และเผ็ดมากที่สุด (>80,000 SHU) = 5 (Weiss, 2002)

นำผลมาการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal components analysis: PCA) โดยใช้โปรแกรม PAST (PAleontological STatistics: PALEONTOLOGICAL STATISTICS SOFTWARE PACKAGE FOR EDUCATION AND DATA ANALYSIS) (Hammer *et al*., 2001)

การศึกษาโดยใช้ลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยเครื่องหมายโมเลกุล AFLP

สกัดดีเอ็นเอจากใบอ่อนพริกอายุ 2 สัปดาห์ ตามวิธีดัดแปลงของ Dellaporta *et al.* (1989) และ Doyle and Doyle (1990) ซึ่งอธิบายวิธีการอย่างละเอียดโดย ลลิดา และคณะ (2553) และตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยเครื่องหมายโมเลกุล AFLP (Vos *et al.*, 1995) โดยตัดดีเอ็นเอด้วยเอนไซม์ EcoRI กับ MseI แล้วเชื่อมต่อกับ EcoRI primers และ MseI primers โดยพิจารณาจากจำนวนและความคมชัดของแถบลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ปรากฏ ซึ่งเลือกใช้ไพร์เมอร์จำนวน 10 คู่ ดังนี้ E-ACC M-GTC, E-ACC M-GTA, E-ACC M-ACA, E-GCC M-GTA, E-ACC M-TAC, E-GCA M-GTA, E-AAC M-GTA, E-GCA M-ACA, E-AAC M-TAC และ E-AGC M-ATC (ชลธิชา, 2542) นำสารพันธุกรรมที่เพิ่มปริมาณแยกขนาดใน 5% polyacrylamide gel ที่ค่ากระแสไฟฟ้าคงที่ 600 โวลต์ใน 0.5 × TBE นานา 2 ชั่วโมง แล้วย้อมเจลด้วย 1% silver nitrate และ 0.56% formaldehyde นาน 30 นาที บันทึกแถบดีเอ็นเอที่เป็น polymorphic band โดยกำหนดค่าเป็น 1 เมื่อปรากฏแถบดีเอ็นเอ และ 0 เมื่อไม่ปรากฏแถบดีเอ็นเอ คำนวณจำนวนแถบดีเอ็นเอเฉลี่ยต่อคู่ไพร์เมอร์ ร้อยละของแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกัน (polymorphism information content, PIC) ตามวิธีของ Roldan-Ruiz *et al*. (2000) ดังนี้

$\% PIC_i = 2f_i (1-f_i)$

เมื่อ PIC_i เป็น polymorphism information content ของคู่ไพร์เมอร์ i, f_i เป็นความถี่ของแถบดีเอ็นเอที่ปรากฏ

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอ

คำนวณค่าระยะห่างทางพันธุกรรมของแต่ละคู่สายพันธุ์ (accessions) จากข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ได้จากเครื่องหมายโมเลกุล AFLP แล้ววิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมโดยใช้ Sørensen – Dice coefficient (1948) วิเคราะห์และการจัดกลุ่ม (cluster analysis) ด้วย unweighted pair group mean (UPGMA) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมใช้โปรแกรม PAST (PAleontological STatistics: PALEONTOLOGICAL STATISTICS SOFTWARE PACKAGE FOR EDUCATION AND DATA ANALYSIS) (Hammer *et al*., 2001)

Table 1 Chili landrace 42 accessions were collected from various cultivation sites in Thailand

No.	Code	Origin
1	CMIC001	Chiang mai Province, Thailand
2	CMIC002	Chiang mai Province, Thailand
3	LPNC006	Lampang, Thailand
4	PREC001	Phrae Province, Thailand
5	UTTC001	Uttaradit Province, Thailand
6	LEIC001	Loei Province, Thailand
7	LEIC002	Loei Province, Thailand
8	LEIC003	Loei Province, Thailand
9	LEIC004	Loei Province, Thailand
10	LEIC005	Loei Province, Thailand
11	SSKC002	Sisaket Province, Thailand
12	MHSC002	Mae Hong Son Province, Thailand
13	MHSC006	Mae Hong Son Province, Thailand
14	MHSC015	Mae Hong Son Province, Thailand
15	MHSC016	Mae Hong Son Province, Thailand
16	MHSC017	Mae Hong Son Province, Thailand
17	MHSC021	Mae Hong Son Province, Thailand
18	MHSC033	Mae Hong Son Province, Thailand
19	MHSC036	Mae Hong Son Province, Thailand
20	MHSC038	Mae Hong Son Province, Thailand
21	MHSC045	Mae Hong Son Province, Thailand

Table 1 Chili landrace 42 accessions were collected from various cultivation sites in Thailand (Cont.)

No.	Code	Origin
22	MHSC059	Mae Hong Son Province, Thailand
23	MHSC073	Mae Hong Son Province, Thailand
24	MHSC077	Mae Hong Son Province, Thailand
25	MHSC092	Mae Hong Son Province, Thailand
26	MHSC093	Mae Hong Son Province, Thailand
27	MHSC094	Mae Hong Son Province, Thailand
28	MHSC096	Mae Hong Son Province, Thailand
29	TAKC001	Tak Province, Thailand
30	KRIC001	Kanchanaburi Province, Thailand
31	KRIC002	Kanchanaburi Province, Thailand
32	KRIC003	Kanchanaburi Province, Thailand
33	KRIC004	Kanchanaburi Province, Thailand
34	KRIC005	Kanchanaburi Province, Thailand
35	SPBC001	Suphan Buri Province, Thailand
36	NPTC003	Nakhon Pathom Province, Thailand
37	PBIC001	Phetchaburi Province, Thailand
38	PKNC001	Prachuap Khiri Khan, Thailand
39	TRAC001	Trat Province, Thailand
40	NSTC001	Nakhon Si Thammarat Province, Thailand
41	KBIC001	Krabi Province, Thailand
42	KBIC002	Krabi Province, Thailand

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพริกพื้นเมือง (Principal components analysis of morphologic characteristics of chilli genotypes)

Table 2 The eigenvalues, proportion of variation and cumulative variations across the axis of the first eight principal components

Principal component	Eigenvalue	Variance (%)	Cumulative variation (%)
1.	15.11	25.82	25.82
2.	17.66	17.66	43.48
3.	5.63	9.62	53.10
4.	5.36	9.15	62.25
5.	3.62	6.19	68.43
6.	3.51	5.99	74.43
7.	2.42	4.14	78.56
8.	1.96	3.35	81.92

จากการสำรวจและเก็บตัวอย่างพันธุ์พริกพื้นเมืองพบว่า พริกพื้นเมืองมีการเจริญเติบโตได้ในสภาพพื้นที่ราบลุ่มจนถึงบนภูเขาสูง ที่ระดับความสูง 10-1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ในสภาพธรรมชาติและแปลงปลูก ดำเนินการจำแนกพริกพื้นเมืองที่เก็บมาทั้ง 42 สายพันธุ์ ตามลักษณะทางสัณฐานวิทยาโดยใช้คู่มือการจัดจำแนกของ IBPGR (1983) นำข้อมูลลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่บันทึกได้แปลผลให้เป็นข้อมูลที่มีลักษณะแบบมาตราวัดอันตรภาคชั้นก่อนนำผลมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ลักษณะทางสัณฐานวิทยาพริกพื้นเมืองผลเล็กจำนวน 42 สายพันธุ์ พบว่ามี 8 องค์ประกอบหลักที่มีค่า eigenvalues ครอบคลุมความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมดสูง 81.92 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) โดยองค์ประกอบหลักที่ 1 (PC1) มีค่า eigenvalues 15.11 สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 25.82 เปอร์เซ็นต์ องค์ประกอบหลักนี้ประกอบด้วยลักษณะที่เกี่ยวข้องกับรยางค์ที่ส่วนปลายผล (Fruit blossom end appendage) องค์ประกอบที่ 2 (PC2) มีค่า eigenvalues 17.66 สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 43.48 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งองค์ประกอบหลักนี้ประกอบด้วยลักษณะที่เกี่ยวข้องกับลักษณะปรากฏจุดแอนโทไซยานินที่ผล (Anthocyanin spot or stripes) และสีของก้านชูอับเรณู (Filament colour) องค์ประกอบหลักที่ 3 (PC3) มีค่า eigenvalues 5.63 สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 9.62 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งองค์ประกอบหลักนี้ประกอบด้วยลักษณะที่เกี่ยวข้องกับสีของวงกลีบดอก (Corolla colour) ตำแหน่งของก้านดอก (Flower position) ลักษณะวิสัยการเจริญเติบโตของต้น (Branching habit) จุดสีบนกลีบดอก (Corolla spot colour) และสีของผลอ่อน (Fruit colour at

intermediate stage) องค์ประกอบที่ 4 (PC4) มีค่า eigenvalues 5.36 สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 9.15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งองค์ประกอบหลักนี้ประกอบด้วยลักษณะที่เกี่ยวข้องกับลักษณะความหนาแน่นของใบ (Leaf density) ลักษณะวิสัยการเจริญเติบโตของต้น (Branching habit) การแตกกอ (Tillering) สีของใบ (Leaf colour) จุดสีบนกลีบดอก (Corolla spot colour) สีของก้านชูอับเรณู (Filament colour) สีของผลอ่อน (Fruit colour at intermediate stage) และสีของผลแก่ (Fruit colour at mature stage) ในส่วนขององค์ประกอบหลักอื่น ๆ (PC5-PC8) มีค่า eigenvalues 3.62 3.51 2.42 และ 1.96 ตามลำดับ และสามารถเพิ่มเติมได้ 6.19 5.99 4.14 และ 3.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งองค์ประกอบหลักนี้ประกอบด้วยลักษณะที่เกี่ยวข้องกับลักษณะวิสัยการเจริญเติบโตของต้น (Branching habit) การแตกกอ (Tillering) ความหนาแน่นของใบ (Leaf density) รูปร่างใบ (Leaf shape) ตำแหน่งของก้านดอก (Flower position) สีของวงกลีบดอก (Corolla colour) จุดสีบนกลีบดอก (Corolla spot colour) สีอับเรณู (Anther colour) สีของก้านชูอับเรณู (Filament colour) ลักษณะปรากฏจุดแอนโทไซยานินที่ผล (Anthocyanin spot or stripes) สีของผลอ่อน (Fruit colour at intermediate stage) สีของผลแก่ (Fruit colour at mature stage) และ คอคอดที่ฐานของผล (Neck at base of fruit) โดยมีผลรวมองค์ประกอบทั้งหมด 81.31 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) ซึ่งจากองค์ประกอบหลักรวมที่ 81.92 เปอร์เซ็นต์นี้มีองค์ประกอบเพียงพอที่จะอธิบายความแตกต่างทั้งนี้ตามที่ Pla (1986) แนะนำว่าองค์ประกอบที่เหมาะสมควรมีไม่น้อยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับการศึกษาของรูปแบบจำนวนองค์ประกอบหลัก (PC) แสดงความผันแปรแตกต่างที่สูงในจีโนไทป์พริกกลุ่ม *C. annuum* ตามรายงานของ Matthew *et al.,* (1994) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความแตกต่างนั้นมีความสำคัญไม่เพียงแต่ในระดับเฉพาะเท่านั้น แต่ยังรวมถึงระดับจีโนไทป์ของพริกด้วย

เมื่อนำองค์ประกอบหลักพล็อตเป็น Scatter plot (Figure 1) ประกอบด้วยแกน PC1 และ PC2 ซึ่งอธิบายลักษณะการปรากฏของรยางค์ที่ส่วนปลายผล (Fruit blossom end appendage) ลักษณะปรากฏจุดแอนโทไซยานินที่ผล (Anthocyanin spot or stripes) และสีของก้านชูอับเรณู (Filament colour) โดยสามารถอธิบายความแปรปรวน 43.48 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เห็นความแตกต่างของพันธุ์ได้ชัดเจน และสามารถจัดกลุ่มได้เป็น 4 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย 9 สายพันธุ์ ได้แก่ NPTC003, KRIC004, KRIC003, KRIC002, CMIC001, KRIC001, MHSC002, LEIC001 และ LEIC002 ลักษณะที่แตกต่างกันคือ ลักษณะปรากฏของรยางค์ที่ส่วนปลายผล (Fruit blossom end appendage) มีลักษณะที่คล้ายคลึงกันคือ ความสูงต้น (Plant height) สีใบ (Leaf colour) และรูปร่างของวงกลีบดอก (Corolla shape)

กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย 26 สายพันธุ์ MHSC006, MHSC015, MHSC016, MHSC017, MHSC021, MHSC033, MHSC036, MHSC038, MHSC045, MHSC059, MHSC077, MHSC092, MHSC093, MHSC094, KBIC001, NSTC001, TRAC001, PBIC001, LEIC003, LEIC004, PKNC001, PREC001, CMIC002, SSKC002, SPBC001 และ LPNC006 มีลักษณะที่แตกต่างกัน

คือ ลักษณะปรากฏจุดแอนโทไซยานินที่ผล (Anthocyanin spot or stripes) และสีของก้านชูอับเรณู (Filament colour) มีลักษณะที่คล้ายคลึงกันคือ ขนที่ลำต้นและแขนง (Stem pubescence) เส้นผ่าศูนย์กลางของผล (Fruit diameter) น้ำหนักผล (Fruit weight) ความยาวของพลาเซนตา (Placenta length) และสีเมล็ด (Seed colour)

กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วย 5 สายพันธุ์ KBIC002, MHSC073, MHSC096, UTTC001 และ LEIC005 มีลักษณะที่แตกต่างกันสีของวงกลีบดอก (Corolla colour) มีลักษณะที่คล้ายคลึงกันคือ ความยาวของใบแก่ (Mature leaf length) เส้นผ่าศูนย์กลางของผล (Fruit diameter) น้ำหนักผล (Fruit weight) ความหนาเนื้อผลรูปร่างบนของผล (Fruit wall thickness)

และ กลุ่มที่ 4 ประกอบด้วย 2 สายพันธุ์ TAKC001 และ KRIC005 มีลักษณะที่แตกต่างกันคือสีของผลแก่ (Fruit colour at mature stage) มีลักษณะที่คล้ายคลึงกันคือ เส้นผ่าศูนย์กลางของผล (Fruit diameter) น้ำหนักผล (Fruit weight) และความยาวของพลาเซนตา (Placenta length)

ความหลากหลายทางพันธุกรรมโดยใช้ลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ได้จากเครื่องหมายเอเอฟแอลพี

Table 3 AFLP primers used and polymorphic information content

primer combination	polymorphic bands	PIC
E-ACC, M-GTC	24	0.499132
E-ACC, M-GTA	25	0.485952
E-ACC, M-ACA	19	0.362812
E-GCC, M-GTA	18	0.440861
E-ACC, M-TAC	14	0.464806
E-GCA, M-GTA	12	0.463593
E-AAC, M-GTA	10	0.305431
E-GCA, M-ACA	11	0.496964
E-AAC, M-TAC	10	0.384342
E-AGC, M-ATC	8	0.415657
total polymorphic bands	151	

เมื่อทำการวิเคราะห์ความหลากหลายพันธุกรรมด้วยเทคนิคเอเอฟแอลพี ใช้เครื่องหมายโมเลกุลจำนวน 10 คู่ ผลการศึกษาพบว่าได้จำนวนแถบดีเอ็นเอทั้งหมด 153 เครื่องหมาย แบ่งเป็นแถบดีเอ็นเอที่เหมือนกัน 2 แถบและแถบดีเอ็นเอที่แตกต่าง 151 แถบ เมื่อนำมาคำนวณหาจำนวนแถบดีเอ็นเอเฉลี่ยต่อคู่ไพรเมอร์มีค่าเท่ากับ 15.30 คิดเป็นสัดส่วนค่าโพลีเมอร์ฟิซึม (polymorhism) ที่เกิดขึ้นเท่ากับ 99.05 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าข้อมูลจากแถบเครื่องหมายเอเอฟแอลพีของพริกพื้นเมืองผลเล็กที่ทำการศึกษามีความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับสูง ซึ่งรูปแบบความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นจากพริกพื้นเมืองผลเล็กที่ทำการศึกษาอาจเกิดการกลายของเบสที่ตำแหน่งเอนไซม์ตัดจำเพาะโดยการเปลี่ยนแปลงขาดหายไป หรือมีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลดีเอ็นเอขึ้นมาใหม่ การมีชิ้นส่วนของดีเอ็นเอเพิ่มขึ้นหรือขาดหายไปและมีการเรียงตัวของโมเลกุลดีเอ็นเอใหม่ ในช่วงระหว่างตำแหน่งจำเพาะเดิม ทำให้ขนาดชิ้นดีเอ็นเอเปลี่ยนแปลงไป (Saliba *et al*., 2000) ถึงแม้ว่ายังไม่มีรายงานผลการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของเครื่องหมายดีเอ็นเอของพริกพื้นเมืองผลเล็กในกลุ่มของ *Capsicum frutescens* แต่ก็พบการศึกษาความผันแปรทางพันธุกรรมของพริก *Capsicum baccatum* ในบราซิลโดยลักษณะทางสัณฐานวิทยาและเครื่องหมาย AFLP โดยใช้จำนวน 6 คู่ไพรเมอร์ พบว่ามีแถบดีเอ็นเอ 2466 แถบ มีค่าโพลีเมอร์ฟิซึม 97.93 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งบ่งบอกความแปรปรวนทางพันธุกรรมสูงเช่นกัน (Cardoso *et al*., 2018) และยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Krishnamurthy *et al*. (2015) ในการประเมินพันธุกรรมพริก *C. Baccatum* จำนวน 226 สายพันธุ์ของอเมริกาใต้พบว่ามีค่าโพลีเมอร์ฟิซึม 93.96 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการตรวจสอบความสัมพันธ์ทางพันธุ์กรรมมีความละเอียดและครอบคลุมลำดับนิวคลีโอไทด์ เมื่อนำมาศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมโดยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือน (Jaccard similarity coefficient) พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือนอยู่ในช่วง 0.19-0.85 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.52 เมื่อพิจารณาจากค่าดังกล่าวแล้วพบว่ามีค่าสูง มีการกระจายตัวกว้าง แสดงให้เห็นว่าข้อมูลจากเครื่องหมายเอเอฟแอลพีของพริกพื้นเมืองผลเล็กที่ทำการศึกษามีความแตกต่างทางพันธุกรรม หรือความหลากหลายทางพันธุกรรมสูงกว่าของลักษณะทางสัณฐานวิทยา เมื่อนำข้อมูลที่ได้สร้าง dendrogram ทำการจัดกลุ่มด้วยวิธี Neighbor joining method (Saitou and Nei, 1987) แสดงผลในรูปแบบของ phylogenetic tree สามารถแบ่งพริกพื้นเมืองผลเล็กออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ ตามความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมที่ปรากฏ (Figure 2) ได้ผลดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็นพริกพื้นเมืองผลเล็กกลุ่มที่มีลักษณะเด่นร่วมกันคือจุดแอนโทไซยานินที่ผล (Anthocyanin spot or stripes) และความยาวของวงกลีบดอกสั้นน้อยกว่า 0.5 เซนติเมตร (Corolla length) ประกอบด้วย 5 สายพันธุ์ ได้แก่ MHSC096, LEIC005, KBIC002, LEIC003, PREC001 และ UTTC001

กลุ่มที่ 2 เป็นพริกพื้นเมืองผลเล็กกลุ่มที่มีลักษณะเด่นร่วมกันคือความยาวของวงกลีบดอก (Corolla length) ขนาด 0.5-1.00 เซนติเมตร รูปร่างส่วนบนของผลมน (Fruit shape at pedicel attachment) และลักษณะการปรากฏของรยางค์ที่ส่วนปลายผล (Fruit blossom end appendage) ประกอบด้วย 10 สายพันธุ์ ได้แก่ CMIC001, KRIC001, KRIC002, KRIC003, KRIC004, LEIC001, LEIC002, MHSC002, MHSC077 และ NPTC003

กลุ่มที่ 3 เป็นพริกพื้นเมืองผลเล็กกลุ่มที่มีลักษณะเด่นร่วมกันคือสีของก้านชูอับเรณู (Filament colour) สีของผลอ่อน (Fruit colour at intermediate stage) สีของผลแก่ (Fruit colour at mature stage) รูปร่างของผลเรียวยาว (Fruit shape) เส้นผ่าศูนย์กลางของผลแคบมาก (Fruit diameter) รูปร่างปลายผลแหลม (Fruit shape at blossom end) และลักษณะผลเหยียดตรง (Bend the fruit) ประกอบด้วย 25 สายพันธุ์ ได้แก่ CMIC002, KBIC001, LEIC003, LEIC004, LPNC006, MHSC006, MHSC015, MHSC016, MHSC017, MHSC021, MHSC033, MHSC036, MHSC038, MHSC045, MHSC059, MHSC092, MHSC093, MHSC094, NSTC001, PBIC001, PKNC001, PREC001, SPBC001, SSKC002 และ TRAC001

กลุ่มที่ 4 เป็นพริกพื้นเมืองผลเล็กกลุ่ม ที่มีลักษณะเด่นร่วมกันคือน้ำหนักผลน้อยกว่า 5.0 กรัม (Fruit weight) ความยาวก้านผลยาว 0.1-0.3 เซนติเมตร (Fruit pedicel length) ความหนาของเนื้อผล 0.1-0.3 เซนติเมตร (Fruit wall thickness) ประกอบด้วย 2 สายพันธุ์ ได้แก่ TAKC001 และ KRIC005

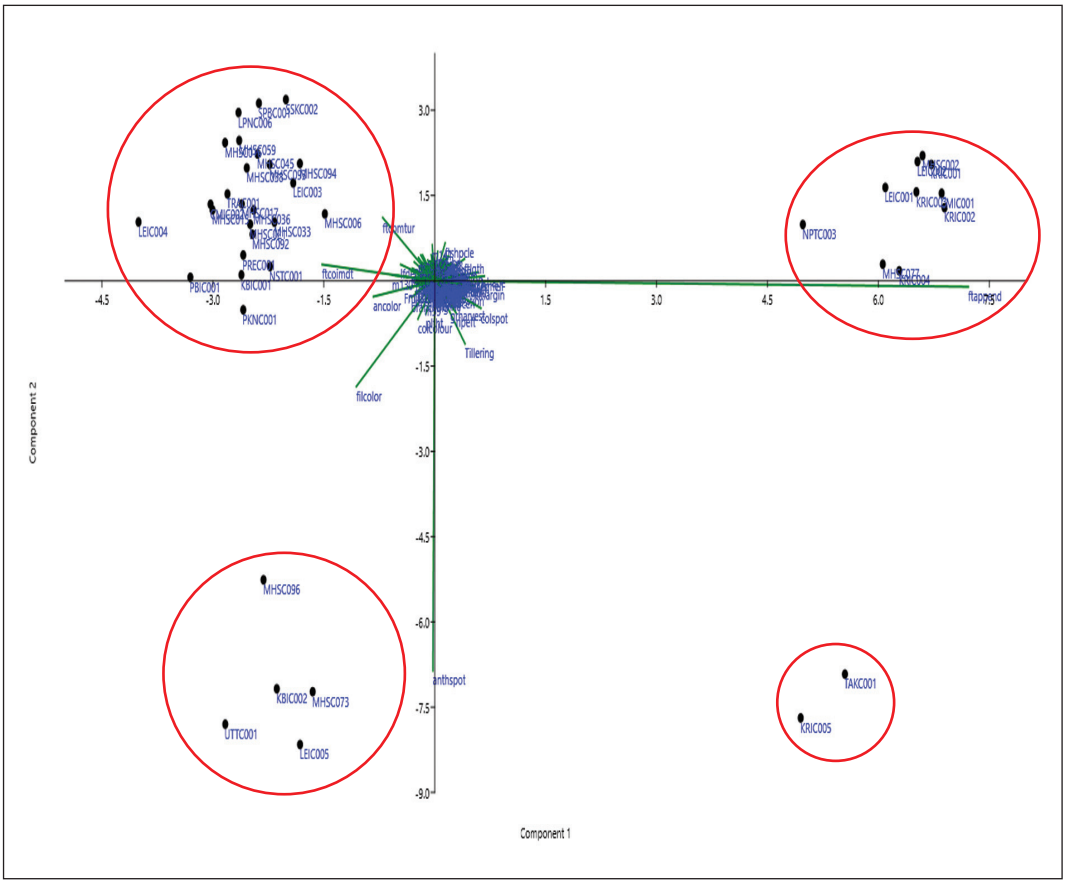

Figure 1 Scatter plot of loading of 42 Thai chili landraces accessions

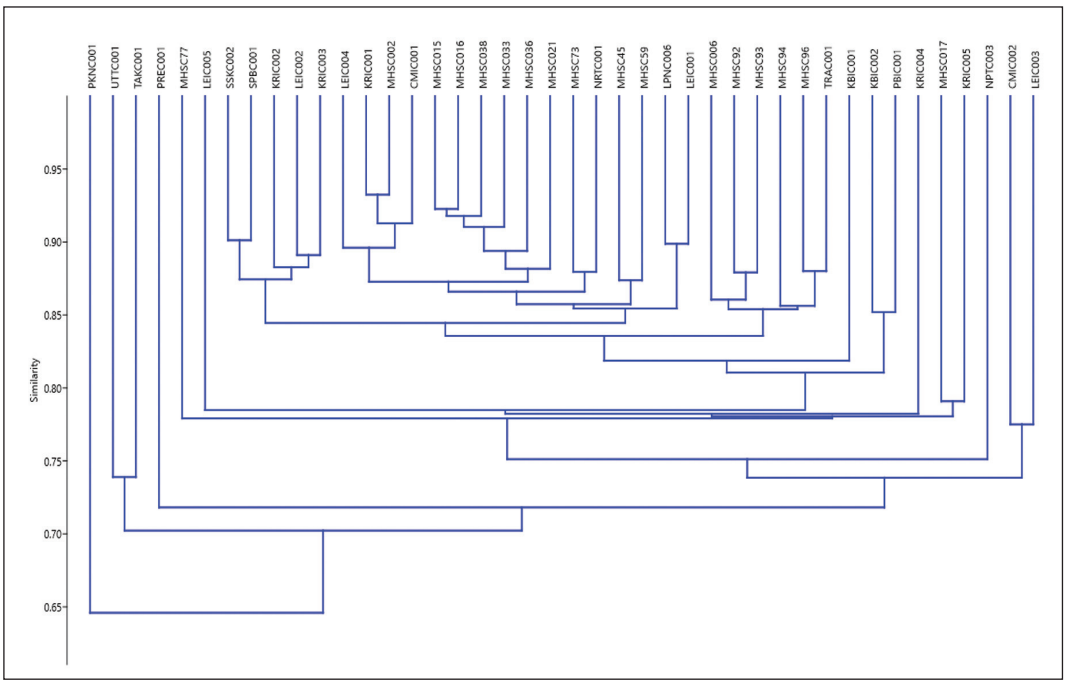

Figure 2 Dendrogram based on dice coefficient among 42 chili pepper accessions revealed by UPGMA cluster analysis based on morphological characterization and 151 AFLP markers, cophenetic correlation = 0.9461

ผลผลิตพริก

ด้านผลผลิตจากผลการศึกษาพบว่าพริกพื้นเมือง 42 สายพันธุ์ มีองค์ประกอบผลผลิตที่แตกต่างกัน (Table 4) โดยพริกที่ให้ผลผลิตสูงสุดคือ KRIC004 ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อต้น 1765.13 กรัม รองลงมาคือ KRIC002, LEIC003, TAKC001, NSTC001, SSKC002, NPTC003, MHSC0045, PKKC001, KBIC002, KRIC001, CMIC001, TRAC001, KBIC001, PBIC001, MHSC0059, CMIC002, LEIC005, MHSC036, MHSC017, KRIC003, UTTC001, MHSC073, MHSC093, MHSC094, LEIC002, MHSC016, MHSC033, MHSC096, LPGC001, MHSC015, MHSC038, KRIC005, MHSC077, SPBC002, LEIC001, MHSC002, MHSC021, LEIC004, MHSC006, MHSC092 และ PREC001 ตามลำดับ โดยมีผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นดังนี้ 1332.88, 1326.05, 1221.44, 1147.05, 1109.88, 1060.38, 1025.88, 1002.05, 996.13, 892.43, 847.13, 787.13, 740.63, 716.25, 610.30, 553.38, 546.81, 534.49, 527.13, 509.44, 506.50, 430.18, 419.88, 390.19, 367.00, 365.18, 354.75, 346.75, 328.06, 308.50, 282.38, 230.50, 214.69, 199.60, 189.44, 176.60, 172.75, 128.05, 120.13, 118.25 และ 65.38 ตามลำดับ ซึ่งจากการทดลองพบว่าพริกพื้นเมืองบางสายพันธุ์สามารถให้ผลผลิตสูงกว่าการศึกษาของวิลาวัณย์ (2558) รายงานผลการผสมและคัดเลือกลูกผสมพริกที่มีสารแคปไซซินสูง โดย

ดำเนินการตั้งแต่ปี 2554-2558 ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนสุโขทัย และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาญจนบุรี ในการคัดเลือกพันธุ์พริก 14 สายพันธุ์แรกที่มีผลผลิตสูงและมีปริมาณแคปไซซินสูง พบว่า ได้พริกสายพันธุ์ 53-153-1-1-1 สายพันธุ์ 52-123-1-1-1-1 และสายพันธุ์ 53-135-1-1-1 ให้ผลผลิต 1,980.00 1,275.00 และ 1,180.00 กรัมต่อต้น

ปริมาณสารแคปไซซิน

พริกที่มีเผ็ดมากที่สุด (>80,000 SHU) มีจำนวน 10 สายพันธุ์ ได้แก่ MHSC077, MHSC073, PBIC001, MHSC038, PREC001, MHSC033, MHSC094, MHSC002, LEIC002 และ MHSC093 มีปริมาณสารแคปไซซิน 171,314.92, 137,529.95, 132,061.79, 113,155.26, 12,611.69, 110,492.57, 91,271.25, 8,533.11, 82,771.26 และ 7,1431.72 SHU ตามลำดับ

กลุ่มที่สองรองลงมาเผ็ดมาก (25,000-70,000 SHU) จำนวน 21 สายพันธุ์ ได้แก่ PKKC001, MHSC015, LPGC001, LEIC003, UTTC001, LEIC005, NSTC001, MHSC092, KRIC001, TAKC001, CMIC002, MHSC016, KBIC002, SPBC002, NPTC003, MHSC006, LEIC001, KBIC001, MHSC036, KRIC003 และ MHSC096 มีปริมาณสารแคปไซซิน 69249.32, 67783.30, 67241.36, 64607.88, 62645.34, 62071.75, 58723.52, 58029.04, 55909.12, 55577.30, 54679.19, 51578.40, 49292.15, 49057.69, 48382.69, 47967.30, 45724.87, 41012.84, 33754.95, 29107.82 และ 29106.20

และกลุ่มของพริกเผ็ดปานกลาง (3,000-25,000 SHU) มีจำนวน 11 สายพันธุ์ ได้แก่ MHSC021, MHSC0059, SSKC002, LEIC004, MHSC0045, KRIC002, KRIC004, TRAC001, MHSC017, CMIC001 และ KRIC005 มีปริมาณสารแคปไซซิน ดังนี้ 23667.24, 19568.56, 18691.54, 15355.48, 13422.96, 11677.85, 11677.85, 9060.60, 5651.52, 5486.82 และ 5486.82 SHU ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Kraikruan *et al*., 2008 รายงานว่าพริกห้วยสีทน พริกหัวเรือ และพริกกะเหรี่ยง พริกเหล่านี้จัดเป็นพริกที่มีความเผ็ดสูง (50,000-80,000 SHU) ขณะที่พริกเหลืองมีความเผ็ดระดับปานกลาง (35,000 SHU) โดยรายงานของ Maga (1975) พบว่าอีกว่าปริมาณสารแคปไซซินในผลพริกจะแตกต่างกันมากน้อยตามปัจจัยของ สภาพอากาศ พันธุ์ แหล่งปลูก ระยะแก่ และส่วนต่าง ๆ ของผลพริกอีกด้วย

ผลผลิตและปริมาณสารแคปไซซินจากผลการทดลองพบว่า พริกที่มีผลิตสูงได้แก่ KRIC004, KRIC002, LEIC003, TAKC001 และ NSTC001 ขณะที่พริกที่มีปริมาณสารแคปไซซินสูง ได้แก่ MHSC077, MHSC073, PBIC001, MHSC038, PREC001 และ MHSC033 แต่มีปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นค่อนข้างต่ำ ซึ่งทั้งนี้อาจเนื่องจากพันธุ์พริกพื้นเมืองมีความหลากหลายทางพันธุกรรมในลักษณะต่าง ๆ สูง ตามที่ Camacho *et al*. (2005) ได้รายงานไว้ ดังนั้นสายพันธุ์เหล่านี้จึงเป็นสายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการพัฒนาต่อไปหากต้องการพัฒนาสู่ระดับเชิงพาณิชย์

Table 4 Yield and capsaicin content of 42 local chili varieties planted Mae Hong Son Agricultural Research and Development Center

No.	Code	Yield/plant (g.)	Capsaicin (SHU.)
1	CMIC001	847.13 gh	5486.82
2	CMIC002	553.38 jk	54679.19
3	LPNC006	328.06 nop	67241.36
4	PREC001	65.38 u	112611.69
5	UTTC001	506.50 k	62645.34
6	LEIC001	189.44 rst	45724.87
7	LEIC002	367.00 l-o	82771.26
8	LEIC003	1326.05b	64607.88
9	LEIC004	128.05 stu	15355.48
10	LEIC005	546.81 jk	62071.75
11	SSKC002	1109.88 de	18691.54
12	MHSC002	176.60 rst	88533.11
13	MHSC006	120.13 tu	47967.30
14	MHSC015	308.50 op	67783.30
15	MHSC016	365.18 l-o	51578.40
16	MHSC017	527.13 k	5651.52
17	MHSC021	172.75 rst	23667.24
18	MHSC033	354.75 lm-p	110492.57
19	MHSC036	534.49 jk	33754.95
20	MHSC038	282.38 pq	113155.26
21	MHSC045	1025.88 f	13422.96
22	MHSC059	610.30 j	19568.56
23	MHSC073	430.18 l	137529.95
24	MHSC077	214.69 qr	171314.92
25	MHSC092	118.25 tu	58029.04
26	MHSC093	419.88 lm	71431.72
27	MHSC094	390.19 lmn	91271.25
28	MHSC096	346.75 m-p	29106.20
29	TAKC001	1221.44c	55577.30

Table 4 Yield and capsaicin content of 42 local chili varieties planted Mae Hong Son Agricultural Research and Development Center (Cont.)

No.	Code	Yield/plant (g.)	Capsaicin (SHU.)
30	KRIC001	892.43 g	55909.12
31	KRIC002	1332.88b	11677.85
32	KRIC003	509.44k	29107.82
33	KRIC004	1765.13a	11677.85
34	KRIC005	230.50qr	5486.82
35	SPBC001	199.60rs	49057.69
36	NSTC001	1147.05d	58723.52
37	PBIC001	1060.38i	48382.69
38	PKNC001	1002.05f	132061.79
39	TRAC001	787.13hi	69249.32
40	NPTC003	1060.38ef	9060.60
41	KBIC001	740.63i	41012.84
42	KBIC002	996.13f	49292.15

* and ** = significant at p<0.05 and p<0.01, respectively.

Means in the same column followed with the same letter are not significant at p < 0.01 by DMRT

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาพริกพื้นเมืองผลเล็กทั้ง 16 แหล่ง จำนวน 42 สายพันธุ์ พบว่า ด้านสัณฐานวิทยาแบ่งได้ 4 กลุ่มใหญ่ จากลักษณะของรยางค์ที่ส่วนปลายผล ลักษณะปรากฏจุดแอนโทไซยานินที่ผล สีของก้านชูอับเรณู สีของวงกลีบดอก และสีของผลแก่ ความหลากหลายทางพันธุกรรมโดยใช้ลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ได้จากเครื่องหมายเอเอฟแอลพีจาก 10 คู่ไพรเมอร์ ปรากฏแถบความแตกต่างจำนวน 153 เครื่องหมาย สามารถจัดกลุ่มพริกพื้นเมืองผลเล็กเป็น 4 กลุ่มใหญ่ เมื่อพิจารณาผลผลิตและปริมาณสารแคปไซซิน พบว่าพริกพื้นเมืองที่ศึกษาที่มีศักยภาพในการผลิตและการพัฒนาพันธุ์ต่อไป จำนวน 10 สายพันธุ์ โดยสายพันธุ์พริกพื้นเมืองที่ให้ผลผลิตสูง 5 สายพันธุ์ ได้แก่ KRIC004, KRIC002, LEIC003, TAKC001, NSTC001 และพริกพื้นเมืองที่มีปริมาณสารแคปไซซินสูง จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ MHSC077, MHSC073, PBIC001, MHSC038, PREC001 และ MHSC033

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) นอกจากนี้ขอขอบคุณสถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในการที่เอื้อเฟื้อห้องปฏิบัติการเพื่องานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

ชลธิชา นิวาสประกฤติ. 2542. การเปรียบเทียบการใช้เทคนิค DNA marker ในการศึกษาเชื้อพันธุกรรมของพริก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิทยา สรวมศิริ. 2551. อุตสาหกรรมพืชเครื่องเทศ. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์วนิดาเพรส. เชียงใหม่.

มณีฉัตร นิกรพันธุ์. 2541. พริก. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

วิลาวัณย์ ใคร่ครวญ. 2558. การปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตพริก. รายงานชุดโครงการวิจัยและพัฒนาพริก กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

สุชีลา เตชะวงค์เสถียร และนิวัฒน์ มาศวรรณา. 2549. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์การศึกษาสถานภาพการผลิต และความสัมพันธ์ของสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อผลผลิตคุณภาพและปริมาณสาร capsaicin ในพริกพันธุ์การค้าในเขตจังหวัดชัยภูมิ เลย นครราชสีมา และเพชรบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.

อรรัตน์ มงคลพร และสิริกุล วะสี. 2558. การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมและการจำแนกพริกพื้นเมืองในประเทศไทย. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

Camacho V., T.C., N. Maxted, M. Scholten and B. Ford-Lloyd. 2005. Defining and identifying crop landraces. Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization. 3(3): 373-384.

Cardoso, R., C.F. Ruas, R.M. Giacomin, P.M. Ruas, E.A. Ruas, R.L. Barbieri, R. Rodrigues and L.S.A. Gonçalves. 2018. Genetic variability in Brazilian *Capsicum baccatum* germplasm collection assessed by morphological fruit traits and AFLP markers. PLoS ONE, 13, e0196468 Available: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196468 (October 25, 2021.)

FAOSTAT. 2021. Major food and agricultural commodities and producers. Available: http://faostat.fao.org (October 25, 2021.)

Hammer, Ø., D.A.T. Harper and P.D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica. 4(1).

IBPGR Secretariat. 1983. "Genetic resources of Capsicum" International Board for Plant Genetic Resources, AGPG/IBPGR/82/12, Rome.

Kraikruan W., S. Sukprakarn, O. Mongkolporn and S. Wasee. 2008. Capsaicin and dihydrocapsaicin contents of Thai chili cultivar. Kasetsart Journal (Natural Science). 42(4): 611-616.

Krishnamurthy S.L., Y. Prashanth, A. Mohan Rao, K. Madhavi Reddy and R. Ramachandra. 2015. Assessment of AFLP marker based genetic diversity in chilli (Capsicum annuum L. & C.

baccatum L.). Indian J. Biotechnol. 14(1): 49-54.

Maga, J.A. 1975. Capsicum. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 6(2): 177-199.

Matthew, C., C.R.O. Lawoko, C.J. Korte, and D. Smith. 1994. Application of canonical discriminant analysis, principal component analysis, and canonical correlation analysis as tools for evaluating differences in pasture botanical composition. New Zealand Journal of Agricultural Research. 37: 509-520.

Othman, Z.A.A., Y.B.H. Ahmed, M.A. Habila and A.A. Ghafar. 2011. Ghafar Determination of capsaicin and dihydrocapsaicin in Capsicum fruit samples using high performance liquid chromatography. Molecules 2011. 16: 8919-8929.

Pla, E. 1986. Análisis multivariado: Método de componentes principales. 94 p. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington, DC, USA.

Purseglove, J.W. 1968. Tropical Crops Dicotyledons 2. Longmans Green and Co. Ltd., London.

Saitou, N. and M. Nei 1987. The neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees. Molecular Biology and Evolution. 4: 406-425.

Saliba, V.C.M. Causse, L. Gervais and J. Philouze. 2000. Efficiency of RFLP, RAPD and AFLP markers for the construction of an intraspecific map of the tomato genome. Genome. 43: 29-40.

Sørensen, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. Kongelige Danske Videnskabernes Selskab. 5(4): 1-34.

Weiss, E.A. 2002. Spice Crops. CABI publishing, London.