บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพริก

พริก (*Capsicum* spp.) เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ มีจำนวนโครโมโซม เท่ากับ 2n = 24 จัดอยู่ในวงศ์ Solanaceae สกุล Capsicum ในการจำแนกพันธุ์พริกยังมีความสับสนอยู่มาก โดย Bailay (1963) ได้จำแนกพริกไว้เพียง 2 ชนิด (species) คือ *C. annuum* และ C. *frutescens* ต่อมา Purseglove et al (1981), Andrew (1984) และ pickersgill (1988) อ้างถึงใน สุชีลา เตชวงค์เสถียร (2546) ได้จำแนกพริกออกเป็น 5 ชนิดคือ *C. annuum, C. frutescens, C. chinense* ซึ่งพริกทั้ง 3 ชนิดนี้มีลักษณะที่คล้ายคลึงกันมากและมีความสับสนในการจำแนก ส่วนอีก 2 ชนิดคือ *C. pubescens* และ *C. baccatum* สามารถจำแนกโดยใช้ลักษณะของดอกและผลในการจำแนกดังนี้

1.เมล็ดสีดำ กลีบดอกสีม่วง	*C. pubescens*
1.เมล็ดสีเหลือง กลีบดอกสีขาวและสีขาวอมเขียวไม่มีสีม่วง	2
2.กลีบดอกสีขาวมีจุดเหลืองมีสีน้ำตาลที่โคนดอก	*C. baccatum*
2.กลีบดอกไม่มีจุดสีเหลืองหรือสีน้ำตาลที่โคนดอก	3
3.กลีบดอกสีม่วง	4
4.ดอกเดี่ยว	*C. annuum*
4.มี 2 ดอกขึ้นไปในแต่ละข้อ	*C. chinense*
3.กลีบดอกสีขาวและสีขาวอมเขียว	5
5.กลีบเลี้ยงตรงช่วงต่อกับผลมีรอยคอด	*C. chinense*
5.กลีบเลี้ยงตรงช่วงต่อกับก้านผลไม่มีรอยคอด	6
6. ดอกเดี่ยว	7
7. กลีบดอกสีขาว กลีบดอกตรงและก้านดอกห้อยลง	*C. annuum*
7. กลีบดอกสีขาวอมเขียว โค้งไปด้านหลัง ก้านดอกตั้งตรง	*C. frutescens*
6. มี 2 ดอกขึ้นไปในแต่ละข้อ	8
8. กลีบดอกสีขาว	*C. annuum*
8. กลีบดอกสีขาวอมเขียว	9
9.กลีบดอกโค้งไปทางด้านหลังและก้านดอกตั้งตรง	*C. frutescens*
9.กลีบดอกตรง ก้านดอกห้อยลง	*C. chinense*

จากวิธีการจำแนกลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของพริก สามารถสรุปลักษณะของพริกชนิดต่างๆ เพื่อให้ง่ายในการสังเกตและเปรียบเทียบความแตกต่างของพริกแต่ละชนิดได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การจำแนกลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของพริก

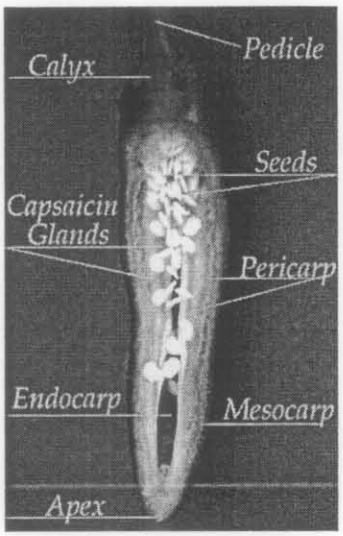
species	สีกลีบดอก	จุดที่กลีบดอก	สีอับละอองเกสร	หยักที่กลีบดอก	สีเมล็ด	จำนวนดอกต่อข้อ
C. annuum	ขาว	ไม่มี	ฟ้า-ม่วง	มี	น้ำตาลอ่อน	1
C. baccatum	ขาว	เขียว-เหลือง	เหลือง	มี	น้ำตาลอ่อน	1-2
C. chinense	ขาว-เขียว	ไม่มี	ฟ้า	มี	น้ำตาลอ่อน	1-5
C. frutescens	เขียว-ขาว	ไม่มี	ฟ้า	ไม่มี	น้ำตาลอ่อน	1-5
C. pubescens	ม่วง	ไม่มี	ม่วง	มี	ดำ	1

ที่มา : ดัดแปลงจาก มณีฉัตร นิกรพันธุ์ (2541)

พริกที่ปลูกอยู่ทั่วโลกนี้มีอยู่ด้วยกันมากมายหลายชนิดแตกต่างกันไปตามแหล่งที่ปลูกโดยที่แต่ละพันธุ์จะมีสีและความเผ็ดในระดับที่ต่างกัน Klieber (2000)

การเจริญของกิ่งเป็นแบบ dichotomous คือกิ่งจะเจริญจากลำต้นเพียง 1 กิ่ง แล้วแตกเป็น 2 กิ่ง และเพิ่มเป็น 4 เป็น 8 ไปเรื่อยๆ จึงมักจะพบว่า ต้นพริกที่สมบูรณ์จะมีกิ่งแตกขึ้นมาจากต้นที่ระดับดินหลายกิ่ง จนดูคล้ายกับว่ามีหลายต้นอยู่รวมที่เดียวกัน

ดอกพริก เป็นดอกเดี่ยวสมบูรณ์เพศหรือมีหลายดอกที่ข้อตรงมุมใบหรือกิ่ง ประกอบด้วย กลีบรองดอก (calyx) เป็นพู 5 พู กลีบดอกสีขาว 4-7 กลีบ บางพันธุ์มีกลีบดอกสีม่วง อับละอองเกสรมี 5 อัน ซึ่งแยกตัวเป็นกระเปาะเล็กๆ เมื่อพร้อมที่จะผสมอับละอองเกสรจะแตกออกตามแนวยาวละปล่อยละอองเกสรตัวผู้ออกมา ก้านชูเกสรตัวเมียมักชูเหนืออับละอองเกสรตัวผู้ ยอดเกสรตัวเมียมีลักษณะมนและมีเมือกคอยดักละอองเกสรตัวผู้ รังไข่มี 2-5 ห้อง (locules) เป็นพืชผสมตัวเองในธรรมชาติ แต่มีอัตราการผสมข้ามประมาณ 6-68 % โดยลมและแมลงเป็นพาหะ ดอกของพริกไม่มีกลิ่นหอม แต่มีรสหวานสำหรับล่อแมลง สาเหตุที่ทำให้เกิดการผสมข้ามสูง ทั้งที่เป็นดอกสมบูรณ์เพศ เป็นผลเนื่องมาจากการยอมรับและความพร้อมในการผสมพันธุ์ระหว่างเกสรตัวผู้และตัวเมียไม่ตรงกัน โดยปกติไข่จะพร้อมรับการผสมทันทีที่ดอกบาน แต่ละอองเกสรตัวผู้จะพร้อมผสมหลังดอกบาน 2-3 วัน ปกติดอกของพริกจะบานระหว่างเวลา 07.00-11.00 น. อุณหภูมิที่เหมาะสมในการ



ภาพที่ 1 ลักษณะทางกายวิภาคของผลพริก

ที่มา : Chile Anatomy, (2005)

ผสมจะอยู่ระหว่าง 25-30 ^{0}C เวลาที่เหมาะสมในการผสมจะอยู่ระหว่าง 08.00 ถึง 11.00 นาฬิกา (กฤษฎา สัมพันธารักษ์, 2544)

ลักษณะผลเป็นแบบ berry เป็นกระเปาะมีขั้วผลสั้นและหนา ปกติผลอ่อนจะชี้ขึ้น ในบางพันธุ์เมื่อผลแก่ขั้วผลจะอ่อนทำให้ผลห้อยลง ในบางพันธุ์ทั้งผลอ่อนและผลแก่จะชี้ขึ้น ผลมีลักษณะกลมยาว ขนาดผลมีตั้งแต่เล็กจนถึงขนาดใหญ่และยาวขึ้นอยู่กับชนิดและพันธุ์ เมื่อผลแก่จะเปลี่ยนจากสีเขียว เป็นสีแดง หรือเหลือง หรือส้ม ขึ้นอยู่กับพันธุ์ เมล็ดเป็นรูปจาน แบน มีสีเหลืองซีดหรือสีน้ำตาลอ่อน (ภาพที่ 1)

พริกประกอบด้วย เนื้อผล 38%, เนื้อเยื่อชั้นใน 2% (placenta, endocarp) เมล็ด 56% และก้าน ผล 4% ในส่วนของเนื้อเยื่อชั้นในมี capsaicin grains ที่เป็นที่เก็บ pungent crystalline ซึ่งเป็นสาร alkaloid เรียกว่า Capsaicin ซึ่งเป็นแหล่งให้ความเผ็ดในพริก การกระจายตัวของ capsaicin ไม่สม่ำเสมอโดยพบใน placenta มากกว่าใน pericarp (Zarc International Inc, n.d.)

2. การปลูกและการดูแลรักษา

พริกเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อน แต่การติดผลจะขึ้นอยู่กับความชื้นในอากาศและอุณหภูมิ โดยที่ความชื้นในอากาศลดต่ำลง อุณหภูมิสูงขึ้นการติดผลจะลดลง เนื่องจากสารเหนียวที่อยู่บริเวณปลายยอดเกสรตัวเมีย (stigma) จะแห้งเร็ว ทำให้ความสามารถในการจับละอองเกสรตัวผู้ลดลง โดยปกติแล้วสารเหนียวจะอยู่ได้นาน 2-3 วัน

ระยะปลูก จะขึ้นอยู่กับขนาดของทรงพุ่มของพันธุ์พริกที่ใช้ปลูก ถ้าปลูกชิดกันมากจะเกิดปัญหาเรื่องโรคและแมลง ถ้าปลูกห่างมากเกินไปจะทำให้เสียพื้นที่ในการเพาะปลูก โดยทั่วไปพริกจะใช้ระยะปลูกระหว่างแถว 100-120 เซนติเมตร และระยะห่างระหว่างต้น 40-50 เซนติเมตร

การดูแลรักษา หลังการย้ายปลูกจะต้องหมั่นดูแลรักษาโดยเฉพาะความชื้นเพราะ เป็นช่วงที่รากพริกได้รับความกระทบกระเทือน การให้น้ำควรให้น้ำ 3-4 วัน/ครั้ง หรือวันละ 404 ลูกบาศก์เซนติเมตร (ธนวัฒน์ สิทธิกานต์ & บัญชา ยุธาชิต, 2537) การใส่ปุ๋ย จะใช้ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อย้ายกล้าได้ 30 วัน ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อเริ่มออกดอก และปุ๋ยสูตร 13-13-21 อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อเริ่มติดผล

โรคและแมลง โรคที่มีความสำคัญคือ โรคเหี่ยว โรคโคนเน่าต้นเน่า โรคกิ่งและยอดแห้ง โรคกุ้งแห้ง โรคที่เกิดจากไวรัส เช่น ใบด่าง ใบหยิก ที่มีแมลงศัตรูเป็นพาหะของโรค เช่น ไรขาว เพลี้ยไฟ เพลี้ยอ่อน (กองบรรณาธิการเฉพาะกิจ, 2531)

3. สารสำคัญในพริก

ภายในพริกมีสารสำคัญ คือ Capsaicin เป็นอนุพันธุ์หนึ่งของสาร capsaicinoids เป็นสารเทอร์ปีนอยด์ ที่ทำให้เกิดความเผ็ดในพริก เป็นผลึกรูปใบไม้ขนาดเล็กไม่มีสี มีจุดหลอมเหลวประมาณ 63-65 องศาเซลเซียส จุดเดือดประมาณ 210-220 องศาเซลเซียส มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 305.4 มีค่าดูดกลืนแสงสูงสุดในช่วงอัลตร้าไวโอเลตที่ 227 และ 281 นาโนเมตร สูตรโมเลกุลคือ $C_{18}H_{27}O_3N$ มีชื่อทางเคมีว่า 8-methyl-n-vanillyl-6-noneamide นอกจากนั้นแล้วยังมีสาร nornormordihydrocapsaicin (3-ND), nornordihydrocapsaicin (2-ND), nordihydrocapsaicin (NDH), capsaicin (CAP), dihydrocapsaicin (DH), Isomer of dihydrocapsaicin (ISO), homodihydrocapsaicin (HD) เป็นสาร capsaicinoids ที่ให้ความเผ็ดในพริก (Zewdie & Bosland, 2001)

3.1 สารที่ให้ความเผ็ด

สารที่ให้ความเผ็ดในพริกสกัดได้ครั้งแรกโดย Thresh ในปี 1876 มีชื่อว่า capsaicin ต่อมาในปี 1923 Nelson and Dawson สามารถสังเคราะห์สาร capsaicin ได้จากปฏิกิริยาของ vanillyamine และ decanoic acid ที่สกัดได้จากผลพริก ต่อมาในปี 1968 Bennett and Kirby ทำการแยกและตรวจสอบสูตรโครงสร้างของสารอินทรีย์ที่ให้ความเผ็ดในพริกโดยใช้เทคนิค mass fragmentography และเครื่อง Mass spectrophotometer พบว่าสารเผ็ดในพริกประกอบด้วยสารหลัก 2 ชนิด และสารรองอีก 3 ชนิด ดังตารางที่ 2 ต่อมา Kosuge and Furuta (1970) ใช้เทคนิค gas chromatography และเครื่อง mass spectrophotometer แยกสารอินทรีย์ที่ให้ความเผ็ดได้เพิ่มอีก 2

ชนิด คือ nonanoic acid vanillylamide และ decanoic acid vanillylamide และเรียกกลุ่มของสารที่ให้ความเผ็ดว่า capsaicinoids (พันธุ์ทิพย์ ปานกลาง, 2547)

capsaicin มีโครงสร้างเป็น 8-methyl-N-6-noneamide มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_{18}H_{27}NO_3$ มีพันธะคู่อยู่ระหว่างคาร์บอนอะตอมที่ 6 และ 7 สาร capsaicin เป็นสารผลึกที่ไม่มีสี และเป็นสารที่ให้ความเผ็ดร้อนที่พบเฉพาะในพริก มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 305.46 มีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 65 ^{0}C มีจุดเดือดประมาณ 81 ^{0}C ความดันไอเท่ากับ 40 ปริมาณ capsaicinoids ที่พบในส่วน pericarp มีประมาณ 0.17% ถึง 0.58% และเนื้อเยื่อชั้นใน (placenta) ประมาณ 6.6% ถึง 7.7% โดยน้ำหนักแห้ง ปริมาณสารสีที่พบส่วนใหญ่จะพบที่ pericarp เมล็ดของพริกประกอบด้วย น้ำมันประมาณ 19% และปริมาณ capsaicin ประมาณ 0.024% (Zarc International Inc, n.d.) Capsaicin และ Dihydrocapsaicin มีปริมาณ 80-90% of the Capsaicinoids ทั้งหมดที่พบ ในพริก *Capsicum annum* มีปริมาณ Capsaicinoid ทั้งหมด นอกจากนี้ปริมาณสารเผ็ดในแต่ละชนิดก็มีปริมาณมากน้อยแตกต่างกัน (ภาพที่ 3) และปริมาณสารเผ็ดใน ภาพที่ 3 เมื่อรวมกันแล้วยังไม่ครบ 100% แสดงให้เห็นว่าน่ายังมีอนุพันธุ์หรือสารเผ็ดชนิดอื่นๆ อีก เช่น nonanoic acid vanillyamide และ decanoic acid vanillyaminde (ประเสริฐ ประภานภสินธุ์, 2544) ด้วยโครงสร้างและองค์ประกอบของสาร capsaicinoids แต่ละชนิดที่มีความแตกต่างกัน ส่งผลต่อค่าความเผ็ดของสาร capsaicinoids แต่ละชนิดให้มีค่าแตกต่างกันด้วย (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าความเผ็ดของ Capsaicinoid ที่สกัดได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Chromatography

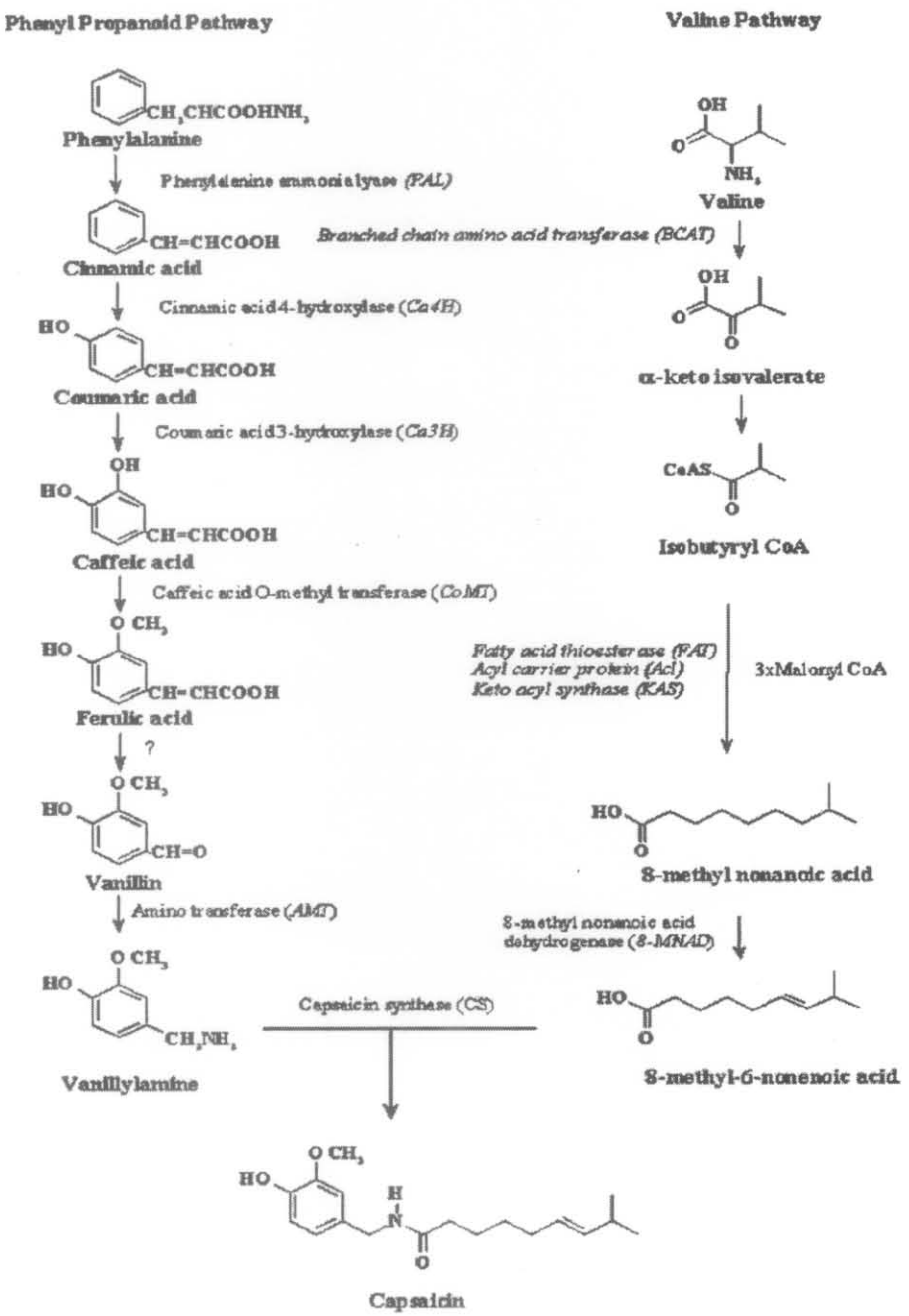
เวลา (นาที)	ชื่อสารประกอบ	ค่าความเผ็ด (SHU)
5.12	nordihydrocapsaicin	9,300,000
5.76	capsaicin	16,100,000
9.18	dihydrocapsaicin	16,100,000
12.9	homodihydrocapsaicin	8,100,000
-	homocapsaicin	6,900,000

ที่มา : ดัดแปลงจาก Michael (2000)

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าเมื่อวิเคราะห์ปริมาณ capsaicinoids ด้วยวิธี chromatography โดยใช้เครื่อง HPLC พบว่า nordihydrocapsaicin สามารถตรวจพบได้ก่อน ที่เวลา 5.12 นาที และตามด้วย capsaicin, dihydrocapsaicin, homodihydrocapsaicin โดยใช้เวลาในการ

ตรวจพบเท่ากับ 5.76, 9.18 และ 12.9 นาที ตามลำดับ ส่วน homocapsaicin ยังไม่พบรายงานว่าใช้เวลาในการตรวจสอบนานเท่าใด และค่าความเผ็ดพบว่า capsaicin และ dihydrocapsaicin จะมีค่าความเผ็ดสูงที่สุดคือ 16,100,000 SHU

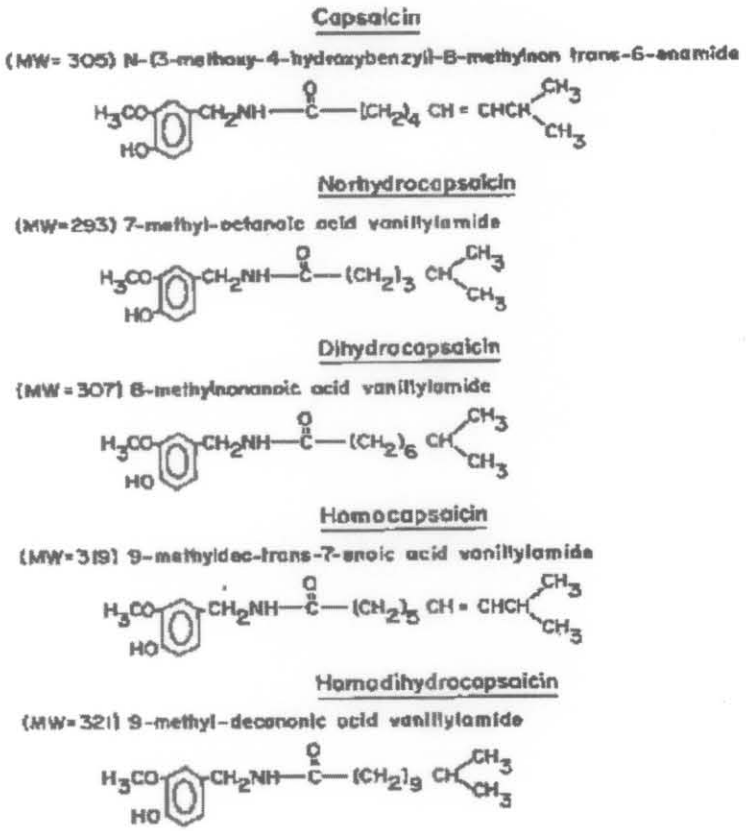
3.2 กระบวนการสังเคราะห์ capsaicinoids



ภาพที่ 2 กระบวนการสังเคราะห์ capsaicin ในพริก

ที่มา : Prasad et al. (2006)

กระบวนการสังเคราะห์ capsaicinoids ในพริกเกิดจาก 2 กระบวนการคือ จากกระบวนการย่อยกรดไขมัน (fatty acid metabolism) และกระบวนการ phenylpropanoid pathway (ภาพที่ 2) โดยมี Enzyme หลายตัวเป็นตัวเร่งได้แก่ การทำงานของ เอนไซม์ phenylalanine ammonia-lyase (PAL), cinnamic acid-4-hydroxylase (Ca4H), cinnamic acid-3-hydroxylase (Ca3H), caffeic acid O-methyl transferase (CoMT), Amino transferase (AMT) และเอ็นไซม์ที่มีความสำคัญมากของปฏิกิริยาการสังเคราะห์สาร capsaicinoids คือ capsaicinoids synthetases (CS) เป็นเอนไซม์ที่รวมสาร intermediate จากปฏิกิริยา phenylpropanoid pathway กับปฏิกิริยา fatty acid metabolism ในการสังเคราะห์ capsaicinoids



ปริมาณที่พบในพริก
61%
7%
22
1%
1%

ภาพที่ 3 โครงสร้างทางเคมีของสาร capsaicinoids ในพริก
ที่มา : จงรักษ์ แก้วแระสิทธิ์ (ม.ป.ป.) และ ดัดแปลงจาก พันธุ์ทิพย์ ปานกลาง (2547)

เมื่อพิจารณา ความแตกต่างของสารต่างๆ ของ capsaicinoids จะเห็นได้ว่าส่วนที่มีความเหมือนกันคือ ส่วนของ vanillylamide ที่เกิดจากปฏิกิริยาสลาย phenylpropanoid และความแตกต่าง

ที่เกิดขึ้นเป็นความแตกต่างที่เกิดจากส่วนของ carbon-chain ที่เกิดจากปฏิกิริยาการสลาย fatty acid metabolism ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อปริมาณสารเผ็ดที่ถูกสร้างขึ้น พันธุ์พริกที่สามารถสร้างส่วนของ carbon-chain ที่เป็นส่วนหางของสาร capsaicin และ dihydrocapsaicin ได้มาก ก็จะส่งผลให้พริกนั้นมีค่าความเผ็ดสูงขึ้น เนื่องจากค่าความเผ็ดของสาร capsaicin และ dihydrocapsaicin มีค่าความเผ็ดมากที่สุด เมื่อเทียบกับสารตัวอื่นๆ (ภาพที่ 3)

3.3 การประเมินความเผ็ดของพริก

การประเมินความเผ็ดของพริกที่มีใช้ตั้งแต่อดีตจนปัจจุบันมี 2 วิธีการ ดังนี้

3.3.1 การประเมินความเผ็ดโดยวิธีการชิม เป็นการวัดความเผ็ดของพริกตามข้อกำหนดของ Essential Oil Association (EOA) โดยใช้ผู้ทดสอบซึ่งมีประสบการณ์ชิมตัวอย่างและรายงานปริมาณความเผ็ดในพริกเป็น scoville heat unit (SHU) สารละลายที่ใช้ในการชิมเตรียมจาก oleoresin oil 200 มิลลิกรัม ละลายใน ethyl alcohol ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 95 ปรับให้มีปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 50 มิลลิลิตร นำสารละลายมา 0.15 มิลลิลิตร ละลายในสารละลายน้ำตาล sucrose 10 เปอร์เซ็นต์ ให้ได้ปริมาตร 140 มิลลิลิตร แล้วให้ผู้ทดสอบชิมคนละ 5 มิลลิลิตร ถ้าผู้ทดสอบ 3 คน ใน 5 คนสามารถรับรสเผ็ดได้ในระดับต่ำสุดที่ตรงกัน ให้กำหนดค่าความเผ็ดเท่ากับ 240,000 SHU แต่ถ้ารสเผ็ดมากให้นำมาเจือจางใหม่เพื่อให้ความเข้มข้นต่ำสุดที่ผู้ทดสอบสามารถรับรสเผ็ดได้ นำค่าที่ทำการเจือจางมาคำนวณเป็นค่า SHU แต่หากตัวอย่าง oleoresin oil มีค่าความเผ็ดต่ำกว่า 240,000 SHU ต้องเตรียมสารละลายมาตรฐานใหม่ โดยลดปริมาณของสารละลายน้ำตาล sucrose ให้น้อยลง แต่ใช้ oleoresin oil เท่าเดิม (Kenneth, 1985 อ้างถึงใน พันธุ์ทิพย์ ปานกลาง, 2547) การวัดความเผ็ดด้วยวิธีการนี้แม้จะเป็นวิธีการที่ง่ายต่อการเตรียมและเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดแต่ก็มีข้อเสียคือ เมื่อผู้ทดสอบได้รับสารเผ็ดและรสเผ็ดร้อนแล้ว ความสามารถในการชิมตัวอย่างต่อไปไม่ถูกต้อง ชิมได้น้อยตัวอย่าง และเกิดข้อผิดพลาดจากผู้เข้าทดลองชิมได้มาก

3.3.2 การประเมินความเผ็ดด้วยเครื่อง HPLC หรือ High Performance Liquid Chromatography เป็นวิธีการที่นิยมมากที่สุด เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่รวดเร็วและมีความละเอียดสูง สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้ครั้งละมากๆ สามารถแยกอนุพันธ์ของสารออกจากกันได้อย่างชัดเจน โดยไม่ต้องทำให้สารละลายอยู่ในรูปของสารบริสุทธิ์ โดยอาศัยหลักการดูดกลืนแสงของสารที่มีความแตกต่างกัน วิธีการคือ นำตัวอย่างพริกมาบด ร่อนด้วยตะแกรงขนาด 1 mm^2 สกัดด้วย acetonitrile ในอัตราส่วนพริกแห้ง 1 g : acetonitrile 10 ml ปิดฝาหลอด ต้มใน water bath อุณหภูมิ 80 ^{0}C เขย่าทุก 1 ชั่วโมง นาน 4 ชั่วโมงจะได้ oleoresin oil ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง กรอง oleoresin oil โดยใช้หลอด syringe ที่มี nylon membrane filter 0.45 μm เส้นผ่าศูนย์กลาง 13 mm ลงไปในหลอด vial ขนาด 2 มิลลิลิตร แล้วปิดฝา เก็บที่ 5 ^{0}C ใช้ syringe สำหรับเครื่อง HPLC ดูด oleoresin

oil ที่เตรียมไว้ 10 μL ฉีดเข้าเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) shimadzu รุ่น class VP 10A ใช้ column ODS C-18 ขนาด 4.6 x 250 mm ที่ทำการกำหนด flow rate 1.5 ml/min. ใช้ methanol 80: Water Deionized 20 เป็น mobile phase และตรวจสอบด้วย UV detector ความยาวคลื่นที่ 284 nm อุณหภูมิ 40 ^{0}C เพื่อวิเคราะห์ปริมาณ capsaicinoids (Collin et al, 1995)

Klieber (2000) ได้รายงานความเผ็ดของพริกบางสายพันธุ์ ดังตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าการสร้างสารเผ็ดในพริกแต่ละพันธุ์จะมีค่าความเผ็ดที่มีช่วงของความเผ็ดกว้างมาก แสดงให้เห็นว่าปริมาณ สารเผ็ดที่เกิดขึ้น ที่ควบคุมด้วย ยีน c ที่เป็นยีนหลายคู่จะมีการแปรผันตามสภาพแวดล้อมที่ปลูก เช่น พันธุ์พริกของไทยที่มีค่า 50,000-100,000 SHU

ตารางที่ 3 ค่าความเผ็ดในพริกพันธุ์ต่างๆ

ค่าความเผ็ด (SHU)	พันธุ์พริก
100,000 - 350,000	Habanero (*Capsicum chinense Jacquin*)
100,000 - 325,000	Scotch bonnet (*Capsicum chinense*)
100,000 - 225,000	Birds Eye pepper
100,000 - 200,000	Jamaican Hot pepper
100,000 - 125,000	Carolina Cayenne pepper
95,000 - 110,000	Bahamian pepper
85,000 - 115,000	Tabiche pepper
75,000 - 80,000	Red Amazon Pepper
50,000 - 100,000	Thai pepper (*Capsicum annuum*)
50,000 - 100,000	Chiltepin pepper

ที่มา : Klieber (2000)

3.3.3 ปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อความเผ็ดและปริมาณ capsaicinoids Margarita & Yahia (1998) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ capsaicinoids ใน 3 ระยะการเจริญเติบโต ได้แก่ ระหว่างการพัฒนา (development), การสุกแก่ (maturation) และการชราภาพ (senescence) ในพริกและความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานของ peroxidase enzyme โดยใช้พริกในการศึกษา 3 สายพันธุ์ เป็น *C. annuum* 2 สายพันธุ์ (De arbol, Piquin) และ *C. chinense* จำนวน 1 สายพันธุ์

(habanero) จากการศึกษาพบว่า ในช่วงที่กำลังพัฒนา ปริมาณ capsaicinoids จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึงระยะการสุกแก่ (40-45 วัน) หลังการติดผล และการทำงานของ peroxidase enzyme จะค่อยๆ ลดลงเมื่อเข้าใกล้การสุกแก่, เมื่อพ้นระยะการพัฒนาไปแล้วและเข้าสู่ระยะการสุกแก่และระยะการชราภาพ พบว่า การทำงานของ peroxidase enzyme เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและถึงขีดสุดในระยะนี้ และปริมาณ capsaicinoids มีปริมาณลดลง ตามการทำงานของ peroxidase enzyme ที่เพิ่มขึ้น

Maga (1975 อ้างถึงใน พันธุ์ทิพย์ ปานกลาง, 2547) รายงานว่า ปริมาณสารที่ให้ความเผ็ดในพริกมีความแตกต่างกัน และขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่นพันธุ์ อายุการเก็บเกี่ยว แหล่งปลูก สภาพอากาศ ฤดูกาลที่เพาะปลูก และการดูแลรักษา โดยพบว่า ระยะการสุกแก่ของผลพริกเกี่ยวข้องกับปริมาณสารที่ให้ความเผ็ด โดยที่ผลอ่อนจะมีปริมาณสารที่ให้ความเผ็ดน้อยมาก ปริมาณสารเผ็ดจะเพิ่มมากขึ้นมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ในระยะผลแก่ ซึ่งสอดคล้องกับ Iwai et al (1979 อ้างถึงใน พันธุ์ทิพย์ ปานกลาง, 2547) ที่พบว่าผลพริกจะมีปริมาณสารที่ให้ความเผ็ดสูงสุดเมื่ออยู่ในระยะสุกแก่ ซึ่งอธิบายไว้ว่า ในช่วงที่พริกมีการเจริญเติบโต เอ็นไซม์ capsaicinoids synthetase ยังไม่สามารถที่จะทำงานได้อย่างเต็มที่ ทำให้ปริมาณสารเผ็ดมีในปริมาณน้อย แต่เมื่อเข้าสู่ระยะการสุกแก่แล้ว เอ็นไซม์ capsaicinoids synthetase สามารถที่จะทำงานได้อย่างเต็มที่ พริกจึงมีปริมาณสารเผ็ดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม Margarita & Yahia (1998) พบว่าการลดลงของปริมาณสารที่ให้ความเผ็ดในพริกมีความสัมพันธ์กับเอ็นไซม์ peroxidase โดยปริมาณสารที่ให้ความเผ็ดในพริกจะลดลงตามการเพิ่มขึ้นของ peroxidase activity เนื่องจากเอ็นไซม์ peroxidase จะไปทำลายสาร capsaicinoids รวมทั้งสารตั้งต้นในกระบวนการสร้างสารที่ให้ความเผ็ดในพริก เช่น caffeic และ ferulic acid

Heiser & Smith (1953 อ้างถึงใน สุนทร รัตนสุข, 2546) พบว่า กระบวนการสร้างสารที่ให้ความเผ็ดจะถูกควบคุมด้วยลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นยีนเด่น (dominant gene) เพียงตัวเดียว คือ ยีน C แต่ Ohta (1962 อ้างถึงใน สุชีลา เตชวงค์เสถียร, 2546) พบว่าความเผ็ดของพริกถูกควบคุมด้วยยีนหลายตัว โดยยีน C เป็นยีนที่กำหนดความเผ็ดว่า พริกนั้นจะมีความเผ็ดหรือไม่ ต่อระดับของความเผ็ดที่มีมากหรือน้อยนั้นจะถูกควบคุมด้วยยีนประกอบ ซึ่งเป็นตัวที่ทำให้ระดับความเผ็ดในพริกพันธุ์ต่างๆ มีความเผ็ดแตกต่างกัน

Sung et al (2005) ทำการศึกษาการสังเคราะห์ปริมาณ capsaicinoids ในภาวะขาดน้ำ (water stress) โดยการปลูกพริก 3 พันธุ์ คือ Beauty Zest (BZ), Home Flover (HF) และ Hungariana (H) โดยการปลูกในกระถางพลาสติกขนาด 6 นิ้ว ที่มีวัสดุปลูกเป็น peat moss, perlite, vermiculite, soil, organic fertilizer ในอัตราส่วน 2:1:1:2:1 ทำการทดลองในโรงเรือน ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัย

National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan โดยได้รับน้ำ 2 วิธีการ คือ ในภาวะปกติ มีความชื้นในดิน 60 % และภาวะเครียดจากน้ำให้มีความชื้น 50-35% ทำการเก็บผลในพันธุ์ BZ และ HF เก็บเกี่ยวทุก 10 วันหลังดอกบานจนถึงอายุ 60 วัน และพันธุ์ H เก็บทุก 10 วันหลังดอกบานจนกระทั่ง อายุ 50 วัน ผลการทดลองพบว่า น้ำหนักผล และ placenta ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มที่ได้รับน้ำปกติและกลุ่มที่ได้รับภาวะเครียดจากน้ำ แต่มีแนวโน้มว่า กลุ่มที่ได้รับน้ำปกติจะมีน้ำหนักผลและ placenta มากกว่ากลุ่มที่ได้รับภาวะเครียดจากน้ำ สัดส่วนของ placenta ต่อผลพบว่าในทุกพันธุ์ และทุกระดับที่ได้รับน้ำ สัดส่วนของ placenta ต่อผลจะมีสัดส่วนที่ลดลง แต่มีแนวโน้มว่า ในกลุ่มที่ได้รับภาวะเครียดจากน้ำจะให้สัดส่วนของ placenta มากกว่ากลุ่มที่ได้รับน้ำปกติ

ปริมาณ capsaicin ใน pericarp พบว่า ในภาวะเครียดจากน้ำ ปริมาณของ capsaicin จะมีสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับน้ำปกติ แต่ช่วงที่มีปริมาณ capsaicin สูงสุดมีอายุไม่เท่ากัน โดยที่ BZ มี capsaicin สูงสุดเมื่ออายุ 50 วันหลังดอกบาน แล้วจะค่อยๆ ลดลง พันธุ์ HF มี capsaicin สูงเมื่ออายุ 30 วันหลังดอกบาน พันธุ์ H มี capsaicin สูงเมื่อมีอายุ 20 วันหลังหลังดอกบาน แต่เมื่ออายุที่ 60 วัน พบว่า ปริมาณ capsaicin ในพันธุ์ BZ จะมีปริมาณเท่ากันกับกลุ่มที่ได้รับน้ำปกติแต่ อีก 2 พันธุ์ ที่ได้รับน้ำปกติจะให้ปริมาณ capsaicin สูงกว่า

ปริมาณ capsaicin ใน placenta พบว่า มีการตอบสนองในภาวะเครียด เฉพาะในพันธุ์ BZ โดยมีปริมาณ capsaicin สูงขึ้นถึง 12 mg/g แห้ง ในวันที่ 30 หลังดอกบาน ส่วนอีก 2 พันธุ์ไม่มีการตอบสนองต่อสภาวะเครียดจากน้ำ แต่สุดท้ายในวันที่ 50 ปริมาณ capsaicin ก็จะลดลงมาใกล้เคียงกับกลุ่มที่ได้รับน้ำปกติ

เมื่อศึกษา การทำงานของ เอนไซม์ phenylalanine ammonia-lyase (PAL), cinnamic acid-4-hydroxylase (C4H), capsaicinoids synthetases (CS) เป็นเอนไซม์ที่ ช่วยในการสังเคราะห์ capsaicin และ peroxidase ที่เป็นตัวย่อยสลาย capsaicin ไปเป็นสารอื่น ใน placenta ของ BZ พบว่า การทำงานของเอนไซม์ PAL ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วน C4H และ CS ที่อายุ 40 วันหลังดอกบาน จะมีการทำงานของเอ็นไซม์สูงที่สุดและพบการทำงานของเอนไซม์ peroxidase ในวันที่ 40 และลดลงในวันที่ 50 หลังดอกบาน

แสดงให้เห็นว่าปริมาณ capsaicin จึงขึ้นอยู่กับพันธุ์ อายุการเก็บเกี่ยว และภาวะเครียดจากการขาดน้ำ จึงเป็นผลทำให้ค่าความเผ็ดมีความแตกต่างกันภายในพันธุ์เดียวกัน และการตอบสนองต่อสภาวะเครียดที่เกิดจากการขาดน้ำมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับพันธุ์ บางพันธุ์มีการเพิ่มขึ้นของ capsaicin ในช่วงแรก บางพันธุ์มีการตอบสนองโดยมีการเพิ่มขึ้นของ capsaicin ในช่วงท้ายและในบางพันธุ์ภาวะเครียดจากการขาดน้ำไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของ capsaicin เลย แต่เมื่อเข้าสู่ระยะสุก

แก่เต็มที่ทางสรีระวิทยาแล้วระดับของสาร capsaicin ในพริกที่ได้รับภาวะเครียดจากการขาดน้ำก็จะลดลงมาใกล้เคียงกับพริกที่ได้รับน้ำปกติ

Lynn (1990 อ้างถึงใน สุนทร, 2546) พบว่า ปริมาณสาร capsaicin จะมีสูงสุดในผลพริกที่มีสีเขียวปนน้ำตาลซึ่งมีสีแดงอยู่ประมาณ 1 ใน 3 ส่วนของผลพริก เมื่อผลพริกโตเต็มที่แล้วนำไปตากแห้งด้วยแสงแดด จะทำให้ปริมาณสาร capsaicin ลดลง ควรตากแห้งในอากาศให้มีแสงแดดน้อยที่สุด การทำให้พริกแห้งอย่างรวดเร็ว ด้วยแสง infra red จะหลีกเลี่ยงการสลายตัวของ capsaicin ได้

Margarita & Yahia (1998) พบว่า การลดลงของปริมาณสารที่ให้ความเผ็ดในพริกมีความสัมพันธ์ต่อเอนไซม์ peroxidase โดยที่ปริมาณสาร แคปไซซิน ในพริกจะลดลงตามการเพิ่มขึ้นของ peroxidase activity เนื่องจาก เอ็นไซม์ peroxidase จะไปทำลายสารตั้งต้นในกระบวนการสร้างสารที่ให้ความเผ็ดในพริก เช่น caffeic acid และ ferulic acid

4. การปรับปรุงพันธุ์และวิธีการผสม

พริกเป็นพืชผสมตัวเอง แต่มีโอกาสผสมข้ามได้ ตั้งแต่ 9-32 เปอร์เซ็นต์ (รักชัย คุรุบรรเจิดจิต, 2534) ถึง 12-70 เปอร์เซ็นต์ (สุชีลา เตชะวงค์เสถียร, 2546) โดยขึ้นอยู่กับพันธุ์ และแมลงช่วยผสมเกสร พริกสามารถที่จะออกดอกได้ดีในสภาพวันสั้น ถ้าเพิ่มแสงไฟในเวลากลางคืนจะทำให้พริกออกดอกช้าออกไปอีก

4.1 การผสมพันธุ์พริก

การตอน (emasculation) เป็นการเอาเกสรตัวผู้ออกจากดอก ก่อนที่ละอองเกสรตัวผู้จะแตก หรือก่อนเกสรเพศเมียจะพร้อมที่จะผสม ระยะที่ทำการตอนคือ ก่อนดอกบาน 1-2 วัน โดยใช้ปากคีบเปิดกลีบดอกออก แล้วหนีบก้านเกสรตัวผู้ออกให้หมด ระวังอย่าให้เกสรตัวเมียได้รับการกระทบกระเทือนหรือบอบช้ำ คลุมดอกด้วยสำลีเพื่อป้องกันการผสมจากแมลงและลม

การเก็บละอองเกสรเพศผู้ เก็บดอกที่อับละอองเกสรตัวผู้แตกออกบ้างเล็กน้อยที่บานในตอนเช้าหรือเก็บเกสรตัวผู้ในตอนเย็นโดยเลือกดอกที่ต้องการเก็บใส่จานแก้ว ลดความชื้นเพื่อให้เกสรตัวผู้แตกออกมา เคาะเอาเฉพาะเกสรใส่แหวนผสม แล้วทำการผสมพร้อมกันหลายๆ คู่

การผสมเกสร (pollination) การผสมจะทำในตอนเช้าจนถึงเวลา 10.00 น. โดยนำดอกตัวผู้ที่เก็บมาผสมกับดอกที่ทำการตอนเกสรตัวผู้ไว้แล้ว โดยเอาสำลีที่พันดอกออก ใช้ปากคีบจับก้านเกสรตัวผู้ไปแตะที่ยอดเกสรตัวเมีย ให้ละอองเกสรตัวผู้ติดยอดเกสรตัวเมีย เอาสำลีพันไว้อย่างเดิม ทำเครื่องหมายผูกเอาไว้ว่าเป็นคู่ผสมของพันธุ์ใด ประมาณ 3-4 วัน ก็เอาสำลีออกได้ ถ้าผสมติด ดอกจะไม่ร่วงและจะพัฒนาไปเป็นผลต่อไป สุนทร รัตนสุข (2546) กล่าวว่า ความมีชีวิต

ของละอองเกสรตัวผู้จะอยู่สูงสุดหลังจากเคาะออกจากอับเรณูได้ประมาณ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะค่อยๆ ลดลง ส่วนเกสรตัวเมียของดอกที่ตอนไว้ จะมีชีวิตอยู่ได้ประมาณ 5-7 วัน ต่อมากลีบดอกจะเริ่มซีดจางลงและหลุดร่วงไปภายใน 2-3 วัน โดยทั่วไปการผสมเกสรจะเกิดขึ้นภายใน 48 ชั่วโมง และเมล็ดติดดีในช่วงเวลาเช้าหรือเย็น เมื่ออุณหภูมิของอากาศไม่สูงเกินไป

4.2 ความสามารถในการผสมข้ามของพริก

ความสามารถในการผสมข้ามระหว่างชนิดของพริก มีทั้งผสมข้ามได้และผสมข้ามไม่ได้หรือผสมข้ามได้แต่ลูกที่ได้มีทั้ง ความปกติและความเป็นหมันของลูกผสม ที่เกิดจากการผสมข้ามสายพันธุ์ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความสามารถในการผสมข้ามของพริก

คู่ผสม	ความมีชีวิตของเมล็ดลูกผสม		
	ชั่วที่ 1	ชั่วที่ 2	ผสมกลับ
C. annuum x C. frutescens	-	-	-
C. annuum x C. chinense	++	++	++
C. annuum x C. pubescens	-	-	-
C. frutescens x C. annuum	+	+	+
C. frutescens x C. chinense	+	+	+
C. chinense x C. frutescens	+	+	+
C. chinense x C. annuum	+	+	+
C. chinense x C. pubescens	n	-	-

ที่มา : ดัดแปลงจาก Smith and Heiser (1951, อ้างถึงใน กฤษฎา สัมพันธารักษ์, ม.ป.ป.)

หมายเหตุ : - แทน เป็นหมัน, + แทน ติดเมล็ดน้อย, ++ แทน ติดเมล็ดมาก,
n แทน เมล็ดมีชีวิตแต่ต้องเพาะเลี้ยงต้นอ่อนในอาหารเทียม

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่า การผสมข้ามสายพันธุ์ระหว่าง *C. annuum x C. chinense* สามารถผสมข้ามได้ และลูกผสมที่ได้ติดเมล็ดในปริมาณมาก

4.3 การแสดงออกทางพันธุกรรมของลักษณะพริก

ในการปรับปรุงพันธุ์พริกหรือพืชอื่นๆ จำเป็นที่ต้องรู้ถึงยีนที่ควบคุมการแสดงออกของลักษณะต่างๆ เพื่อที่จะทำให้สามารถประเมินหรือคัดเลือกลักษณะของพ่อแม่ที่จะ

นำมาเป็นคู่ผสมในการสร้างลูกผสมให้ได้ลักษณะตามต้องการ สำหรับพริกได้มีผู้รวบรวมผลการศึกษาการควบคุมการแสดงออกของยีนในลักษณะต่างๆของพริกที่มีความสำคัญต่างๆ แสดงไว้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การแสดงออกของลักษณะที่สำคัญในพริก

ลักษณะ	ยีนที่ควบคุม	การควบคุม
การชี้ของผล	ยีนเด่น 1 คู่	ชี้ลงข่มชี้ขึ้น
ความยาวก้านผล	ยีนเด่น 1 คู่	สั้นข่มยาว
ลักษณะปลายผล	ยีนเด่น 1 คู่	กลมข่มแหลม
ขนาดผล	ยีนหลายคู่	ผลใหญ่ข่มผลเล็ก
ความยาวผล	ยีนหลายคู่	กึ่งกลางระหว่างพ่อแม่
ผลเป็นช่อ	ยีนด้อย 1 คู่	เดี่ยวข่มช่อ
สีผล	ยีนหลายคู่	ผลสุกแดงข่มเขียว, ผลอ่อนเขียวข่มเหลือง
ความเผ็ด	ยีนหลายคู่	เผ็ดข่มไม่เผ็ด

ที่มา : สุชีลา เตชะวงค์เสถียร (2546)

5. **ความสามารถในการรวมตัว** (combining ability)

ความสามารถในการรวมตัว (combining ability) เป็นวิธีการที่มีความสำคัญที่นำมาใช้เพื่อทดสอบความสามารถในการรวมตัวของพ่อและแม่ (progeny test) แต่พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ (2525) เรียกว่า สมรรถนะการผสม ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ

ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (general combining ability) หรือ GCA เป็นความสามารถในการรวมตัวเฉลี่ยของลูกผสม ที่เกิดจากการนำสายพันธุ์หนึ่งไปผสมกับสายพันธุ์อื่นๆ จัดเป็นการวัดอัตราบวกของ ยีน ที่ควบคุมลักษณะนั้น

ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (specific combining ability) หรือ SCA เป็นค่าที่บอกความดีเลวของลูกผสมในแต่ละคู่ผสมเมื่อเปรียบเทียบกับ GCA เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์พ่อแม่ที่ใช้เป็นคู่ผสม

Sprague & Tatum (1942, อ้างถึงใน รักชัย คุรุบรรเจิดจิต, 2534) ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป เป็นอิทธิพลเนื่องมาจากของการทำงานของยีนที่เป็นแบบผลบวกสะสม (additive gene action) ส่วน ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ เป็นอิทธิพลมาจาก การทำงานของยีนแบบไม่

เป็นผลบวกสะสม (non-additive gene action) และพบว่าพันธุ์ที่นำมาทำการผสมเป็นสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือก จะมีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูง

ปริมาณสาร capsaicin ในพริกเป็นการทำงานของยีนเด่น 1 คู่ (C ยีน) ที่เป็นยีนเด่นที่แสดงออกแบบเผ็ดข่มไม่เผ็ด และยีนประกอบย่อยอีกหลายยีน (Ohta, 1962 อ้างถึงใน มณีฉัตร นิกรพันธุ์, 2541) ดังนั้นการแสดงออกของยีนจึงมีทั้งการทำงานร่วมกันของยีนภายในตำแหน่งเดียวกันและการทำงานของยีนคนละตำแหน่ง ซึ่งในลักษณะดังกล่าวเป็นการแสดงออกของยีนในตำแหน่งเดียวกันที่แสดงออก แบบ positive non-additive gene action หรือ positive dominance และการแสดงออกแบบ additive gene action ยิ่งเพิ่มความถี่ของยีนมากขึ้นการแสดงออกก็จะมีเพิ่มมากขึ้นเข้าใกล้ลักษณะที่ดีที่สุดที่เพิ่มความถี่ของยีนนั้นๆ (วัชระ ผดุงพจน์, 2543)

Griffing (1956, อ้างถึงใน รักชัย คุรุบรรเจิดจิต, 2534) ได้แสดงขั้นตอนรายละเอียดของการศึกษาความ สามารถในการรวมตัวที่มีความสัมพันธ์กับระบบการผสมแบบ diallel ทั้ง 4 วิธีการ คือ

วิธีการที่ 1 ใช้พ่อแม่ (p) ลูกผสมตรง และลูกผสมสลับ	จะได้ p^2	คู่ผสม
วิธีการที่ 2 ใช้พ่อแม่ ลูกผสมตรง	จะได้ p(p+1)/2	คู่ผสม
วิธีการที่ 3 ใช้ลูกผสมตรง ลูกผสมสลับได้	จะได้ p(p-1)	คู่ผสม
วิธีการที่ 4 ใช้เฉพาะลูกผสมตรง	จะได้ p(p-1)/2	คู่ผสม

ในแต่ละวิธีการ แยกออกเป็นสายพันธุ์ที่เลือกออกมาโดยจงใจ ไม่มีการสุ่มจึงเป็นแบบ หุ่นคงที่ (Fix model) ผลวิเคราะห์ ที่ได้นำไปใช้เฉพาะกับพันธุ์ ที่นำมาทดลองเท่านั้น ส่วนสายพันธุ์ที่ได้จากการสุ่มสายพันธุ์มาจากประชากร เป็นแบบหุ่นไม่คงที่ (random model) ผลการทดลองที่ได้นำไปใช้กับประชากรนั้น

Sousa & Maluf (2003) ทำการประเมินค่าทางพันธุกรรมของพริกเผ็ดโดยการใช้วิธีการแผนการผสมแบบ diallel พบว่า ปริมาณ capsaicin เป็นอิทธิพลของความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) และความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA)สอดคล้องกับ Zewdie & Bosland (2001) ที่ทำการศึกษาความสามารถในการรวมตัวของปริมาณ capsaicinoids ในพริก *C. pubescens* พบว่า มีทั้งอิทธิพลของ GCA และ SCA แต่เป็นอิทธิพลของ GCA มากกว่า SCA และพบว่า พ่อแม่ที่มีปริมาณ capsaicinoids สูงๆ จะให้ค่า GCA สูงตามไปด้วย

Zewdie & Bosland (2001) ทำการศึกษาอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของพริกลูกผสมระหว่าง *C. annuum* x *C. chinense* พบว่า การถ่ายทอดลักษณะของปริมาณ capsaicin เป็นแบบบวก (additive), แบบข่ม (dominance) และ additive x additive ส่วนปริมาณ dihydrocapsaicin เป็นการแสดงออกแบบ additive, additive x dominance และ dominance x dominance

Valiejo & Costa (1987) ทำการศึกษาอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมในพริก *C. chinense* พบว่า ความสูงต้น ขนาดทรงพุ่ม เป็นอิทธิพลมาจาก SCA มากกว่า GCA ส่วนจำนวนกิ่งเป็นอิทธิพลทั้ง GCA และ SCA

นอกจากนั้นยังพบอีกว่า ความกว้างผล, ความยาวผล เป็นอิทธิพลของ SCA มากกว่า GCA ความหนาเนื้อผลเป็นอิทธิพลของ GCA น้ำหนักแห้ง เป็นอิทธิพลของ SCA (Sousa & Maluf 2003) ปริมาณผลผลิต เป็นอิทธิพลของ SCA มาก GCA (Garcia et al., 2002)

6. ความดีเด่นของลูกผสม (Heterosis)

กมล เลิศรัตน์ (2536) กล่าวว่า heterosis หรือ hybrid vigor เป็นปรากฏการณ์ที่ลูกผสมแสดงความดีเด่นของลักษณะต่างๆ เหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ (Mid Parent) หรือเหนือกว่าพ่อหรือแม่ที่ดีที่สุด (High Parents)

การวัดความดีเด่นของลูกผสม นิยมวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลูกผสมกับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ที่เกี่ยวข้อง การเปรียบเทียบที่นิยมกันมี 2 วิธี คือ วิธีการแรกเปรียบเทียบลูกผสมกับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ (mid parent) อีกวิธีการหนึ่งเป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของลูกผสมกับค่าเฉลี่ยของพ่อหรือแม่ที่แสดงออกลักษณะนั้นได้ดีกว่า (better parent)

สำหรับพืชผสมตัวเอง การวัดความดีเด่นของลูกผสมโดยเปรียบเทียบกับพ่อหรือแม่ที่ดีกว่าจะเหมาะสม เพราะลูกผสมที่ได้ไม่ดีกว่าพ่อหรือแม่ที่เป็นพันธุ์แท้ก็ไม่มีประโยชน์ ในการใช้เป็นพันธุ์สังเคราะห์

สาเหตุที่ทำให้เกิด heterosis ไม่เป็นที่ทราบเด่นชัด แต่มี 2 ทฤษฎีที่เป็นที่ยอมรับ คือเกิดจากปฏิกิริยาของยีน แบบ

1. การข่มปกติ (dominance theory) เป็นการแสดงออกของยีนแบบข่มไม่สมบูรณ์และข่มสมบูรณ์ ในพืชผสมข้ามนั้นยีนด้อยจะถูกข่มไว้ด้วยยีนเด่น เมื่อพืชผสมตัวเองทำให้มีโอกาสที่ยีนด้อยจะจับกันเป็นพันธุ์แท้เกิดการเสื่อมถอยของลักษณะ เมื่อผสมข้ามพันธุ์กันอีกครั้งยีนด้อยจะถูกข่มไว้ จึงเกิด heterosis ขึ้น (กมล เลิศรัตน์, 2536)

2. การข่มเกิน (over dominance theory) heterosis เกิดจากการรวมตัวของยีนที่เป็นคู่กันเข้ามาอยู่ในสภาพ heterozygous ลูกผสมที่เป็นพันธุ์ทางมีลักษณะที่ดีเด่นเหนือพ่อแม่ ที่เป็นพันธุ์แท้ทั้งสอง การรวมตัวของยีนในสภาพนี้จะกระตุ้นให้เกิดกิจกรรมทางสรีรวิทยาของพืชเพิ่มขึ้น และแรงกระตุ้นจะหมดไปเมื่อผสมตัวเองจนเป็นพันธุ์แท้

ในการยืนยันสาเหตุใดสาเหตุหนึ่ง ก็ต้องทราบว่า genotype ที่ดีที่สุดนั้น เป็น Homozygote หรือ heterozygote เพราะถ้าปฏิกิริยาของยีนเป็นแบบข่มเกิน มีความสำคัญในการควบคุม heterosis แล้ว genotype ที่ดีที่สุดจะต้องเป็น heterozygote

ถ้าปฏิกิริยาของยีนที่สำคัญเป็นแบบข่มปกติแล้ว genotype ที่ดีจะเป็น homozygote นอกจากนั้นแล้วนักปรับปรุงพันธุ์มักคัดเลือกลักษณะที่ดีเอาไว้ และพบบ่อยครั้งที่ linkage ระหว่างยีนที่มีการข่มไม่สมบูรณ์ เกิด epistasis และทำให้เกิด heterosis เกิดขึ้นมาได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง epistasis ที่มี dominance effect เกี่ยวข้อง (พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์, 2525)

ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลูกผสมในลักษณะของปริมาณ capsaicin Milerue & Nikornpun (2000) ทำการศึกษาความดีเด่นของลูกผสมในพริก *C. annuum* พบว่า ลูกผสมมีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่อยู่ระหว่าง 40-1029 % สอดคล้องกับ Sousa & Maluf (2003) พบว่า ลูกผสมมีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ อยู่ระหว่าง 21-264 %

นอกจากนี้ในด้านปริมาณผลผลิต มีค่าความดีเด่นอยู่ระหว่าง 29-179 % (Garcia et al., 2002) เช่นเดียวกันกับ Sousa & Maluf (2003) ที่ลูกผสมมีค่าความดีเด่นในด้านปริมาณผลผลิตอยู่ระหว่าง 36-197 % ในด้านน้ำหนักแห้ง พบว่าลูกผสมจำนวน 25 คู่ จาก 45 คู่ มีค่าความดีเด่นในลักษณะของผลผลิตแห้งสูงกว่าพ่อแม่ (Anand et al., 2003)

7. สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ (Correlation)

ในการปรับปรุงพันธุ์พืชนอกจากจะต้องเข้าใจพฤติกรรมการแสดงออกของยีน การผสมข้ามระหว่าง species แล้ว สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่างจะเป็นประโยชน์ต่อการคัดเลือกพันธุ์ ลักษณะสองลักษณะที่มีความสัมพันธ์กันหรือเปลี่ยน แปลงไปด้วยกันในตอนคัดเลือก มักมีสาเหตุใหญ่ 2 ประการคือ

1. การที่ยีนคู่เดียวสามารถควบคุมได้ 2 ลักษณะ Pleiotropy (ความผิดปกติหลาย ๆยีน แต่จะทำให้เกิดความผิดปกติอย่างเดียว)
2. ยีนที่ควบคุมลักษณะทั้งสองอยู่บนโครโมโซมเดียวกัน (linkage)

อย่างไรก็ตามอิทธิพลของ linkage ในการก่อให้เกิดสหสัมพันธ์อาจจะไม่คงอยู่ตลอดไปทุกชั่ว แต่อิทธิพลเนื่องจาก pleiotropy จะคงอยู่ตลอดไปทุกชั่ว

สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่างๆ จะดูได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient-r) ระหว่างลักษณะนั้นๆ ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง -1 ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของลักษณะเป็นบวก แสดงว่าลักษณะทั้งสองลักษณะเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน การคัดเลือกเพื่อเพิ่มลักษณะหนึ่งจะทำให้ได้ลักษณะอีกอย่างหนึ่งเพิ่มตามไปด้วย ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเป็น

ลบ การเพิ่มขึ้นของลักษณะหนึ่งจะทำให้อีกลักษณะหนึ่งลดลง ยิ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเข้าใกล้ 1 หรือ -1 มากเท่าใด หมายถึงว่าลักษณะทั้งสองนั้นมีสหสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด แต่ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึงว่า ทั้งสองลักษณะนั้นมีความเป็นอิสระต่อกัน

พันธุ์ทิพย์ ปานกลาง (2547) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพและปริมาณ oleoresin capsaicin และ dihydrocapsaicin ในพริก 3 ชนิด ได้แก่ C. *annuum*, C. *frutescens* พบว่า ปริมาณของ capsaicin และ dihydrocapsaicin มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับความยาวของก้านผล ซึ่งมีค่าความสัมพันธ์เท่ากับ 0.53 และ 0.43 ตามลำดับ

วีรญา, (2549) ทำการศึกษา สมรรถนะในการรวมตัวและความสามารถในการถ่ายทอดทางพันธุกรรมความเผ็ดของพริก พบว่าปริมาณ capsaicinoids มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับ ผลผลิตแห้งต่อต้น ความสูงต้น ขนาดทรงพุ่มและอายุดอกบาน และมีความสัมพันธ์ในทางลบกับ น้ำหนักผล ความกว้างผล และจำนวนต่อผลซึ่งได้อธิบายเพิ่มเติมว่าพริกที่มีอายุดอกบานนานขึ้นส่งผลต่ออายุการเก็บเกี่ยวที่นานขึ้น ทำให้มีการสะสมอาหารที่นานขึ้นซึ่งอาจเป็นผลทำให้การสะสมสาร capsaicin มีมากขึ้นเช่นกัน

นอกจากนั้น Kumar et al., (2003) ทำการศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบต่างๆ ของพริกกับสารชีวเคมีในพริก *C. annuum* พบว่า ปริมาณ capsaicin มีความสัมพันธ์ ในทางบวกกับความยาวผล จำนวนผล และน้ำหนักต่อผล อย่างไรก็ตามการประเมินนี้พริกที่มีค่าความเผ็ดมาคือ habanero ที่มีลักษณะลูกโต สั้น เนื้อหนา ทำให้ค่าประเมินในการคำนวณจึงเบี่ยงเบนเข้าหาสายพันธุ์นี้มากดังนั้น ข้อมูลนี้ควรใช้กับประชากรนี้เท่านั้น