

การปรับปรุงสายพันธุ์เห็ดเป๋าฮื้อโดยวิธี Di-mon Mating
Strain Improvement of Abalone Mushroom (*Pleurotus cystidiosus*)
Using Di-mon Mating

รัชฎาภรณ์ ทองเหม^{1/*} วิภาวี ชื่นโรจน์^{1/} ภาณี สว่างศรี^{1/} จิตรา กิตติโมรากุล^{1/}
Ratchadaporn Thonghem^{1/*} Vipavee Chanroj^{1/} Paranee Sawangsri^{1/} Jittra Kittimorakul^{1/}

Received 29 Jul. 2024/Revised 2 Oct. 2024/Accepted 7 Oct. 2024

ABSTRACT

Abalone mushroom (*Pleurotus cystidiosus* O.K. Mill.) is an economically important mushroom. The improvement of better hybrid strains is necessary for commercial production. The objective of this research was to improve Abalone mushroom hybrid strains with high yield and better features using the di-mon mating technique, which is the interspecific crossing between the dikaryotic mycelium of Hed Pao-hue 3 (PC3) used as the mother strain and the monokaryotic mycelium from 13 strains used as father strains, to obtain 14 Abalone mushroom hybrid strains. These hybrid strains were cultivated in 800 g sawdust substrate bags to observe their yield performance for 3 months compared with that of Hed Pao-hue 3 which is a commercial strain. The results showed that the Abalone mushroom hybrid strain PC3×SPC21-1 gave the highest yield of 150.7 g/bag, which was not significantly different from that of Pao-hue 3, which gave a yield of 126.3 g/bag. Furthermore, the days required for PC3×SPC21-1 to complete spawn running were 55.4 days, and primordial initiation were 14.9 days, while Hed Pao-hue 3 required longer days as 58.9 and 20.2 days, respectively. In addition, some of the Abalone mushroom hybrid strains had some features better than those of Hed Pao-hue 3 such as high content of protein and carbohydrates but low content of fat. From the results, 4 Abalone mushroom hybrid strains that had high yield and better features, PC3×SPC21-1, PC3×SPC14-24, PC3×SPC23-17 and PC3×SPC11-4, were selected for cultivation testing under farmer's farm conditions to distinguish the best potential Abalone hybrid strain for commercial production.

Keywords: strain improvement; *Pleurotus cystidiosus*; monokaryon; dikaryon; di-mon mating

^{1/} สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ ถ. พหลโยธิน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

^{1/} Biotechnology Research and Development Office, Phahonyothin Rd., Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

* Corresponding author: anneratcha@gmail.com

บทคัดย่อ

เห็ดเป่าฮื้อ (*Pleurotus cystidiosus* O.K. Mill.) เป็นเห็ดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ จึงต้องมีการพัฒนาปรับปรุงสายพันธุ์เพื่อให้มีสายพันธุ์ใหม่ ๆ ที่ดีกว่าและเหมาะสมเพื่อใช้ผลิตเป็นการค้า งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงพันธุ์เห็ดเป่าฮื้อให้ได้ลูกผสมสายพันธุ์ใหม่ที่ให้ผลผลิตสูงและมีคุณลักษณะดี โดยใช้วิธีการผสมพันธุ์แบบ di-mon mating ซึ่งเป็นการผสมพันธุ์ระหว่างเส้นใยนิวเคลียสคู่ของเห็ดเป่าฮื้อ 3 (PC3) สายพันธุ์แม่กับเส้นใยนิวเคลียสเดี่ยวที่ได้จากเบสิดิโอสปอร์ของเห็ดเป่าฮื้อสายพันธุ์พ่อ 13 สายพันธุ์ ได้เห็ดเป่าฮื้อลูกผสม 14 คู่ผสม ลูกผสมที่ได้ไปเพาะทดสอบการให้ผลผลิตในอาหารเพาะเชื้อเฉลี่ย 800 ก. และทำการเก็บผลผลิตเป็นเวลา 3 เดือน เปรียบเทียบกับเห็ดเป่าฮื้อ 3 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ทางการค้า ผลการทดลองพบว่า เห็ดเป่าฮื้อลูกผสม PC3×SPC21-1 ให้ผลผลิตสูงที่สุด 150.7 ก./ถุง ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับเห็ดเป่าฮื้อ 3 ที่ให้ผลผลิต 126.3 ก./ถุง นอกจากนี้เห็ดเป่าฮื้อลูกผสม PC3×SPC21-1 เส้นใยเจริญเต็มถุงอาหารเพาะใช้เวลา 55.4 วัน และออกดอกภายใน 14.9 วัน เร็วกว่าเห็ดเป่าฮื้อ 3 ที่ใช้เวลา 58.9 และ 20.2 วัน ตามลำดับ และยังพบอีกว่า เห็ดเป่าฮื้อลูกผสมบางสายพันธุ์มีสมบัติบางประการดีกว่าเห็ดเป่าฮื้อ 3 เช่น มีปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตสูง ไขมันต่ำ ผลการทดลองที่ได้ทำให้สามารถคัดเลือกเห็ดเป่าฮื้อลูกผสมที่ผลผลิตสูงและมีคุณลักษณะดีได้ 4 สายพันธุ์ ได้แก่ PC3×SPC21-1 PC3×SPC14-24 PC3×SPC23-17 และ PC3×SPC11-4 เพื่อนำไปเพาะทดสอบในฟาร์มเกษตรกรและคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีศักยภาพดีที่สุดในการผลิตเชิงพาณิชย์ต่อไป

คำสำคัญ: การปรับปรุงสายพันธุ์; เห็ดเป่าฮื้อ; นิวเคลียสเดี่ยว; นิวเคลียสคู่; การผสมพันธุ์ระหว่างเส้นใยนิวเคลียสคู่กับเส้นใยนิวเคลียสเดี่ยว

บทนำ

เห็ดเป่าฮื้อ (*Pleurotus cystidiosus* O.K. Mill.) เป็นเห็ดเศรษฐกิจที่มีราคาแพงกว่าเห็ดสกุลนางรมอื่น ๆ สามารถนำมาแปรรูปเป็นเห็ดกระป๋อง มีรสชาติอร่อย ดอกเห็ดสดเก็บในตู้เย็นได้นานกว่าหนึ่งสัปดาห์ มีคุณค่าทางโภชนาการและมีปริมาณสารที่มีสรรพคุณทางยาสูง เช่น บีต้า-กลูแคน (β -glucan) ที่ช่วยเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันให้ร่างกาย (ธนภักษ์ และคณะ, 2554) และมีโปรตีนที่สามารถทำปฏิกิริยายับยั้งเอนไซม์เอซีอี (angiotensin I-converting enzyme, ACE) ในระดับสูง ช่วยลดความดันโลหิตสูง (Ching et al., 2011) จากคุณสมบัติที่ดังกล่าวทำให้เห็ดเป่าฮื้อเป็นที่นิยม

เห็ดเป่าฮื้อมีแหล่งกำเนิดในประเทศจีนและไต้หวัน ประเทศไทยมีการเพาะเห็ดเป่าฮื้อมานานกว่า 40 ปี เห็ดเป่าฮื้อที่เพาะมีหลากหลายสายพันธุ์ ทั้งสายพันธุ์ดอกสีเทาดำและสายพันธุ์ดอกสีครีม บางสายพันธุ์ก้านดอกสั้น บางสายพันธุ์ก้านดอกยาว (อนุสรณ์ และคณะ, 2564) ในระยะแรกสายพันธุ์เห็ดเป่าฮื้อที่เกษตรกรใช้เพาะกันเป็นพันธุ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศผ่านการคัดเลือกจนได้สายพันธุ์ที่ปรับตัวและเพาะได้ดีในประเทศไทย แต่ด้วยสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปและเห็ดมีอัตราการเจริญเร็ว เกิดการกลายพันธุ์และผันแปรทางพันธุกรรมได้ง่ายเมื่อเพาะขยายเชื้อเป็นเวลานาน ส่งผลให้การเจริญของเส้นใยช้าลง ผลผลิตเห็ดลดลง ลักษณะดอกไม่ตรงตามความต้องการของตลาด เช่น ดอกเห็ดมีสีครีมปนดำ ขอบดอกม้วนงอหรือดอกมีสีเทาดำ ลักษณะดังกล่าวไม่เป็นที่ต้องการของตลาดที่ต้องการดอกเห็ดสีครีม ก้านดอกอวบและยาว ส่งผลให้เกษตรกรได้รับผลตอบแทนน้อย ไม่คุ้มค่ากับการลงทุน เกษตรกรจึงต้องการเห็ดสายพันธุ์ใหม่ที่ให้ผลผลิตสูง เพาะเลี้ยงง่ายในสภาพอากาศปัจจุบันและมีลักษณะดอกหลากหลายเพื่อเพิ่มช่องทางในการตลาด ดังนั้น การวิจัยเพื่อปรับปรุงสายพันธุ์เห็ดให้ดีขึ้นเป็นหนทางที่สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้

การปรับปรุงสายพันธุ์เห็ดเพื่อให้ได้เห็ด
ลูกผสมสายพันธุ์ใหม่ ๆ ที่มีสมบัติตามความต้องการ
มีหลายวิธี การปรับปรุงพันธุ์เห็ดโดยวิธี di-mon
mating เป็นการปรับปรุงพันธุ์โดยการผสมข้ามวิธี
หนึ่ง โดยอาศัยการใช้เส้นใยนิวเคลียสคู่ (dikaryotic
mycelium) ซึ่งเป็นเส้นใยระยะที่ 2 ผสมกับเส้นใย
นิวเคลียสเดี่ยว (monokaryotic mycelium) ซึ่งเป็น
เส้นใยระยะที่ 1 การผสมพันธุ์ด้วยวิธีการนี้ทำให้
นิวเคลียสไดนิวเคลียสหนึ่งของเส้นใยนิวเคลียสคู่ที่เข้า
กันได้กับเส้นใยนิวเคลียสเดี่ยว เคลื่อนตัวเข้าไปอยู่
รวมกันที่ปลายเส้นใยนิวเคลียสเดี่ยวทำให้ได้เส้นใย
นิวเคลียสคู่ โดยเส้นใยนิวเคลียสคู่ที่เกิดขึ้นนี้จะมี
นิวเคลียสใหม่ของเส้นใยนิวเคลียสคู่กับนิวเคลียสเดิม
ของเส้นใยนิวเคลียสเดี่ยว (สัญชัย, 2521; นันทวุฒิ,
2549) ดังนั้นวิธีการนี้จึงเหมาะสมสำหรับการปรับปรุง
พันธุ์เห็ดเป่าฮื้อซึ่งมีวงจรชีวิตแบบผสมข้าม หรือต่าง
เพศต่างแทลลัส (heterothallic) ทำให้ได้ลูกผสมที่มี
ลักษณะที่แตกต่างไปจากเดิม

มีรายงานการใช้วิธี di-mon mating ในการ
ปรับปรุงพันธุ์เห็ดต่าง ๆ เช่น ภัทรภรณ์ และวิเชียร
(2540) ได้ปรับปรุงพันธุ์เห็ดนางรมเทาด้วยวิธี
di-mon mating โดยนำเส้นใยนิวเคลียสเดี่ยวของ
Q1 ไปผสมกับเส้นใยนิวเคลียสคู่ Q1-Q6 และพันธุ์พ่อ
แม่อื่นอีก 5 สายพันธุ์ คัดเลือกลูกผสมได้ 9 สายพันธุ์
ที่มีลักษณะและคุณภาพดี ในขณะที่รัชฎาภรณ์ และ
คณะ (2560) ปรับปรุงพันธุ์เห็ดภูฏานด้วยวิธี di-mon
mating ระหว่างเส้นใยนิวเคลียสคู่ของเห็ดภูฏาน
หมายเลข 3 (P3) กับเส้นใยนิวเคลียสเดี่ยวของเห็ด
ภูฏาน จำนวน 8 สายพันธุ์ ได้แก่ A B C D E F G
และ H พบว่ามี 18 คู่ผสมที่เข้าคู่กันได้ เมื่อนำไปเพาะ
ทดสอบในถุงอาหารเพาะเชื้อเลื่อย 800 ก. 3 รอบการ
ผลิต พบว่า มีเห็ดภูฏานลูกผสม 7 สายพันธุ์ ที่ให้
ผลผลิตสม่ำเสมอ โดยเห็ดภูฏานลูกผสม 3 สายพันธุ์
ได้แก่ P3×SE5 P3×SA6 และ P3×SB24 ให้ผลผลิตสูง
กว่าสายพันธุ์อื่น ๆ นอกจากนี้ Carrillo et al. (2011)

ได้ปรับปรุงพันธุ์เห็ดด้วยวิธี di-mon mating ระหว่าง
เส้นใยนิวเคลียสคู่ของ *Pleurotus* spp. กับเส้นใย
นิวเคลียสเดี่ยวของ *P. eryngii* คัดเลือกลูกผสม 19
สายพันธุ์ มาเพาะเลี้ยงในวัสดุเพาะ พบว่ามี 16 สายพันธุ์
ให้ค่าเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิต (% biological
efficiency: BE) สูงกว่า 100% ลูกผสมที่เกิดขึ้นมี
ลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่หลากหลาย เช่น สี ขนาด
ของก้านและรูปร่างมีขนาดใหญ่ ก้านมีความเหนียว
มีความเหมาะสมเพื่อผลิตเป็นการค้า ดังนั้นการ
ปรับปรุงพันธุ์เห็ดโดยใช้วิธีการผสมพันธุ์แบบ di-mon
mating จึงน่าสนใจ ในประเทศไทยยังไม่มีรายงาน
การปรับปรุงพันธุ์เห็ดเป่าฮื้อด้วยวิธีการผสมพันธุ์ มี
เพียงการคัดเลือกสายพันธุ์เนื่องจากทำได้ง่าย สะดวก
 และได้พันธุ์ใหม่เร็ว แต่วิธีการคัดเลือกเพียงอย่างเดียว
ไม่ก่อให้เกิดการรวมกันของลักษณะทางพันธุกรรม
และผู้ปรับปรุงพันธุ์ไม่สามารถเลือกควบคุมหรือบังคับ
ลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ไม่ให้เห็นได้ เนื่องจากดอก
เห็ดที่เกิดตามธรรมชาติจะมีทั้งลักษณะที่ดีและไม่ดี
ปนอยู่ (สัญชัย, 2521) การปรับปรุงพันธุ์เห็ดเป่าฮื้อ
โดยวิธี di-mon mating น่าจะเป็นหนทางหนึ่งในการ
ทำให้ได้ลูกผสมใหม่ ๆ ที่มีลักษณะดีเพิ่มขึ้นและ
แตกต่างไปจากเดิม เกษตรกรมีความต้องการเห็ด
เป่าฮื้อสายพันธุ์ใหม่ ๆ เพื่อเป็นทางเลือกในการผลิต
เป็นการค้า ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ
ปรับปรุงพันธุ์เห็ดเป่าฮื้อด้วยวิธี di-mon mating
เพื่อให้ได้ลูกผสมสายพันธุ์ใหม่ที่ให้ผลผลิตสูงและมี
คุณลักษณะดี ซึ่งจะเป็นการส่งเสริมการผลิตเห็ด
เป่าฮื้อพันธุ์ดีเพื่อการค้าให้มากขึ้นในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การแยกและคัดเลือกเส้นใยสปอร์เดี่ยว

นำสปอร์ของเห็ดเป่าฮื้อสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง
(150.31-210.42 ก./ถุง) และสายพันธุ์ที่มีลักษณะเด่น
ทางสัณฐานวิทยา (ดอกเห็ดสีครีม ขอบหมวกดอก

เรียบ ก้านดอกอบ) จำนวน 13 สายพันธุ์ ได้แก่ PC1 PC4 PC10 PC11 PC14 PC15 PC16 PC20 PC21 PC23 PC24 PC25 และ PC26 ซึ่งได้จากการคัดเลือกสายพันธุ์เห็ดเป๋าฮื้อของรัชฎาภรณ์ และคณะ (2565) มาคัดแยกเส้นใยนิวเคลียสเดี่ยว (monokaryon) โดยการทำสารแขวนลอยสปอร์ (spore suspension) ในน้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วและนำมาเพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ water agar หลังจากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 °ซ. เป็นเวลา 10-14 วัน ตรวจสอบการงอกของสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (stereo light microscope) โดยใช้เลนส์กำลังขยาย 400 เท่า และตัดสปอร์ที่งอกเดี่ยว ๆ มาเพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) ในหลอดทดลอง นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 °ซ. เพื่อให้เส้นใยเจริญแล้วนำมาตรวจสอบยืนยันว่าเป็นเส้นใยนิวเคลียสเดี่ยวภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ (compound light microscope) ใช้เลนส์กำลังขยายสูง 1,000 เท่า คัดเลือกเส้นใยที่ไม่พบเส้นใยเชื่อม (clamp connection) แยกเก็บไว้สายพันธุ์ละอย่างน้อย 20 สปอร์

2. การผสมพันธุ์แบบ di-mon mating

เลี้ยงเชื้อเห็ดที่มีเส้นใยนิวเคลียสเดี่ยวที่คัดเลือกได้จากข้อ 1 ของแต่ละสายพันธุ์ในอาหาร PDA ในจานเลี้ยงเชื้อ รวมทั้งเชื้อเห็ดที่มีเส้นใยนิวเคลียสคู่สายพันธุ์เห็ดเป๋าฮื้อ3 ซึ่งเป็นสายพันธุ์การค้าที่ให้บริการของกรมวิชาการเกษตรจนเชื้อเห็ดทั้งสองชนิดมีอายุ 14 วัน ตัดชิ้นวันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ซม.จากบริเวณปลายของโคโลนี แล้วนำชิ้นวันมาจับคู่กันโดยวางบริเวณกลางจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ห่างกัน 2 ซม. แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 °ซ. เป็นเวลา 7-10 วัน ปล่อยให้เส้นใยเจริญมาพบกันนำไปตรวจดูการสร้างเส้นใยเชื่อมทางด้านของสายพันธุ์ เส้นใยนิวเคลียสเดี่ยว โดยใช้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง 1,000 เท่า เมื่อพบเส้นใยเชื่อม

ตัดเส้นใยไปเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA หลอดใหม่ เพื่อนำไปใช้ในการเพาะทดสอบผลผลิตในโรงเรือน บันทึกรายการสายพันธุ์ของเห็ดเป๋าฮื้อที่ไม่พบเส้นใยเชื่อม และสายพันธุ์ของเห็ดเป๋าฮื้อที่มีการผสมข้ามเส้นใยกับเห็ดเป๋าฮื้อ3

3. การศึกษาการให้ผลผลิตและคุณลักษณะของเห็ดเป๋าฮื้อลูกผสม

นำเห็ดเป๋าฮื้อลูกผสมสายพันธุ์ใหม่ที่ได้จากข้อ 2 มาเพาะทดสอบการให้ผลผลิต โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design: RCBD) มี 4 ซ้ำ ขนาดหน่วยทดลอง 50 ถังอาหารเพาะ กรรมวิธีประกอบด้วย เห็ดเป๋าฮื้อลูกผสมที่ได้ และเห็ดเป๋าฮื้อ3 เป็นสายพันธุ์เปรียบเทียบ เพาะทดสอบในโรงเรือนเพาะเห็ดกรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 1 รอบการผลิต ตั้งแต่เดือน มิ.ย.-ธ.ค. 2566 โดยอาหารเพาะดัดแปลงจากพิมพ์กานต์ (2544) ประกอบด้วยขี้เลื่อย 100 กก. : รำละเอียด 10 กก. : ปูนขาว 1 กก. : ดีเกลือ 200 ก. ปรับความชื้นด้วยน้ำให้อาหารเพาะมีความชื้น 55-60% บรรจุในถุงพลาสติกทนร้อนน้ำหนัก 800 ก./ถุง นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 100 °ซ. นาน 3 ชั่วโมง ใส่เชื้อเห็ดสายพันธุ์ที่เตรียมไว้บนเมล็ดข้าวฟ่าง บ่มก้อนเชื้อไว้ในโรงเรือนสภาพไม่ควบคุมอุณหภูมิ เมื่อเส้นใยเจริญเต็มวัสดุเพาะนำไปเปิดดอกในโรงเรือน เก็บผลผลิตเป็นเวลา 3 เดือนหลังเปิดดอก บันทึกข้อมูลช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มใส่เชื้อจนเส้นใยเจริญเต็มวัสดุเพาะ ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มเปิดถุงจนเก็บดอกครั้งแรก (ระยะเก็บผลผลิต) น้ำหนักสดของผลผลิต (ก./ถุง) และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของดอกเห็ด ได้แก่ สี รูปร่างของดอก ก้านดอก ขนาดหมวกดอกและก้านดอก นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

4. การวิเคราะห์คุณภาพของดอกเห็ดเป่าฮือลูกผสม

4.1 วัดความแน่นเนื้อของดอกเห็ดเป่าฮือด้วยเครื่องวัดความแน่นเนื้อ TR Turoni ดัดแปลงจาก Suhaili et al. (2021) โดยใช้หัววัดแทงทะลุ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม. วัดบริเวณหมวกดอกและก้าน โดยดอกเห็ดวัดบริเวณกึ่งกลางดอก กดหัววัดจมลงในเนื้อดอก 1 ซม. ก้านเห็ดวัดบริเวณกึ่งกลางระหว่างโคนและปลายก้าน กดหัววัดจมลงในก้าน 1.5 ซม. วัดค่าออกมาเป็นนิวตัน (N)

4.2 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของดอกเห็ดเป่าฮือ ได้แก่ เถ้า ความชื้น พลังงาน พลังงานจากไขมัน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน โดยส่งวิเคราะห์ที่ บ. ห้องปฏิบัติการ (ประเทศไทย) จำกัด กรุงเทพมหานคร

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การแยกและคัดเลือกเส้นใยสปอร์เดี่ยว

ผลการคัดแยกเส้นใยนิวเคลียสเดี่ยวจากสปอร์ของเห็ดเป่าฮือ 13 สายพันธุ์ ได้แก่ PC1 PC4 PC10 PC11 PC14 PC15 PC16 PC20 PC21 PC23 PC24 PC25 และ PC26 บนอาหาร water agar ได้เส้นใยนิวเคลียสเดี่ยวเพื่อนำใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ รวมทั้งสิ้น 285 เส้นใยนิวเคลียสเดี่ยว โดยให้รหัสในการทดลองดังแสดงใน Table 1 ทั้งนี้จำนวนเส้นใยนิวเคลียสเดี่ยวที่แยกได้จากสปอร์ของเห็ดเป่าฮือ แต่สายพันธุ์มีจำนวนไม่เท่ากัน เนื่องจากสปอร์ของเห็ดเป่าฮือแต่ละสายพันธุ์มีความสามารถในการงอกที่แตกต่างกัน

วิธีการผสมพันธุ์แบบ di-mon mating ระหว่างเส้นใยนิวเคลียสคู่ของเห็ดเป่าฮือ 3 (สายพันธุ์แม่) กับเส้นใยนิวเคลียสเดี่ยวของเห็ดเป่าฮือ 13 สายพันธุ์ (สายพันธุ์พ่อ) จำนวน 285 เส้นใยนิวเคลียส โดยการจับคู่ผสมทีละคู่บนจานอาหาร PDA รวม 285 คู่ผสม เมื่อเส้นใยทั้งสองเจริญมาพบกัน ใช้เวลา 7–10 วัน

(Figure 1A) ตรวจสอบการสร้างเส้นใยเชื่อมทางด้านของเส้นใยนิวเคลียสเดี่ยวภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (Figure 1B) พบว่า มี 14 คู่ผสมที่เข้าคู่กันได้หรือความเข้ากันได้ (compatible) ได้แก่ PC3×SPC11-4 PC3×SPC11-9 PC3×SPC14-21 PC3×SPC14-24 PC3×SPC15-2 PC3×SPC15-7 PC3×SPC15-14 PC3×SPC21-1 PC3×SPC21-4 PC3×SPC21-14 PC3×SPC23-6 PC3×SPC23-14 PC3×SPC23-17 และ PC3×SPC23-18 ซึ่งเส้นใยเชื่อมถูกสร้างขึ้นเพื่อเป็นโครงสร้างสำหรับการเคลื่อนย้ายผ่านของนิวเคลียส (nuclear migration) ไซโทพลาสซึม (cytoplasm) และไมโทคอนเดรีย (mitochondria) ไปยังเซลล์เส้นใยถัดไปได้ อีกทั้งยังแสดงถึงความเข้ากันได้ของคู่ผสมและยังเป็นการบ่งบอกถึงการเป็นเส้นใยนิวเคลียสคู่ที่สมบูรณ์ โดยการผสมพันธุ์แบบ di-mon mating นี้ นิวเคลียสไดนิวเคลียสหนึ่งของเส้นใยนิวเคลียสคู่จะเคลื่อนที่เข้าไปอยู่ในเส้นใยนิวเคลียสเดี่ยวอันเป็นวิธีการที่รวมลักษณะทางพันธุกรรม (Eger, 1978; Rizzo and May, 1994; Kues, 2000; Srivilai and Loutchanwot, 2009) ทั้งนี้ Srivilai et al. (2012) กล่าวว่า เส้นใยนิวเคลียสคู่ที่มีเส้นใยเชื่อมที่สมบูรณ์ (fused clamp cell) เชื่อว่าจะส่งผลต่อการสร้างและเพิ่มปริมาณของตุ่มดอก (primordia) และพัฒนาเป็นดอกเห็ดที่สมบูรณ์ได้ ทั้งนี้ ยังไม่พบรายงานการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน เส้นใยเชื่อมต่อปริมาณการสร้างดอกเห็ด

2. การผสมพันธุ์แบบ di-mon mating

ผลการปรับปรุงพันธุ์เห็ดเป่าฮือด้วยวิธีการผสมพันธุ์แบบ di-mon mating ระหว่างเส้นใยนิวเคลียสคู่ของเห็ดเป่าฮือ 3 (สายพันธุ์แม่) กับเส้นใยนิวเคลียสเดี่ยวของเห็ดเป่าฮือ 13 สายพันธุ์ (สายพันธุ์พ่อ) จำนวน 285 เส้นใยนิวเคลียส โดยการจับคู่ผสมทีละคู่บนจานอาหาร PDA รวม 285 คู่ผสม เมื่อเส้นใยทั้งสองเจริญมาพบกัน ใช้เวลา 7–10 วัน (Figure 1A)

Table 1 Monokaryotic mycelium of Abalone mushroom (father strains) 13 strains

Abalone mushroom strains	Number of the selected monokaryotic mycelia	Codes for experiment
PC1	20	SPC1-1, SPC1-2..... SPC1-20
PC4	20	SPC4-1, SPC4-2..... SPC4-20
PC10	20	SPC10-1, SPC10-2..... SPC10-20
PC11	20	SPC11-1, SPC11-2..... SPC11-20
PC14	30	SPC14-1, SPC14-2..... SPC14-30
PC15	30	SPC15-1, SPC15-2..... SPC15-30
PC16	20	SPC16-1, SPC16-2..... SPC16-20
PC20	20	SPC20-1, SPC20-2..... SPC20-20
PC21	20	SPC21-1, SPC21-2..... SPC21-20
PC23	25	SPC23-1, SPC23-2..... SPC23-25
PC24	20	SPC24-1, SPC24-2..... SPC24-20
PC25	20	SPC25-1, SPC25-2..... SPC25-20
PC26	20	SPC26-1, SPC26-2..... SPC26-20
Total	285	

Noted: PC is *Pleurotus cystidiosus*; SPC is single spore of *Pleurotus cystidiosus*

ตรวจสอบการสร้างเส้นใยเชื่อมทางด้านของเส้นใยนิวเคลียสเดี่ยวภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (Figure 1B) พบว่า มี 14 คู่ผสมที่เข้าคู่กันได้หรือความเข้ากันได้ (compatible) ได้แก่ PC3×SPC11-4 PC3×SPC11-9 PC3×SPC14- 21 PC3×SPC14- 24 PC3×SPC15- 2 PC3×SPC15-7 PC3×SPC15-14 PC3×SPC21-1 PC3×SPC21-4 PC3×SPC21-14 PC3×SPC23-6 PC3×SPC23-14 PC3×SPC23-17 และ PC3×SPC23-18

3. การให้ผลผลิตและคุณลักษณะของลูกผสม

ผลการนำเห็ดเป๋าฮื้อลูกผสมไปเพาะทดสอบเปรียบเทียบผลผลิตและลักษณะทางสัณฐานวิทยากับเห็ดเป๋าฮื้อ3 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ให้บริการของกรมวิชาการเกษตร พบว่า เห็ดเป๋าฮื้อทุกคู่ผสมสามารถเจริญในถุงอาหารเพาะเชื้อเลี้ยงได้ โดยเห็ดเป๋าฮื้อลูกผสม P3×SPC21-1 P3×SPC15-7 และ P3×SPC23-6 ใช้เวลาเฉลี่ยในการเจริญจนเต็มถุงอาหารเพาะเร็วที่สุดเฉลี่ย 55.4–57.2 วัน ซึ่งเร็วกว่าเห็ดเป๋าฮื้อ3

ที่ใช้เวลาเฉลี่ย 58.9 วัน โดยมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (Table 2) ทั้งนี้การที่เส้นใยเห็ดเจริญได้เร็วเป็นคุณลักษณะอย่างหนึ่งของเห็ดสายพันธุ์ดีเนื่องจากสามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี การที่เส้นใยเห็ดเจริญเร็วทำให้แข่งขันกับจุลินทรีย์ชนิดอื่นได้ ส่งผลให้ลดการปนเปื้อนในระยะเส้นใย (สัณชัย, 2521)

หลังจากเส้นใยเห็ดเจริญเต็มถุงอาหารเพาะแล้วนำไปเปิดดอกในโรงเรือนเปิดดอก อุณหภูมิเฉลี่ย 28.5–32.7 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 62.6–75.8% พบว่า เห็ดเป๋าฮื้อลูกผสมทั้ง 14 สายพันธุ์ออกดอก 100% ของลูกผสมที่ได้ (Figure 2) ผลที่ได้สอดคล้องกับเห็ดภูฏานที่ใช้วิธีการผสมพันธุ์แบบเดียวกันเกิดดอก 100% ของลูกผสมที่ได้ (รัชฎาภรณ์ และคณะ, 2560) ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาในการออกดอกครั้งแรก พบว่า เห็ดเป๋าฮื้อลูกผสม PC3×SPC21-1 และ PC3×SPC21-4 ใช้เวลาเฉลี่ยในการออกดอกเร็วที่สุด 14.9 และ 15.1 วัน ตามลำดับ ซึ่งใช้ระยะเวลา

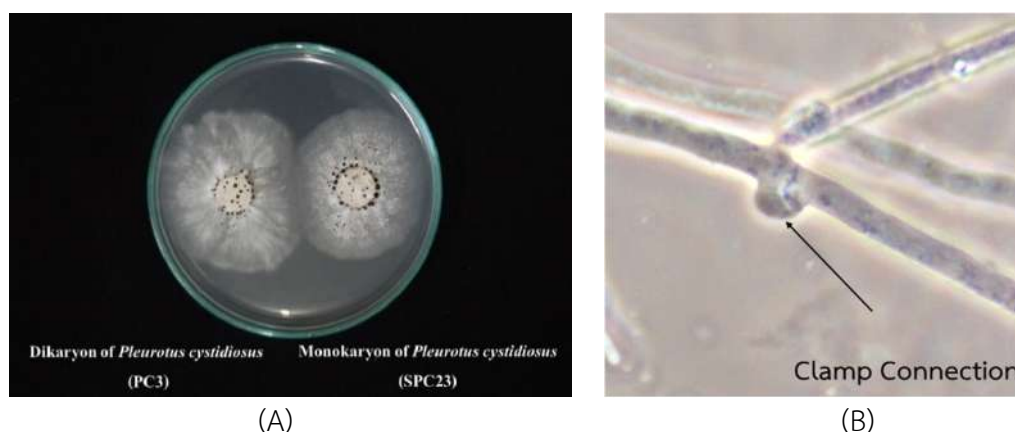


Figure 1 Dikaryon-monokaryon mating of *Pleurotus cystidiosus* (A) with combination between dikaryon mycelium (*Pleurotus cystidiosus*, PC3 mother strain) and monokaryon mycelium (*Pleurotus cystidiosus*, father strain); and clamp connection (B) indicating a compatible interaction and formation of secondary mycelium (Noted: PC is *Pleurotus cystidiosus*; SPC is single spore of *Pleurotus cystidiosus*)

Table 2 The mycelial colonization time, day of primordia formation, fresh weight yield, and biological efficiency (% BE) of 14 Abalone mushroom hybrid strains compared with PC3; cultivation period was from September to December 2023

Strain	Spawn run (days)	Fruit bodies primordia formation after bag opening (days)	Average fresh weight yield (g/bag)	%BE
PC3×SPC11-4	59.1 ^{1/} de	21.0 bcd	129.2 ab	31.9 ab
PC3×SPC11-9	77.8 g	- ^{2/}	-	-
PC3×SPC14-21	59.1 de	20.0 bcd	113.5 b-f	28.0 b-f
PC3×SPC14-24	58.5 cde	19.3 abc	125.3 a-d	30.9 a-d
PC3×SPC15-2	59.9 e	24.8 de	97.7 c-f	21.1 c-f
PC3×SPC15-7	56.6 ab	23.8 cde	102.4 b-f	25.2 b-f
PC3×SPC15-14	58.7 de	18.4 ab	99.1 b-f	24.5 b-f
PC3×SPC21-1	55.4 a	14.9 a	150.7 a	37.2 a
PC3×SPC21-4	59.2 de	15.1 a	149.9 a	37.0 a
PC3×SPC21-14	59.0 de	21.0 bcd	118.9 b-e	29.3 b-e
PC3×SPC23-6	57.2 bc	22.4 b-e	89.7 e-f	22.1 ef
PC3×SPC23-14	61.8 f	23.6 cde	95.2 def	23.5 def
PC3×SPC23-17	57.9 bcd	17.5 ab	118.9 b-e	29.4 b-e
PC3×SPC23-18	59.9 e	26.5 e	84.7 f	20.9 f
PC3 (control)	58.9 de ^{1/}	20.2 bcd	126.3 abc	31.2 abc
CV (%)	1.5	19.7	16.0	16.0

^{1/} Means in the same column, followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

^{2/} (-) PC3×SPC11-9's productivity was erratic and was excluded from statistical analysis

(Noted: PC is *Pleurotus cystidiosus*; SPC is single spore of *Pleurotus cystidiosus*)

ในการออกดอกครั้งแรกเร็วกว่าเห็ดเป่าฮือ3 ที่ใช้เวลาในการออกดอกครั้งแรก 20.2 วัน โดยมีความแตกต่างทางสถิติ (Table 2) ทั้งนี้การเห็ดออกดอกเร็วส่งผลดีต่อเกษตรกรเนื่องจากลดระยะเวลาในการดูแลและสามารถเก็บผลผลิตได้เร็วขึ้น (สัจชัย, 2521)

ผลการเปรียบเทียบการให้ผลผลิตหลังการเปิดดอกและประสิทธิภาพการผลิต พบว่า เห็ดเป่าฮือลูกผสม PC3×SPC21-1 และ PC3×SPC21-4 ให้ผลผลิตสูงสุดที่ 150.7 ก./ถุง (ประสิทธิภาพการผลิต 37.2%) และ 149.9 ก./ถุง (ประสิทธิภาพการผลิต 37.0%) ตามลำดับ ไม่แตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเห็ดเป่าฮือ3 ซึ่งให้ผลผลิต 126.3 ก./ถุง (ประสิทธิภาพการผลิต 31.2%) (Table 2) ผลที่ได้สอดคล้องกับ ศิริพร และวิเชียร (2544) ที่ปรับปรุงพันธุ์เห็ดหอมโดยวิธีการ di-mon mating พบว่าลูกผสม H18 (ได้จากการผสมระหว่าง mono L2×diL1) ให้ผลผลิตหลังการตัดแต่งซึ่งเป็นน้ำหนักทางการค้า 57.0 ก./ถุง สูงกว่าลูกผสมสายพันธุ์อื่นและเห็ดหอมสายพันธุ์ L2 (สายพันธุ์แม่) ที่ให้ผลผลิต 49.7 ก./ถุง แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ อาจกล่าวได้ว่าการที่ลูกผสม H18 มีผลผลิตมากขึ้นอาจเกิดจากการได้รับยีนใหม่ซึ่งเกิดจากการผสมข้ามตนเอง ในขณะที่ ภัทรารณ และวิเชียร (2540) ปรับปรุงพันธุ์เห็ดนางรมสีเทาโดยนำเส้นใยนิวเคลียสเดี่ยวของ Q1 ผสมกับเส้นใยนิวเคลียสคู่ Q1-Q6 และพันธุ์พ่อแม่อื่นอีกห้าสายพันธุ์คัดลูกผสมได้ 9 สายพันธุ์ที่มีลักษณะและคุณภาพดีนำมาเปรียบเทียบผลผลิตกับพันธุ์พ่อแม่ที่เป็นเห็ดนางรมสีเทาพันธุ์ CM5 กับเห็ดนางรมสีขาวหรือชนิดฟลอริดา CM1 ที่อุณหภูมิห้อง พบว่า เห็ดนางรมชนิดฟลอริดาให้ผลผลิตสูงกว่าลูกผสม แต่เมื่อเพาะในห้อยเย็นเห็ดลูกผสมให้ผลผลิตระดับเดียวกับเห็ดนางรมสีเทาพันธุ์ CM5

ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของดอกเห็ดเป่าฮือลูกผสมที่ได้ทั้ง 14 สายพันธุ์ พบว่าสามารถจัดกลุ่มดอกเห็ดลูกผสมเป็น 3 กลุ่ม โดย

พิจารณาจากลักษณะหมวกดอก สีของหมวกดอก ก้านดอกและลักษณะการเกิดดอก ดังนี้

1. ลักษณะหมวกดอกรูปร่างคล้ายพัด สีครีม น้ำตาล น้ำตาลอ่อน น้ำตาลเทา และเทา เนื้อหนา มีความแน่น กลางหมวกเว้าตื้น ขอบหมวกดอกเรียบถึงค่อนข้างเรียบ ครีbspีขาวนวล ยาวเรียงไปตามก้าน ก้านอวบ ก้านดอกสั้นจนถึงยาว ติดกับขอบหมวกดอกด้านใดด้านหนึ่ง ออกดอกเป็นช่อ ดอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.65–12.28 ซม. ก้านดอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.05–3.31 ซม. ก้านยาว 3.80–6.50 ซม. ลักษณะดังกล่าวพบจำนวน 10 สายพันธุ์ ได้แก่ PC3×SPC11-4 PC3×SPC11-9 PC3×SPC14-21 PC3×SPC14-24 PC3×SPC21-1 PC3×SPC21-4 PC3×SPC21-14 PC3×SPC23-6 PC3×SPC23-14 และ PC3×SPC23-17 (Figure 3) ลักษณะหมวกดอกดังกล่าวเป็นไปตามความต้องการของตลาดที่นิยมบริโภคเห็ดเป่าฮือสีครีมหรือสีเทามากกว่าสีดำ (อนุสรณ์และคณะ, 2564) โดยเห็ดเป่าฮือสีครีมได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมากที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าเห็ดเป่าฮือลูกผสมในกลุ่มนี้มีขนาดดอกตรงตามเกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตร เรื่อง เห็ดสกุลนางรม (มกษ. 1514–2555) โดยมีขนาดดอกเห็ดอยู่ในรหัสขนาด 1 มีเส้นผ่านศูนย์กลาง มากกว่า 7 ซม. รหัสและขนาด 2 มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.60–7.00 ซม. (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2555)

2. ลักษณะหมวกดอกรูปทรงกรวย สีเทาอ่อน เนื้อหนา แต่ไม่แน่น มีความนุ่ม ขอบหมวกดอกเรียบถึงไม่เรียบ ครีbspี ยาวเรียงไปตามก้าน ก้านสั้น อวบ ติดตรงกลางหมวกดอก ออกดอกเป็นช่อ ดอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.67–7.08 ซม. ก้านดอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.77–2.41 ซม. ก้านยาว 2.45–3.47 ซม. ลักษณะดังกล่าวพบจำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ PC3×SPC15-2 PC3×SPC15-7 และ PC3×SPC15-14 (Figure 4) รูปทรงดอกเห็ดลักษณะดังกล่าวยังไม่เคยพบในรายงานวิจัยและในท้องตลาด

ทั้งนี้เห็ดเป่าฮื้อลูกผสมทั้ง 3 สายพันธุ์นี้เกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่างเส้นใยนิวเคลียสคู่ของเห็ดเป่าฮื้อ3 (PC3) ซึ่งเป็นสายพันธุ์แม่กับเส้นใยนิวเคลียสเดี่ยว SPC 15 (สายพันธุ์พ่อ) โดยลักษณะดอกเห็ดที่ปรากฏดังกล่าวอาจได้รับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมมาจากสายพันธุ์พ่อเนื่องจากเห็ดลูกผสมที่เกิดจากสายพันธุ์พ่ออื่น ๆ ไม่พบลักษณะดังกล่าว

3. ลักษณะดอกเห็ดค่อนข้างแบน ทรงยาวรี มีลักษณะคล้ายหอยเป่าฮื้อ บางครั้งมีลักษณะรูปกรวย ดอกเห็ดมีสีน้ำตาล น้ำตาลเทา จนถึงสีเทา กลางหมวกเว้าตื้น เนื้อหนา แต่ไม่แน่น ขอบเรียบถึงไม่เรียบก้านสั้น อวบ ติดกับขอบหมวกดอกด้านใดด้านหนึ่ง ดอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.15–6.44 ซม. ก้านดอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.56–2.85 ซม. ก้านยาว 1.21–2.07 ซม. ลักษณะดังกล่าวพบจำนวน 1 สายพันธุ์ ได้แก่ PC3×SPC23-18 (Figure 5)

4. คุณภาพของดอกเห็ดเป่าฮื้อลูกผสม

ผลการวิเคราะห์ความแน่นเนื้อของดอกเห็ดเป่าฮื้อลูกผสมทั้ง 14 สายพันธุ์ เปรียบเทียบกับเห็ดเป่าฮื้อ3 พบว่าเห็ดเป่าฮื้อลูกผสม 8 สายพันธุ์ ได้แก่ PC3×SPC23-6 PC3×SPC23-14 PC3×SPC14-21 PC3×SPC11-4 PC3×SPC14-24 PC3×SPC21-14 PC3×SPC21-1 และ PC3×SPC23-1 มีความแน่นเนื้อเฉลี่ย 5.65–8.84 นิวตัน ซึ่งมีความแน่นเนื้อมากกว่าเห็ดเป่าฮื้อ3 ที่มีความแน่นเนื้อของดอกเห็ด 5.63 นิวตัน โดยสายพันธุ์เห็ดเป่าฮื้อลูกผสม 3 ลำดับแรกที่มีความแน่นเนื้อของดอกมากที่สุด คือ PC3×SPC23-6 มีค่าความแน่นเนื้อมากที่สุด 8.84 นิวตัน รองลงมา คือ PC3×SPC23-14 และ PC3×SPC14-21 มีค่าความแน่นเนื้อ 6.68 และ 6.29 นิวตัน ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบความแน่นเนื้อของก้านเห็ดเป่าฮื้อลูกผสมกับเห็ดเป่าฮื้อ3 พบว่าเห็ดเป่าฮื้อลูกผสม 6 สายพันธุ์ ได้แก่ PC3×SPC23-6 PC3×SPC21-14

PC3×SPC23-17 PC3×SPC23-14 PC3×SPC14-24 และ PC3×SPC14-21 มีความแน่นเนื้อเฉลี่ย 13.79–16.45 นิวตัน ซึ่งมีความแน่นเนื้อมากกว่าเห็ดเป่าฮื้อ3 (ความแน่นเนื้อของก้านดอก 13.58 นิวตัน) โดยสายพันธุ์เห็ดเป่าฮื้อลูกผสม 3 ลำดับแรกที่มีความแน่นเนื้อของก้านมากที่สุด คือ PC3×SPC23-6 มีค่าความแน่นเนื้อมากที่สุด 16.45 นิวตัน รองลงมา คือ PC3×SPC11-9 และ PC3×SPC23-17 มีค่าความแน่นเนื้อ 15.58 และ 15.47 นิวตัน ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์ความแน่นเนื้อของดอกและก้านเห็ดเป่าฮื้อลูกผสมดังกล่าว พบว่ามีความแน่นเนื้อสูงกว่าเห็ดเป่าฮื้อ ทั้ง 17 สายพันธุ์ที่ อนุสรณ์ และคณะ (2561) คัดเลือกสายพันธุ์ (ความแน่นเนื้อ 4.22-8.83 นิวตัน) ทั้งนี้การที่ดอกเห็ดมีความแน่นเนื้อสูงจะทำให้มีอายุการเก็บรักษาดอกเห็ดได้นานขึ้น

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของเห็ดสดเปรียบเทียบกับเห็ดเป่าฮื้อ3 พบว่าเห็ดเป่าฮื้อลูกผสม จำนวน 8 สายพันธุ์ มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าเห็ดเป่าฮื้อ3 ที่มีปริมาณโปรตีน 2.04 ก./100 ก. โดยเห็ดลูกผสมดังกล่าวมีปริมาณโปรตีน 2.08–2.81 ก./100 ก. (Table 3) เห็ดเป่าฮื้อลูกผสมดังกล่าวมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าเห็ดเป่าฮื้อทั่วไปที่มีปริมาณโปรตีน 1.60 ก./100 ก. (สดศรี และคณะ, 2556) จึงมีประโยชน์ต่อผู้บริโภคสูง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไขมัน พบว่าเห็ดเป่าฮื้อลูกผสม จำนวน 8 สายพันธุ์ มีปริมาณไขมัน 0.09–0.18 ก./100 กรัม ซึ่งต่ำกว่าเห็ดเป่าฮื้อ3 ซึ่งมีปริมาณไขมัน 0.19 ก./100 ก. (Table 3) ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต พบว่าเห็ดลูกผสม จำนวน 7 สายพันธุ์ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 7.56–10.88 ก./100 ก. ซึ่งสูงกว่าเห็ดเป่าฮื้อ3 ซึ่งมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 7.15 ก./100 ก. (Table 3)



Figure 2 Morphological characteristics of 14 Abalone mushroom hybrid strains compared with PC3; cultivation period from September to December 2023

(Note: PC is *Pleurotus cystidiosus*; SPC is single spore of *Pleurotus cystidiosus*)

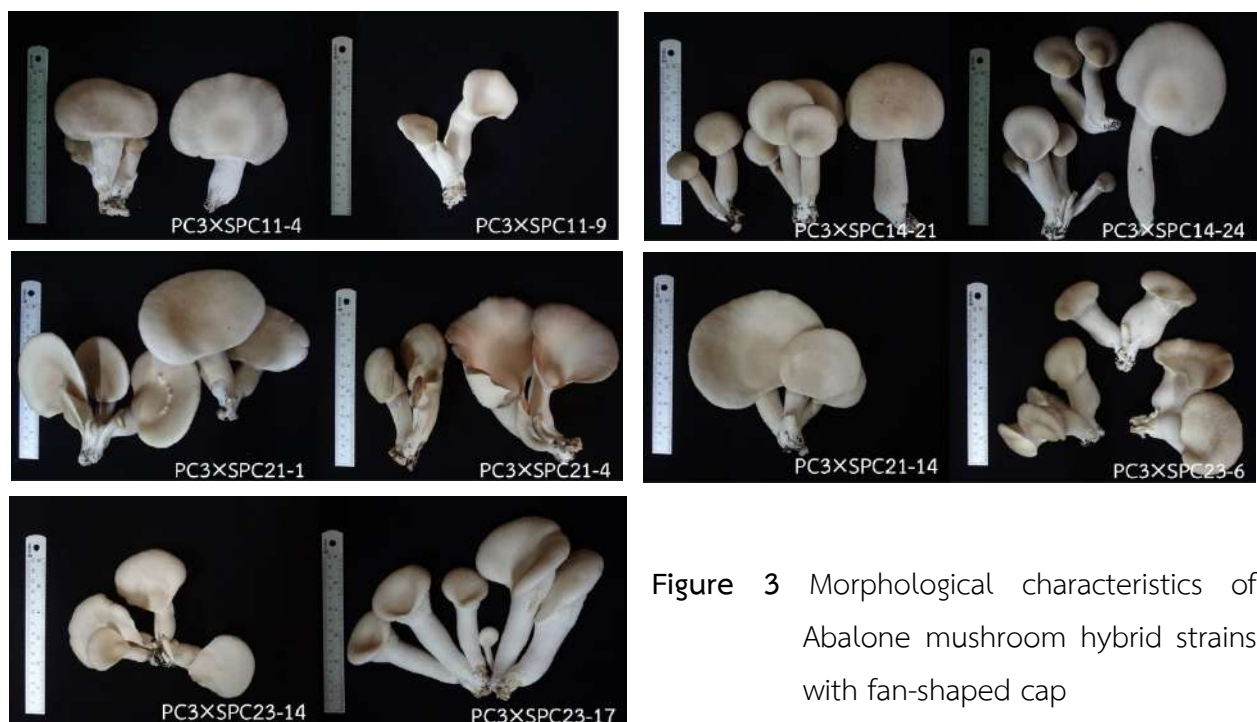


Figure 3 Morphological characteristics of Abalone mushroom hybrid strains with fan-shaped cap



Figure 4 Morphological characteristics of Abalone mushroom hybrid strains with funnel-shaped cap (Note: PC is *Pleurotus cystidiosus*; SPC is single spore of *Pleurotus cystidiosus*)



Figure 5 Morphological characteristics of Abalone mushroom hybrid strains with bivalve shell-shaped and funnel-shaped caps (Note: PC is *Pleurotus cystidiosus*; SPC is single spore of *Pleurotus cystidiosus*)

Table 3 Proximate content of abalone mushroom hybrid strains and Abalone mushroom compared with PC3

Strain	Ash (g/100g)	Calories (Kcal/100g)	Calories from fat (Kcal/100g)	Carbohydrate (g/100g)	Fat (g/100g)	Moisture (g/100g)	Protein (g/100g)
PC3×SPC11-4	1.21	39.81	1.89	7.56	0.21	89.10	1.92
PC3×SPC11-9	1.00	55.57	0.81	10.88	0.09	85.22	2.81
PC3×SPC14-21	0.95	41.85	1.53	8.19	0.17	88.80	1.89
PC3×SPC14-24	1.04	38.60	1.80	7.02	0.20	89.56	2.18
PC3×SPC15-2	0.66	36.75	1.71	6.68	0.19	90.39	2.08
PC3×SPC15-7	0.73	36.91	1.71	6.69	0.19	90.28	2.11
PC3×SPC15-14	0.73	34.66	1.62	6.80	0.18	90.83	1.46
PC3×SPC21-1	0.79	34.72	1.80	6.48	0.20	90.78	1.75
PC3×SPC21-4	0.93	35.18	1.62	6.66	0.18	90.50	1.73
PC3×SPC21-14	1.51	36.72	1.44	6.97	0.16	89.51	1.85
PC3×SPC23-6	0.96	44.30	1.62	8.28	0.18	88.19	2.39
PC3×SPC23-14	0.87	44.33	1.89	7.92	0.21	88.31	2.69
PC3×SPC23-17	0.78	43.25	1.17	8.02	0.13	88.57	2.50
PC3×SPC23-18	0.78	39.90	1.26	7.55	0.14	89.42	2.11
PC3 (Control)	0.87	38.47	1.71	7.15	0.19	89.75	2.04

Source: Central Laboratory (Thailand) Company Limited

(Noted: PC is *Pleurotus cystidiosus*; SPC is single spore of *Pleurotus cystidiosus*)

Protein = %N x 6.25

จากผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา และผลผลิตของเห็ดเป๋าฮื้อลูกผสมทั้ง 14 สายพันธุ์ เปรียบเทียบกับเห็ดเป๋าฮื้อ3 ทำการคัดเลือกเห็ดเป๋าฮื้อลูกผสมที่เกิดจากสายพันธุ์พ่อกลุ่มละ 1 สายพันธุ์ ที่มีลักษณะดีเพื่อไปเพาะทดสอบในฟาร์มเกษตรกรต่อไป โดยใช้เกณฑ์ 1) ความสามารถในการให้ผลผลิต 2) การออกดอกเร็วและออกดอกพร้อมกัน 3) ระยะเวลาการบ่มเส้นใยในถุงอาหารเพาะ และ 4) ดอกมีขนาดและสีตรงตามความต้องการของตลาด (สัญญาชัย, 2521) พบว่า เห็ดเป๋าฮื้อลูกผสม PC3×PC21-1 มีคุณลักษณะเป็นเห็ดสายพันธุ์ดีมากที่สุด เนื่องจากตรงตามเกณฑ์พิจารณาครบทุกเกณฑ์ รองลงมา คือ เห็ดเป๋าฮื้อลูกผสม PC3×SPC14-24 และ PC3×SPC23-17 ให้ผลผลิตและระยะเวลาในการออกดอกครั้งแรกไม่แตกต่างจากเห็ดเป๋าฮื้อ3 แต่เส้นใยเจริญในถุงอาหารเพาะเร็วกว่าเห็ดเป๋าฮื้อ3 ดอกเห็ดมีสีครีม ก้านดอกอวบและมีความแน่นเนื้อมากกว่าเห็ดเป๋าฮื้อ3 ซึ่งเป็นลักษณะที่ตรงตามความต้องการของตลาดในกลุ่มที่นิยมบริโภคเห็ดเป๋าฮื้อสายพันธุ์ก้าน ในขณะที่เห็ดลูกผสม PC3×SPC11-4 ความสามารถในการให้ผลผลิต ระยะเวลาในการออกดอกครั้งแรก การเจริญของเส้นใยในถุงอาหารเพาะ ไม่มีความแตกต่างจากเห็ดเป๋าฮื้อ3 แต่ดอกเห็ดมีลักษณะเด่น คือ ออกดอกเป็นกลุ่มหลายดอก ดอกเล็กและก้านสั้นซึ่งตรงตามความต้องการของตลาดในกลุ่มที่นิยมบริโภคเห็ดเป๋าฮื้อสายพันธุ์ดอก ดังนั้นจึงได้คัดเลือกเห็ดเป๋าฮื้อลูกผสมทั้ง 4 สายพันธุ์ ได้แก่ PC3×SPC21-1 PC3×SPC14-24 PC3×SPC23-17 และ PC3×SPC11-4 ซึ่งมีแนวโน้มเป็นเห็ดสายพันธุ์ดีไปเพาะทดสอบคุณภาพและผลผลิตในฟาร์มเกษตรกรในพื้นที่อื่น ๆ เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการขยายผลเชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคตต่อไป อย่างไรก็ตาม การทดลองนี้ได้ทดสอบเพียงรอบการผลิตเดียวในช่วงเวลาเดียว ดังนั้นจึงควรทดสอบการให้ผลผลิตเพิ่มเติมในแต่ละช่วงเวลาและพื้นที่อื่นเพิ่มเติมเพื่อดูความแปรปรวน

และการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม ซึ่งเมื่อการทดสอบเสร็จสิ้นจะทำให้ได้เห็ดเป๋าฮื้อสายพันธุ์ใหม่ที่ให้ผลผลิตสูงและมีคุณลักษณะดีและเหมาะสมเพื่อใช้ผลิตเป็นการค้าเพื่อแนะนำเกษตรกรในอนาคต ซึ่งจะทำให้เห็ดเป๋าฮื้อของประเทศไทยมีคุณภาพดีและให้ผลผลิตสูง

สรุปผลการทดลอง

การปรับปรุงพันธุ์เห็ดเป๋าฮื้อด้วยวิธีการผสมพันธุ์แบบ di-mon mating เพื่อให้ได้ลูกผสมสายพันธุ์ใหม่ที่ให้ผลผลิตสูงและมีคุณลักษณะดี ได้ลูกผสม 14 คู่ผสม พบว่า เห็ดเป๋าฮื้อลูกผสม P3×SPC21-1 P3×SPC15-7 และ P3×SPC23-6 ใช้เวลาในการเจริญจนเต็มถุงอาหารเพาะเร็วที่สุดเฉลี่ย 55.4–57.2 วัน ซึ่งเร็วกว่าเห็ดเป๋าฮื้อ3 เห็ดเป๋าฮื้อลูกผสม PC3×SPC21-1 และ PC3×SPC21-4 ใช้เวลาเฉลี่ยในการออกดอกเร็วที่สุด 14.9 และ 15.1 วัน ตามลำดับ ซึ่งเร็วกว่าเห็ดเป๋าฮื้อ3 การให้ผลผลิตหลังการเปิดดอกเป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่า เห็ดเป๋าฮื้อลูกผสม PC3×SPC21-1 และ PC3×SPC21-4 ให้ผลผลิตสูงที่สุด 150.7 และ 149.9 ก./ถุง ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกับเห็ดเป๋าฮื้อ3 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของดอกเห็ดเป๋าฮื้อลูกผสมที่ได้ทั้ง 14 สายพันธุ์ จัดตามลักษณะดอกเห็ดได้ 3 กลุ่ม 1) ลักษณะหมวกดอกรูปร่างคล้ายพัด 2) ลักษณะหมวกดอกรูปทรงกรวย 3) ลักษณะดอกค่อนข้างแบน ทรงยาวรี ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของเห็ดสด พบว่า เห็ดเป๋าฮื้อลูกผสมจำนวน 8 สายพันธุ์ มีปริมาณโปรตีน 2.08–2.81 ก./100 ก. สูงกว่าเห็ดเป๋าฮื้อ3 และจากผลการทดลองได้ทำการคัดเลือกเห็ดเป๋าฮื้อลูกผสมมีคุณลักษณะดีโดยใช้เกณฑ์ 1) ความสามารถในการให้ผลผลิต 2) การออกดอกเร็วและออกดอกพร้อมกัน 3) ระยะเวลาการบ่มเส้นใยในถุงอาหารเพาะ และ 4) ดอกมีขนาดและสีตรงตามความต้องการของตลาด คัดเลือกได้ 4

สายพันธุ์ ได้แก่ PC3×SPC21-1 PC3×SPC14-24 PC3×SPC23-17 และ PC3×SPC11-4 เพื่อนำไปเพาะทดสอบผลผลิตและคุณลักษณะในฟาร์มเกษตรกรในพื้นที่ และคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการขยายผลเชิงพาณิชย์เพื่อนำเกษตรกรต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (ววน.) สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (สกสว.) เพื่อสนับสนุนงานมูลฐาน (fundamental fund: FF) ผ่านการจัดสรรงบประมาณจากกรมวิชาการเกษตร ขอขอบคุณคุณอนุสรณ์ วัฒนกุล ที่ให้ความอนุเคราะห์เชื้อเห็ดเห็ดเป่าอี้อรหัสการทดลอง PC 15 และขอขอบคุณสำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร ที่อำนวยความสะดวกด้านวัสดุอุปกรณ์ บุคลากร และสถานที่ทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ธนภักษ์ อินยอด สุพัตรา เปี่ยมวารี สรวีศ แจ่มจรรณู วันทนา สะสมทรัพย์ สาวิตรี วีระเสถียร และสุริวิภา สังขาร. 2554. สาร β -glucan ในเห็ดเป่าอี้อชนิดก้านสั้นและก้านยาว เห็ดนางฟ้าภูฐาน และเห็ดหูหนู. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 42(พิเศษ 2): 650-652.

นันทวดี คำสงฆ์. 2549. การสร้างและตรวจลูกผสมระหว่างเห็ดหอม เห็ดขอนขาว และเห็ดบดโดยวิธี Mon-mon Mating และ Di-mon Mating. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 139 หน้า.

พิมพ์กานต์ อารัมพงษ์พันธ์. 2544. การเพาะเห็ดสกุลนางรม เห็ดหูหนู เห็ดตีนแรด และเห็ดยานางิ. กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 13-18. ใน: การเพาะเห็ดเศรษฐกิจ. ศุภนิติย์ หิรัญประดิษฐ์ และอภิญา สุราษฎร์. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด. กรุงเทพฯ.

ภัทรภรณ์ อีระทะ และวิเชียร ภู่ว่าง. 2540. การปรับปรุงพันธุ์เห็ดนางรมสีเทาโดยการผสมพันธุ์. วารสารเกษตร. 13(1): 9-18

รัชฎาภรณ์ ทองเหม สุวลักษณ์ ชัยชูโชติ ธาณีณี สุโกมล อุบลัมภ์ อุ๋นใจ ฉันทชนก นาใต้ ศรีรัตน์ บุพโต และพัทยา เทพเดช. 2560. การปรับปรุงพันธุ์เห็ดภูฐานลูกผสมสายพันธุ์ใหม่โดยวิธี Di-mon mating. วารสารวิชาการเกษตร. 35(3): 257-269.

รัชฎาภรณ์ ทองเหม จิตรา กิตติโมรากุล วิภาวี ชื่นโรจน์ และภรณ์ สว่างศรี. 2565. โครงการวิจัยการปรับปรุงพันธุ์เห็ดเป่าอี้อและเห็ดยานางิเพื่อขยายผลเชิงพาณิชย์. ใน: รายงานผลสัมฤทธิ์สำหรับทุนสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund) ปี 2565. กรมวิชาการเกษตร.

ศิริพร เดชะอุป และวิเชียร ภู่ว่าง. 2544. การปรับปรุงพันธุ์เห็ดหอมโดยการผสมพันธุ์ระหว่างเส้นใยนิวเคลียสคู่กับเส้นใยนิวเคลียสเดี่ยว. วารสารเกษตร. 17(1): 50-58.

สดศรี เนียมเปรม สุภาวดี ชนะพาล กุศล เอี่ยมทรัพย์ มนทิณี กมลธรรม จุติณัฐ์ ธนกิจวนิชกุล และชนะ พรหมทอง. 2556. การพัฒนากรรมวิธีการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบเห็ดภายหลังการเก็บเกี่ยว. ใน: รายงานฉบับที่ 1 (ฉบับสมบูรณ์). สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ปทุมธานี.

สัณชัย ตันตยาภรณ์. 2521. แนวทางการปรับปรุงพันธุ์เห็ด. สมาคมนักวิจัยและเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย. หน้า 31-39. ใน: ที่ระลึกในพิธีเปิดป้ายสมาคมนักวิจัยและเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย. สมาคมนักวิจัยและเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2555. มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 1514-2555 เห็ดสกุลนางรม. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 15 หน้า.

อนุสรณ์ วัฒนกุล กรกช จันทร และวราพร ไชยมา. 2561. การคัดเลือกและประเมินสายพันธุ์เห็ดเป่าอี้อเพื่อการใช้ประโยชน์. ใน: รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด โครงการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเห็ด. กรมวิชาการเกษตร.

- อนุสรณ์ วัฒนกุล กรกช จันทร รัชฎาภรณ์ ทองเหม สุวลักษณ์ ชัยชูโชติ. 2564. ศึกษาประสิทธิภาพการให้ผลผลิต และคุณภาพของเห็ดเป๋าฮื้อสายพันธุ์ดีในฟาร์ม เกษตรกร. ใน: รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลอง ที่สิ้นสุด ปีงบประมาณ 2563. แผนงานวิจัย: การวิจัย และพัฒนาการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากความ หลากหลายทางชีวภาพของพืชและจุลินทรีย์เพื่อเพิ่ม มูลค่าและพัฒนานวัตกรรม. โครงการวิจัย: การเพิ่ม ประสิทธิภาพการผลิตเห็ดเศรษฐกิจ. แหล่งข้อมูล: <https://www.doa.go.th/plan/wp-content/uploads/2023/08/2817.pdf>. สืบค้น: 23 มกราคม 2568.
- Carrillo, R.R., C.M. Carona and H. Leal. 2011. Strain improvement of edible fungi with *Pleurotus eryngii* Neohaplonts. pp 62–70. In: Proceedings of the 7th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (ICMBMP7), Section: Genomics, Genetics and Breeding. France.
- Ching, L.C., N. Abdullah and A.S. Shuib. 2011. Characterization of antihypertensive peptides from *Pleurotus cystidiosus* O.K. Miller (Abalone Mushroom). pp. 314-323. In: Proceedings of the 7th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products.
- Eger, G. 1978. Biology and breeding of *Pleurotus ostreatus* pp. 497–517. In: The Biology and Cultivation of Edible Mushroom. Academic Press, New York.
- Rizzo, D.M. and G. May. 1994. Nuclear replacement during mating in *Armillaria ostoyae* (Basidiomycotina). Microbiology. 140(8): 2115-2124.
- Kues, U. 2000. Life history and developmental processes in the basiomycete *Coprinus cinereus*. Microbiology and Molecular Biology Reviews. 64(2): 316-353.
- Srivilai, P. and P., Loutchanwoot. 2009. *Coprinopsis cinerea* as a model fungus to evaluate genes underlying sexual development in basidiomycetes. Pakistan Journal of Biological Sciences. 12(11): 821–835.
- Srivilai, P., A. Prommetta and P. Loutchanwoot. 2012. Nuclear migration behavior of *Coprinopsis cinerea*, during the mono-karyotic mating and the relationship between the clamp cell number and fruiting body formation. Genomics and Genetics. 5(1): 34-49.
- Suhaili, M., M.A.R. Nor-Khaizura, Z.A. Nur Hanani, N.I.P. Samsudin and N.N. Jambari. 2021. Assessment of microbiological safety and physicochemical changes of Grey Oyster mushroom (*Pleurotus sajor-caju*) during storage at 4 °C and 25 °C. Sains Malaysiana. 50(10): 2993-3002.