

ผลของสายพันธุ์เชื้อราโมแนสคัส และชนิดของข้าว ต่อปริมาณซิทรินินในข้าวแดง  
Effect of *Monascus purpureus* and Type of Rice on Citrinin Production in Red Rice

เรณู ปิ่นทอง<sup>1</sup> และ จุลยุทธ บุญสร้างสม<sup>1</sup>  
Renu Pinthong<sup>1</sup> and Jullayut Boonsangsom<sup>1</sup>

Abstract

The production of citrinin and red pigment in red rice was studied in relation of *Monascus* strains and types of rice. Variation of *Monascus* species and types of rice had an effect on red rice properties significantly ( $P \leq 0.05$ ). The highest amount of red pigment with 632 unit/g was obtained by *M. purpureus* ATCC 16365 in Hom Mali rice. The fermentation of Cargo rice (brown rice) with *M. purpureus* FTCMU gave the highest citrinin production being 4,400 ppm. *M. purpureus* BCC 6131 in Hom Mali rice produced 105 ppm citrinin as the lowest concentration. Pijit rice imparted an average level of 100 unit/g red pigment by every tested strains of *Monascus* sp.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงผลกระทบของสายพันธุ์เชื้อรา *M. purpureus* และชนิดของข้าวต่อค่าสีแดง และปริมาณซิทรินิน พบว่าสายพันธุ์เชื้อรา *M. purpureus* และ ชนิดของข้าว มีผลต่อค่าสีแดง และปริมาณซิทรินิน ในข้าวแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) โดยลำดับการสร้างสีแดงของสายพันธุ์เชื้อราจากสูงไปต่ำคือ *M. purpureus* ATCC 16365, *M. purpureus* DMKU, *M. purpureus* FTCMU และ *M. purpureus* BCC 6131 ตามลำดับ ในขณะที่ลำดับการสร้างซิทรินินของสายพันธุ์เชื้อราจากสูงไปต่ำคือ *M. purpureus* FTCMU, *M. purpureus* ATCC 16365, *M. purpureus* DMKU และ *M. purpureus* BCC 6131 ตามลำดับ ซึ่งข้าวแดงที่หมักโดยเชื้อรา *M. purpureus* ATCC 16365 ในข้าวหอมมะลิ ให้ค่าสีแดงสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 632 ยูนิต/กรัม ขณะที่ข้าวแดงที่หมักโดยเชื้อรา *M. purpureus* FTCMU ในข้าวหอมมะลิ และ *M. purpureus* BCC 6131 ในข้าวหอมมะลิ จะให้ปริมาณซิทรินินสูงสุด และต่ำสุดเท่ากับ 4400 ppm และ 105 ppm ตามลำดับ โดยข้าวเจ้าพิจิตรเป็นชนิดข้าวที่เหมาะสมต่อการผลิตสีแดงเนื่องจากให้สีแดงของข้าวที่สูงกว่า 100 ยูนิต/กรัม จากการหมักในเชื้อราทั้ง 4 สายพันธุ์

คำนำ

แม้ประเทศไทยจะส่งออกข้าวปริมาณมากเป็นอันดับ 1 ของโลก แต่ในการส่งออกผลิตภัณฑ์ข้าวนั้นกลับมีเพียงเล็กน้อย (งามชื่น, 2543) ดังสถิติการส่งออก ในปี พ.ศ. 2541 ไทยส่งออกข้าวรวม 6,540,235 ตัน แต่ส่งออกผลิตภัณฑ์ข้าวเพียง 117,117 ตัน คิดเป็น 1.8 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณส่งออกข้าวเป็นหลักและนำรายได้เข้าประเทศ 2,630 ล้านบาท หรือคิดเป็น 3.0 เปอร์เซ็นต์ ของมูลค่าข้าวส่งออก (ส่งออกข้าวรวมมีมูลค่า 86,805 ล้านบาท)

ผลิตภัณฑ์ข้าวส่งออกได้แก่ แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวอื่น ๆ และผลิตภัณฑ์เส้น เช่น เส้นหมี่และก๋วยเตี๋ยว แม้ว่าปริมาณการส่งออกผลิตภัณฑ์ที่มีเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการส่งออกข้าว แต่เมื่อคำนวณเป็นราคาต่อตัน พบว่าผลิตภัณฑ์ข้าวมีราคาสูงกว่าข้าวอย่างเด่นชัด โดยมีราคา 22,460 บาท/ตัน ในขณะที่ข้าวที่ไม่ผ่านการแปรรูปมีราคา 13,270 บาท/ตัน แม้ในกลุ่มข้าวคุณภาพดีก็ยังคงมีราคาต่ำกว่าราคาผลิตภัณฑ์ ดังนั้นหากสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวให้กว้างขวางยิ่งขึ้น ย่อมเป็นการเพิ่มมูลค่าของข้าวให้สูงขึ้น

ข้าวแดง เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักข้าว ด้วยเชื้อราโมแนสคัส (*Monascus* sp.) มีบทบาทสำคัญอย่างมากต่ออุตสาหกรรมอาหาร โดยใช้เป็นสีย้อมให้สี (colorant) ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น สาเก ไวน์แดง เต้าหู้ยี้ มิโซะ และ ผลิตภัณฑ์เนื้อ (เรณู และคณะ, 2543) แต่พบว่าการผลิตข้าวแดงมีปัญหาสำคัญคือ มีการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราโมแนสคัส คือซิทรินิน ซึ่งเป็นสารที่มีพิษทำลายระบบไต (Blanc et al., 1995) จึงต้องมีการค้นคว้าวิจัยเพื่อศึกษาถึงปริมาณซิทรินิน ที่พบในข้าวแดงที่ทำการหมักข้าวจากเชื้อรา *Monascus* sp. ที่มีในประเทศไทย และศึกษาถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่สามารถลดปริมาณซิทรินิน โดยงานทดลองนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณซิทรินิน และค่าสีแดงของข้าวแดงที่ได้จากการหมักโดยเชื้อรา *Monascus*

<sup>1</sup> ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50100

<sup>1</sup> Department of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Chiangmai University, Chiangmai 50100

*purpureus* 4 สายพันธุ์ ในข้าว 3 ชนิด เพื่อศึกษาความเป็นได้ในการลดปริมาณซิติรีนินในข้าวแดง เพื่อนำไปสู่การพัฒนาให้มีการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวแดงเพื่อการส่งออกสำหรับประเทศไทยต่อไป

### อุปกรณ์และวิธีการ

#### การเตรียมเชื้อรา และการหมักเชื้อรา

เชื้อรา *Monascus purpureus* ATCC 16365, *M. purpureus* BCC 6131 และ *M. purpureus* DMKU นำมาจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ส่วนเชื้อรา *M. purpureus* FTCMU ได้จากภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยทำการเลี้ยงเชื้อราบนอาหารแข็ง Potato Dextrose Agar (PDA) ที่ 28 °ซ. เวลา 10 วัน ใช้เป็นหัวเชื้อลงในข้าว

การทดลองนี้ใช้ข้าว 3 ชนิด คือ ข้าวเจ้าพิจิตร ข้าวหอมมะลิ และข้าวซ้อมมือ ที่ซื้อจากร้านค้าในจังหวัดเชียงใหม่ โดยนำข้าวสาร 50 กรัม ใส่ในถุงโพลีเอทิลีน เติมน้ำกลั่น 50 มล. ปิดปากถุงด้วยคอตตอน ดึงทิ้งไว้ 4 ชั่วโมง นำถุงข้าวไปอบฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °ซ. เป็นเวลา 15 นาที จะได้ถุงข้าวสุกสำหรับเตรียมหมักข้าวแดง (เรณู และคณะ, 2543) ตักขึ้นอุ่นจำนวน 2 ชั้น ขนาด 11.5 มม. ใส่ลงในถุงที่เตรียมไว้ จากนั้นทำการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 14 วัน

#### การทดลองศึกษาข้าวแดงที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อราโมแนสคัส 4 สายพันธุ์ ในข้าว 3 ชนิด

นำข้าว 3 ชนิด คือ ข้าวเจ้าพิจิตร ข้าวหอมมะลิ และข้าวซ้อมมือ มาวิเคราะห์หาปริมาณอมิไลส จากนั้นทำการหมักเชื้อราโมแนสคัส 4 สายพันธุ์ คือ *M. purpureus* ATCC 16365, BCC 6131, FTCMU และ DMKU ในข้าว 3 ชนิด คือ ข้าวเจ้าพิจิตร ข้าวหอมมะลิ และข้าวซ้อมมือ และทำการตรวจวัดค่าพีเอช ค่าสีแดง และปริมาณซิติรีนิน ของข้าวแดง

การวิเคราะห์ปริมาณอมิไลสทำการวิเคราะห์โดย นำข้าวไปบดให้เป็นแป้ง กรองผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช (mesh) ชั่งแป้งข้าว 0.1 กรัมใส่ในขวดแก้ว (volumetric flask) ขนาด 100 มล. เติมน้ำกลั่น 95% 1 มล. เขย่าเบาๆ เติมน้ำโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2 นอร์มัล 9 มล. บั่นบน magnetic stirrer นาน 10 นาที แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มล. เพื่อเป็นสารละลายน้ำแป้ง จากนั้นเตรียมขวดแก้วขนาด 100 มล. เติมน้ำกลั่นประมาณ 70 มล. เติมน้ำกรดเกลือละลายอะซิติก 1 นอร์มัล 2 มล. และเติมน้ำสารละลายไอโอดีน 2 มล. ทำการดูดสารละลายน้ำแป้ง 5 มล. ใส่ในขวด จากนั้นปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล. ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงไปคำนวณหาค่าปริมาณอมิไลสโดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน (สุนันทา, 2540)

ค่าพีเอช หาได้จากนำตัวอย่างข้าวแดง 2 กรัม บดด้วยโกร่งให้ละเอียด ละลายในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร จากนั้นทำการกรน 3 นาที นำไปวัดค่าพีเอช โดยใช้เครื่อง พีเอชมิเตอร์

นำข้าวแดง 1 กรัม ละลายด้วยเอทานอล 95% 100 มล. ทำการเขย่าเป็นระยะ เป็นเวลา 2 ชม. กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 2 นำสารละลายผ่านการกรอง ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโน นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาทำการหาค่าสีแดง โดยค่าสีแดงจะมีหน่วยเป็นยูนิท/กรัม

สำหรับปริมาณซิติรีนินหาได้จาก นำข้าวแดงที่บดละเอียด 5 กรัม ละลาย เมทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ 12.5 มล. เขย่าเป็นเวลา 3 นาที กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 นำของเหลวที่ผ่านกระดาษกรอง 1 มล. ผสมกับน้ำกลั่น 1 มล. นำสารละลายที่ได้ไปทดสอบด้วยวิธีการ ELISA (Abramson and Martlbauer, 1995)

### ผล

ปริมาณอมิไลสของข้าวเจ้าพิจิตร ข้าวหอมมะลิ และข้าวซ้อมมือ เท่ากับ 28.45 17.57 และ 9.98 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยสามารถจัดประเภทของข้าวตามปริมาณอมิไลสคือ ข้าวเจ้าพิจิตรจัดเป็นข้าวอมิไลสสูง ขณะที่ข้าวหอมมะลิ และข้าวซ้อมมือเป็นข้าวอมิไลสต่ำ และเมื่อพิจารณาค่าพีเอชของข้าวแดงพบว่าทั้งชนิดของข้าว และสายพันธุ์เชื้อรา มีอิทธิพลต่อค่าพีเอชของข้าวแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) โดยค่าพีเอชของข้าวซ้อมมือ ข้าวหอมมะลิ และข้าวเจ้าพิจิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.73 4.43 และ 4.33 ตามลำดับ ในขณะที่สายพันธุ์เชื้อรา *M. purpureus* ที่ให้ค่าพีเอชจากสูงไปต่ำคือ FTCMU, BCC 6131, DMKU และ ATCC 16365 ซึ่งมีค่าพีเอชเฉลี่ยเป็น 4.65 4.63 4.47 และ 4.24 ตามลำดับ โดยสายพันธุ์ FTCMU และ BCC 6131 ให้ค่าพีเอชของข้าวแดงไม่แตกต่างกัน นอกจากนั้นพบว่าทั้งสายพันธุ์เชื้อรา และชนิดของข้าว ยังมีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าพีเอชของข้าวแดง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ซึ่งพบว่าข้าวแดงที่หมักจากเชื้อรา *M. purpureus* ATCC 16365 ร่วมกับข้าวเจ้าพิจิตรให้ค่าพีเอชต่ำที่สุดเท่ากับ 4.07 และข้าวแดงที่หมักจากเชื้อรา *M. purpureus* BCC 6131 ร่วมกับข้าวซ้อมมือให้ค่าพีเอชสูงสุดเท่ากับ 4.88 (Table 1)

ชนิดของข้าว และสายพันธุ์เชื้อรา มีอิทธิพลร่วมกันต่อการสร้างสีแดงของข้าวแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) (Table 2) เมื่อเปรียบเทียบการหมักในข้าวชนิดเดียวกัน พบว่าเชื้อรา *M. purpureus* ATCC 16365 ให้ค่าสีแดง สูงสุดใน ข้าวทั้ง 3 ชนิด คือ 432.27 632.00 และ 322.67 ยูนิท/กรัม เมื่อหมักใน ข้าวเจ้าพิจิตร์ ข้าวหอมมะลิ และข้าวซ้อมมือตามลำดับ ขณะที่เมื่อเปรียบเทียบการหมักด้วยเชื้อราชนิดเดียวกัน พบว่าข้าวเจ้าพิจิตร์จะให้ค่าสีแดงสม่ำเสมอที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวหอมมะลิ และข้าวซ้อมมือ โดยมีค่าสีแดงเท่ากับ 436.27 126.27 167.40 และ 284.40 ยูนิท/กรัม เมื่อหมักด้วยเชื้อรา *M. purpureus* ATCC 16365, BCC 6131, FTCMU และ DMKU ตามลำดับ ซึ่งความแตกต่างของค่าสีแดงที่ได้จากการหมักในข้าวต่างชนิดกันอาจเกิดจาก ปริมาณอมิโลสที่แตกต่างกันในเมล็ดข้าวแต่ละชนิด ปริมาณอมิโลสมีอิทธิพลต่อการผลิตสีของข้าวแดง ซึ่งข้าวที่มีปริมาณอมิโลสสูงจะมีความเหมาะสมต่อการผลิตข้าวแดงมากกว่าข้าวที่มีปริมาณอมิโลสต่ำ (อรัญและคณะ, 2531)

**Table 1** pH values of red rice from *M. purpureus* 4 strains in 3 types of rice at room temperature, 14 days.

<i>M. purpureus</i>	pH values (Mean $\pm$ Standard Deviation)		
	Pijit rice	Hom Mali rice	Cargo rice (brown rice)
ATCC 16365	4.07 <sup>a</sup> $\pm$ 0.03	4.11 <sup>b</sup> $\pm$ 0.05	4.55 <sup>c,d</sup> $\pm$ 0.04
BCC 6131	4.39 <sup>b</sup> $\pm$ 0.04	4.63 <sup>e</sup> $\pm$ 0.06	4.88 <sup>f</sup> $\pm$ 0.03
FTCMU	4.51 <sup>c</sup> $\pm$ 0.04	4.60 <sup>d,e</sup> $\pm$ 0.03	4.86 <sup>f</sup> $\pm$ 0.06
DMKU	4.36 <sup>b</sup> $\pm$ 0.02	4.39 <sup>b</sup> $\pm$ 0.03	4.64 <sup>e</sup> $\pm$ 0.02

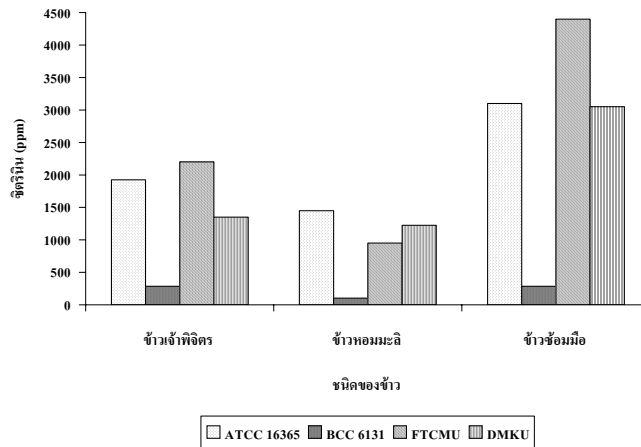
Note : Data in these table with the different superscript letter were significantly different ( $p \leq 0.05$ ) by DMRT.

**Table 2** Red pigment values of red rice from *M. purpureus* 4 strains in 3 types of rice at room temperature, 14 days.

<i>M. purpureus</i>	Red pigment (Unit/g) (Mean $\pm$ Standard Deviation)		
	Pijit rice	Hom Mali rice	Cargo rice (brown rice)
ATCC 16365	436.27 <sup>d</sup> $\pm$ 11.98	632.00 <sup>e</sup> $\pm$ 8.00	322.67 <sup>c</sup> $\pm$ 10.07
BCC 6131	126.27 <sup>b</sup> $\pm$ 9.82	11.80 <sup>a</sup> $\pm$ 0.08	28.73 <sup>a</sup> $\pm$ 5.66
FTCMU	167.40 <sup>b</sup> $\pm$ 11.02	21.37 <sup>a</sup> $\pm$ 3.90	39.90 <sup>a</sup> $\pm$ 5.90
DMKU	284.40 <sup>c</sup> $\pm$ 10.38	350.27 <sup>c</sup> $\pm$ 10.28	309.33 <sup>c</sup> $\pm$ 7.29

Note : Data in these table with the different superscript letter were significantly different ( $p \leq 0.05$ ) by DMRT.

พบว่าชนิดของข้าว และสายพันธุ์เชื้อรา มีผลต่อปริมาณซีทรินินในข้าวแดง โดยสายพันธุ์เชื้อรา *M. purpureus* ที่ให้ปริมาณซีทรินินสูงไปต่ำคือ FTCMU, ATCC 16365, DMKU และ BCC 6131 ตามลำดับ ขณะที่ชนิดของข้าวที่ให้ปริมาณซีทรินินสูงไปต่ำคือ ข้าวซ้อมมือ ข้าวเจ้าพิจิตร์ และข้าวหอมมะลิตามลำดับ (ภาพที่ 1) ซึ่งปริมาณซีทรินิน ที่แตกต่างกันอาจเกิดจากองค์ประกอบ และปริมาณของสารอาหารแตกต่างกันในข้าวแต่ละชนิด เช่น อมิโลส กรดอะมิโน วิตามิน หรือแร่ธาตุต่างๆ และพบว่าข้าวหอมมะลิให้ปริมาณซีทรินินต่ำที่สุด โดยข้าวหอมมะลิมีปริมาณ อมิโลสต่ำเท่ากับ 17.57 เปอร์เซ็นต์ จึงอาจมีงานทดลองในอนาคตถึงการหมักเชื้อราโมแนสคัสในข้าวเหนียว ซึ่งมีปริมาณอมิโลสต่ำมากเพื่อศึกษาถึงผลของอมิโลสต่อปริมาณซีทรินิน แต่พบว่าข้าวซ้อมมือให้ปริมาณซีทรินินสูงที่สุด ซึ่งอาจเกิดจากปริมาณสารอาหารที่สมบูรณ์ในข้าวซ้อมมือ โดยข้าวซ้อมมือ คือข้าวที่ผ่านกระบวนการกระเทาะเพื่อเอาเปลือกออกเพียงครั้งเดียวจึงยังคงมีจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวที่อุดมด้วยวิตามินแร่ธาตุต่างๆ เช่น วิตามินบี1 วิตามินบี2 ไนอาซิน แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก เซเรเนียม แมกนีเซียม และเส้นใยอาหารอยู่ (อุตสาหกรรรมสาร, 2544) ข้าวแดงซึ่งได้จากการหมักเชื้อรา *M. purpureus* FTCMU ในข้าวซ้อมมือให้ปริมาณซีทรินินสูงที่สุด 4,400 ppm และข้าวแดงที่ได้จากการหมักเชื้อรา *M. purpureus* BCC 6131 ในข้าวหอมมะลิให้ปริมาณซีทรินินต่ำที่สุด 105 ppm



ภาพที่ 1 ปริมาณซิตรีนินของข้าวแดงที่ได้จากการหมักเชื้อรา *M. purpureus* 4 สายพันธุ์ในข้าว 3 ชนิด ที่อุณหภูมิห้อง เวลา 14 วัน

### วิจารณ์และสรุป

การศึกษาถึงคุณภาพข้าวแดงที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อราโมแนสคัส 4 สายพันธุ์ ในข้าว 3 ชนิด พบว่าทั้งสายพันธุ์เชื้อรา และ ชนิดข้าว มีผลต่อคุณภาพของข้าวแดงที่ได้หลังการหมัก โดยลำดับเชื้อรา *M. purpureus* ที่สร้างซิตรีนินในปริมาณสูงไปต่ำ คือ *M. purpureus* FTCMU, *M. purpureus* ATCC 16365, *M. purpureus* DMKU และ *M. purpureus* BCC 6131 ตามลำดับ ในขณะที่ลำดับชนิดข้าวที่สร้างซิตรีนินในปริมาณสูงไปต่ำ คือ ข้าวหอมมณี ข้าวเจ้าพิจิตร และข้าวหอมมะลิ ตามลำดับ โดยข้าวแดงที่ได้จากการหมักเชื้อรา *M. purpureus* FTCMU ในข้าวหอมมณี มีปริมาณซิตรีนินสูงที่สุดเท่ากับ 4,400 ppm และข้าวแดงที่ได้จากการหมักเชื้อรา *M. purpureus* BCC 6131 ในข้าวหอมมะลิมีปริมาณซิตรีนินต่ำที่สุดเท่ากับ 105 ppm ในขณะที่ลำดับสายพันธุ์เชื้อราโมแนสคัสที่ให้ค่าสีแดงของข้าวแดงจากสูงไปต่ำ คือ *M. purpureus* ATCC 16365, *M. purpureus* DMKU, *M. purpureus* FTCMU และ *M. purpureus* BCC 6131 ตามลำดับ โดยข้าวแดงที่ได้จากการหมักเชื้อราโมแนสคัส ATCC 16365 ในข้าวหอมมะลิให้ค่าสีแดงสูงที่สุดเท่ากับ 632.00 หน่วย/กรัม และข้าวแดงที่ได้จากการหมักเชื้อรา *M. purpureus* BCC 6131 ในข้าวหอมมะลิ ให้ค่าสีแดงต่ำที่สุดเท่ากับ 11.80 หน่วย/กรัม และพบว่าเชื้อรา *M. purpureus* BCC 6131 และ *M. purpureus* FTCMU มีการสร้างสีแดงที่ไม่ดีเมื่อทำการหมักใน ข้าวหอมมะลิ และข้าวหอมมะลิหอมมณี และจากผลการทดลองพบว่าเนื่องจากเชื้อรา *M. purpureus* BCC 6131 ให้ปริมาณซิตรีนินต่ำที่สุด จึงเหมาะสมที่จะนำมาพัฒนาสายพันธุ์ เพื่อทำการลดปริมาณซิตรีนิน โดยอาจใช้วิธีการฉายรังสี เพื่อดูการสร้างซิตรีนินของสายพันธุ์กลาย หรืออาจมีการปรับเปลี่ยนชนิดของอาหารแข็ง เช่นธัญพืชต่างๆ เพื่อศึกษาถึงผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณซิตรีนินต่อไป

### เอกสารอ้างอิง

- งามชื่น. 2543. [http://www.charpa.co.th/bulletin/#วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร\\_ \(17/3/46\)](http://www.charpa.co.th/bulletin/#วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร_ (17/3/46)).
- เรณู ปิ่นทอง, ลักษณะ จุณนะไกรภานต์ และ พัชรีย์ พัฒนากุล. 2543. การผลิตได้กรอกหมูโดยใช้องค์ช่วยเพิ่มสี. วารสารแก่นเกษตร. 28(2): 89-96.
- สุนันทา วงศ์ปิยชน. 2540. การวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส โดยวิธีอย่างรวดเร็ว. ในการฝึกอบรมหลักสูตรมาตรฐาน และคุณภาพข้าวหอมมะลิของศูนย์วิจัยข้าว. ปทุมธานี.
- อรัญ หันพงษ์กิตติกุล, เมธิณี เหว่ซึ่งเจริญ และ เรณู ปิ่นทอง. 2531. ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตข้าวแดง โดย *Monascus purpureus*. วารสารเกษตร. 4(2): 125-128.
- อุตสาหกรรรมสาร. 2544. [http://www.smethai.net/journal/journal/default.asp?volume=4405 \(17/3/46\)](http://www.smethai.net/journal/journal/default.asp?volume=4405 (17/3/46)).
- Abramson, D., U. E., Martlbauer. 1995. An indirect enzyme immunoassay for the mycotoxin citrinin. Appl. and Environ. Microbiol. p. 2007-2009.
- Blanc, P. J., J. P. Laussac, J. Le Bars, P. Le Bars, M. O. Loret, A. Pareilleux, D. Prome, J. C. Prome, A. L. Santerre and G. Goma. 1995(a). Characterization of monascidin A from *Monascus* as citrinin. Int. J. Food Microbiology. 27: 201-213.