Agricultural Sci. J. 46 : 3/1 (Suppl.) : 379-383 (2015) ว. วิทย. กษ. 46 : 3/1 (พิเศษ) : 379-383 (2558)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญและการสร้างสารพิษของเชื้อรา *Aspergillus flavus* ในข้าวกล้องขาวและข้าวกล้องสีระหว่างการเก็บรักษา

Factors Affecting on Growth and Toxin Production of *Aspergillus flavus* in White Brown Rice and Color Brown Rice during Storage

นเรศ บางศิริ[1] อรรณพ ทัศนอุดม[2] และ วราภา มหากาญจนกุล[3]

Naraet Bangsiri[1], Unnop Tassanaudom[2] and Warapa Mahakarnchanakul[3]

Abstract

Brown rice and color rice become popular in Thai consumers due to an importance of their phytochemical and antioxidant compounds. Aflatoxin was reported as the contaminant in brown and color rice. Poor post-harvest management may cause high humidity in grain and possible of fungal contamination, then fungi have possible grown during the storage and distribution of grains. This research aims to study the influence of various factors such as total phenolic compounds, water activity (a_w) and temperature on the growth and toxin production of *A. flavus* during storage conditions of Jasmine (white) rice and Sinin (black) brown rice. The combined factors of total phenolic compounds, water activity and temperature affecting on the growth and toxin production of *A. flavus* inoculated in brown rice and black rice was shown that *A. flavus* was prone to grow better in black rice than brown rice depending on the a_w and temperature conditions. Phenolic compounds in black rice may not inhibit the fungal growth. In order to prevent the growth of *A. flavus*, rice should keep under 14 percent moisture content as rice standard recommendation, or controlled a_w below 0.7. In this study results showed rice with high moisture should keep at low temperatures as 15 °C to delay fungal growth and extend the quality of brown color rice for 30 days.

Keywords: Brown rice, Color rice, *Aspergillus flavus*, Aflatoxin

บทคัดย่อ

ข้าวกล้องและข้าวสีเป็นที่นิยมในการบริโภคเนื่องจากความสำคัญของสารพฤกษเคมีและสารต้านอนุมูลอิสระ แต่มีรายงานว่าพบอะฟลาทอกซินในข้าวกล้องและข้าวสี เนื่องจากการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่ดีอาจทำให้เมล็ดข้าวมีความชื้นสูงและมีเชื้อราปนเปื้อน เชื้อรามีโอกาสเจริญได้ในระหว่างการเก็บรักษาเมล็ดข้าวเพื่อรอการขัดสีและจำหน่าย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด วอเตอร์แอกติวิตี้ (a_w) และอุณหภูมิที่มีผลต่อการเจริญและสร้างสารพิษของเชื้อ *A. flavus* ในระหว่างการเก็บรักษาข้าวกล้องหอมมะลิ 105 (ข้าวกล้องขาว) และข้าวสีนิลสุพรรณบุรี (ข้าวกล้องสี)พบว่าเชื้อรา *A. flavus* มีแนวโน้มเจริญในข้าวสีนิลได้ดีกว่าในข้าวกล้องขึ้นกับอุณหภูมิและค่า a_w โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในข้าวสีนิลไม่มีผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราทั้งนี้ การเก็บรักษาข้าวกล้องเพื่อป้องกันการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* ควรเก็บที่ความชื้นไม่เกินร้อยละ 14 ตามเกณฑ์มาตรฐานข้าวไทย ร่วมกับควบคุมค่า a_w ให้ต่ำกว่า 0.7 ข้าวที่มีความชื้นสูงต้องเก็บที่อุณหภูมิต่ำที่ 15°C จึงสามารถชะลอและยับยั้งการเจริญของเชื้อราใน 30 วันได้

คำสำคัญ: ข้าวกล้อง, ข้าวสีนิล, *Aspergillus flavus*, Aflatoxin

คำนำ

ข้าวกล้องเป็นที่นิยมของผู้บริโภค ปัจจุบันจึงมีการเพาะปลูกและผลิตข้าวกล้องในหลายพื้นที่ทั่วประเทศ อย่างไรก็ตามประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีภูมิอากาศร้อนชื้น จึงเหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อราหลายชนิดและพบปนเปื้อนในผลิตผลทางการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในธัญพืชและข้าว การเจริญของเชื้อราเหล่านั้นไม่เพียงสร้างความเสียหายแก่

[1] โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต, กรุงเทพฯ 10300

[1] School of Culinary Arts, Suan Dusit Rajabhat University, Bangkok, Thailand 10300

[2] สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก, พิษณุโลก 65000

[2] Department of Agro-Industry, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Phitsanulok, Thailand 65000

[3] ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ 10900

[3] Department of Food Science and Technology, Kasetsart University, Bangkhen Campus, Bangkok, Thailand 10900

ผลิตผลทางการเกษตรยังสร้างสารพิษเชื้อราที่เป็นอันตราย องค์การอนามัยโลกได้จัดให้สารพิษอะฟลาทอกซินเป็นสารพิษก่อมะเร็งที่ร้ายแรงมากที่สุดชนิดหนึ่ง (Giray *et al*., 2005) EU ได้กำหนดปริมาณอะฟลาทอกซินทั้งหมดในข้าวและผลิตภัณฑ์ไม่เกิน 4 µg/kg

ความชื้นที่หลงเหลือจากการทำแห้งที่ไม่ดีพอ เช่นในช่วงฤดูฝนหรือช่วงที่มีน้ำท่วมขัง หรือเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาทำให้ข้าวที่เก็บมีความชื้นสูง เอื้ออำนวยให้ *Aspergillus spp*. เช่น *A. flavus* ซึ่งสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินเจริญได้ พบว่าตัวอย่างข้าวกล้องขาวและข้าวกล้องสี 240 ตัวอย่างมีสารพิษอะฟลาทอกซินปนเปื้อน แต่พบในปริมาณเฉลี่ยต่ำ คือ 0.45 พีพีบี (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม) ข้าวเหล่านี้ส่วนใหญ่ยังมีคุณภาพดีและปลอดภัยในการบริโภค (Mahakarnchanakul *et al*., 2012) แต่การปนเปื้อนสารพิษเชื้อราในข้าวส่งผลต่อความเชื่อมั่นคุณภาพการส่งออกข้าว

งานวิจัยครั้งนี้จึงได้เปรียบเทียบข้าวกล้องขาวและข้าวกล้องสีที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระต่างกัน เก็บในสภาวะที่วอเตอร์แอกติวิตี้ (a_w) และอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม ทดสอบความสามารถในการเจริญและสร้างสารพิษของเชื้อรา *A. flavus* ผลการศึกษาวิจัยในครั้งนี้คาดว่าจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนากระบวนการเก็บรักษาข้าวกล้องขาวและข้าวกล้องสีให้มีความปลอดภัยและลดความเสี่ยงการปนเปื้อนสารพิษเชื้อรา เพื่อเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพและความปลอดภัยของผู้บริโภคที่ชื่นชอบการบริโภคข้าวกล้องขาวและข้าวกล้องสี

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมสารแขวนลอยสปอร์ของเชื้อรา *A. flavus*

นำเชื้อรา *A. flavus* รหัส 1046 ที่สร้างสารพิษอะฟลาทอกซินได้ ซึ่งแยกจากข้าวกล้องขาว (มูลนิธิขวัญข้าว จังหวัดสุพรรณบุรี) เลี้ยงบน Potato dextrose agar เป็นเวลา 7 วัน ให้เชื้อราเจริญได้ไมซีเลียมและสปอร์สีเขียว เตรียมสารละลายสปอร์โดยเติมน้ำปลอดเชื้อที่ผสม 10 มิลลิลิตร Tween 20 ร้อยละ 0.1 ดูดสารละลายสปอร์ใส่ขวดรูปชมพู่เติมน้ำปลอดเชื้อ 50 มิลลิลิตร กรองด้วยผ้าขาวบางฆ่าเชื้อ จะได้สารละลายสปอร์พร้อมใช้งาน

การศึกษาสภาพการเจริญและสร้างสารพิษของเชื้อรา *A. flavus*

จำลองการปนเปื้อนเชื้อรา *A. flavus* ในตัวอย่างข้าวกล้องขาวและข้าวกล้องสีนิลผลิตจากจังหวัดสุพรรณบุรีผ่านการฉายรังสีแกมมา 10 kGy แยกบรรจุข้าว 80 กรัม ลงในถุงซิปล็อก ปรับค่า a_w ในข้าว 4 ระดับด้วยการเติมน้ำกลั่นปลอดเชื้อ 0 2 4 และ 6 มิลลิลิตร ค่า a_w ในข้าวเริ่มต้นก่อนเติมน้ำเท่ากับ 0.60 และ 0.66 เติมสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา *A. flavus* 4 มิลลิลิตร (ปริมาณสปอร์เริ่มต้น 4 log CFU/g) ทำให้ค่า a_w ในข้าวกล้องขาวเป็น 0.82-0.94 และค่า a_w ในข้าวกล้องสีเป็น 0.85-0.94 นำไปเพาะเชื้ออุณหภูมิ 15 20 25 และ 30 °C เก็บตัวอย่างข้าวกล้องตามเวลาที่กำหนด ตรวจสอบปริมาณเชื้อรา *A. flavus* ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ DRBC ตรวจปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซินทั้งหมดด้วยชุดทดสอบของ DOA-Aflatoxin ELISA test kit (กรมวิชาการเกษตร) และวัดค่า a_w

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสารต้านอนุมูลอิสระในข้าว

นำข้าวกล้องขาวและข้าวกล้องสีนิล 1 กรัม ที่ผ่านการบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช มาสกัดด้วย เมทานอล 25 มิลลิลิตร ที่มีกรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 1 เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทุก 24 ชั่วโมงนำมาหมุนเหวี่ยงที่ 4000 g 25 °C เป็นเวลา 15 นาที นำส่วนใสที่ได้มารวมกัน ปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 50 มิลลิลิตร เก็บในขวดแก้วสีชาที่ 4 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) (Maizura *et al*., 2011) แอนโทไซยานิน (TAC) (Finocchiaro *et al*., 2010)และคุณสมบัติต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH$^{\bullet}$ Radical Scavenging Capacity Assay (Zigonenu *et al*., 2007) และวิธี Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC) Assay หรือ ABTS^{+} Assay (Choi *et al*., 2007)

ผล

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสารต้านอนุมูลอิสระในข้าวได้ค่าที่แตกต่างกันดังแสดงใน Table 1

Table 1. The phytochemical compounds in white brown rice and sinin rice.

Type of rice	TPC	TAC	Antioxidant capacity (mg TE/g)	
	(mg GAE/g db)	(mg Cy-3-glc/g db)	DPPH	ABTS
White brown rice	2.63±0.13	0.76±0.13	14.7±1.28	5.47±0.17
Sinin rice	9.44±0.61	1.92±0.18	28.10±0.02	52.35±8.03

จากผลการศึกษาพบว่าที่อุณหภูมิ 25 และ 30 °C เชื้อรา *A. flavus* มีแนวโน้มการเจริญในข้าวกล้องขาวได้ดีกว่าในข้าวกล้องสีนิล เชื้อราเจริญเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วเป็น 6 log CFU/g ภายใน 4 วัน (Figure 1A) พบว่าหากสับสเตรทมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.90-0.94 เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการเพาะเชื้อจาก 15 20 25 และ 30 °C จะทำให้เชื้อรา *A. flavus* มีแนวโน้มเจริญได้ดีขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบที่อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการเจริญคือที่ 25 °C จะใช้ระยะเวลาในการบ่มลดลงเพื่อให้ปริมาณการเจริญของเชื้อ *A. flavus* สูงสุดคือ 16 วัน ถ้าหากลดค่า a_w เป็น 0.84 ที่อุณหภูมิ 15 °C ต้องใช้เวลานานถึง 40 วันเชื้อถึงจะค่อยเพิ่มจำนวน ด้วยเหตุนี้จึงสามารถเก็บข้าวได้นานขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ ถ้าความชื้นในข้าวสูงมากเช่นที่ค่า a_w 0.94 จะเก็บได้เพียง 10 วัน ในการทำแห้งจำเป็นต้องลดความชื้นในข้าวให้ต่ำที่สุดแต่ต้องไม่ทำให้คุณภาพข้าวเสียซึ่งไม่ควรเกินร้อยละ 14 หรือที่ค่า a_w ประมาณ 0.6

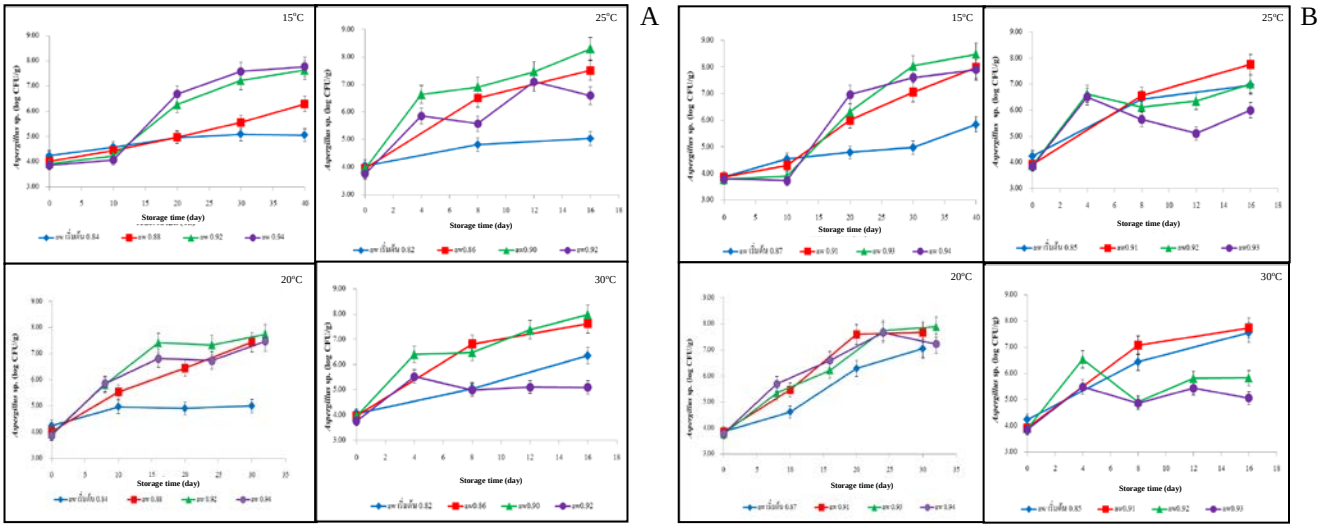

Figure 1 Growth of *Aspergillus flavus* on contaminated brown rice during storage at 15-30 ºC for 40 days: (A) White brown rice and (B) Color (sinin) brown rice in different water activity conditions

ส่วนในข้าวกล้องสีนิลเปรียบเทียบที่มีค่า a_w0.91 เก็บรักษาที่ 25 °C พบว่าเชื้อรา *A. flavus* เจริญได้ 6 log CFU/g ในเวลา 8 วันแต่ค่า a_w สูงกว่าคือ 0.93 กลับมีแนวโน้มเจริญลดลง คาดว่าค่า a_w มีผลมากกว่าอุณหภูมิการเก็บ เนื่องจากเชื้อราชนิดนี้โดยธรรมชาติเป็นเชื้อราในกลุ่ม xerophilic fungi จึงชอบที่จะเจริญที่ค่า a_wไม่สูงมากนัก หากลดอุณหภูมิในการเพาะเชื้อจาก 20 เป็น 15 °C จะทำให้ใช้ระยะเวลาในการเพิ่มจำนวนได้ช้าลง (Figure 1B)

และพบแนวโน้มว่าเชื้อรา *A. flavus* สามารถสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินในสับสเตรทข้าวกล้องสีได้ใกล้เคียงกันกับข้าวกล้องขาว อุณหภูมิช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อรา คือที่ 25 และ 30 °C เป็นระดับอุณหภูมิที่มีแนวโน้มว่าเชื้อรา *A. flavus* จะสามารถผลิตสารพิษได้ปริมาณสูงกว่าช่วงอุณหภูมิที่เชื้อราดังกล่าวเจริญได้ช้า (คือ 15 และ 20 °C) โดยสภาวะในการเจริญที่เชื้อรา *A. flavus* สามารถผลิตสารพิษอะฟลาทอกซินได้ดีนั้นมักเป็นสภาวะที่สับสเตรทข้าวกล้องทั้ง 2 ชนิด มีค่า a_w ในระดับ 0.90–0.93 จากการศึกษาพบว่าปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซินไม่ขึ้นกับการเจริญหรือไมซีเลียมที่ปรากฏ ปริมาณสารพิษที่ตรวจวัดได้ค่อนข้างมีความแปรปรวน ไม่มีทิศทางหรือแนวโน้มของการเพิ่มหรือลดลงอย่างชัดเจน โดยที่ 25 °C ปริมาณการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินบนข้าวกล้องขาวและข้าวกล้องสีนิลอยู่ในช่วง 6.1-69.5 และ 8.9-43.9 และที่ 30°C พบว่ามีปริมาณ 7.3-24.1 และ 5.8-66.1 µg/kg ตามลำดับ (Table 2)

ในที่นี้พบว่าข้าวกล้องมีความชื้นสูงร้อยละ 15.7-16.7 (a_w 0.84 - 0.87) จำเป็นต้องเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า 15 °C จึงจะสามารถยับยั้งเชื้อราไม่ให้เจริญได้ใน 30 วัน ยืนยันว่าข้าวที่ดีควรมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 14 ตามเกณฑ์มาตรฐานข้าวไทยร่วมกับการควบคุมการเก็บให้ค่า a_w ต่ำกว่า 0.7

Table 2 Aflatoxin production (µg/kg) of *Aspergillus flavus* on contaminated brown rice (a_w: 0.90–0.93) during storage at 25 and 30 ºC.

Day	Aflatoxin in brown rice (µg/kg)			Aflatoxin in color (sinin) rice (µg/kg)		
	a_w	25°C	30°C	a_w	25°C	30°C
0	0.90–0.92	15.9±2.2	15.9±2.22	0.92–0.93	19.2±1.7	19.2±1.7
4	0.90	69.5±13.2	13.1±8.3	0.92	18.0±1.0	13.2±1
	0.92	67.1±1.1	7.9±1.3	0.93	22.7±0.2	66.1±0.2
8	0.90	6.2±0.8	24.1±8.3	0.92	26.9±0.8	6.8±0.2
	0.92	6.1±0.5	7.3±1.3	0.93	43.9±2.1	5.8±1.6
16	0.90	7.1±1.5	10.9±0.5	0.92	8.9±2.2	13.7±1.9
	0.92	13.6±1.9	8.9±0.8	0.93	8.9±0.7	35.8±2.4

วิจารณ์ผล

อิทธิพลจากปัจจัยแวดล้อมมีผลต่อการเจริญของเชื้อรา โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่า a_wและอุณหภูมิ เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญและสร้างสารพิษของเชื้อรา (Pardo *et al*., 2006) พบว่าสภาวะที่เชื้อรา *A. flavus* สามารถผลิตสารพิษได้ดีบนข้าวกล้องขาวและข้าวกล้องสีนิล คือ ที่ a_w 0.90-0.93 ที่อุณหภูมิ 25 -30°C ใช้เวลาประมาณ 4 วัน หลังจากเติมเชื้อ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Mousa *et al*. (2013) พบว่ามีการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินสูงสุดทั้งในข้าวขัดสีและข้าวกล้องที่ค่า a_wช่วง 0.90–0.92 ที่อุณหภูมิ 20 °C หลังเพาะเชื้อนาน 21 วัน และยังรายงานว่าการสร้างสารพิษนี้เกิดขึ้นในช่วงค่า a_wที่กว้าง และเชื้อราสามารถสร้างสารพิษได้ในช่วงอุณหภูมิที่กว้างมากคือ 12–35 °C

มีรายงานว่าเมื่อปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดเพิ่มขึ้น จะมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* , *E. coli* และ *C. albicans* ได้มากขึ้น (Papadopoulou *et al*.,2005) ซึ่งความสามารถในการต้านจุลินทรีย์แตกต่างกันไปตามชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ ชนิดของสารสกัด และโครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิกที่มีผลต่อการต้านเชื้อจุลินทรีย์ ทั้งนี้คาดว่ากลไกในการต้านจุลินทรีย์คือรบกวนต่อความคงตัวของเมมเบรน (cytoplasmic membrane) มีผลต่อการซึมผ่านของพลาสมาเมมเบรน (plasma membrane) และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ทำปฏิกิริยาโดยตรงต่อเมมเบรนของจุลินทรีย์ (Burdulis *et al*., 2009) ในกรณีของเชื้อราพบว่าสารประกอบฟีนอลิกไม่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus niger* (Kostic *et al*., 2010) ในการศึกษานี้ก็ไม่มีผลต่อการยับยั้ง

การขัดสีเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญตลอดจนการสร้างสารพิษของเชื้อรา Mousa *et al*. (2013) รายงานว่าข้าวกล้องที่เก็บรักษาในอุณหภูมิระหว่าง 25 และ 30°C ที่ค่า a_wเท่ากับ 0.82 พบการเจริญและผลิตสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อรา *A. flavus* แต่กลับไม่พบการเจริญและผลิตสารพิษในข้าวขัดสีที่มีระดับค่า a_wเท่ากัน เนื่องมาจากส่วนที่เป็นรำหรือเยื่อหุ้มเมล็ดของข้าวกล้องมีสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญและสร้างสารพิษของเชื้อรา ซึ่งพบได้น้อยในข้าวขัดขาว จึงมีแนวโน้มว่าหากมีปัจจัยแวดล้อมที่เหมาะสม ข้าวกล้องทั้งข้าวกล้องขาวและข้าวกล้องสีนิลน่าจะเป็นสับสเตรทที่สามารถส่งเสริมให้เชื้อเจริญและสร้างสารพิษได้ดีจำเป็นต้องมีการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมทั้งนี้รวมถึงการเก็บรักษาที่ดีก่อนจำหน่ายด้วย

สรุป

การปนเปื้อนจากเชื้อราโดยเฉพาะสายพันธุ์ที่มีความสามารถในการสร้างสารพิษ ความชื้นในข้าวและอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเจริญของเชื้อราและการสร้างสารพิษอะฟลาทอกซินในข้าว การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษาข้าวจึงควรมีการจัดการที่ดี มีมาตรการลดการปนเปื้อน มีการระบายอากาศเพื่อลดความชื้นสะสมและอุณหภูมิ การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าปัจจัยแวดล้อมที่เหมาะสมจะส่งเสริมให้เชื้อเจริญและสร้างสารพิษได้ดีในข้าวกล้อง ทั้งข้าวกล้องขาวและข้าวกล้องสีนิลน่าจะเป็นสับสเตรทที่ส่งเสริมให้เชื้อเจริญและสร้างสารพิษได้จึงจำเป็นต้องมีการปฏิบัติที่เหมาะสมทั้งนี้รวมถึงการเก็บรักษาที่ดีก่อนจำหน่ายด้วย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต และฝ่ายเครื่องมือและวิจัยทางวิทยาศาสตร์ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยและอำนวยความสะดวกในเรื่องของการใช้สถานที่ อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ระหว่างปฏิบัติงานทดลอง

เอกสารอ้างอิง

Burdulis, D., A. Sarkinas, I. Jasutienè, E. Stackivicenè, L. Nikolajevas and V. Janulis. 2009. Comparative study of anthocyanin composition, antimicrobial and antioxidant activity in bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) and blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) fruits. Acta Poloniae Pharmaceutica 66: 399–408.

Choi, Y., H.S. Jeong and J. Lee. 2007. Antioxidant activity of methanolic extracts from some grainsconsumed in Korea. Food Chemistry 103 : 130-138.

Finocchaiaro, F., B.Ferrariand and A. Gianinetti. 2010. A study of biodiversity of flavonoid content in the rice caryopsis evidencing simultaneous accumulation of anthocyanins and proanthocyanidins in a black-grained genotype. Journal of Cereal Science 51:28-34.

Giray, B., G. Girgin, A.B. Engin, S. Aydın and G. Sahin. 2005. Aflatoxin levels in wheat samples consumed in some regions of Turkey. Food Control 18: 23-29.

Kostic, D.A., S.M. Snezana, N.M. Milan, R.Z. Aleksandra, M.V. Jasmina, S.D. Aleksandra and S.R. Sasa. 2010. Phenolic contents, antioxidant and antimicrobial activity of *Papaver rhoeas* L. extracts from Southeast Serbia. Journal of Medicinal Plants Research 17: 1727-1732.

Maizura, M., A. Aminah and W. M. Wan Aida. 2011. Total phenolic content and antioxidant activity of kesum (*Polygonum minus*), ginger (*Zingiber officinale*) and turmeric (*Curcuma longa*) extract. International Food Research Journal 18: 529-534.

Mahakarnchanakul, V., P. Iamtaweejaloen, N. Anukul and T. Maneeboon. 2012. Risk profile of aflatoxin producing fungi contaminated in husked and color rice in Thailand : Impact from climate change. Research Report supported by Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok.

Mousa, W., F.M. Ghazali, S. Jinap, H.M. Ghazali and S. Radu. 2013. Modeling growth rate and assessing aflatoxins production by *Aspergillus flavus* as a function of water activity and temperature on polished and brown rice. Journal of Food Science 78: 56-63.

Papadopoulou, C., S. Kalliopi and G.R. Loannis. 2005. Potential antimicrobial activity of red and white wine phenolic extracts against strains of *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Candida albicans*. Food Technology and Biotechnology 43: 41–46.

Pardo, E., S. Marin, A. Ramos and V. Sanchis. 2006. Ecophysiology of ochratoxin *Aspergillus ochraceus* and *Penicillium verrucosum* isolates: Predictive models for fungal spoilage prevention-a review. Food Additives Contaminants 23(4): 398-410.

Zigoneanu, I.G., L.Williams, Z. Xu. and C.M. Sablior. 2007. Determination of antioxidant components in rice bran oil extraction by microwave-assisted method. Bioresource Technology 99: 4910-4918.