

การปนเปื้อนและการประเมินการสัมผัสสารพิษจากเชื้อราชนิดต่างๆ ในข้าวที่จำหน่ายในประเทศไทย

ศรัญญา พัวพลเทพ และ อานาจ พัวพลเทพ

ภาควิชาเภสัชวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ฝ่ายวิชาการ สมาคมสารพิษจากเชื้อราแห่งประเทศไทย

บทนำ

ปัญหาการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราเป็นหนึ่งในปัญหาหลักด้านการสาธารณสุขที่ทั่วโลกต่างตระหนักเนื่องจากการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราสามารถพบได้ในผลผลิตทางการเกษตรนานาชนิดที่ใช้เพื่อการบริโภคของทั้งมนุษย์และสัตว์ตั้งแต่ระยะการเพาะปลูกเรื่อยมาจนถึงระยะการเก็บรักษา โดยการปนเปื้อนที่เกิดขึ้นนี้ยากต่อการหลีกเลี่ยงหรือกำจัดให้หมดได้อย่างสมบูรณ์ และเมื่อสารพิษจากเชื้อราเข้าสู่ร่างกายแล้วจะสามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพของทั้งมนุษย์และสัตว์ จากการเหินยวนำให้เกิดความเป็นพิษทั้งแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรังขึ้นกับปริมาณของสารพิษและความรุนแรงของสารพิษที่ได้รับ จากข้อมูลขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agricultural Organization, FAO) ระบุว่า 25 เปอร์เซ็นต์ของอาหารที่บริโภคมีการปนเปื้อนของเชื้อราและสารพิษจากเชื้อรา (FAO, 2001) ส่งผลให้การศึกษาวิจัยเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลทั้งด้านความเป็นพิษและระดับการปนเปื้อนเพื่อมาประกอบการวางแผนทางในการควบคุมและป้องกันอันตรายจากการปนเปื้อนของสารพิษที่จะเกิดขึ้นเป็นสิ่งจำเป็นและมีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องจากหน่วยงานของนานาประเทศทั่วโลก

สารพิษจากเชื้อราในกลุ่มอะฟลาทอกซินเป็นกลุ่มของสารพิษจากเชื้อราที่ผลิตจากเชื้อราสายพันธุ์ *Aspergillus* spp. ได้แก่ *A. flavus*, *A. parasiticus* และ *A. nomius* (El Khoury et al. 2008) สารพิษหลักในกลุ่มนี้มี 4 ชนิด ได้แก่ อะฟลาทอกซินบี 1 (AFB1) อะฟลาทอกซินบี 2 (AFB2) อะฟลาทอกซินจี 1 (AFG1) และอะฟลาทอกซินจี 2 (AFG2) โดยอะฟลาทอกซินบี 1 เป็นสารพิษที่มีความเป็นพิษสูงสุด ความเป็นพิษหลักที่เกิดขึ้นนอกจากจะกระทบต่อตับและระบบภูมิคุ้มกันแล้ว (Williams et al., 2004) อะฟลาทอกซิน บี 1 ยังเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ โดยสถาบันวิจัยมะเร็งนานาชาติ (International Agency for Research on Cancer, IARC) ได้จัดให้อะฟลาทอกซิน บี 1 เป็นสารก่อมะเร็งกลุ่มที่ 1 (IARC, 1993) สารพิษจากเชื้อราในกลุ่มนี้สามารถพบการปนเปื้อนในผลผลิตทางการเกษตรต่างๆ หลายชนิดอาทิ ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง มันสำปะหลัง เมล็ดฝ้าย สมุนไพร เครื่องเทศและถั่วเมล็ดแข็งต่างๆ เช่น ถั่วลิสง ถั่วพิสตาชิโอ เป็นต้น (Codex, 2011) ขณะที่สารพิษจากเชื้อราออกคราโทอกซิน เอ เป็นสารพิษที่ผลิตจากเชื้อรา *Aspergillus ochraceus* และ *Penicillium verrucosum* (Pitt and Hocking, 1997) ที่มีความเป็นพิษต่อไต และระบบภูมิคุ้มกันเป็นหลัก (Pfohl-Leskowicz & Manderville 2007) ทั้งนี้อาจเป็นสาเหตุของการเกิดเนื้องอกและมะเร็งในไตของมนุษย์ IARC จึงจัดให้สารพิษชนิดนี้อยู่ในกลุ่ม 2B (IARC, 1993) การปนเปื้อนของออกคราโทอกซิน เอ พบมากใน ธัญพืชและผลิตภัณฑ์จากธัญพืช กาแฟ เครื่องเทศ ไวน์ เบียร์ โกโก้และลูกเกด เป็นต้น (JECFA, 2001)

การปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราที่พบในผลผลิตทางการเกษตรหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน ธัญพืชชนิดต่างๆ รวมถึงข้าว (*Oryza sativa*) ซึ่งเป็นธัญพืชที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อประชากรโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทวีปเอเชียซึ่งประชาชนส่วนใหญ่บริโภคข้าวหรือผลผลิตจากข้าวเป็นอาหารจานหลัก สำหรับประเทศไทยแล้ว ข้าวไม่เพียงแต่เป็นแหล่งโภชนาการและอาหารจานหลักของประชาชนเท่านั้น ข้าวยังมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศผู้ส่งออกข้าวรายใหญ่หนึ่งในห้าของโลก ข้าวจึงมีมูลค่าทางเศรษฐกิจที่สร้างความเจริญทางเศรษฐกิจให้กับประเทศอีกด้วย แม้ว่าข้าวจะเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการและก่อให้เกิดประโยชน์ต่อประชาชนผู้บริโภค ทว่ามีรายงานการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราชนิดต่างๆ ในข้าว อาทิ สารพิษกลุ่ม aflatoxins, fumonisins, zearalenone, sterigmatocystin, citrinin, ochratoxin A, patulin, deoxynivalenol, และ T-2 toxin เป็นต้น (Ferre, 2016) โดยสารพิษที่พบถูกผลิตจากเชื้อรา 3 กลุ่มหลักได้แก่ *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp. และ *Penicillium* spp. (Reddy and Sathyanarayana, 2001) ทั้งนี้สหภาพยุโรปได้กำหนดระดับการปนเปื้อนสูงสุดที่ยอมรับได้ (Maximum Applicable Limit, MAL) ของสารพิษจากเชื้อราบางชนิดในข้าว เช่น aflatoxin B1 สารพิษจากเชื้อราในกลุ่มอะฟลาทอกซินชนิดอื่นๆ และออกคร่าทอกซิน เอ กำหนดไว้ที่ 2 µg/kg 4 µg/kg และ 5 µg/kg ตามลำดับ (European Commission Regulation, 2006) ขณะที่ค่า ML ของสารพิษออกคร่าทอกซิน เอ ที่กำหนดในธัญพืชและผลิตภัณฑ์ที่มีธัญพืชเป็นส่วนประกอบเท่ากับ 3 µg/kg (European Commission, 2006)

จากปัญหาการปนเปื้อนสารพิษจากเชื้อราและผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคบ่งชี้ว่า การศึกษาการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราชนิดต่างๆ ในข้าวซึ่งเป็นอาหารจานหลักของประชาชนในประเทศ มีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งเพราะไม่เพียงแต่จะทำให้ทราบสถานการณ์การปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อรากลุ่มต่างๆ ในข้าวพันธุ์ต่างๆ ที่วางจำหน่ายในปัจจุบัน และความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนซึ่งเป็นผู้บริโภคเท่านั้น ข้อมูลที่จะได้รับยังจำเป็นต่อการใช้ประกอบการกำหนดค่าการปนเปื้อนของสารพิษนั้นๆ ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสร้างเสริมสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยของผู้บริโภค อีกทั้งวิธีการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการมีความจำเป็นที่ต้องมีการเร่งพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ให้ได้มาตรฐานสากล เพื่อให้เป็นที่ยอมรับและเทียบเคียงกับนานาชาติได้ ความรู้ทางเทคนิคการวิเคราะห์ที่ได้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในห้องปฏิบัติการเพื่อพัฒนาวิธีการตรวจวิเคราะห์สารพิษจากเชื้อราชนิดอื่น ๆ และเป็นการส่งเสริมและเพิ่มศักยภาพให้นักวิจัยมีความเชี่ยวชาญในสาขานี้ต่อไปในอนาคต

การทบทวนวรรณกรรม

Mycotoxins หรือ สารพิษจากเชื้อรา มีรากศัพท์มาจากภาษากรีกคือ “mykes” ซึ่งแปลว่า เชื้อรา และภาษาละตินคือ “toxicum” แปลว่า สารพิษ เป็นสารเมตาบอไลต์ชนิดทุติยภูมิ (secondary metabolite) ที่ได้จากกระบวนการเปลี่ยนรูปทางเคมี (metabolism) ของเชื้อราชนิดต่างๆ ในสภาวะแวดล้อม อุณหภูมิ และความชื้นที่เหมาะสม โดยเชื้อราที่สามารถผลิตสารพิษจากเชื้อรา ได้แก่ แอสเปอร์จีลัส (*Aspergillus* spp.) เพนนิซิลเลียม (*Penicillium* spp.) ฟูซารีียม (*Fusarium* spp.) (Aiko and Mehta, 2015) และอัลเทอเนเลีย (*Alternaria* spp.) (Zain, 2011) ซึ่งการปนเปื้อนของเชื้อราชนิดต่างๆ ในธรรมชาติจะอยู่ภายใต้อิทธิพลของ

ปัจจัยโน้มนำหลายประการ เช่น ความชื้นในอาหาร ความชื้นสัมพัทธ์ ส่วนประกอบของอาหาร ปริมาณก๊าซ ออกซิเจน ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิ และสายพันธุ์ของเชื้อรา (Raiola *et al.*, 2015) การปนเปื้อนจากเชื้อราพบได้ในทุกช่วงของกระบวนการผลิต เช่น ก่อนการเก็บเกี่ยว (pre-harvest) ช่วงการเก็บเกี่ยว (harvest) หลังการเก็บเกี่ยว (post-harvest) การเก็บรักษา (storage) และกระบวนการขนส่ง (transportation) (Kosicki *et al.*, 2016) โดยเชื้อราที่มักพบปนเปื้อนในระยณะนี้คือ เชื้อราแอสเปอร์จิลลัส เพนนิซิลเลียม และฟูซาเรียม เป็นต้น เมื่อมีการเจริญของเชื้อราดังกล่าว ย่อมส่งผลให้เกิดสารพิษจากเชื้อราตามมาได้ โดยพบปนเปื้อนได้ในทุกระยะของห่วงโซ่อาหาร และสามารถส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น กระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ และสัตว์ รวมถึงทำให้เกิดความสูญเสีย ทางเศรษฐกิจ เป็นต้น (Ashiq *et al.*, 2014) ปัจจุบันพบว่ามีสารพิษจากเชื้อราที่แตกต่างกันถึง 300 ชนิดที่สามารถแยกได้ และมีแนวโน้มที่จะพบชนิดของสารพิษจากเชื้อราเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากในปัจจุบันยังมีสารพิษที่เชื้อราผลิต และยังไม่สามารถจำแนกได้ (Zinedine, 2010) ทั้งนี้ปริมาณสารพิษจากเชื้อราที่พบ จะมีระดับที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ระดับต่ำถึงระดับสูง ขึ้นกับสภาวะที่เหมาะสมต่อการสร้างสารพิษจากเชื้อรา แหล่งปนเปื้อนของเชื้อราที่สำคัญได้แก่วัตถุดิบอาหาร สัตว์ อาหารสัตว์สำเร็จรูป พืช ผัก ผลไม้ เมล็ดธัญพืชต่างๆ รวมถึงถั่ว และงา (Pascari *et al.*, 2018) โดยสารพิษจากเชื้อราชนิดหลักที่พบปนเปื้อนในวัตถุดิบทางการเกษตร และส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ได้แก่ อะฟลาทอกซิน ออกคราทอกซิน ซีราลีโนน ฟูโมนิซิน และไตรโคทีซิน เป็นต้น

โดยสารพิษจากเชื้อราที่มีรายงานความเป็นพิษและผลกระทบต่อสุขภาพสูงสุดได้แก่ สารพิษจากเชื้อราในกลุ่มอะฟลาทอกซิน ซึ่งสารพิษกลุ่มดังกล่าวเป็นสารที่ถูกผลิตขึ้นจากเชื้อราในตระกูล แอสเปอร์จิลลัส (*Aspergillus* spp.) โดยสารพิษจากเชื้อราอะฟลาทอกซินมีมากกว่า 20 ชนิด ชนิดที่พบปนเปื้อนบ่อย ได้แก่ อะฟลาทอกซินบี1 (aflatoxin B1, AFB1) อะฟลาทอกซินบี2 (aflatoxin B2, AFB2) อะฟลาทอกซินจี1 (aflatoxin G1, AFG1) อะฟลาทอกซินจี2 (aflatoxin G2, AFG2) อะฟลาทอกซินเอ็ม1 (aflatoxin M1, AFM1) และอะฟลาทอกซินเอ็ม2 (aflatoxin M2, AFM2) (Akhtar *et al.*, 2017) การสร้างสารพิษสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในช่วงของการเพาะปลูกและการเก็บรักษาภายหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต การปนเปื้อนอะฟลาทอกซินพบได้ทั้งในวัตถุดิบอาหารทั้งอาหารคน อาหารสัตว์ สินค้าอาหารแห้ง เช่น เครื่องเทศ ผลไม้แห้ง และธัญพืช ถั่ว งา ในเขตร้อน (tropical) และเขตกึ่งร้อน (subtropical) (Udomkun *et al.*, 2017) และหากได้รับอาหารที่มีการปนเปื้อนอะฟลาทอกซินเข้าสู่ร่างกายจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ได้แก่ พิษต่อตับ (hepatotoxic) การก่อมะเร็ง (carcinogen) การเกิดทารกวิรูป (teratogen) และเกิดความผิดปกติต่อระบบภูมิคุ้มกันได้ (Khlangwiset *et al.*, 2011a) โดยองค์การวิจัยมะเร็งนานาชาติ (International Agency for Research on Cancer : IARC) ได้จัดกลุ่มให้อะฟลาทอกซินบี1 (aflatoxin B1; AFB1) ซึ่งพบมีการปนเปื้อนมากที่สุด (Wang *et al.*, 2016) อยู่ในกลุ่ม 1 คือเป็นสารที่สามารถก่อมะเร็งในมนุษย์ได้ (IARC, 1993)

วัตถุประสงค์

โครงการวิจัยนี้จะทำการศึกษาการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราชนิดต่างๆ รวมทั้งสิ้น 16 ชนิดที่ผลิตจากเชื้อรา 3 กลุ่มหลักได้แก่ *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp. และ *Penicillium* spp. ในข้าว (*Oryza*

sativa) พันธุ์ต่างๆ ได้แก่ ข้าวขาวหอมมะลิ ข้าวขาว ข้าวญี่ปุ่น ข้าวกล้อง ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวเหนียวขาว ข้าวเหนียวดำ ข้าวแดง (สังข์หยด ข้าวเก่าและข้าวมันปู) ข้าว GABA และบาร์เลย์ รวม 10 สายพันธุ์ที่วางจำหน่ายในประเทศไทย โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อให้ทราบถึงอุบัติการณ์และระดับการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราในกลุ่มต่างๆในข้าวและบาร์เลย์ที่วางจำหน่ายในประเทศไทย
2. เพื่อประเมินความเสี่ยงจากการสัมผัสสารพิษจากเชื้อราในข้าวของผู้บริโภคในประเทศไทย
3. เพื่อศึกษาและพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์สารพิษจากเชื้อราในกลุ่มต่างๆ โดยใช้วิธีที่ได้มาตรฐานและเป็นที่ยอมรับกันอย่างสากล
4. เพื่อเป็นการส่งเสริมการพัฒนาศักยภาพของนักวิจัยให้เกิดความเชี่ยวชาญเฉพาะสาขาสารพิษจากเชื้อรา รวมถึงการพัฒนามาตรฐานของห้องปฏิบัติการของหน่วยงานให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล

วิธีการวิจัย

โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราชนิดต่างๆรวมทั้งสิ้น 16 ชนิด ที่ผลิตจากเชื้อราในกลุ่ม *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp. และ *Penicillium* spp. ในข้าว (*Oryza sativa*) จำนวน 10 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวหอมมะลิ ข้าวขาว ข้าวกล้อง ข้าวหอมนิล ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวเหนียวขาว ข้าวเหนียวดำ ข้าวสังข์หยด ข้าวเก่า ข้าวมันปู ซึ่งจำหน่ายในประเทศไทย โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ข้าวสารทั้ง 10 สายพันธุ์ สายพันธุ์ละ 30 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้นจำนวน 300 ตัวอย่าง จากร้านค้าในเขตกรุงเทพมหานคร จากนั้นจะนำตัวอย่างมาสกัดแล้วตรวจวิเคราะห์หาปริมาณของสารพิษจากเชื้อรา ด้วยเครื่อง Liquid Chromatography Tandem-mass Spectrometry (LC-MS/MS) โดยมีรายละเอียดของวิธีวิจัยดังนี้

ดำเนินการสุ่มเก็บตัวอย่างข้าวสายพันธุ์ต่างๆจำนวน 9 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวขาวหอมมะลิ ข้าวขาว ข้าวญี่ปุ่น ข้าวกล้อง ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวเหนียวขาว ข้าวเหนียวดำ ข้าวแดง (สังข์หยด ข้าวเก่าและข้าวมันปู) ข้าว GABA และบาร์เลย์ ที่วางจำหน่ายในประเทศไทย จากห้างสรรพสินค้าและร้านค้าต่างๆในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ชนิดละ 30 ตัวอย่าง รวมตัวอย่าง 300 ตัวอย่างทำการบันทึกข้อมูลชื่อผลิตภัณฑ์บริษัทผู้ผลิตประเทศผู้ผลิตวัตถุดิบชนิดหลักที่ใช้ในการผลิตวัน/เดือน/ปีที่ผลิต จากนั้นนำตัวอย่างจากแต่ละบรรจุภัณฑ์มาทำการปั่นบดให้ละเอียด แล้วทำการ sampling ตัวอย่างละ 2 กรัม ใส่ลงในหลอดพลาสติกแบบมีฝาปิดสำหรับปั่นเหวี่ยง ทำการสกัดตัวอย่างด้วยเทคนิค QuEChERS ตัวอย่างที่ได้จากการสกัดนำไปกรองผ่าน syringe membrane filter ขนาด 0.2 ไมครอน จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค LC-MS/MS โดยทำการวิเคราะห์สารพิษจากเชื้อราทั้งหมด 16 ชนิดในการวิเคราะห์ตัวอย่างเพียงครั้งเดียว (simultaneous analysis) ซึ่งสารพิษจากเชื้อราที่ทำการตรวจวิเคราะห์ได้แก่ aflatoxin B₁ (AFB₁), aflatoxin B₂ (AFB₂), aflatoxin G₁ (AFG₁), aflatoxin G₂ (AFG₂), ochratoxin A (OTA), citrinin (CTN), nivalenol (NIV), deoxynivalenol (DON), diacetoxyscirpenol (DAS), T-2 toxin (T-2), fumonisin B1 (FB1),

fumonisin B2 (FB2), zearalenone (ZEA), sterigmatocystin (STG), beauvericin (BEA) and alternariol (ATL)

ทั้งนี้ภายหลังจากได้ข้อมูลปริมาณการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ แล้ว นำข้อมูลดังกล่าวมาประกอบการคำนวณเพื่อการประเมินความเสี่ยงจากการสัมผัสสารพิษจากเชื้อราที่มีต่อสุขภาพของผู้บริโภคต่อไป ซึ่งขั้นตอนในการประเมินความเสี่ยงและวิธีการคำนวณการสัมผัสสารพิษจากเชื้อราจากการบริโภคมีรายละเอียดดังนี้

การประเมินการรับสัมผัส (Exposure assessment)

จากผลการวิเคราะห์ระดับของสารพิษจากเชื้อราที่ตรวจพบในตัวอย่างข้าวร่วมกับข้อมูลปริมาณการบริโภคข้าวของประชากรในประเทศไทย (สำนักงานมาตรฐานสินค้าและระบบคุณภาพ, 2557) นำมาคำนวณค่าการรับสัมผัสเฉลี่ยต่อวัน (Average daily intake, ADI) ตามสมการที่ 1 ดังนี้

$$ADI = (C \times IR) / BW \quad (\text{สมการที่ 1})$$

โดย ADI = ปริมาณของสารพิษที่ได้รับเฉลี่ยต่อวัน (นาโนกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน)

C = ปริมาณการปนเปื้อนของสารพิษในตัวอย่างเฉลี่ย (นาโนกรัม/กรัม)

IR = อัตราการบริโภคข้าว (กรัม/วัน)

BW = น้ำหนักของร่างกาย (กิโลกรัมน้ำหนักตัว)

การอธิบายลักษณะของความเสี่ยง (Risk characterization)

ภายหลังจากการประเมินการรับสัมผัสแล้วนำค่า ADI ที่ได้มาคำนวณค่า Hazard quotient (HQ) เพื่ออธิบายลักษณะความเสี่ยงตามความเป็นพิษของสารเคมีแบบสารที่ไม่ก่อมะเร็งตามสมการที่ 2 ดังนี้

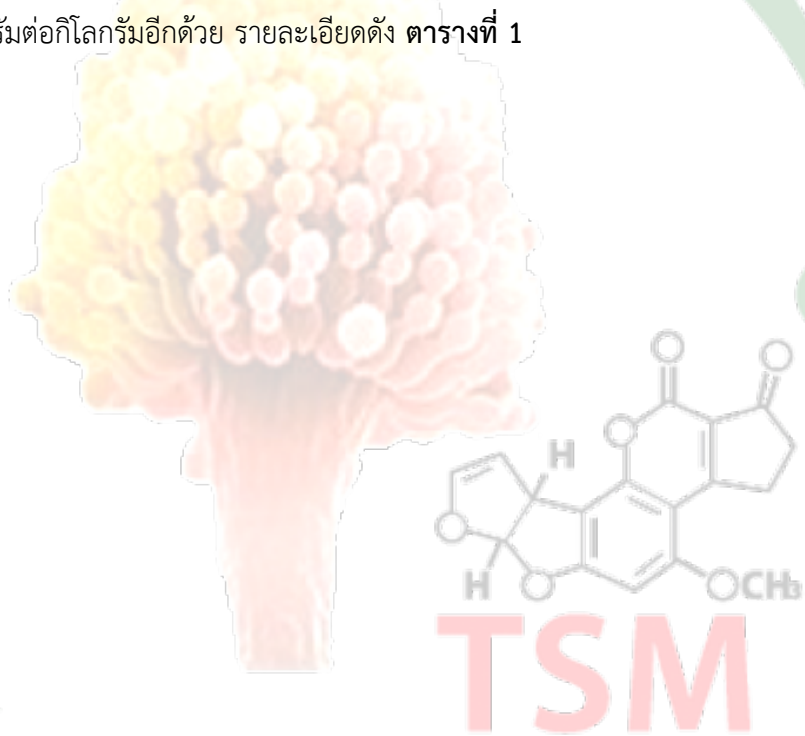
$$\% HQ = (ADI / PMTDI) * 100 \quad (\text{สมการที่ 2})$$

โดย PMTDI = ค่าอ้างอิงของปริมาณของสารพิษจากเชื้อราสูงสุดที่มนุษย์สามารถรับเข้าสู่ร่างกายได้ทุกวันโดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ

หากค่า HQ ที่คำนวณได้น้อยกว่าหรือเท่ากับ 100% อธิบายได้ว่าระดับของสารพิษจากเชื้อราที่ร่างกายได้รับจากการบริโภคข้าวไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญ แต่ถ้าค่า HQ มากกว่า 100% บ่งชี้ว่าระดับของสารที่ได้รับไม่ปลอดภัยต่อสุขภาพ

ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์

จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างข้าวสายพันธุ์ต่างๆและบาร์เลย์จำนวนรวม 300 ตัวอย่างโดยสกัดตัวอย่างด้วยวิธี QuEChERS และวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเทคนิค LC-MS/MS พบการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราชนิดต่างๆในตัวอย่างที่นำมาทำการวิเคราะห์จำนวน 124 ตัวอย่างหรือคิดเป็นร้อยละ 41.33 โดยพบการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อรามากกว่า 1 ชนิดในตัวอย่างจำนวน 48 ตัวอย่างที่พบการปนเปื้อนอีกด้วย ซึ่งอุบัติการณ์การปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราจะมีความแตกต่างกันในข้าวแต่ละสายพันธุ์ โดยสารพิษจากเชื้อราชนิดหลักที่พบการปนเปื้อนได้แก่ beauvericin, diacetoxyscirpenol, zearalenone และ aflatoxins อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราที่ตรวจพบในตัวอย่างกับค่าการปนเปื้อนสูงสุดที่กำหนด (ML) ของสหภาพยุโรปที่กำหนดไว้ (European Commission, 2006) พบว่าปริมาณของสารพิษจากเชื้อราที่พบในทุกตัวอย่างต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด นอกจากนี้ระดับการปนเปื้อนสารพิษจากเชื้อราในกลุ่มอะฟลาทอกซินที่พบในตัวอย่างข้าวทุกตัวอย่างยังมีระดับต่ำกว่าค่ากำหนดที่ยอมรับให้มีการปนเปื้อนได้ของสารพิษจากเชื้อราในกลุ่มอะฟลาทอกซินโดยกระทรวงสาธารณสุขของประเทศไทยที่กำหนดไว้ที่ระดับไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมอีกด้วย รายละเอียดดัง ตารางที่ 1



ตารางที่ 1 ปริมาณของสารพิษจากเชื้อราที่ตรวจพบในตัวอย่างข้าวสายพันธุ์ต่างๆ

สารพิษจากเชื้อรา	การปนเปื้อน	ชนิดของตัวอย่าง										ระดับการปนเปื้อนสูงสุดที่กำหนดโดย EU (µg/kg)
		ข้าวขาว	ข้าวขาวหอมมะลิ	ข้าวญี่ปุ่น	ข้าวเหนียวขาว	ข้าวกล้อง	ข้าว GABA	ข้าวเหนียวดำ	ข้าวแดง	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	บาร์เลย์	
AFB ₁	การปนเปื้อน (%)	0/30 (0)	0/30 (0)	0/30 (0)	0/30 (0)	0/30 (0)	2/30 (6.67)	6/30 (20)	0/30 (0)	3/30 (10)	0/30 (0)	2
	ค่าเฉลี่ย (µg/kg) ^a	-	-	-	-	-	1.38	1.44	-	1.48	-	
AFG ₁	การปนเปื้อน (%)	0/30 (0)	1/30 (3.33)	0/30 (0)	1/30 (3.33)	0/30 (0)	0/30 (0)	0/30 (0)	0/30 (0)	0/30 (0)	0/30 (0)	4 (AFs)
	ค่าเฉลี่ย (µg/kg) ^a	-	1.41	-	1.78	-	-	-	-	-	-	
ZEA	การปนเปื้อน (%)	3/30 (10)	1/30 (3.33)	1/30 (3.33)	11/30 (36.67)	0/30 (0)	4/30 (13.33)	4/30 (13.33)	0/30 (0)	14/30 (46.67)	0/30 (0)	100
	ค่าเฉลี่ย (µg/kg) ^a	60.91	60.42	58.55	92.79	-	67.94	54.13	-	71.94	-	
BEA	การปนเปื้อน (%)	6/30 (20)	5/30 (16.67)	7/30 (23.33)	5/30 (16.67)	15/30 (50.0)	18/30 (60.0)	20/30 (66.67)	14/30 (46.67)	15/30 (50.0)	6/30 (20)	n.a.
	ค่าเฉลี่ย (µg/kg) ^a	1.49	1.21	1.27	1.55	2.45	1.73	1.85	2.03	2.40	2.65	
DAS	การปนเปื้อน (%)	1/30 (3.33)	0/30 (0)	3/30 (10)	0/30 (0)	0/30 (0)	2/30 (6.67)	4/30 (13.33)	3/30 (10)	5/30 (16.67)	0/30 (0)	n.a.
	ค่าเฉลี่ย (µg/kg) ^a	4.78	-	7.25	-	-	11.61	11.47	6.77	7.74	-	
STER	การปนเปื้อน (%)	0/30 (0)	1/30 (3.33)	0/30 (0)	0/30 (0)	0/30 (0)	0/30 (0)	7/30 (23.33)	0/30 (0)	1/30 (3.33)	0/30 (0)	n.a.
	ค่าเฉลี่ย (µg/kg) ^a	-	3.51	-	-	-	-	3.76	-	5.25	-	

สำหรับการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการรับประทานข้าวประเภทต่างๆคำนวณตามสมการที่ 1 และสมการที่ 2 และแสดงผลดังปรากฏในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณสารพิษจากเชื้อราที่ได้รับจากการบริโภคต่อวันและความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคข้าว

สารพิษจากเชื้อรา	ชนิดของตัวอย่าง	ปริมาณสารพิษจากเชื้อราที่ได้รับจากการบริโภคต่อวัน (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน)		การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ		
		อัตราการบริโภคเฉลี่ย (กรัมต่อวัน)	อัตราการบริโภคเปอร์เซ็นไทล์ที่ 97.5 (กรัมต่อวัน)	TDI or PMTDI ($\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{day}$)	HQ _{mean} (%)	HQ _{P97.5} (%)
AFB ₁	ข้าว GABA	0.000642259	0.001958769	0.001 (TDI)		
	ข้าวเหนียวดำ	0.000593659	0.003504185			
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	0.000727005	0.002217231			
AFG ₁	ข้าวขาวหอมมะลิ	0.000717159	0.002019692	0.001(TDI)		
	ข้าวเหนียวขาว	0.000225274	0.001329723			
ZEA	ข้าวขาว	0.052565007	0.148035692	0.5	1.68-10.52 %	17.99-29.61 %
	ข้าวขาวหอมมะลิ	0.030924371	0.087090462		1.58-6.18 %	4.46-17.42 %
	ข้าวญี่ปุ่น	0.045384462	0.118523077		1.66-6.13 %	4.32-17.28 %
	ข้าวเหนียวขาว	0.043808077	0.258583323		7.87-8.76 %	46.48-51.72 %
	ข้าว GABA	0.025971827	0.079209231		3.29-5.19 %	10.03-15.84 %
	ข้าวเหนียวดำ	0.014419867	0.085115938		1.67-2.88 %	9.86-17.02 %
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	0.066822747	0.203796923		12.19-13.36 %	37.18-40.76 %
BEA	ข้าวขาว	0.001798798	0.005065846	0.1 (TDI)	1.17-1.80 %	3.29-5.06 %
	ข้าวขาวหอมมะลิ	0.001425141	0.004013538		0.79-1.42 %	2.24-4.01 %
	ข้าวญี่ปุ่น	0.001768643	0.004980923		1.16-1.77 %	3.28-4.98 %
	ข้าวเหนียวขาว	0.000492207	0.002905354		0.30-0.49 %	1.77-2.90 %
	ข้าวกล้อง	0.002405595	0.007336615		2.22-2.40 %	6.78-7.34 %
	ข้าว GABA	0.002032104	0.006197538		1.89-2.03 %	5.75-6.20 %
	ข้าวเหนียวดำ	0.001490899	0.008800308		1.41-1.49 %	8.34-8.80 %
	ข้าวแดง	0.001915881	0.005843077		1.72-1.91 %	5.25-5.84 %
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	0.002360195	0.007198154		2.17-2.36 %	6.64-7.20 %
	บาร์เลย์	0.001196139	0.003648761		0.90-1.20 %	2.76-6.65 %

TSM

ตารางที่ 2 ปริมาณสารพิษจากเชื้อราที่ได้รับจากการบริโภคต่อวันและความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคข้าว (ต่อ)

สารพิษจากเชื้อรา	ชนิดของตัวอย่าง	ปริมาณสารพิษจากเชื้อราที่ได้รับจากการบริโภคต่อวัน (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน)		การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ		
		อัตราการบริโภคเฉลี่ย (กรัมต่อวัน)	อัตราการบริโภคเปอร์เซ็นไทล์ที่ 97.5 (กรัมต่อวัน)	TDI or PMTDI ($\mu\text{g}/\text{kg bw}/\text{day}$)	HQ _{mean} (%)	HQ _{P97.5} (%)
DAS	ข้าวขาว	0.007736665	0.021788308	2	0.03-0.39 %	0.09-1.09 %
	ข้าวญี่ปุ่น	0.009471220	0.026673231		0.14-0.47 %	0.40-1.33 %
	ข้าว GABA	0.004575715	0.013955077		0.07-0.23 %	0.21-0.70 %
	ข้าวเหนียวดำ	0.003645663	0.021519211		0.09-0.18 %	0.52-1.07 %
	ข้าวแดง	0.004285155	0.013068923		0.06-0.21 %	0.19-0.65 %
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	0.005171363	0.015771692		0.12-0.26 %	0.36-0.79 %
STER	ข้าวขาวหอมมะลิ	0.001068528	0.003009231	0.1 (TDI)	0.46-1.07 %	1.30-3.01 %
	ข้าวเหนียวดำ	0.001157617	0.006833046		1.01-1.56 %	5.99-6.83 %
	ข้าวไรซ์เบอร์รี่	0.000598675	0.001825846		0.32-0.60%	0.97-1.82 %

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ทำให้ได้ทราบข้อมูลการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราชนิดต่างๆ 16 ชนิดในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ และบาร์เลย์ที่จำหน่ายในประเทศไทย ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมข้อมูลการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราในข้าวที่มีรายงานในประเทศไทยยังมีจำกัด ข้อมูลที่ได้จึงเป็นข้อมูลใหม่ที่ศึกษาพฤติกรรมการปนเปื้อนร่วมกับการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารพิษจากเชื้อราชนิดต่างๆ ซึ่งผลการศึกษาพบการปนเปื้อนของสารจากเชื้อราซึ่งปริมาณการปนเปื้อนที่พบทุกตัวอย่างมีค่าต่ำกว่าค่าการปนเปื้อนมาตรฐานของสารพิษทั้งนี้เมื่อประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการได้รับสารพิษจากเชื้อราที่ปนเปื้อนในข้าวพบว่าปริมาณสารพิษจากเชื้อราที่ได้รับจากการบริโภคข้าวไม่เกินปริมาณสารที่ร่างกายสามารถรับได้ต่อวันแล้วไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ (PMTDI) แสดงให้เห็นว่าความเสี่ยงของผู้บริโภคจากการได้รับสารพิษจากเชื้อราที่ปนเปื้อนในข้าวต่อการเกิดปัญหาสุขภาพมีระดับต่ำอย่างไร้ก็ สารพิษจากเชื้อราสามารถพบการปนเปื้อนในวัตถุดิบทางการเกษตรได้เสมอ และประเทศไทยเป็นประเทศที่มีสภาวะแวดล้อมเอื้อต่อการเจริญของเชื้อราและการผลิตสารพิษ อีกทั้งสารพิษจากเชื้อรามีความคงทนและไม่สามารถทำลายให้หมดลงอย่างสมบูรณ์ได้ จึงควรมีการเฝ้าระวังการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ อย่างสม่ำเสมอเพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาวต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิทยาการขั้นสูงเพื่อเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Aiko, V. and A. Mehta. 2015. Occurrence, Detection and Detoxification of Mycotoxins. *Journal of Biol sci.* 40: 943-954.
2. Ashiq, S., M. Hussain and B. Ahmad. 2014. Natural Occurrence of Mycotoxins in Medicinal Plants: A Review. *Fungal Genet Biol.* 66: 1-10.
3. Codex. 2011. Codex general standards for contaminants and toxins in foods and feeds, codex standard 193-1995. Available: <http://www.scribd.com> . Accessed June 20, 2011.
4. El Khoury, A., Rizk, T., Lteif, R., Azouri, H., Delia, M.L., Lebrihi, A. 2008. Fungal contamination and Aflatoxin B1 and Ochratoxin A in Lebanese wine-grapes and musts. *Food Chem. Toxicol.* 46: 2244-2250.
5. European Commission. 2006. Commission regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuff. *Off J Eur Union. L* 364:5-24.
6. European Commission. 2010. Commission Regulation (EU) No 165/2010 of 26 February 2010 amending Regulation (EC) No 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs as regards aflatoxins. *Off J Eur Union. L*50:8-12.
7. Ferre, F.S., 2016. Worldwide occurrence of mycotoxins in rice. *Food Control*, 62, 291-298.
8. Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO). Manual on the application of the HACCP system in mycotoxin prevention and control, No. 73. FAO Food and Nutrition Paper, FAO: Rome; 2001.
9. IARC. 1993. Some naturally occurring substances: food items and constituents, heterocyclic aromatic amines and mycotoxins. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Lyon (France): International Agency for Research on Cancer. 56: 489-521.

10. JECFA. 2001. JECFA Evaluations-Ochratoxin A. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. [www. Inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v47j04.htm](http://www.Inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v47j04.htm).
11. Kosicki, R., A. Blajet-Kosicka, J. Grajewski and M. Twaruzek. 2016. Multiannual Mycotoxin Survey in Feed Materials and Feedingstuffs. *Anim Feed Sci Technol.* 215: 165-180.
12. Midio, A. F., Campos, R .R., Sabino, M., 2001. Occurrence of aflatoxin B1, B2, G1 and G2 in cooked food components of whole meals marketed in fast food outlets of the city of Sao Paulo, SP, Brazil. *Food Addit. Contam.* 18: 445-448.
13. Pascari, X., A.J. Ramos, S. Marin and V. Sanchis. 2018. Mycotoxins and Beer. Impact of Beer Production Process on Mycotoxin Contamination. A Review. *Food Research International.* 103: 121-129.
14. Pfohl-Leskowicz, A., Manderville, R. 2007. Review on ochratoxin A: an overview on toxicity and carcinogenicity in animals and humans. *Mol. Nutr. Food Res.* 51: 61–69.
15. Reddy. O.R. and Sathyanarayana, N., 2001. Seed-borne fungi of rice and quarantine significance. In S. Sreenivasaprasad and R. Johnson (Eds), *Major fungal diseases of rice, recent advances*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers 367pp.
16. Raiola, A., G.C. Tenore, L. Manyes, G. Meca and A. Ritieni. 2015. Risk Analysis of Main Mycotoxins Occurring in Food for Children: An Overview *Food Cosmet Toxicol.* 84: 169-180.
17. Udomkun, P., A.N. Wiredu, M. Nagle, J. Müller, B. Vanlauwe and R. Bandyopadhyay. 2017. Innovative Technologies to Manage Aflatoxins in Foods and Feeds and the Profitability of Application – a Review. *Food Control.* 76: 127-138.
18. Williams, J. H., Phillips, T. D., Jolly, P.E., Stiles, J.K., Jolly, C.M., Aggarwal, D. 2004. Human aflatoxicosis in developing countries: a review of toxicology, exposure, potential health consequences, and interventions. *Am. J. Clin. Nutr.* 80: 1106–1122.

19. Zain, M.E. 2011. Impact of Mycotoxins on Humans and Animals. J Saudi Chem Soc. 15: 129-144.
20. Zinedine, A. 2010. Ochratoxin a in Moroccan Foods: Occurrence and Legislation. Toxins (Basel). 2: 1121-1133.

