

## ผลของความร้อนในกระบวนการแปรรูปอาหารต่อการลดปริมาณออกคราทอกซินเอในข้าวโพด

## Effect of heat in food processing on the reduction of ochratoxin A content in corn

พรรณรพี เอี่ยมทวีเจริญ<sup>1</sup> วรภา มหากาญจนกุล<sup>1</sup> สุวรรณ กัดพันธุ์ และ ภัทรพงษ์ ยั่งยืน<sup>2</sup>  
Panrapee lamtaeweejarloen<sup>1</sup>, Warapa Mahakarnchanakul<sup>1</sup>, Suwunna Kladpun<sup>2</sup> and Patarapong Yangyuen<sup>2</sup>

## Abstract

The study of ochratoxin A (OTA) reduction in corn processing was conducted by spiking corns with OTA at concentrations of 5 and 20 ppb, then contaminated corns were processed by dry heat (baked at 110 and 120°C, 15 min), moist heat (steam at 110 and 121°C, 15 min) and making boiling (as corn paste at 85-90°C, 30 min). The results showed that corn contaminated with OTA 5 ppb was reduced by 16.1% when boiling at 85-90°C was applied, which is the highest reduction in this study. Baked and steam at 110°C reduced OTA 9.28% and 2.64%, while at higher temperature 121°C reduced OTA 4.09% and 7.92%, respectively. Cooking contaminated corn 20 ppb OTA, as corn paste, could reduce OTA 6.05 %, while baked and steam at 110°C reduced 4.40% and 0.86%, and reduced 7.02% and 4.26% when temperature increased to 121°C, respectively. In conclusion these three processes could not reduce 20 ppb OTA contaminated in corn to the acceptable level (<5 ppb), and cooked the corn at high contamination (20 ppb) could reduce OTA less than at low OTA contamination (5 ppb). Therefore, prevention and control of fungal growth and OTA contamination in corn by implementation of the best practices in post harvest should be the promising procedure to reduce the risk and enhance safety to our food.

**Keywords:** Ochratoxin A reduction, Heat processing, Corn

## บทคัดย่อ

ผลการศึกษาการลดปริมาณออกคราทอกซินเอในข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนแบบแห้ง (อบที่ 110 และ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที) ความร้อนแบบเปียก (นึ่งที่ 110 และ 121 องศาเซลเซียส, 15 นาที) และแบบต้ม (ที่ 85-90 องศาเซลเซียส 30 นาที) สร้างการปนเปื้อนที่ระดับความเข้มข้น 5 และ 20 พีพีบี พบว่า ข้าวโพดต้มมีปริมาณออกคราทอกซินเอลดลงมากที่สุดคือจากปริมาณเริ่มต้น 5 พีพีบี ลดลงเหลือ 4.19 พีพีบีหรือร้อยละ 16.1 ส่วนข้าวโพดที่อบแห้งและนึ่งที่ 110 องศาเซลเซียส มีปริมาณออกคราทอกซินเอ ลดลงร้อยละ 9.28 และ 2.64 ส่วนที่อุณหภูมิสูงขึ้น คือ 121 องศาเซลเซียส มีปริมาณออกคราทอกซินเอ ลดลงร้อยละ 4.09 และ 7.92 ตามลำดับ หากปริมาณออกคราทอกซินเริ่มต้น 20 พีพีบี ข้าวโพดต้มจะมีปริมาณออกคราทอกซินลดลงร้อยละ 6.05 ส่วนการอบและนึ่งที่ 110 องศาเซลเซียส ทำให้ปริมาณออกคราทอกซินลดลงร้อยละ 4.40 และ 0.86 ส่วนที่ 121 องศาเซลเซียส ลดลงร้อยละ 7.02 และ 4.26 ตามลำดับ สรุปได้ว่า ความร้อนในกระบวนการแปรรูปอาหารทั้ง 3 วิธีไม่สามารถลดปริมาณออกคราทอกซินเอในข้าวโพดที่ปนเปื้อนในระดับสูงคือ 20 พีพีบีให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้แต่ความร้อนที่อุณหภูมิเดียวกันสามารถลดออกคราทอกซินเอในข้าวโพดที่มีปริมาณการปนเปื้อนต่ำ (5 พีพีบี) ได้ดีกว่า ข้าวโพดที่ปนเปื้อนในปริมาณสูง (20 พีพีบี) การควบคุมป้องกันการเจริญของเชื้อราและการสร้างออกคราทอกซินเอในข้าวโพด วัตถุประสงค์เริ่มต้นจึงเป็นเรื่องสำคัญต่อการจัดการลดความเสี่ยงและเพิ่มความปลอดภัยของอาหารโดยกระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ถูกต้อง

**คำสำคัญ:** การลดปริมาณออกคราทอกซินเอ, ความร้อน, ข้าวโพด

## คำนำ

ออกคราทอกซินเอ (Ochratoxin A) เป็นสารพิษที่ผลิตจากเชื้อราในกลุ่ม *Aspergillus* spp. และ *penicillium* spp. เชื้อราที่สามารถสร้างสารพิษออกคราทอกซินเอนี้ได้แก่ เชื้อรา *Aspergillus* 8 species ได้แก่ *A. ochraceus*, *A. alliaceus*, *A. ostianus*, *A. sclerotiorum*, *A. sulphureus*, *A. melleus*, *A. petrakii* และ *A. glaucus* (Varga et al., 1996) ปัจจุบันพบว่า

<sup>1</sup> ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

<sup>1</sup> Department of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok 10900

<sup>2</sup> ฝ่ายเครื่องมือและวิจัยทางวิทยาศาสตร์ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

<sup>2</sup> Scientific Equipment and Research Deviation, Kasetsart University Research and Development Institute, Kasetsart University, Bangkok 10900

ราคาบางชนิดสามารถสร้างสารพิษชนิดดังกล่าวได้ เช่น *A. niger*, *A. foetidus* และ *A. carbonarius* (Samson et al., 2004) โดยเชื้อราในกลุ่ม *Aspergillus* นั้นมักพบในสภาพอากาศร้อนชื้น ส่วนในบริเวณที่สภาพอากาศหนาวเย็นจะพบเชื้อรา *Penicillium* เช่น *Penicillium villicatum* และ *P. aurantiogriseum* สารพิษจากเชื้อราออกคราทอกซินเอ ครอบคลุมระบบการทำงานของไตในมนุษย์และสัตว์และก่อให้เกิดมะเร็งได้ถ้าได้รับสารพิษและสะสมในปริมาณที่มากเพียงพอ มีรายงานว่าพบสะสมในเนื้อสัตว์ที่มนุษย์บริโภคเช่น เนื้อหมู (Patamalai et al., 2008) ความปลอดภัยในแง่ของปริมาณนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร ปัจจุบันพบสารพิษจากเชื้อราออกคราทอกซินเอในอาหารหลายชนิด อาหารประเภทรังผึ้งซึ่งถือว่าเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญทั้งในคนและสัตว์พบรายงานการปนเปื้อนสารพิษจากเชื้อราออกคราทอกซินเอ เช่น ข้าวโพด (Palermo et al., 2002; Domojan et al., 2005 and Zinedine et al., 2006) และข้าวโพดนั้นถูกนำไปเป็นวัตถุดิบอาหารต่อไปจึงเป็นที่น่าสนใจว่าหากข้าวโพดปนเปื้อนผ่านกระบวนการผลิตโดยเฉพาะการให้ความร้อนจะมีสารพิษหลงเหลืออยู่เท่าใด งานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาผลของความร้อนในระดับการปรุงอาหาร ได้แก่ การอบแห้ง การนึ่งและการทำข้าวโพดบดต้มต่อการลดปริมาณสารพิษเชื้อราออกคราทอกซินเอในข้าวโพด

### อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

นำข้าวโพดแห้ง (ยี่ห้อ aro, Thailand) ปลอดสารพิษเชื้อราออกคราทอกซินเอ บดด้วยเครื่องบดตัวอย่าง (Romer Series II Mill, USA) โดยเฉลี่ยให้มีขนาด 20 mesh สร้างการปนเปื้อนด้วยสารพิษเชื้อราออกคราทอกซินเอมาตรฐาน (Sigma, Germany) ที่ระดับความเข้มข้นระดับต่ำและสูงคือ 5 พีพีบี และ 20 พีพีบี นำข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการสร้างการปนเปื้อนทั้งสองระดับความเข้มข้นผ่านกระบวนการให้ความร้อน 3 วิธี คือ การให้ความร้อนแบบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน (Memmert Model 400, Germany) การให้ความร้อนแบบเปียกโดยใช้หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) โดยทั้งสองวิธี ใช้อุณหภูมิสองระดับคือ ที่ 110 และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที วิธีการทำเปียก คือ วิธีการนำข้าวโพดบดมาต้มโดยให้อุณหภูมิระหว่างการต้ม 30 นาทีอยู่ในช่วง 85-90 องศาเซลเซียส เมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนแบบต่างๆ แล้ว นำตัวอย่างข้าวโพดสกัดสารพิษจากเชื้อราออกคราทอกซินเอที่เหลืออยู่ ทำการกำจัดสิ่งปนเปื้อนในตัวอย่างด้วย Immunoaffinity column (Vicam Ochratest, USA) และนำไปตรวจวิเคราะห์ปริมาณด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (Water Model 2695e, USA) เปรียบเทียบกับปริมาณสารพิษออกคราทอกซินเอที่ไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนโดยทดลองตัวอย่างละ 3 ครั้งต่อหน่วยการทดลอง

### ผล

จากกระบวนการให้ความร้อนทั้งสามวิธี พบว่า การให้ความร้อนแบบแห้งหรืออบสามารถลดปริมาณสารพิษเชื้อราออกคราทอกซินเอที่ระดับความเข้มข้นสารพิษเริ่มต้น ที่ 5 และ 20 พีพีบี ได้ร้อยละ 9.28 และ 4.4 ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส 15 นาที สำหรับที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที สามารถลดปริมาณสารพิษจากเชื้อราออกคราทอกซินเอได้ร้อยละ 4.09 และ 4.26 ตามลำดับ กระบวนการให้ความร้อนแบบเปียกหรือการนึ่ง สามารถลดปริมาณสารพิษออกคราทอกซินเอที่ 110 องศาเซลเซียส ได้ร้อยละ 2.64 และ 7.02 ที่ระดับความเข้มข้นเริ่มต้นที่ 5 และ 20 พีพีบี สำหรับที่ 121 องศาเซลเซียส ที่ระดับความเข้มข้นเริ่มต้น 5 และ 20 พีพีบี สามารถลดปริมาณสารพิษเชื้อราออกคราทอกซินเอได้ร้อยละ 7.92 และ 0.86 ตามลำดับ กระบวนการทำเปียกหรือข้าวโพดบดต้ม โดยใช้อุณหภูมิ 85-90 องศาเซลเซียส พบว่า สามารถลดปริมาณสารพิษจากเชื้อราออกคราทอกซินเอได้ร้อยละ 16.1 และ 6.05 ที่ระดับความเข้มข้นเริ่มต้น 5 และ 20 พีพีบี Fig 1-3 แสดงร้อยละการลดลงของปริมาณสารพิษออกคราทอกซินเอเมื่อให้ความร้อนแบบแห้ง (อบ) แบบเปียก (นึ่งภายใต้ความดัน 15 psi) และแบบเปียก (บดและต้ม) เมื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า กระบวนการทำข้าวโพดเปียกหรือข้าวโพดบดต้มให้ผลการลดปริมาณออกคราทอกซินเอได้ดีที่สุดโดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกระบวนการให้ความร้อนแบบเปียกที่อุณหภูมิ 110°C ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 95

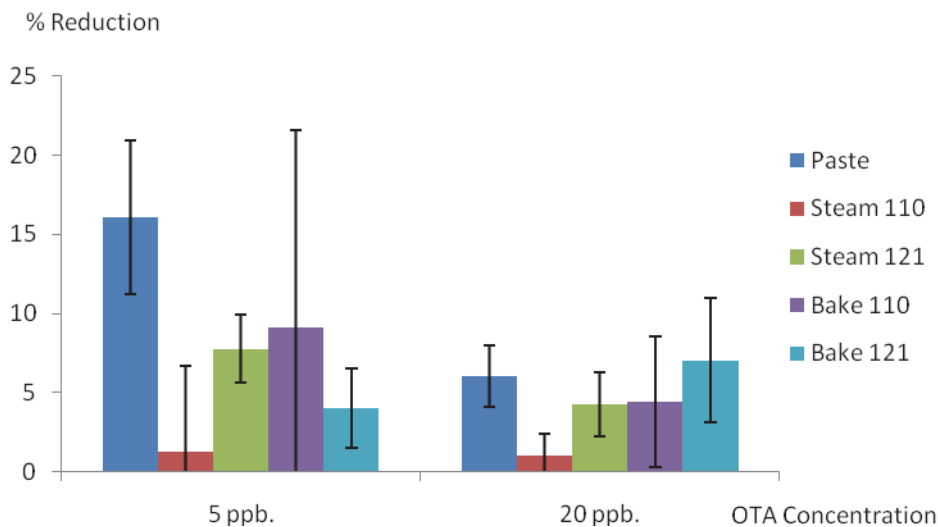


Figure 1 The reduction percentage of OTA spiked in corn after different heat processing and temperature

**วิจารณ์ผล**

เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของสารพิษออกคราทอกซินเป็นสารประเภท เฟนิลอลานีน (Phenylalanine) เกาะกับไอโซคูมารินนิวคลีโอ (Isocoumarin nuclei) (van der Merwe et al., 1965) ซึ่งพื้นฐานของโครงสร้างเป็นเบนซีนที่แข็งแรงและทนต่อความร้อนได้ดี จากการทดลอง พบว่า ความร้อนในระดับหุงต้มที่ 85-121 องศาเซลเซียส เวลา 15-30 นาที ภายใต้สภาพความชื้นแห้ง ความร้อนเปียก (นี้ภายใต้ความดัน) และแบบทำเปียก (ข้าวโพดต้ม) ไม่สามารถลดปริมาณออกคราทอกซินเอ ที่ระดับความเข้มข้นเริ่มต้น 20 พีพีบี ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภค หากข้าวโพดป่นเป็นอนออกคราทอกซินเอในระดับต่ำ คือ 5 พีพีบี อุณหภูมิบางระดับสามารถลดปริมาณออกคราทอกซินเอให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยได้ วิธีการให้ความร้อนเพื่อใช้ในการหุงต้ม ที่เหมาะสมต่อการลดปริมาณออกคราทอกซินเอในข้าวโพดจากการทดลอง คือ กระบวนการทำเปียกหรือข้าวโพดต้ม สามารถลดปริมาณออกคราทอกซินเอได้ร้อยละ 16.1 ที่ระดับการปนเปื้อนออกคราทอกซินเอเริ่มต้น 5 พีพีบี การให้ความร้อนแบบเปียกส่งผลต่อการลดปริมาณออกคราทอกซินเอได้ดีกว่าการให้ความร้อนแบบแห้ง เช่น ข้าวโพดต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ระดับการปนเปื้อนออกคราทอกซินเอ 5 พีพีบี ลดได้ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Boudra และคณะ (1994) พบว่าการเติมน้ำลงในแป้งสาลีร้อยละ 50 สามารถลดปริมาณออกคราทอกซินเอได้ที่อุณหภูมิ 100 และ 150 องศาเซลเซียส

**สรุป**

กระบวนการให้ความร้อนที่มีประสิทธิภาพต่อการลดปริมาณออกคราทอกซินเอ คือ กระบวนการเปียกหรือข้าวโพดต้ม (85-90°C, 30 นาที) ซึ่งสามารถปรับใช้ในระดับครัวเรือนได้ แต่หากปริมาณสารพิษในวัตถุดิบข้าวโพดสูงมาก กระบวนการดังกล่าวอาจไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการลดปริมาณออกคราทอกซินเอ ดังนั้น กระบวนการควบคุมป้องกันการเจริญของเชื้อราและป้องกันไม่ให้มีออกคราทอกซินเอในข้าวโพดวัตถุดิบเริ่มจึงเป็นเรื่องสำคัญ การจัดการคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวที่ดี โดยเฉพาะการควบคุมความชื้น การเก็บรักษาที่เหมาะสมและถูกสุขลักษณะช่วยลดความเสี่ยงต่อการพบสารพิษเชื้อราออกคราทอกซินในข้าวโพดและเพิ่มความปลอดภัยของอาหารได้

**คำขอบคุณ**

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนวิจัยจากศูนย์วิทยาการขั้นสูงเพื่อเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ห้องปฏิบัติการสารพิษเชื้อรา ฝ่ายเครื่องมือและวิจัยทางวิทยาศาสตร์ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

- Boudra, H., P. Bar and J.L. Bar 1995. Thermostability of Ochratoxin A in Wheat under Two Moisture Condition. Appl. Environ. Microbiol. 61:1156-1158.
- Domijan, A.M., M. Peraica, Z. Jurjevic, D. Ivic and B. Cvjetkovic. 2005. Fumonisin B1, fumonisin B2, zearalenone and ochratoxin A contamination of maize in Croatia. Food Addit. Contam 22:677-680.
- Palermo, D., P. Pietrobono, C. Palermo and T. Rotunno, 2002. Occurrence of ochratoxin A in cereals from Puglia (Italy). Ital J Food Sci 14:447-453.
- Patamalai, B., N., Lertworapreecha and T. Damrongwatanapokin. 2008. Determination of Ochratoxin A Residues in Pig Tissues in Thailand. Proceedings, The 15th Congress of FAVA 27-30 October FAVA OIE Joint Symposium on Emerging Diseases. P.75
- Samson, R.A. and J.C. Frisvad. 2004. *Penicillium* subgenus *Penicillium*: New taxonomic schemes, mycotoxins and other extrolites. Stud. Mycol. 49: 1-260.
- Van der Merwe, K.J., P.S. Steyn, L. Fourie, D.B. Scott and J.J. Theron. 1965. Ochratoxin a, a toxic metabolite produced by *Aspergillus ochraceus* Wilh. Nature 205:1112-1113.
- Varga, J., E. Kevei, E. Rinyu, E.J. Teren and C.Z. Kozakiewi. 1996. Ochratoxina production by *Aspergillus* spices. Appl. Environ. Microbiol. 62:4461-4464
- Zinedine, A., C. Elakhdari, S. Catano, C. Debegnach, F. Angelini, S. De Santis, B. Faid, M. Benlemlih, M. Minardi and V. Miraglia. 2006. Natural occurrence of mycotoxins in cereals and spices commercialized in Morocco. Food Control 17:868-874.