

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. ชุดโครงการวิจัย : ระบุชื่อชุดโครงการวิจัยตามแบบ ว1-ก ที่ผ่านการอนุมัติ
2. โครงการวิจัย : ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการสูญเสียผลิตผลเกษตร
หลังการเก็บเกี่ยว

กิจกรรม : ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเชื้อราในการสร้างสารพิษ

3. ชื่อการทดลอง(ภาษาไทย): ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณก๊าซ
คาร์บอนไดออกไซด์ต่อการเจริญของเชื้อรา *Fusarium moniliforme* และ
ความสามารถในการสร้างสารพิษในธัญพืช

ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ): ระบุชื่อการทดลองตามแบบ ว1-ก ที่ผ่านการอนุมัติ

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง : น.ส. สุพี วนศิริกุล สังกัด กวป.

ผู้ร่วมงาน : น.ส. เนตรา สมบูรณ์แก้ว สังกัด กวป.

น.ส. ศุภรา อัคระสาระกุล สังกัด กวป.

5. บทคัดย่อ

ศึกษาการเจริญของเชื้อรา *Fusarium moniliforme* และการสร้างสารพิษฟูโมนิซินของเชื้อราที่อุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกัน เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับคาดการณ์ความเสียหายในการปนเปื้อนเชื้อราและสารพิษ จากการศึกษาพบว่า เชื้อรา *F. moniliforme* ในอาหาร Yeast Extract Sucrose Agar (YES) สามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 25, 20, 30 และ 15°C ตามลำดับ ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) 0.99, 0.95, 0.93 และ 0.90 ตามลำดับ และความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 1,000 ppm ขณะที่อุณหภูมิ 35°C เชื้อราเจริญได้น้อย และที่อุณหภูมิ 40 °C ไม่พบการเจริญของเชื้อรา และปริมาณน้ำอิสระในระดับ 0.75-0.85 เชื้อราไม่มีการเจริญเติบโต นอกจากนี้เชื้อราสามารถสร้างสารพิษฟูโมนิซินได้ดีที่อุณหภูมิ 20 °C ปริมาณน้ำอิสระที่ระดับ 0.99 สำหรับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 300, 600 และ 1,000 ppm พบการสร้างสารพิษในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาจัดทำแผนภาพแบบโครงร่าง (contour graph) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ปริมาณน้ำอิสระ และความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการเจริญของเชื้อรา *F. moniliforme* และการสร้างสารพิษฟูโมนิซิน พบว่าเชื้อราสามารถเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 18 – 32 °C ปริมาณน้ำอิสระ 0.90 – 0.99 และความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 300 – 1,000 ppm เชื้อรามีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน สำหรับผลต่อการสร้างสารพิษฟูโมนิซิน พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสร้างสารพิษอยู่ในช่วง 17- 24 °C ปริมาณน้ำอิสระ 0.91

- 0.99 และความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อการสร้างสารพิษฟูโมนิซิน สำหรับการสร้างสารพิษในตัวอย่างเมล็ดข้าวโพด ภายใต้อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน พบว่า อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงขึ้น มีแนวโน้มทำให้เชื้อรามีการสร้างสารพิษมากขึ้นด้วย โดยอุณหภูมิ 15-20 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 60% และความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 300 ppm เชื้อรามีการสร้างสารพิษในปริมาณน้อย จากข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาปรับใช้ในการเก็บรักษาเมล็ดข้าวโพดหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดโอกาสในการปนเปื้อนสารพิษฟูโมนิซิน

6. คำนำ

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (climate change) คือ การเปลี่ยนแปลงลักษณะอากาศเฉลี่ย (average weather) ในพื้นที่หนึ่ง ลักษณะอากาศเฉลี่ย หมายความว่ารวมถึง ลักษณะทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับอากาศ เช่น อุณหภูมิ ฝน ลม เป็นต้น ในความหมายตามกรอบของอนุสัญญาว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ FCCC (Framework Convention on Climate Change) การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ คือ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อันเป็นผลทางตรงหรือทางอ้อมจากกิจกรรมของมนุษย์ ที่ทำให้องค์ประกอบของบรรยากาศเปลี่ยนแปลงไป นอกเหนือจากความผันแปรตามธรรมชาติ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2550) จากการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคต ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2643 หรือ ค.ศ. 2100 อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยของประเทศไทยสูงขึ้นทุกพื้นที่ และส่วนใหญ่สูงขึ้นประมาณ 4-5 °C เมื่อเทียบกับในช่วงทศวรรษที่ 2000 ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความอ่อนแอของพืช รวมทั้งส่งผลกระทบต่อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุในการก่อให้เกิดโรคและการสร้างสารพิษในผลิตภัณฑ์เกษตร

ฟูโมนิซิน (Fumonisin; FB) เป็นสารพิษที่สร้างโดยเชื้อราในกลุ่ม *Fusarium* เช่น *F. moniliforme* และ *F. proliferatum* พบปนเปื้อนในธัญพืชหลายชนิด เช่น ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง และข้าวสาลี (Marasas et al., 1984) รากลุ่มนี้สามารถสร้างสารพิษฟูโมนิซินหลายอนุพันธ์ โดยอนุพันธ์ที่พบมากและมีพิษรุนแรง คือ Fumonisin B₁ (FB₁) และ Fumonisin B₂ (FB₂) สภาวะที่เหมาะสมต่อการสร้างสารพิษ FB₁ คือที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ภายในระยะเวลา 13 สัปดาห์ สารพิษนี้เป็นสาเหตุของโรคเกี่ยวกับระบบประสาทที่เรียกว่า equine leukoencephalomalacia ในม้า ทำให้ม้าเสียชีวิตและตายเนื่องจากสมองถูกทำลาย โรคปอดบวมน้ำ (porcine pulmonary edema) ในสุกร (Dupuy et al., 1993; Melcion et al., 1997) สารพิษฟูโมนิซินที่พบในผลิตภัณฑ์เกษตรหลายชนิด ทั้งในอาหารมนุษย์และอาหารสัตว์ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคโดยตรง เมื่อได้รับสารพิษฟูโมนิซินเข้าไป อาจทำให้เกิดความเป็นพิษต่อระบบประสาท ตับ ไต หัวใจ มีอาการปวดบวม สมองบวม ทำให้เซลล์ตายแบบ apoptosis และอาจก่อให้เกิดโรคมะเร็งในหลอดอาหารกับคนในประเทศจีนและแอฟริกาใต้อีกด้วย (จุฬารัตน์, 2551) ในปี ค.ศ. 1993 องค์กร International Agency for Research on Cancer (IARC) ได้จัดให้ฟูโมนิซิน ปี 1 และ ปี 2 เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์กลุ่ม 2B (IARC, 1993)

สารพิษฟูโมนิซินจะถูกสร้างโดยเชื้อราเมื่อมีสภาวะที่เหมาะสม โดยเฉพาะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ในประเทศไทยพบเชื้อรา *F. moniliforme* เป็นเชื้อราสาเหตุที่สร้างสารพิษฟูโมนิซิน และพบในเมล็ด

ข้าวโพดเป็นส่วนใหญ่ Marin et al. (1995) รายงานว่าเชื้อรา *F. moniliforme* และ *F. proliferatum* ที่เลี้ยงในข้าวโพด สามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำอิสระ (aw) มากกว่า 0.925 ในข้าวโพด สภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทั่วทุกภูมิภาคในประเทศไทย และอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อพืชทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว รวมทั้งมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ปนเปื้อนทั้งในสถานที่ปลูกและสถานที่เก็บรักษาภายหลังการเก็บเกี่ยว การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยเฉพาะระดับของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่เปลี่ยนแปลงต่อการเจริญของเชื้อราและประสิทธิภาพของเชื้อราในการสร้างสารพิษ รวมทั้งผลกระทบต่อความรุนแรงในการก่อให้เกิดการเน่าเสียในผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว จึงมีความจำเป็นเพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่เป็นประโยชน์ในการคาดการณ์สภาวะการณ์ที่อาจเกิดขึ้นเมื่อสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงไป

7. วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. อาหารเลี้ยงเชื้อ : potato dextrose agar (PDA), yeast extract, agar
2. กล่องพลาสติก
3. กลีเซอรอล
4. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
5. เมล็ดข้าวโพด
6. เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิและความชื้น
7. เครื่องวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

วิธีการ

ศึกษาการเจริญของเชื้อรา *Fusarium moniliforme* และประสิทธิภาพการสร้างสารพิษในอาหารเลี้ยงเชื้อ

การเตรียมเชื้อรา *F. moniliforme*

1. เก็บตัวอย่างข้าวโพดมาแยกเชื้อรา *F. moniliforme* โดยวิธี Direct plate method บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA

2. คัดเลือกราก *F. moniliforme* นำมาแยกเลี้ยงให้บริสุทธิ์บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ใหม่

3. เตรียม spore suspension ของเชื้อราให้มีความเข้มข้นของสปอร์เท่ากับ 1×10^6

การเลี้ยงเชื้อรา *F. moniliforme* ในสภาวะจำลอง

วางแผนการทดลองแบบ split plot จำนวน 3 ซ้ำ โดย

main plot คือ ความเข้มข้นของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 3 ระดับ ได้แก่ 300, 600, 1000

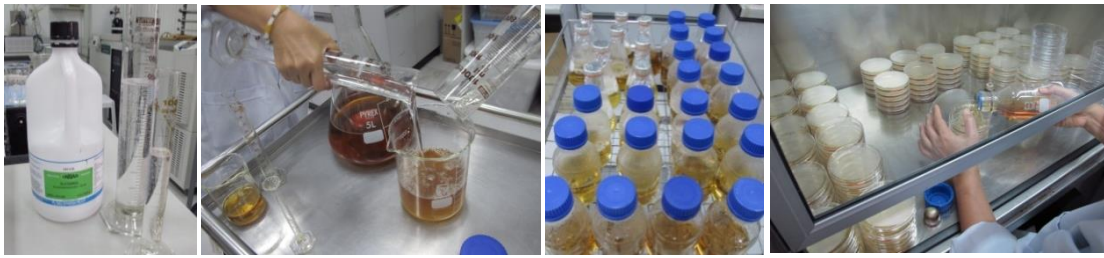
ppm

subplot คือ ปริมาณน้ำอิสระ (water activity) 7 ระดับ ได้แก่ 0.75, 0.80, 0.85, 0.90, 0.93, 0.95

และ 0.99

โดยทำการทดลอง 6 ระดับอุณหภูมิ ได้แก่ 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 °C

1. เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ YES medium ที่ระดับปริมาณน้ำอิสระ (water activity) 0.75, 0.80, 0.85, 0.90, 0.93, 0.95 และ 0.99 โดยใช้กลีเซอรอล (glycerol) เป็นตัวปรับระดับ (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีปริมาณน้ำอิสระแตกต่างกันโดยกลีเซอรอลและน้ำกลั่น

2. หยด spore suspension (ความเข้มข้น 10^6 ต่อมิลลิลิตร) 1 หยดปริมาณ 5 ไมโครลิตร (μL) ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละหน่วยศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของเชื้อรา *F. moniliforme* เลี้ยงเชื้อราในกล่องพลาสติกที่จำลองสภาพอากาศระดับต่างๆ (ภาพที่ 2)

3. วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของเชื้อรา *F. moniliforme* ทุก 2 วัน เป็นเวลา 10 วัน

4. ทดสอบความสามารถในการสร้างสารพิษของเชื้อรา *F. moniliforme* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ ในวันที่ 14 ของการเลี้ยงเชื้อด้วยวิธี ELISA โดยชุดทดสอบสำเร็จรูป



ภาพที่ 2 การเติม CO_2 ในกล่องเพื่อดัดแปลงสภาพบรรยากาศในการเลี้ยงเชื้อรา และการเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิ

ศึกษาประสิทธิภาพการสร้างสารพิษฟูโมนิซินในผลิตภัณฑ์

วางแผนการทดลองแบบ split plot จำนวน 3 ซ้ำ โดย

main plot คือ ความเข้มข้นของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 3 ระดับ ได้แก่ 300, 600 และ 1000 ppm

subplot คือ ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ 3 ระดับ ได้แก่ 60, 70, และ 80%

โดยทำการทดลอง 6 ระดับอุณหภูมิ ได้แก่ 15, 20, 25, 30, 35 และ 40°C

1. ใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นตัวแทนของผลิตผลเกษตร บดเมล็ดข้าวโพดให้ละเอียด และฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่อาจปนเปื้อนมาด้วยวิธีการนึ่งที่อุณหภูมิ 121°C

2. หยด spore suspension ของเชื้อรา *F. moniliforme* (เข้มข้น 10^7 สปอร์ต่อมิลลิลิตร) ลงบนเมล็ดข้าวโพดที่ฆ่าเชื้อแล้ว ผสมให้ทั่ว เก็บรักษาภายใต้การจำลองสภาพอากาศ เป็นเวลา 14 วัน (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 หยด spore suspension ของ *F. moniliforme* ลงบนข้าวโพดบด และเก็บรักษาภายใต้สภาพอากาศต่างๆ

3. ทดสอบความสามารถของ *F. moniliforme* ในการสร้างสารฟูโมนิซิน โดยนำข้าวโพดจากข้อ 2 มาสกัด และวิเคราะห์หาปริมาณสารฟูโมนิซิน ด้วยวิธี ELISA โดยชุดทดสอบสำเร็จรูป Veratox[®] NEOGEN

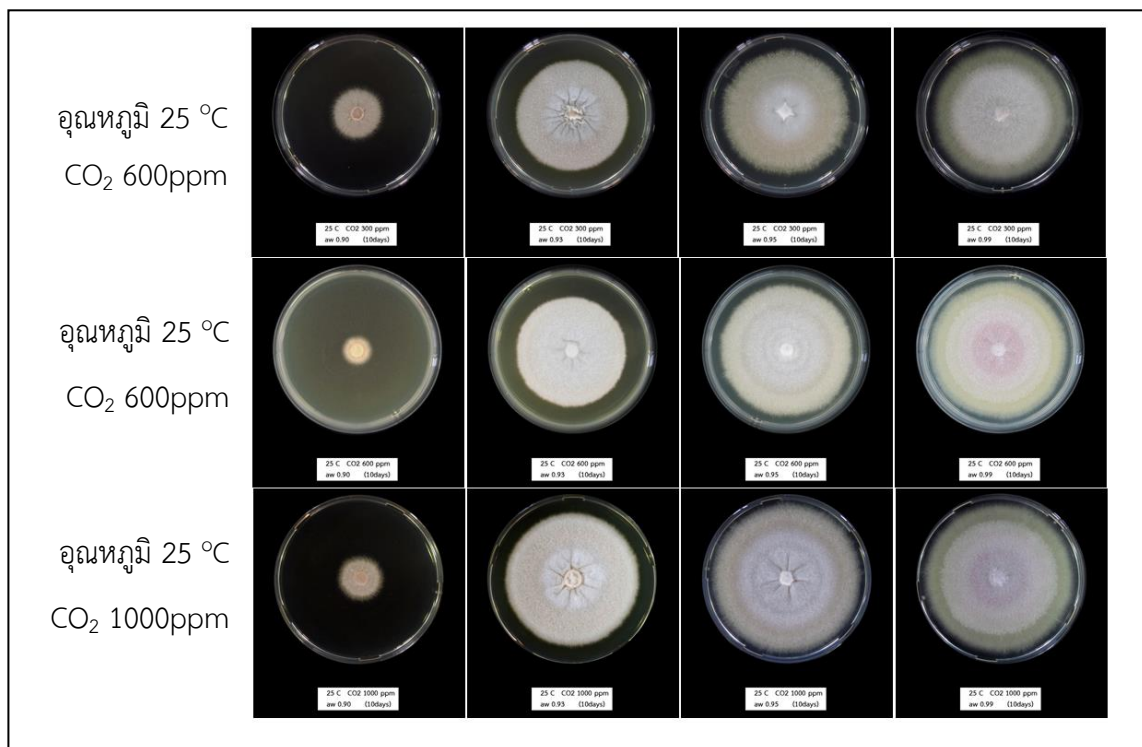
- เวลาและสถานที่

ตุลาคม 2556 – กันยายน 2558 ห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

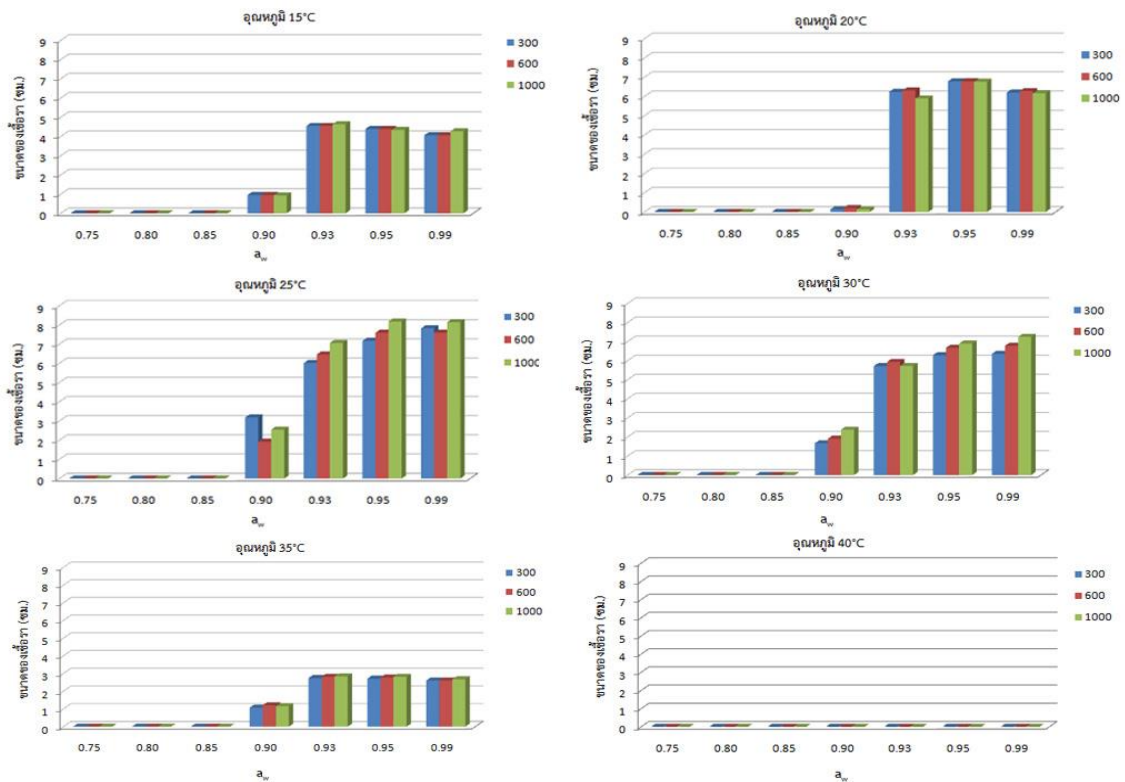
8. ผลการทดลองและวิจารณ์

ศึกษาการเจริญของเชื้อรา *Fusarium moniliforme* และประสิทธิภาพการสร้างสารพิษในอาหารเลี้ยงเชื้อ

การทดสอบการเลี้ยงเชื้อรา *F. moniliforme* ที่อุณหภูมิ 15 20 25 30 35 และ 40°C ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 300 600 และ 1,000 ppm ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Yeast Extract Sucrose Agar (YES) ที่มีปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในระดับ 0.75-0.99 ตามกรรมวิธีที่กำหนด พบว่า การเจริญเติบโตของเชื้อรา *F. moniliforme* ที่ระยะเวลา 10 วัน ภายใต้อุณหภูมิต่างๆ เชื้อราที่มีอัตราการเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 25 20 30 และ 15 °C ตามลำดับ ขณะที่อุณหภูมิ 35°C เชื้อราเจริญได้น้อย และที่อุณหภูมิ 40 °C ไม่พบการเจริญของเชื้อรา ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในระดับ 0.75-0.85 ทำให้เชื้อรา *F. moniliforme* ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ซึ่งเชื้อราสามารถเจริญได้ในระดับ a_w 0.90-0.99 และเจริญได้ดีที่ a_w 0.99 0.95 0.93 และ 0.90 ตามลำดับ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1000 ppm ทำให้อัตราการเจริญเติบโตของเชื้อราสูงกว่าที่ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 600 และ 300 ppm (ภาพที่ 4, 5)



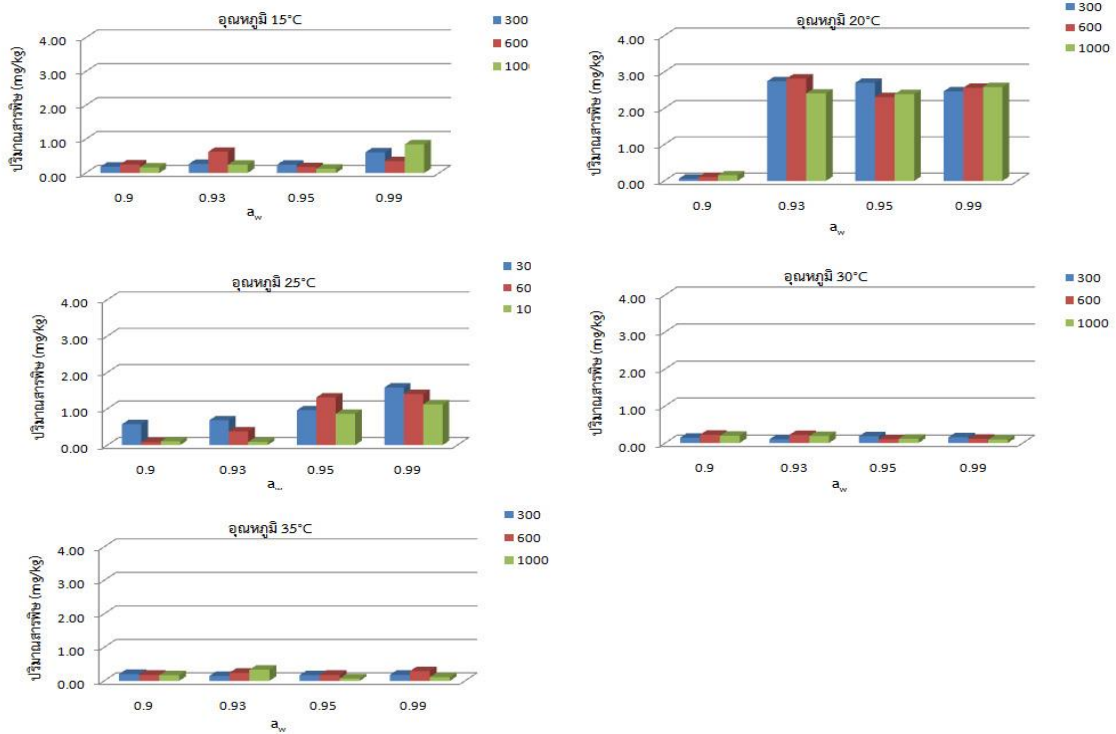
ภาพที่ 4 การเจริญของเชื้อรา *F. moniliforme* ที่อุณหภูมิ 25 °C ระยะเวลา 10 วัน



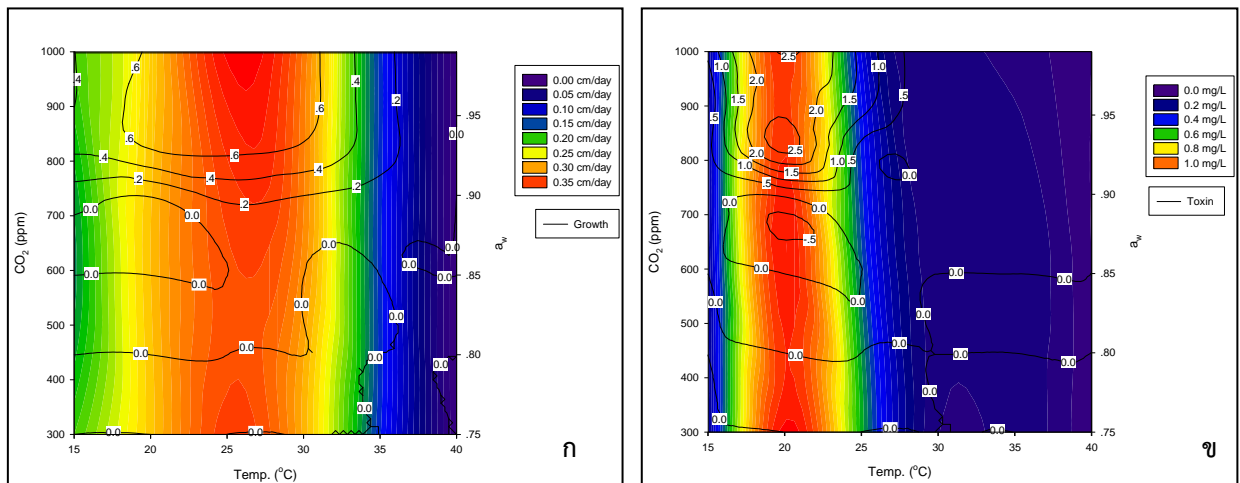
ภาพที่ 5 การเจริญเติบโตของเชื้อราที่ระยะเวลา 10 วัน ในอาหารเลี้ยงเชื้อ YES ภายใต้อุณหภูมิ ปริมาณน้ำอิสระ และปริมาณ CO₂ ต่างกัน

การร่ำงสารพิษของเชื้อราในอาหารเลี้ยงเชื้อพบว่า เชื้อราสร้างสารพิษได้ดีที่อุณหภูมิ 20°C ขณะที่ อุณหภูมิ 30°C ขึ้นไป เชื้อมีการร่ำงสารพิษน้อยลง ปริมาณน้ำอิสระต่อการร่ำงสารพิษของเชื้อรา พบว่า เชื้อราสร้างสารพิษได้ดีที่ a_w 0.99 0.95 0.93 และ 0.90 ตามลำดับ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการร่ำงสารพิษของเชื้อราที่อุณหภูมิ 20 °C พบว่าที่ a_w 0.99 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน ทำให้การร่ำงสารพิษไม่แตกต่างกัน ที่ a_w 0.95 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 300 ppm เชื้อราสามารถ ร่ำงสารพิษได้สูงสุด และที่ a_w 0.93 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 600 ppm เชื้อราสามารถร่ำงสารพิษ ได้สูงสุด (ภาพที่ 6)

เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาจัดทำแผนภาพแบบโครงร่าง (contour graph) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างอุณหภูมิ ปริมาณน้ำอิสระ และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *F. moniliforme* และการร่ำงสารพิษฟูโมนิซิน (ภาพที่ 7) สรุปได้ว่าเชื้อราสามารถเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 18 – 32 °C ปริมาณน้ำอิสระ 0.90 – 0.99 และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 300 – 1,000 ppm เชื้อรา มีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 7ก) สำหรับผลต่อการร่ำงสารพิษฟูโมนิซิน พบว่า อุณหภูมิที่ เหมาะสมต่อการร่ำงสารพิษอยู่ในช่วง 17- 24 °C ปริมาณน้ำอิสระ 0.91 – 0.99 และปริมาณก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อการร่ำงสารพิษฟูโมนิซิน (ภาพที่ 7ข)



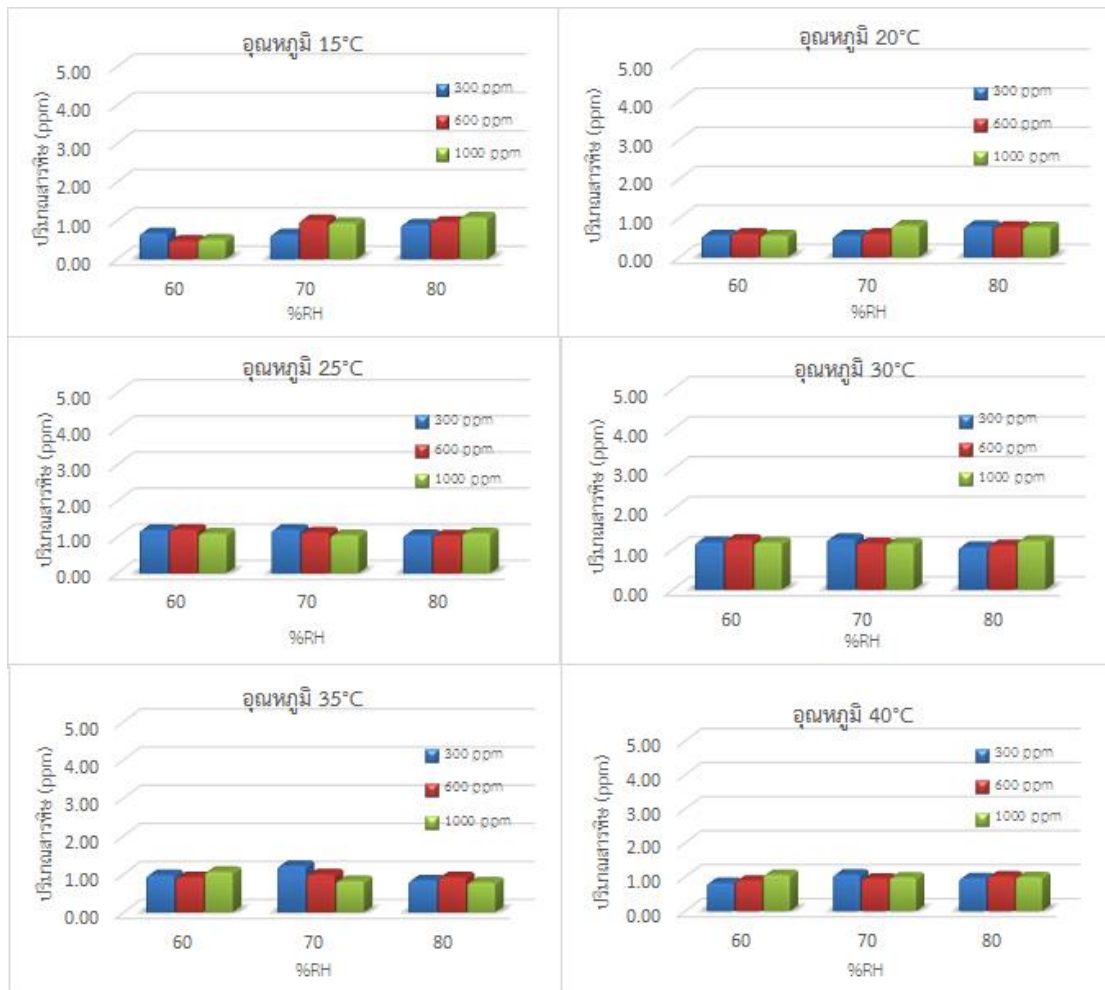
ภาพที่ 6 การสร้างสารพิษของเชื้อรา *F. moniliforme* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ YES



ภาพที่ 7 อิทธิพลของอุณหภูมิ ปริมาณน้ำอิสระ และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการเจริญของเชื้อรา *F. moniliforme* (ก) และการสร้างสารพิษฟูโมนิซิน (ข) ในอาหารเลี้ยงเชื้อ YES

ศึกษาประสิทธิภาพการสร้างสารพิษฟูโมนิซินในผลิตภัณฑ์

สำหรับการสร้างสารพิษของเชื้อราในเมล็ดข้าวโพดบด ภายใต้อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกัน พบว่า อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงขึ้น มีแนวโน้มทำให้เชื้อราที่มีการสร้างสารพิษมากขึ้นด้วย โดยอุณหภูมิ 15-20 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 60% และความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 300 ppm เชื้อราที่มีการสร้างสารพิษในปริมาณน้อย (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 การสร้างสารพิษของเชื้อรา *F. moniliforme* ในเมล็ดข้าวโพดบด ภายใต้อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณ CO₂ ต่างกัน

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. เชื้อรา *F. moniliforme* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Yeast Extract Sucrose Agar (YES) สามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 25°C ปริมาณน้ำอิสระ 0.99 และความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1,000 ppm
2. เชื้อรา *F. moniliforme* ที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อ Yeast Extract Sucrose Agar (YES) สร้างสารพิษได้ดีที่อุณหภูมิ 20 °C ปริมาณน้ำอิสระ 0.99 และความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1,000 ppm
3. เชื้อรา *F. moniliforme* ที่เจริญในตัวอย่างข้าวโพด สร้างสารพิษได้ปริมาณน้อยสุดเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 60% และความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 300 ppm ซึ่งเป็นสถานะที่สามารถนำไปใช้ในการเก็บรักษาผลิตผลเกษตรได้

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

สามารถนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการเก็บรักษาผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งการเก็บรักษาผลิตผลเกษตรที่อุณหภูมิ 15-20°C ความชื้นสัมพัทธ์น้อยกว่า 60% ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ 300 ppm เป็นสภาพแวดล้อมที่เชื้อรา *F. moniliforme* มีอัตราการเจริญเติบโตน้อย ทำให้โอกาสในการปนเปื้อนเชื้อราและสารพิษในผลิตผลเกษตรลดน้อยลงได้

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี) : อาจมีหรือไม่มีก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ช่วยเหลือให้งานวิจัยลุล่วงไปด้วยดี แต่มีได้เป็นผู้ร่วมปฏิบัติงานด้วย

12. เอกสารอ้างอิง

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2550. ความรู้อุตุนิยมวิทยา เรื่อง การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. แหล่งที่มา <http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=86#q7>

จุฬารัตน์ เลิศบรรจงศ. 2551. บทที่ 4 สารพิษจากเชื้อรา. ใน เอกสารประกอบการเรียนการสอนรายวิชา สุขภาพสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

Dupuy, J., Le Bars, P.H., Boudra and J., Le Bars. 1993. Thermostability of Fumonisin B1, a Mycotoxin from *Fusarium moniliforme*, in Corn. Applied and Environmental Microbiology: 2864-2867.

IARC. 1993. Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemical to Humans. Some Naturally-Occurring Substances. Food Item and Constituents. Heterocyclic Aromatic Amines and Mycotoxins. *Monographs*, vol. 56. pp. 359- 362.

Marasas, W.F.O.; Nelson, P.E.; Toussoun, T.A. 1984. Toxigenic *Fusarium* species. Identity and Mycotoxicology. The Pennsylvania State University Press. U.S.A. 328p.

Marin S., Sanchis V., Magan N. 1995. Water activity, temperature and PH effects on growth of *Fusarium moniliforme* and *Fusarium proliferatum* isolates from maize. *Canadian Journal of Microbiology*, 41: 1063-1070.

Melcion, D., B., Cahagnier and B., Richard-molard. 1997. Study of the biosynthesis of fumonisins B₁, B₂ and B₃ by different strains of *Fusarium moniliforme*. *Letters in Applied Microbiology* 24: 301-304.

13. ภาคผนวก : เป็นส่วนที่ให้รายละเอียดเพิ่มเติม ซึ่งไม่จำเป็นต้องแสดงไว้ในเนื้อหาของรายงาน เช่น สูตรวิธีคำนวณ ตารางการบันทึกข้อมูลภาพ แสดงเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย แบบสำรวจข้อมูล เป็นต้น ส่วนนี้จะมีหรือไม่มีก็ไม่ทำให้เนื้อหาของรายงานขาดความสมบูรณ์