ผลของอายุการเก็บ ประเภทข้าว และชนิดบรรจุภัณฑ์ต่อการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวสังข์หยด

Effect of Shelf Life, Rice Types and Packaging Type to Aflatoxin B_1 Contamination in Sangyot Rice

คณิตา คงรื่น

Kanita Kongreun

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Environmental Management
Prince of Songkla University
2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของอายุการเก็บ ประเภทข้าว และชนิดบรรจุภัณฑ์ต่อการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวสังข์หยด

ผู้เขียน นางสาวคณิตา คงรื่น

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก **คณะกรรมการสอบ**

....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปาริชาติ วิสุทธิสมาจาร) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธันวดี สุขสาโรจน์)

.....กรรมการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุกูล อินทระสังขา)

....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรัญ งามผ่องใส) (รองศาสตราจารย์ ดร.วสันณ์ เพชรรัตน์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปาริชาติ วิสุทธิสมาจาร)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรัญ งามผ่องใส)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม

.....
(ศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ พงศ์ดารา)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สารบัญ

สารบัญ	**หน้า**
รายการตาราง	(10)
รายการภาพประกอบ	(13)
สัญลักษณ์คำย่อ และตัวย่อ	(15)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 บทนำต้นเรื่อง	1
1.2 บทตรวจเอกสาร	3
1.2.1 ข้าวพันธุ์สังข์หยด	3
1.2.2 สภาพทั่วไปของชุมชนบางแก้วในปัจจุบัน	8
1.2.3 เชื้อรา	10
1.2.4 สารอะฟลาทอกซิน	14
1.2.5 การตรวจพบสารอะฟลาทอกซินในข้าวไทยสำหรับบริโภค	23
1.2.6 วิธีการตรวจวิเคราะห์สารอะฟลาทอกซิน	24
1.3 วัตถุประสงค์	26
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	26
บทที่ 2 วัสดุ อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย	27
2.1วัสดุและอุปกรณ์ (Materials and Equipment)	27
2.2 วิธีดำเนินการวิจัย (Method)	30
บทที่ 3 ผลและอภิปรายผลการทดลอง	44
3.1 การศึกษาผลของอายุการเก็บรักษา ต่อการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวสังข์หยด อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง	44
3.2 การวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวเปลือก ข้าวสารสี และข้าวซ้อมมือ ข้าวสังข์หยด อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง	46
3.3 การศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์บางชนิด ต่อปริมาณการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวสังข์หยด อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง	48

สารบัญ (ต่อ)

สารบัญ	**หน้า**
บทที่ 4 สรุปและข้อเสนอแนะ	52
4.1 สรุปผลการทดลอง	52
4.2 ข้อเสนอแนะ	53
เอกสารอ้างอิง	55
ภาคผนวก ก	63
ภาคผนวก ข	66
ภาคผนวก ค	68
ภาคผนวก ง	70
ประวัติผู้เขียน	80

รายการตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1. ข้อแตกต่างระหว่างข้าวสังข์หยด (GI) เมืองพัทลุงกับข้าวสังข์หยดพัทลุงทั่วไป 5
2. คุณค่าทางโภชนาการในตัวอย่างข้าวสังข์หยด 100 กรัม 6
3. ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ความชื้นในเมล็ดและอุณหภูมิในถุงเก็บข้าวเปลือกสังข์หยด อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง ที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ ระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 45
4. ปริมาณของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ความชื้นในเมล็ด และอุณหภูมิในถุงเก็บข้าวสังข์หยดแบบต่าง ๆ ในพื้นที่ปลูกข้าว อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง 46
5. ปริมาณการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในภาชนะบรรจุ 3 ชนิด เป็นระยะเวลา 1, 2 และ 3 เดือน 49
6. ความชื้นในเมล็ด และอุณหภูมิในถุงเก็บรักษาข้าวซ้อมมือสังข์หยดแบบต่าง ๆ ในภาชนะบรรจุ 3 ชนิด เป็นระยะเวลา 1, 2 และ 3 เดือน 51

ตารางภาคผนวก ค

1. มาตรฐานการปนเปื้อนของสารปนเปื้อนชนิดต่าง ๆ ในอาหาร 69

ตารางภาคผนวก ง

1. ความชื้นในเมล็ดข้าวเปลือก ในระยะการเก็บรักษาในยุ้งฉางเกษตรกร 71
2. อุณหภูมิในถุงเก็บข้าวเปลือก ในระยะการเก็บรักษาในยุ้งฉางเกษตรกร 71
3. ความชื้นในเมล็ดข้าวเปลือก ข้าวสารสี และข้าวสารซ้อมมือ 72
4. อุณหภูมิในถุงเก็บเมล็ดข้าวเปลือก ข้าวสารสี และข้าวสารซ้อมมือ 72
5. ความชื้นในเมล็ดข้าวสังข์หยด ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิดที่ระยะเวลา 1 เดือน 72
6. ความชื้นในเมล็ดข้าวสังข์หยด ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่ระยะเวลา 2 เดือน 72
7. ความชื้นในเมล็ดข้าวสังข์หยด ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่ระยะเวลา 3 เดือน 73
8. อุณหภูมิในถุงเก็บเมล็ดข้าวสังข์หยดในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่ระยะเวลา 1 เดือน 73
9. อุณหภูมิในถุงเก็บเมล็ดข้าวสังข์หยดในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่ระยะเวลา 2 เดือน 73
10. อุณหภูมิในถุงเก็บเมล็ดข้าวสังข์หยดในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่ระยะเวลา 3 เดือน 73

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
11. ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในตัวอย่างข้าวเปลือกสังข์หยด อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง ที่อายุการเก็บรักษา 1 – 6 เดือน	74
12. ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในข้าวเปลือกสังข์หยดจาก 3 พื้นที่ อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง	74
13. ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในข้าวสารสีสังข์หยดจาก 3 พื้นที่ อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง	74
14. ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวสารซ้อมมือสังข์หยดจาก 3 พื้นที่ อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง	75
15. ปริมาณการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด เป็นระยะเวลา 1 เดือน	75
16. ปริมาณการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด เป็นระยะเวลา 2 เดือน	75
17. ปริมาณการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด เป็นระยะเวลา 3 เดือน	76
18. ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ของความชื้นในเมล็ดข้าวสังข์หยด 3 พื้นที่ อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง	76
19. ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ของอุณหภูมิในถุงเก็บข้าวสังข์หยด 3 พื้นที่ อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง	76
20. ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ของปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวสังข์หยดแบบต่างๆ 3 พื้นที่ อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง	77
21. ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ของปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่ระยะเวลา 1 เดือน	77
22. ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ของปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่ระยะเวลา 2 เดือน	77
23. ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ของปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่ระยะเวลา 3 เดือน	78
24. ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ของความชื้นในเมล็ดข้าวสังข์หยด ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่ระยะเวลา 1 เดือน	78
25. ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ของความชื้นในเมล็ดข้าวสังข์หยด ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่ระยะเวลา 2 เดือน	78

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
26. ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ของความชื้นในเมล็ดข้าวสังข์หยด ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่ระยะเวลา 3 เดือน	79

รายการภาพประกอบ

รูปที่	หน้า
1. รูปร่างลักษณะของข้าวเปลือก (a) ข้าวกล้อง (b) ข้าวซ้อมมือ (c) และข้าวสารขัดสี (d)	4
2. อาณาเขตของอำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง	9
3. โครงสร้างของสารอะฟลาทอกซิน ที่ประกอบด้วยสารพิษ 4 ชนิด คือ B_1 B_2 G_1 และ G_2	15
4. ชุด DOA- AFLATOXIN ELISA TEST KIT	28
5. เครื่องบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ รุ่น DZ-400/2T ยี่ห้อ Hualian	29
6. ทรีทเมนต์การวิเคราะห์ปริมาณของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในข้าวเปลือกในพื้นที่ อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง เป็นระยะเวลา 1 - 6 เดือน	31
7. ขั้นตอนการสกัดตัวอย่างข้าวสังข์หยด	33
8. ขั้นตอนการวิเคราะห์สารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในตัวอย่างข้าวสังข์หยด	34
9. เครื่อง Micro ELISA Reader	35
10. จุดเก็บตัวอย่างจาก 3 พื้นที่ของอำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง โดยในแต่ละพื้นที่ จะใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษแทนชื่อของตำแหน่งพื้นที่เก็บตัวอย่าง ได้แก่ พื้นที่ A พื้นที่ B และพื้นที่ C	37
11. ทรีทเมนต์การวิเคราะห์ปริมาณของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวเปลือก จาก 3 พื้นที่ของอำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง	38
12. ทรีทเมนต์การวิเคราะห์ปริมาณของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในข้าวสารสี จาก 3 พื้นที่ของอำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง	39
13. ทรีทเมนต์การวิเคราะห์ปริมาณของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในข้าวสารซ้อมมือ จาก 3 พื้นที่ ของอำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง	39
14. ถุงโพลีเอทิลีนแบบธรรมดา	40
15. ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ	41
16. ขวดแก้วรูปทรงกระบอก	41
17. ทรีทเมนต์การวิเคราะห์ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในข้าวซ้อมมือ ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ได้แก่ ถุงโพลีเอทิลีนแบบธรรมดา ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ และขวดแก้วรูปทรงกระบอก	42

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รายการภาพประกอบภาคผนวก ก **หน้า**

1. ความเข้มของสี ในแต่ละความเข้มข้นต่างๆ 65

2. สารละลายมาตรฐาน AFB_1ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.2, 0.5, 1, 2 และ 5 ppb 65

รายการภาพประกอบภาคผนวก ข

1. ลักษณะของโรงสีข้าวของเกษตรกร อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง 67

2. ครกตำข้าวของเกษตรกรอำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง ใช้ในการตำข้าว (a) ใช้เครื่องจักร (b) ตำด้วยมือ 67

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของอายุการเก็บ ประเภทข้าว และชนิดบรรจุภัณฑ์ต่อการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวสังข์หยด

ผู้เขียน นางสาวคณิตา คงรื่น

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2555

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอายุการเก็บ ประเภทของข้าว และชนิดบรรจุภัณฑ์ต่อการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในข้าวสังข์หยด เพื่อนำข้อมูลไปใช้บริหารจัดการป้องกันการปนเปื้อนของสารดังกล่าว โดยการเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกจากยุ้งฉางของเกษตรกรบรรจุในถุงโพลีเอทิลีนแบบธรรมดา เก็บรักษาไว้ในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิห้อง 30 องศาเซลเซียส และความชื้นในเมล็ดต่ำกว่าร้อยละ 14 เป็นระยะเวลานาน 6 เดือน วิเคราะห์ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ทุกเดือนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ปรากฏว่าไม่พบการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในทุกตัวอย่างข้าวเปลือกที่นำมาตรวจสอบ (detection limit < 0.4 ppb) เมื่อวิเคราะห์การปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในข้าวเปลือก ข้าวสารสี และข้าวสารซ้อมมือที่เก็บไว้ภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกัน (อุณหภูมิระหว่าง 26.3 ± 0.54 - 28.6 ± 0.40 องศาเซลเซียส และความชื้นในเมล็ดระหว่างร้อยละ 7.1 ± 0.94 - 16.8 ± 0.71) พบปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในตัวอย่างข้าวทั้ง 3 ชนิดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยพบปริมาณมากที่สุด 6.25 ±2.46 ppb ในข้าวสารซ้อมมือ ส่วนในข้าวสารสี พบปริมาณ 1.21±0.32 ppb แต่อย่างไรก็ตามไม่พบสารดังกล่าวในข้าวเปลือก นอกจากนี้เมื่อนำข้าวสารซ้อมมือไปเก็บไว้ในถุงโพลีเอทิลีนแบบธรรมดา ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ และขวดแก้วรูปทรงกระบอก เก็บไว้ในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิห้อง 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 3 เดือน หลังจากวิเคราะห์ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ที่ตกค้างในข้าวสารซ้อมมือทุกเดือน พบว่ามีปริมาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ระหว่างภาชนะบรรจุ โดยพบปริมาณสูงสุดในช่วง 11.29±2.75 - 23.81±4.66 ppb เมื่อเก็บไว้ในถุงโพลีเอทิลีนแบบธรรมดา พบปริมาณ 8.89±2.83-18.41±4.25 ppb เมื่อเก็บไว้ในขวดแก้วรูปทรงกระบอก ในขณะที่พบปริมาณต่ำที่สุด 7.97±2.75-13.72±2.73 ppb เมื่อเก็บไว้ในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ อย่างไรก็ตามสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ที่ตรวจพบในการศึกษาครั้งนี้ ส่วนใหญ่มีปริมาณต่ำกว่าค่าตกค้างสูงสุดที่ยอมรับได้ (Maximum Residue Limit, MRL) ที่กำหนดไว้เท่ากับ 20 ppb

ผลการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าการเก็บรักษาข้าวสังข์หยดในรูปของข้าวเปลือกภายใต้อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และความชื้นต่ำกว่า 14 เปอร์เซ็นต์ สามารถป้องกันการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ได้เป็นอย่างดี ในขณะที่ข้าวสารสีและข้าวสารซ้อมมือ มีโอกาสปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ดังกล่าวสูงกว่า ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค เกษตรกรผู้ผลิตข้าวสังข์หยด ควรวางแผนการผลิตข้าวสารสีและข้าวสารซ้อมมือให้อยู่ในตลาดเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมที่ไม่ก่อให้เกิดสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวสารซ้อมมือควรวางจำหน่ายตามท้องตลาดเป็นระยะเวลาไม่เกิน 2 เดือนหากเก็บไว้ในถุงโพลีเอทิลีนแบบธรรมดา และไม่เกิน 3 เดือนหากเก็บไว้ในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ หรือ ขวดแก้วรูปทรงกระบอก

Thesis Title	Effect of Shelf Life, Rice Types and Packaging Type to Aflatoxin B_1 Contamination in Sangyot Rice
Author	Miss. Kanita Kongreun
Major Program	Environmental Management
Acedamic Year	2012

ABSTRACT

The objective of this research were to study the effects of shelf life, rice types and packaging types to aflatoxin B_1 contamination in Sangyot rice. The benefit of the research provided management tactics to prevent the aflatoxin B_1 contamination in this rice. The paddy rice from granary was stored in a common polyethylene bag under room temperature at 30^{o} C and seed moisture content less than 14 % for six months in laboratory. It was sampled to determine the amount of aflatoxin B_1 once a month throughout the period of study. The results showed that the aflatoxin B_1 was not detected (detection limit < 0.4 ppb) in all samples of paddy rice. Contamination of aflatoxin B_1 was analyzed in paddy rice, milled rice and coarse rice under different storage conditions (temperature between 26.3 ± 0.54 to 28.6 ± 0.40 ^{o} C and seed moisture content between 7.1 ± 0.94 to 16.8 ± 0.71 %). The amount of the aflatoxin B_1 was significant different ($P<0.05$) among three types of rice. The level 6.25 ±2.46 ppb was mainly detected in the coarse rice, whereas that of 1.21±0.32 ppb was found in milled rice. However, it was not detected in the paddy rice. In addition, the coarse rice was kept in the common polyethylene bag, the aluminium froil vacuum bag and the cylinderical glass bottle. They were subsequently stored under ambient temperature at 30^{o} C for three month. After monthly determination of the residual aflatoxin B_1, the amount of aflatoxin B_1 was significant different ($P<0.01$) among packaging types. The greastest level ranged from 11.29±2.75 to 23.81±4.66 ppb was detected in the coarse rice stored in the common polyethylene bag. The level ranged from 8.89±2.83 to 18.41±4.25 ppb was found in the cylinderical glass bottle, whereas the lowest level ranged from 7.97±2.75 to 13.72±2.73 ppb was detected in the aluminium froil vacuum bag.

These results suggest that the suitable conditions for Sangyot of the paddy rice storage should be stored under temperature at 30^{o} C and seed moisture content less than 14 % for

best prevent the aflatoxin B_1 contamination in this rice. Whereas, in the milled rice and coarse rice showed that the higher level of aflatoxin B_1 contamination. So that the safe of consumer. Especially, the coarse rice must be shelf in market less than two months with the condition of keeping in common polyethylene bag, and less than three months in aluminium froil vacuum bag or cylinderical glass bottle.

บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำต้นเรื่อง

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีการเพาะปลูกทั่วไปในทุกภูมิภาคของประเทศ เนื่องจากเป็นอาหารหลักของคนไทยที่ต้องมีการบริโภคในชีวิตประจำวัน โดยบริโภคในรูปของข้าวที่ผ่านการขัดสีแล้วหรือข้าวสาร แต่เนื่องด้วยปัจจุบันผู้บริโภคหันมาใส่ใจด้านสุขภาพและโภชนาการมากขึ้น ดังจะเห็นได้จากการเลือกรับประทานอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เช่น ข้าวกล้อง และข้าวซ้อมมือ ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าอุดมไปด้วยสารอาหารและวิตามินที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย และข้าวสังข์หยดก็เป็นหนึ่งในพันธุ์ข้าวที่กำลังได้รับความนิยมสูงสุดในกลุ่มผู้บริโภครักสุขภาพ (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2554)

ข้าวสังข์หยด เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองเฉพาะถิ่น มีแหล่งปลูกดั้งเดิมอยู่ในจังหวัดพัทลุง ปลูกกันมานานไม่ต่ำกว่า 50 ปี เป็นพันธุ์ข้าวที่ถูกเก็บรักษาไว้โดยวัฒนธรรม และภูมิปัญญาของชาวเกษตรกรจังหวัดพัทลุง จากหลักฐานการรวบรวมพันธุ์ในท้องถิ่นต่าง ๆ ทั้งประเทศ โดยกองบำรุงรักษาพันธุ์ กรมการค้าข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ปี พ.ศ. 2495 - 2496 ปรากฏว่าชื่อข้าวสังข์หยดเป็น 1 ใน 11 ตัวอย่างพันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่เก็บรวบรวมจากอำเภอเมืองพัทลุง ต่อมาในปี พ.ศ. 2525 ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุงได้เก็บรวบรวมพันธุ์ข้าวในภาคใต้ได้ 1,997 ตัวอย่างพันธุ์ ซึ่งพันธุ์ข้าวสังข์หยด (KGT82239) มีแหล่งปลูกจากตำบลท่ามะเดื่อ อำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง (ปัจจุบันอยู่ในเขตอำเภอบางแก้ว) หลังจากนั้นในปี พ.ศ. 2530 มีการปรับปรุงพันธุ์โดยเลือกพันธุ์ข้าวแบบหมู่ (mass selection) จนได้สายพันธุ์ข้าวสังข์หยดที่ดี มีความสม่ำเสมอตามลักษณะประจำพันธุ์ คือมีลักษณะเมล็ดเรียวยาว อายุการเก็บเกี่ยวสั้น มีปริมาณอมิโลสต่ำ และข้าวสารมีสีขาวขุ่น ข้าวกล้องมีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาวปนแดงจาง ๆ จนถึงแดงเข้ม (ณัฐภูมิ สุดแก้ว, 2550)

การเพาะปลูกข้าวสังข์หยดในอำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง จะเริ่มต้นในช่วงกลางเดือนกันยายน และเก็บเกี่ยวได้ประมาณเดือนกุมภาพันธ์ของทุกปี หลังจากนั้นเกษตรกรจะนำข้าวที่เก็บเกี่ยวได้มาทำการนวด ซึ่งเป็นวิธีการแยกเมล็ดข้าวเปลือกออกจากรวงข้าว แล้วนำเมล็ดข้าวเปลือกไปตากแดด เป็นระยะเวลา 2 - 3 วัน เพื่อลดความชื้นก่อนทำการบรรจุใส่ในกระสอบเพื่อเก็บรักษาไว้ในยุ้งฉาง เพื่อรอการสีต่อไป ในการสีและซ้อมมือแต่ละครั้งนั้น ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้บริโภค จากนั้นจะทยอยจำหน่ายให้หมดในระยะเวลาไม่เกิน 30 วัน

ปัจจุบันข้าวสังข์หยดได้รับความนิยมในการบริโภค มีทั้งรูปแบบข้าวสารสี และข้าวสารซ้อมมือ บรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ เช่น ถุงโพลีเอทิลีนแบบธรรมดาหรือถุงซิป และถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ เป็นต้น ออกวางจำหน่ายตามร้านค้าทั่วไป โดยเฉพาะข้าวซ้อมมือเป็นข้าวที่ได้รับความนิยมในการบริโภคเป็นอย่างมาก เนื่องจากสารอาหารโดยรอบเมล็ดยังคงมีอยู่สูงมากกว่าข้าวสารสีทั่วไป แต่มีข้อเสียคือสามารถดูดซับความชื้นจากอากาศได้ง่าย จึงทำให้เชื้อราสามารถเข้าทำลายและเจริญเติบโตได้ดีด้วยเช่นกัน ประกอบกับภาคใต้ของประเทศไทย มีสภาพภูมิอากาศอยู่ในเขตมรสุมเขตร้อน มี 2 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายน มีอุณหภูมิระหว่าง 35 - 40 องศาเซลเซียส ฤดูฝนเริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือน กุมภาพันธ์ โดยมีฝนตกมากในเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม มีอุณหภูมิระหว่าง 28 - 37 องศาเซลเซียส ซึ่งถือว่าเป็นสภาพภูมิอากาศที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดเชื้อราทับผลิตผลทางการเกษตร นอกจากนี้การดูแลเก็บรักษาข้าวเปลือก ข้าวซ้อมมือที่ไม่ถูกต้อง จะทำให้เชื้อรา *Aspergillus flavus* เข้าทำลายและสร้างสารพิษบนเมล็ดได้ง่าย ซึ่งจะเป็นอันตรายอย่างยิ่งต่อสุขภาพ ของผู้บริโภค (ศุภรัตน์ โฆษิตเจริญกุล และอมรา ชินภูติ, 2550)

สารอะฟลาทอกซิน (aflatoxin) เป็นกลุ่มของสารเมตาโบไลท์ (metabolite) ที่มีพิษร้ายแรง เกิดจากเชื้อราแอสเปอร์จิลลัสฟลาวัส *(A.flavus)* และแอสเปอร์จิลลัสพาราซิติคัส *(A.parasiticus)* ซึ่งมีอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติทั้งในดินและอากาศ (Cheeke and Sholl, 1985) สารชนิดนี้ถูกค้นพบในปี ค.ศ. 1960 และได้ตั้งชื่อของสารพิษนี้ตามชื่อของเชื้อรา *Aspergillus* (a-) *flavus* (-fla-) และ toxin ว่า aflatoxin เชื้อราเหล่านี้เจริญเติบโต ได้ดีในภูมิอากาศแบบร้อนชื้น มีสมบัติเป็นพิษต่อคน สัตว์และพืช สารอะฟลาทอกซินจะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายทางลำไส้เล็ก เมื่อรวมตัวกับอัลบูมิน (albumin) ในซีรัมจะกระจายไปตามอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย บางส่วนจะเก็บไว้ที่ตับและไต ดังนั้นเมื่อบริโภคเข้าไปจะทำอันตรายต่อตับ ทำให้เนื้อตับมีไขมันสะสมมาก เซลล์ตับถูกทำลายจนอักเสบ มีเลือดออกในตับจนตับแข็ง หากได้รับสารพิษดังกล่าวในปริมาณมากระดับหนึ่ง ก็จะเกิดเป็นมะเร็งตับ ซึ่งจะทำให้ถึงแก่ชีวิตได้ (Armbrecht *et al.,* 1963)

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จึงมีความสนใจที่จะศึกษาการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซิน ตลอดจนผลของอายุการเก็บรักษา ประเภทของข้าว และชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินในข้าวสังข์หยด ซึ่งในการศึกษานี้ได้เลือกทำการศึกษาสารอะฟลาทอกซินชนิดบี$_1$ ซึ่งเป็นชนิดที่พบมากในข้าวและมีพิษร้ายแรงที่สุด เพื่อที่จะสามารถให้ข้อมูลแก่เกษตรกรได้หาทางป้องกันและลดสาเหตุที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารพิษนี้ได้อย่างถูกต้อง เพื่อเป็นการสร้างความเชื่อมั่น และความปลอดภัยในสุขภาพของผู้บริโภคต่อไป

1.2 บทตรวจเอกสาร

1.2.1 ข้าวพันธุ์สังข์หยด

ข้าวพันธุ์สังข์หยด เป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่ปลูกดั้งเดิมในจังหวัดพัทลุง ซึ่งชาวนาได้ปลูกติดต่อกันมายาวนาน ตั้งแต่สมัยบรรพบุรุษจนถึงปัจจุบัน ซึ่งเล่าขานว่ามีมานานมากกว่าร้อยปี ตั้งแต่สมัยปู่ ย่า ตา ทวด ด้วยเป็นพันธุ์ข้าวที่คงคุณค่าในตัวของพันธุ์ข้าวเองก่อให้เกิดความผูกพันทางวัฒนธรรม ประเพณีในท้องถิ่น เกี่ยวข้องกับวัฒนธรรมการเอื้ออาทรและปฏิสัมพันธ์ที่ใช้เป็นสื่อในการแสดงออกซึ่งความเคารพ ศรัทธาและยกย่องผู้อาวุโส เป็นของกำนัลแก่ญาติผู้ใหญ่ หรือแขกบ้านแขกเมือง และแขกเหรื่อที่มาพักเยี่ยมเยือน เป็นการแสดงถึงความพึงพอใจในการต้อนรับ พันธุ์ข้าวสังข์หยดที่ชาวนาทั่วไปปลูกอยู่เดิมมีหลากหลายลักษณะมาจากหลายสายพันธุ์จึงทำให้ข้าวมีความแตกต่างกันไม่สม่ำเสมอ ต่อมานักปรับปรุงพันธุ์ข้าวศูนย์วิจัยข้าวพัทลุงได้นำพันธุ์มาพัฒนาปรับปรุงพันธุ์ได้สายพันธุ์ที่ดี เป็นสายพันธุ์บริสุทธิ์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530 และปลูกรักษาพันธุ์ไว้ในศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง (ทวีสิทธิ์ ทองชอุ่ม, 2550)

ต่อมาผู้ว่าราชการจังหวัดพัทลุงได้สนับสนุนให้มีการส่งเสริมการปลูก ตามแผนยุทธศาสตร์พัฒนาจังหวัดในโครงการผลิตข้าวคุณภาพดีปลอดภัยจากสารพิษครบวงจร โดยเผยแพร่ให้ข้าวพันธุ์สังข์หยดเป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่ปรากฏแหล่งปลูกดั้งเดิมในจังหวัดพัทลุงในระหว่างปี พ.ศ.2525–2529 ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุงได้เก็บรวบรวมพันธุ์ข้าวพื้นเมืองในภาคใต้ทั้งหมด 1,997 ตัวอย่าง มีตัวอย่างพันธุ์ข้าวสังข์หยดจาก 3 แหล่ง ได้แก่ สังข์หยด (KGTC82045) จากตำบลโคกทราย อำเภอปากพะยูน จังหวัดพัทลุง สังข์หยด (KGTC82239) จากตำบลท่ามะเดื่อ อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง และสังข์หยด (KGTC82267) จากตำบลควนขนุน อำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง ซึ่งเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรวบรวมส่วนหนึ่งส่งไปเก็บที่ศูนย์ปฏิบัติการและเก็บเมล็ดเชื้อพันธุ์ข้าวแห่งชาติ อีกส่วนปลูกรักษาพันธุ์ในศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง และปีเพาะปลูก 2531/32 ได้เริ่มคัดเลือกพันธุ์สังข์หยด (KGTC82239) และ (KGTC82239-2) ซึ่งมีลักษณะเมล็ดเล็กเรียวยาว ปริมาณอมิโลสต่ำ อายุการเก็บเกี่ยวสั้น ข้าวกล้องมีสีแดง รูปร่างเมล็ดเรียว ความยาวเมล็ด 6.70 มิลลิเมตร ส่วนข้าวซ้อมมือมีสีแดงปนสีขาว ข้าวจากรวงเดียวกันเมื่อขัดสีแล้วบางเมล็ดมีสีขาวใส แต่ส่วนใหญ่มีลักษณะขาวขุ่น (รูปที่ 1) คุณสมบัติการหุงต้ม มีลักษณะข้าวหุงสุกนุ่ม มีความคงตัวของแป้งสุกอ่อน 94 มิลลิเมตร มีปริมาณอมิโลสต่ำ (ร้อยละ15 ± 2) ลักษณะทรงต้นสูง 140 เซนติเมตร

รูปที่ 1 รูปร่างลักษณะของข้าวเปลือก (a) ข้าวกล้อง (b) ข้าวซ้อมมือ (c) และข้าวสารขัดสี (d)
ที่มา: สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว (2554)

1.2.1.1 การขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI)

ข้าวสังข์หยดเป็นข้าวที่มีชื่อเสียงของจังหวัดพัทลุง เนื่องจากมีลักษณะพิเศษต่างไปจากข้าวพันธุ์อื่น ๆ ทั่วไปที่ไม่ได้รับการขึ้นทะเบียน (ตารางที่ 1)โดยศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง สำนักวิจัยและพัฒนาข้าวและสำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว กรมการข้าว ได้ดำเนินการตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2548 และเสนอคำขอขึ้นทะเบียนเมื่อวันที่ 14 มีนาคม พ.ศ. 2549 ต่อกรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์ โดยใช้ชื่อในการผลิตเป็นสินค้าสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ว่า “ข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุง” และได้รับการประกาศขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ ตามพระราชบัญญัติคุ้มครองสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ พ.ศ. 2546 ตั้งแต่วันที่ 23 มิถุนายน พ.ศ. 2549 ซึ่งนับว่าเป็นข้าวพันธุ์แรกของประเทศไทยที่ได้รับการขึ้นทะเบียนดังกล่าว

ตารางที่ 1 ข้อแตกต่างระหว่างข้าวสังข์หยด (GI) เมืองพัทลุงกับข้าวสังข์หยดพัทลุงทั่วไป

ข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุง	ข้าวสังข์หยดพัทลุงทั่วไป
1. ผลผลิตได้การรับรองคุณภาพจากจังหวัดว่าสินค้าได้มาตรฐานตามที่กำหนดไว้ เป็นการสร้างความมั่นใจแก่ผู้บริโภค	1. ผลผลิตไม่มีการรับรองคุณภาพจากจังหวัด
2. ผู้ปลูกข้าว ผู้ผลิตข้าวสารและโรงสี ต้องขึ้นทะเบียนกับหน่วยงานราชการก่อนทำการผลิต	2. ผู้ปลูกข้าว ผู้ผลิตข้าว และโรงสี ไม่มีการขึ้นทะเบียน
3. เมล็ดพันธุ์ต้องมาจากหน่วยงานราชการที่กำหนดไว้	3.เมล็ดพันธุ์ไม่จำเป็นต้องมาจากหน่วยงานราชการที่กำหนดไว้
4. กระบวนการเพาะปลูกต้องปฏิบัติตามคำแนะนำในระบบเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practices : GAP) และต้องผ่านการตรวจประเมินจากหน่วยงานราชการ	4. กระบวนการเพาะปลูกไม่จำเป็นต้องปฏิบัติตามคำแนะนำในระบบเกษตรที่ดีและไม่จำเป็นต้องผ่านการตรวจประเมิน
5. ระบบการผลิตทั้งหมด เช่น การปลูก การเก็บรักษา การแปรสภาพเป็นข้าวสาร การสีข้าวต้องมีการบันทึกข้อมูลเพื่อให้สามารถตรวจสอบย้อนหลังได้	5. กระบวนการผลิตข้าวไม่มีการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรเขต 9 สงขลา และจังหวัดพัทลุง (2550)

1.2.1.2 คุณค่าทางโภชนาการข้าวพันธุ์สังข์หยดพัทลุง

ณัฐภูมิ สุดแก้ว (2550) รายงานว่า ข้าวสังข์หยดมีคุณค่าทางโภชนาการในตัวอย่างข้าวสังข์หยด 100 กรัมโดยมีโปรตีน 7.30 กรัม ไขมัน 2.42 กรัม พลังงาน 364.22 กิโลแคลอรี่ วิตามินบี$_1$ 0.32 มิลลิกรัม ไนอาซิน 6.46 มิลลิกรัม (ตารางที่ 2) นอกจากนี้ยังมีวิตามินและไนอาซินสูง ซึ่งมีความสำคัญต่อระบบผิวหนังและประสาท ถ้าขาดวิตามินนี้จะทำให้เกิดโรค Pellagra ทำให้มีอาการผิดปกติทางระบบประสาท ความจำเสื่อม ทำให้ผิวหนังที่ถูกแสงแดดอักเสบ เป็นผื่นแดง

ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนาการในตัวอย่างข้าวสังข์หยด 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการในตัวอย่างข้าวสังข์หยด 100 กรัม	
พลังงาน (กิโลแคลลอรี่)	364.22
ความชื้น (กรัม)	10.71
โปรตีน (กรัม)	7.30
ไขมัน (กรัม)	2.42
คาร์โบไฮเดรท (กรัม)	78.31
ใยอาหาร (กรัม)	4.81
เถ้า (กรัม)	1.26
วิตามินบี 1 (กรัม)	0.32
ไนอาซิน (มิลลิกรัม)	6.46

ที่มา: ณัฐภูมิ สุดแก้ว (2550)

1.2.1.3 มาตรฐานข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุง

ข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุง ต้องมีมาตรฐานดังต่อไปนี้

1) เป็นข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุง ไม่น้อยกว่าร้อยละ 98

2) มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 14

3) มีลักษณะโดยทั่วไป เป็นข้าวเมล็ดยาว ข้าวกล้อง มีสีแดงจนถึงแดงเข้ม และข้าวซ้อมมือมีสีแดงปนขาวในเมล็ดเดียวกัน

4) ไม่มีแมลงที่ยังมีชีวิตอยู่

5) มีขนาดเมล็ด ดังนี้

5.1) ข้าวกล้อง ความยาวเฉลี่ยของข้าวเต็มเมล็ด ที่ไม่มีส่วนใดหักต้องไม่ต่ำกว่า 6.70 มิลลิเมตร กว้าง 1.81 มิลลิเมตร ผิวหนา 1.61 มิลลิเมตร

5.2) ข้าวซ้อมมือ ความยาวเฉลี่ยของข้าวเต็มเมล็ด ที่ไม่มีส่วนใดหัก ต้องไม่ต่ำกว่า 6.67 มิลลิเมตร กว้าง 1.71 มิลลิเมตร ผิวหนา 1.61 มิลลิเมตร

6) มีคุณสมบัติทางเคมี ดังนี้

6.1) ปริมาณอมิโลส ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 14.0 และไม่เกินร้อยละ 15.0 ที่ระดับความชื้นร้อยละ 14.0

6.2) ความคงตัวของแป้งสุกปานกลาง 58 มิลลิเมตร

6.3) อัตราการยืดตัวของข้าวสุกต่อข้าวดิบ 1.5 – 1.8 เท่า

6.4) ค่าการสลายเมล็ดข้าวในด่าง ปานกลาง

1.2.1.4 สถานการณ์การปลูกข้าวในภาคใต้

การปลูกข้าวในภาคใต้มีการปลูกกันหลายจังหวัด แต่ที่มีพื้นที่ปลูกข้าวมากที่สุดคือ นครศรีธรรมราชเป็นอันดับ 1 พัทลุงเป็นอันดับ 2 รองลงมาคือ สงขลา สุราษฎร์ธานี ปัตตานี ตรัง ชุมพร สตูล กระบี่ ยะลา ระนอง พังงาและภูเก็ต ตามปริมาณการปลูก จากการสำรวจข้าวพันธุ์พื้นเมืองของภาคใต้ เมื่อปี พ.ศ. 2527 ใน 14 จังหวัด 107 อำเภอ พบว่าภาคใต้มีการปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมืองจำนวนทั้งหมด 307 สายพันธุ์ เมื่อเวลาผ่านไป 20 กว่าปี พบว่าจากที่เคยมีพันธุ์มากถึง 307 สายพันธุ์ สำรวจพบ 122 สายพันธุ์ และยังมีปลูกอยู่ที่สามารถเก็บตัวอย่างเพียง 21สายพันธุ์ คือ เข็มทอง ดอกยอม ไข่มดริ้น ไอ้เฉี้ยง นกเขา ลูกขอนาดอน หัวนา เม็ดเขือ เล็บนกบ้าน เล็บนก หอมจันทร์ จำปาเหลือง หอมมะลิบ้าน ดอกยอมนา เหนียวเปลือกดำ สังข์หยด เหนียวสงขลา เข็มทอง ช่อจำปา ช่อดาน ช่องรี และอบบางแก้ว สาเหตุที่ทำให้ข้าวพื้นเมืองลดหายไปก็คือ การปลูกเพื่อสนองความต้องการของตลาดเป็นหลัก โดยผ่านการส่งเสริมจากหน่วยงานรัฐที่เกี่ยวข้อง ทำให้ต้องเลิกการปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมือง แต่ก็เป็นที่น่ายินดีเมื่อมีกลุ่มเกษตรที่สังเกตเห็นปรากฏการณ์ดังกล่าวแล้วลุกขึ้นมารวมกลุ่มเพื่อสืบค้นหาพันธุ์ข้าวแลกเปลี่ยน และอนุรักษ์ เช่นกลุ่มเกษตรกรอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมลุ่มน้ำปากพนังตอนบน หรือกลุ่มเรียนรู้เกษตรธรรมชาติบางแก้ว เป็นต้น (ทวีสิทธิ์ ทองชอุ่ม, 2550)

1.2.2 สภาพทั่วไปของชุมชนบางแก้วในปัจจุบัน

1.2.2.1 ลักษณะทางกายภาพของชุมชนบางแก้ว

1) ที่ตั้ง อำเภอบางแก้ว ได้ตั้งศูนย์ราชการ (ที่ว่าการอำเภอ) อยู่ในท้องที่หมู่ที่ 6 ตำบลนาปะขอ ตั้งอยู่ทางตอนใต้ของจังหวัด ระยะห่างจากศาลากลางจังหวัดพัทลุงประมาณ 34 กิโลเมตร

2) เนื้อที่ อำเภอบางแก้วมีเนื้อที่ประมาณ 113.45 ตารางกิโลเมตร โดยมีอาณาเขตดังนี้ (รูปที่ 2)

ทิศเหนือ ติดต่อกับอำเภอเขาชัยสน

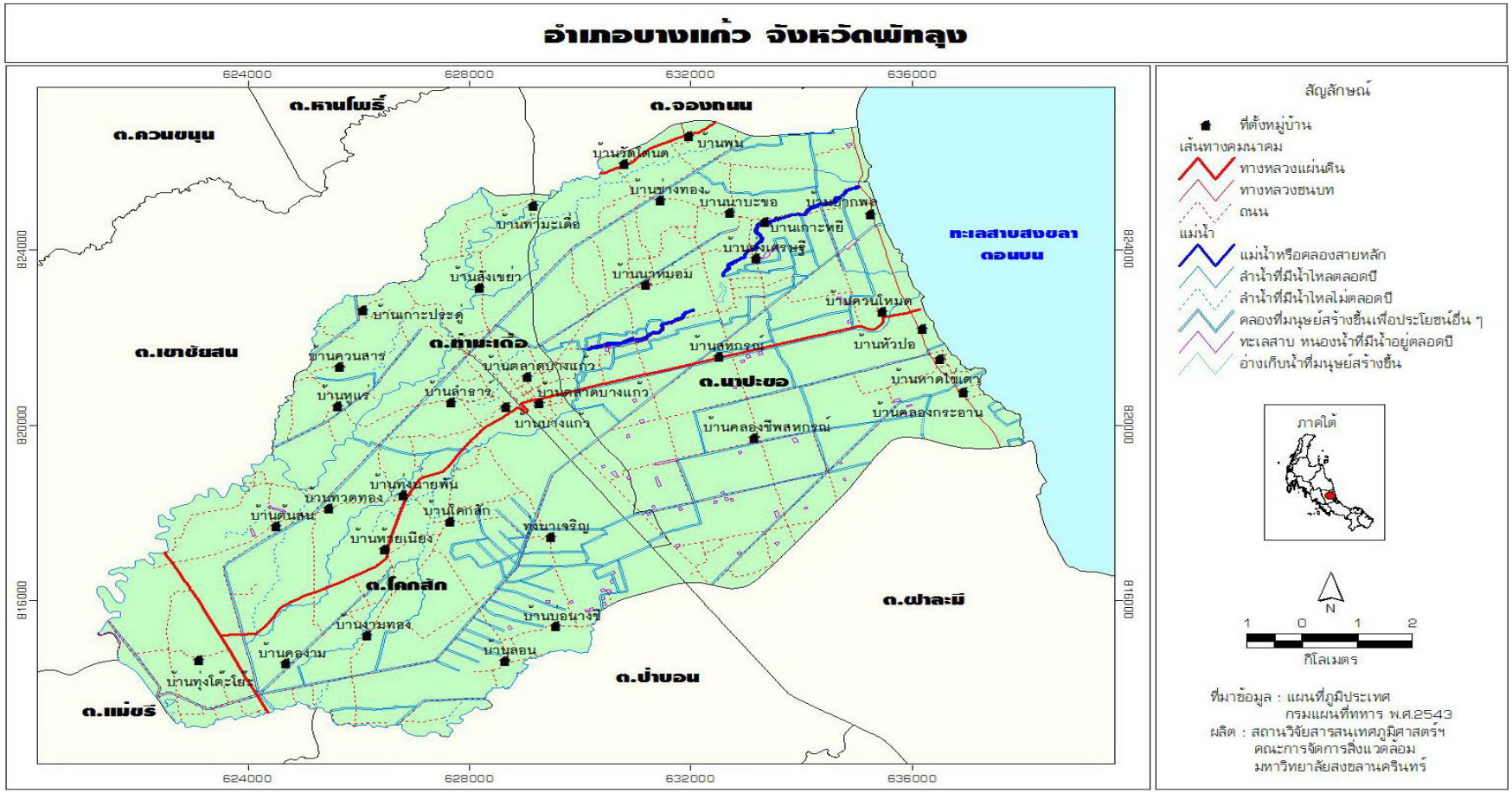
ทิศตะวันออก ติดต่อกับอำเภอปากพะยูน

ทิศใต้ ติดต่อกับอำเภอปากพะยูน อำเภอป่าบอน และอำเภอตะโหมด

ทิศตะวันตก ติดต่อกับอำเภอเขาชัยสน

3) ลักษณะภูมิประเทศ มีพื้นที่ติดทะเลสาบ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบต่ำและราบลูกระนาด ลาดเอียงจากทิศตะวันตกไปสู่ทิศตะวันออก แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นที่ราบดินตะกอน มีพื้นที่ตั้งแต่แนวทางทิศตะวันออกจดทะเลสาบสงขลา พื้นที่ราบดินตะกอนเหล่านี้บางแห่งยังเป็นที่ลุ่มและหนองน้ำ ปัจจุบันเป็นพื้นที่อยู่ในเขตตำบลนาปะขอ และตำบลท่ามะเดื่อเป็นส่วนใหญ่ เป็นพื้นที่ทำนาเกือบทั้งหมด ส่วนที่ด้านตะวันตกของทางรถไฟมีลักษณะพื้นที่เป็นดอนคลื่น เรียกว่า ที่ราบลูกระนาด มีพื้นที่สูง ๆ ต่ำ ๆ ที่สูงเรียกว่า ควน เป็นที่ตั้งของตำบลโคกสัก ทั่วไปจะเป็นสวนยางพาราและสวนผลไม้

4) ลักษณะภูมิอากาศ จัดอยู่ในกลุ่มมรสุมเขตร้อน มี 2 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคม – กันยายน มีอุณหภูมิระหว่าง 35 - 40 องศาเซลเซียส ฤดูฝนเริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคม – กุมภาพันธ์ โดยมีฝนตกมากในเดือนพฤศจิกายน และธันวาคม มีอุณหภูมิระหว่าง 28 - 37 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 2,093 เมตรต่อปี



รูปที่ 2 อาณาเขตของอำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง

ที่มา : ศูนย์ภูมิภาค เทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศ ภาคใต้ (2554)

1.2.2.2 ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ปลูกข้าวของชุมชนบางแก้ว

ลักษณะพื้นที่ เป็นที่ราบริมทะเลสาบทางทิศตะวันออกและเป็นพื้นที่แบบลูกคลื่นทางทิศตะวันตกของพื้นที่ โดยมีส่วนลาดเทจากทางทิศตะวันตกไปสู่ตะวันออก คือจากทิวเขาตะนาวศรีไปสู่ทะเลสาบพัทลุง เฉลี่ยประมาณ 1:800 – 1:1,000 ให้เกิดน้ำท่วมโดยฉับพลันในฤดูฝนและเกิดสภาพแห้งแล้งมากในฤดูแล้ง

1.2.2.3 การปลูกข้าวสังข์หยด

ขณะนี้มีการขยายพื้นที่ปลูกข้าวสังข์หยดเพิ่มมากขึ้น คาดว่าในไม่นานจะมีการปลูกประมาณ 15,000 ไร่ ผลผลิตประมาณไร่ละ 450-500 กิโลกรัม และในฤดูกาลผลิตปีต่าง ๆ ในจังหวัดพัทลุงนั้น ได้ตั้งเป้าผลิตข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุง โดยเปิดรับสมัครเกษตรกรเข้าร่วมโครงการทั้งสิ้น 19 กลุ่ม จำนวน 371 ราย ซึ่งจะเป็นเกษตรกรจากอำเภอเมืองพัทลุง ปากพะยูน เขาชัยสน ควนขนุน และบางแก้ว คาดว่าจะได้ผลผลิตไม่ต่ำกว่า 1,000 ตัน ข้าวเปลือกมีมูลค่าถึง 10 ล้านบาท โดยเกษตรกรจะเริ่มปลูกตั้งแต่เดือนกันยายน - ตุลาคมของทุกปี และเก็บเกี่ยวประมาณต้นปีถัดไป เพราะว่า ข้าวสังข์หยดเป็นข้าวเจ้าประเภทไวต่อช่วงแสง จึงปลูกได้เฉพาะข้าวนาปี อายุของข้าวจะอยู่ที่ประมาณ 4 - 5 เดือน โดยส่วนใหญ่แล้ว เกษตรกรนิยมปลูกข้าวสังข์หยดไว้เพื่อการบริโภคในครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 25 ของข้าวทั้งหมด ส่วนข้าวที่เหลือจากการบริโภคก็จะนำจำหน่ายต่อไป (อุไรวรรณ ทองแกมแก้ว, 2551)

1.2.3 เชื้อรา

เชื้อรา (mold หรือ fungi) จัดเป็นจุลินทรีย์กลุ่มหนึ่งที่มีการพบมากกว่า 200,000 สายพันธุ์ทั่วโลก โดยพบทั้งในรูปของเส้นใยเจริญในอินทรียวัตถุและปนเปื้อนในบรรยากาศในรูปของสปอร์ ราส่วนใหญ่มีวงจรชีวิตแบบอิสระเป็นตัวย่อยสลายซากพืชที่ตายแล้ว และอาจรวมไปถึงซากสัตว์ด้วย อย่างไรก็ตามมีเชื้อราจำนวนน้อยเพียงไม่กี่สกุลที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ โดยเฉพาะเชื้อราที่เกี่ยวข้องกับอาหารซึ่งทั่วไปจะเป็นกลุ่มของเชื้อราที่ทำให้อาหารเน่าเสีย และกลุ่มเชื้อราที่สร้างสารพิษ เพราะเชื้อราทั้งสองกลุ่มนี้มีผลต่อคุณภาพของอาหารและความปลอดภัยของผู้บริโภคโดยตรง โดยมักพบปนเปื้อนอยู่ในอาหารและผลิตภัณฑ์ (เกรียงศักดิ์ พูนสุข, 2540)

1.2.3.1 เชื้อราที่ทำให้อาหารเน่าเสีย (food spoilage mold)

เชื้อราทุกชนิดสามารถทำให้อาหารเกิดการเน่าเสียได้ เนื่องจากแหล่งอาหารหลักของเชื้อราคือ สารที่มีโครงสร้างเป็นคาร์โบไฮเดรต แต่ก็มีเชื้อราหลายชนิดเช่นกันที่สามารถใช้โปรตีนและไขมันเป็นแหล่งอาหารได้ เพราะสามารถสร้างเอนไซม์ได้หลายชนิด โดยเฉพาะ amylase protease และ lipase จึงทำให้อาหารและวัตถุดิบอาหารที่มีเชื้อราเจริญเติบโตมีคุณภาพที่ลดลง (Charlie and Watkinson, 1994)

1.2.3.2 เชื้อราที่สร้างสารพิษ (toxin producing mold)

เชื้อราทุกชนิดจะมีการสร้างสารเมตาบอไลต์จากกระบวนการเมตาบอลิซึ่มและสารที่เชื้อราผลิตออกมานั้น มีพิษต่อมนุษย์และสัตว์ด้วย เชื้อราแต่ละชนิดสามารถสร้างสารพิษได้แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ เช่น สภาพแวดล้อม อุณหภูมิ และความชื้น ปัจจุบันพบว่าสารพิษที่สำคัญเกิดจากการสร้างของเชื้อราเพียง 5 จีนัส เท่านั้น คือ *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium, Chaetonium, Claviceps* (เกรียงศักดิ์ พูนสุข, 2540)

1.2.3.3 ปัจจัยการดำรงอยู่ของเชื้อรา

1) เชื้อราส่วนใหญ่มีชีวิตได้ตั้งแต่ 0 องศาเซลเซียส จนถึง 35 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญ (optimum temperature) คือ 20 - 30 องศาเซลเซียส และเจริญได้ดีในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เป็นกรด pH ประมาณ 6

2) แสงสว่าง ไม่เป็นสิ่งสำคัญในการเจริญเติบโตของเชื้อรา แต่ในเชื้อราบางชนิด แสงสว่างเป็นสิ่งจำเป็นในการสร้างสปอร์ และจะหันเหก้านชูสปอร์ไปทางทิศที่มีแสงสว่าง

3) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของราแต่ละชนิดไม่เท่ากัน เชื้อราบางชนิดเจริญได้ในอุณหภูมิ 40 - 50 องศาเซลเซียส และบางชนิดสามารถเจริญที่อุณหภูมิต่ำ แต่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นจากอุณหภูมิที่เหมาะสม การเจริญของราจะลดน้อยลง

1.2.3.4 สารพิษจากเชื้อรา

เชื้อราหลายชนิดสามารถผลิตสารพิษที่เรียกว่า mycotoxins บางชนิดทำให้เกิดมะเร็งและการกลายพันธุ์ บางชนิดมีความเป็นพิษต่ออวัยวะส่วนต่าง ๆ มีสารพิษประมาณ 14 ชนิด ที่เป็นสารก่อให้เกิดมะเร็ง และประมาณร้อยละ 93 ของสารที่ก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ เป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง

mycotoxins ผลิตได้จากกระบวนการเมตาบอลิซึมที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา ซึ่งได้แก่ กรดอะมิโน อะซีเทต (acetate) ไพรเวต (pyruvate) ฯลฯ ที่สะสมอยู่ในปริมาณที่มากเกินความต้องการ การผลิต mycotoxins จะเกิดขึ้นในช่วงการเจริญเติบโตแบบ log phase ก่อให้เกิดความเป็นพิษ 4 แบบคือ 1) แบบเฉียบพลันโดยทำให้การทำงานของตับหรือไตเสื่อมลงและเสียชีวิตในที่สุด 2) แบบเรื้อรัง 3) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม 4)ทำให้เกิดความบกพร่องของพัฒนาการทารกในครรภ์ mycotoxins บางชนิดรบกวนการสังเคราะห์โปรตีนและมีผลทำให้ผิวหนังอ่อนแอหรือเกิดเนื้อตาย ภูมคุ้มกันบกพร่อง บางชนิดมีความเป็นพิษต่อสมองถึงแม้จะพบในปริมาณน้อยแต่อาจเป็นสาเหตุให้เกิดการชักในสัตว์ มีบางชนิดสามารถทำลายสมองอย่างถาวรและทำให้เสียชีวิต ผลระยะยาวสำหรับการบริโภคในปริมาณน้อย เช่น เป็นสาเหตุของโรคมะเร็งที่ตับ บางชนิดมีผลกระทบต่อการแบ่งเซลล์ของ DNA ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ และความบกพร่องของพัฒนาการทารกในครรภ์ mycotoxins ต่างจากสารพิษแบคทีเรียเนื่องจากไม่ใช่โปรตีน มีขนาดโมเลกุลเล็ก ไม่สามารถตรวจสอบได้

ปริศนา เหมสุจิ (2524) รายงานว่าเชื้อราที่ผลิต mycotoxins ที่ปนเปื้อนในข้าวโพด พืช เมล็ดแห้ง และถั่วเหลืองได้แก่เชื้อรา *Penicillium* และ *Fusarium* ส่วน *A. flavus* ผลิตสารพิษในพวกแป้ง และธัญพืช (เช่น ข้าวโพด ข้าวโอ๊ต ข้าวบาร์เลย์ ข้าวสาร ข้าวฟ่าง) ที่มีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 18 อุณหภูมิ 12.2 - 82.2 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 27.2 - 30 องศาเซลเซียส) ความชื้นในถั่วเหลืองร้อยละ 15 - 15.5 ถั่วลิสงร้อยละ 8 – 9 ปริมาณความชื้นสูงสุดสำหรับเชื้อรา *A.flavus* คือ ร้อยละ 30 ที่อุณหภูมิน้อยกว่า 12.2 องศาเซลเซียส จะเจริญช้าและการเจริญจะเร็วมากที่อุณหภูมิ 36.7 องศาเซลเซียส และจะไม่ผลิตสารอะฟลาทอกซิน ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 12.2 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า 82.2 องศาเซลเซียส สารพิษจากเชื้อราที่เป็นสาเหตุการเกิดมะเร็งในมนุษย์ได้แก่ *aflatoxin, patulin, ochratoxin, sterigmatocystin, zearalenone และ fumonisin*

1.2.3.5 สารพิษจากเชื้อราที่มักปนเปื้อนในอาหาร

สารพิษจากเชื้อรา ที่ปนเปื้อนในอาหาร มีประมาณ 100 ชนิด สร้างโดยเชื้อราประมาณ 200 สายพันธุ์ การปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อรามีความสำคัญต่อเศรษฐกิจ การผลิตอาหาร องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ ประมาณว่าทั่วโลกสูญเสียอาหารอันเนื่องมาจากการปนเปื้อน ของสารพิษจากเชื้อราถึง 100 ล้านตันต่อปี และที่สำคัญกว่านั้นก็คือ มีผลต่อสุขภาพมนุษย์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ อภิษฐา ช่างสุพรรณ (2550) รายงานว่าเชื้อราที่เป็นปัญหาหลักของการปนเปื้อนอาหาร ได้แก่

1) สารอะฟลาทอกซินบี$_1$ บี$_2$ จี$_1$ จี$_2$ เอ็ม$_1$ และเอ็ม$_2$ (aflatoxins B_1, B_2, G_1, G_2, M_1 and M_2) เชื้อราหลักที่เป็นพิษต่อตับ คือ *A. flavus* สารอะฟลาทอกซินมีคุณสมบัติทนความร้อนได้ถึง 260 องศาเซลเซียส และถูกทำลายด้วยสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นด่าง

2) สเตอริกมาโตซิสติน (sterigmatocystin) เชื้อราหลักที่สร้างสารพิษ คือ *A. versicolor*

3)ซีราลีโนน (zearalenone) เชื้อราหลักที่สร้างสารพิษคือ *F. graminear* เป็นพิษต่อระบบฮอร์โมน

4) โอคราท็อกซิน (ochratoxins) เชื้อราหลักที่สร้างสารพิษ *P. viridicatum* เป็นพิษต่อไต

5) พาทูลิน (patulin) เชื้อราหลักที่สร้างสารพิษ คือ *P. patulum* เป็นพิษต่อระบบประสาท

6) ที-2 ทอกซิน ทริโคเทซีเนส (T-2 toxin, trichothecenes) เชื้อราหลักที่สร้างสารพิษ *F. tricinctum* เป็นพิษต่อระบบทางเดินอาหารและอื่น ๆ

สำหรับผลิตภัณฑ์จากธัญพืชทางการเกษตร มักจะพบสารอะฟลาทอกซินส่วนมากสร้างมาจากเชื้อรา *A. flavus* และ *A. parasiticus* เนื่องจากการเก็บในที่อับชื้นและหากไม่มีการควบคุมสารอะฟลาทอกซินจะก่อปัญหาด้านสุขภาพของสัตว์และคน ความรุนแรงของพิษที่ได้รับขึ้นอยู่กับปริมาณของสาร อะฟลาทอกซินที่คนและสัตว์ได้รับเข้าไป และยังก่อปัญหาทางด้านอื่น ๆ อีกหลายประการ (ศรีสิทธิ์ การุณยะวนิช, 2549)

1.2.3.6 เชื้อราที่สร้างสารอะฟลาทอกซิน

เชื้อรากลุ่มสำคัญที่สามารถผลิตสารอะฟลาทอกซิน ได้แก่ เชื้อรากลุ่ม *Aspergillus* คือ *A. flavus*, *A. parasiticu* และ *A nomius* ซึ่งตัวที่สำคัญคือ *A. flavus* ค้นพบครั้งแรกในปีค.ศ. 1960 โดยทำให้ไก่งวงในประเทศสหราชอาณาจักรเสียชีวิต ประมาณ 100,000 ตัว จึงมีชื่อเรียกในช่วงเวลานั้นว่า “Turkey X disease” จากการเริ่มสำรวจครั้งแรก ๆ ของการระบาดพบว่าเกิดจากอาหารสัตว์ที่มีชื่อว่า “Brazillian peanut meal” และเมื่อมีการตรวจสอบตัวอย่างอาหารสัตว์ดังกล่าว ซึ่งได้แก่พวกถั่วลิสงที่ต้องสงสัยมากขึ้น พบว่าถั่วลิสงมีความเป็นพิษสูงมากต่อสัตว์ปีกและทำให้เกิดอาการเช่นเดิม เชื้อราที่ตรวจพบได้แก่ *A. flavus* จึงตั้งชื่อสารที่ผลิตขึ้นว่า สารอะฟลาทอกซิน และจากการค้นพบ ทำให้ประชาชนมีความตระหนักถึงอันตรายของสารดังกล่าวเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการปนเปื้อนเข้าสู่อาหารคนและอาหารสัตว์ (Armbrecht *et al.,* 1963)

1.2.4 สารอะฟลาทอกซิน

สารอะฟลาทอกซิน จัดเป็น secondary metabolite ที่เชื้อรา *A. flavus*, *A.parasiticus* และ *A. nomius* (Kurtzman *et al*., 1987) สร้างขึ้นในสภาพที่จำกัด ซึ่งทำให้เกิดการสะสมของ pyruvate และกรดอะมิโนบางตัวโดยกระบวนการ polyketide biosynthesis pathway และสร้างสารอะฟลาทอกซินแทนกรดไขมัน (ชนิกา เอี่ยมสุภาษิต และสมจินตนา ทุมแสน, 2542)

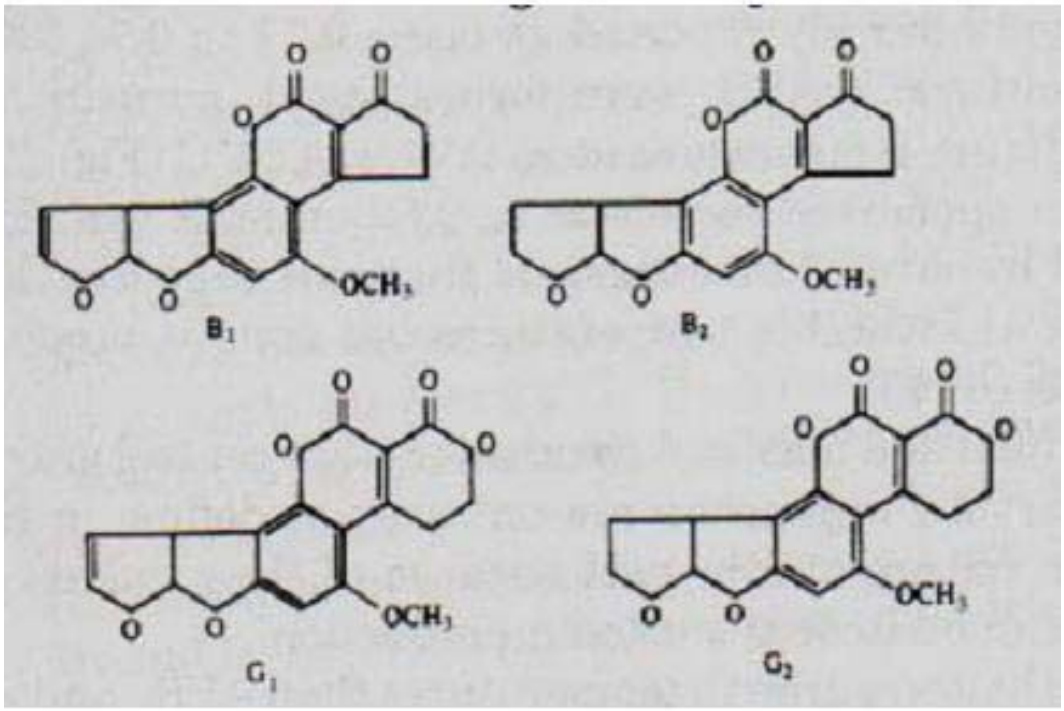
โดยทั่วไปการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินทั้งในอาหารคนและอาหารสัตว์เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงและคาดคะเนได้ยาก เพราะเชื้อราที่สร้างสารชนิดนี้ส่วนใหญ่พบอยู่ทั่วไปในสภาพแวดล้อมของประเทศไทย สามารถเจริญเติบโตได้ดีบนผลผลิตทางการเกษตรเกือบทุกชนิด เชื้อราเหล่านี้ปนเปื้อนในอาหารตั้งแต่กระบวนการผลิต การเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการเก็บรักษา (เกศรินทร์ รามณี, 2552)

1.2.4.1 คุณลักษณะของสารอะฟลาทอกซิน

สารอะฟลาทอกซินที่ผลิตขึ้นตามธรรมชาติ ประกอบด้วยสารพิษ 4 ชนิด คือ B_1 B_2 G_1 และ G_2 (รูปที่ 3) คำว่า B และ G เป็นคำย่อมาจากแสงฟลูออเรสเซนต์สีน้ำเงิน (blue) และเขียว (green) ที่ผลิตโดยสารทั้งสองชนิดภายใต้แสงอัลตราไวโอเลตบนแผ่นตรวจสอบแบบ Thin-layer ดังนั้นสารชนิด B_1 และ B_2 จะให้แสงสีน้ำเงินภายใต้แสงอัลตราไวโอเลต ในช่วงความยาวคลื่น 256 ถึง 365 นาโนเมตร G_1 สีเขียว G_2 สีเขียวอมน้ำเงิน ภายใต้แสงอัลตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่นช่วงเดียวกัน ความเข้มของแสงที่เรืองแสงนี้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณความเข้มข้นของสารอะฟลาทอกซิน ดังนั้นจึงใช้คุณสมบัติการเรืองแสงนี้เป็นวิธีทดสอบและตรวจวัดปริมาณสารอะฟลาทอกซิน ส่วนตัวเลขที่อยู่ด้านล่าง 1 และ 2 แสดงถึงความสำคัญมากน้อยตามลำดับ ดังนั้นปริมาณสารอะฟลาทอกซินที่กำหนดในอาหารสำหรับคนและอาหารสัตว์ จะมีปริมาณต่ำเนื่องจากเป็นสารที่มีความเป็นพิษสูง ดังนั้นสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ จึงมีอันตรายมากที่สุดเนื่องจากทำให้เกิดมะเร็งได้ทั้งในคนและสัตว์ โดยเฉพาะที่ตับ กรณีสัตว์ที่ร่างกายอ่อนแอ เพียงบริโภคสารชนิดนี้ 50 – 100 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมอาหารจะเสียชีวิตเนื่องจากเป็นมะเร็งที่ตับ (Anonymous, 2003)

สารอะฟลาทอกซินบี$_1$ เป็นสารที่มีความเป็นพิษสูงสุด พบมากในถั่วและเมล็ดธัญพืช (Gowda *et al.,* 2004) เมื่อสารพิษนี้ปนเปื้อนไปกับอาหารทำให้คนและสัตว์ได้รับสารพิษชนิดนี้เข้าสู่ร่างกาย ส่งผลให้กระบวนการเมตาบอลิซึมในร่างกายมีปัญหา ความเป็นพิษของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ แม้ได้รับในปริมาณน้อยก็ก่อให้เกิดอันตรายได้อย่างรุนแรง โดยมีหน่วยวัดความเป็นพิษเป็นส่วนในพันล้านส่วน หรือ พีพีบี (ppb) หรือไมโครกรัมต่อกิโลกรัม บางครั้งอาจใช้

เป็นส่วนในล้านส่วน หรือ พีพีเอ็ม (ppm) โดย FAO รายงานว่าปริมาณสารอะฟลาทอกซินที่อนุญาตให้ปนเปื้อนในผลิตผลทางการเกษตร ในอาหารสัตว์และอาหารคน กำหนดแตกต่างกันไปในแต่ละประเทศ ในประเทศไทยกำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 พ.ศ. 2529 เรื่อง มาตรฐานสารปนเปื้อน ข้อ 4 กำหนดให้มีปริมาณสารอะฟลาทอกซินปนเปื้อนในอาหารไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม (อรุณศรี อุไรวงศ์, 2542)



รูปที่ 3 โครงสร้างของสารอะฟลาทอกซิน ที่ประกอบด้วยสารพิษ 4 ชนิด คือ B_1 B_2 G_1 และ G_2
ที่มา: Jay (1996)

1.2.4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อราที่ผลิตสารอะฟลาทอกซิน

1.2.4.2.1 ชนิดของเชื้อรา

เชื้อราต่างชนิดกันจะสร้างสารอะฟลาทอกซินแตกต่างกันทั้งชนิดและปริมาณ มีเชื้อราบางสายพันธุ์เท่านั้นที่สามารถสร้างสารอะฟลาทอกซินได้ และการที่พบเชื้อราบางชนิดเจริญอยู่บนอาหารนั้น ไม่จำเป็นว่าจะต้องมีสารอะฟลาทอกซินปนเปื้อนอยู่เสมอไป เพราะเชื้อราบางสายพันธุ์ไม่สามารถสร้างสารอะฟลาทอกซินได้ ในทางกลับกันการที่ไม่พบเชื้อราเจริญบนอาหาร ก็ไม่ได้หมายความว่า อาหารนั้นจะปลอดภัยจากสารอะฟลาทอกซิน เพราะแม้ว่าเชื้อราจะถูกทำลายไปแล้ว แต่สารอะฟลาทอกซินก็ยังคงมีอยู่ในอาหารนั้น (ปริศนา สิริอาชา, 2534) นอกจากนี้

ยังพบว่าเชื้อรา *A. flavus* ที่พบในประเทศไทย สามารถสร้างสารอะฟลาทอกซินได้ร้อยละ 80 (ธีรยุทธิ์ กลิ่นสุคนธ์ และชัยวัฒน์ ต่อสกุลแก้ว, 2524) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Glinsukon (1983) ที่พบว่า *A. flavus* ที่แยกได้จากแหล่งต่าง ๆ ในธรรมชาติของประเทศไทยประมาณร้อยละ 84.60 สามารถสร้างสารอะฟลาทอกซินได้โดยเฉพาะชนิด $บี_1$ และ$บี_2$ และสอดคล้องกับรายงานของ Pitt (1989) พบว่า *A. parasiticus* จะผลิตสารอะฟลาทอกซิน บี กับ จี ส่วน *A. flavus* จะผลิตสารอะฟลาทอกซินบี อย่างเดียว

1.2.4.2.2 สารอาหาร

เชื้อราจะเจริญและสร้างสารพิษได้มากน้อยแตกต่างกันในผลผลิตทางการเกษตรชนิดต่าง ๆ หรือแม้แต่ผลิตผลชนิดเดียวกันแต่ต่างพันธุ์กัน บางครั้งพบว่า เชื้อรามีการเจริญเติบโตแต่ไม่สร้างสารอะฟลาทอกซิน ซึ่งอาจเกิดจากความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมีของผลิตผลแต่ละชนิดและพันธุ์ของเมล็ดพืช (อรุณศรี อุไรวงศ์, 2542) โดยทั่วไปเชื้อราสามารถเจริญได้ในอาหารเกือบทุกชนิด ไม่ว่าอาหารสดหรืออาหารแห้งตลอดจนอาหารแปรรูปและอาหารสัตว์หลายชนิด สารอาหารที่เชื้อราต้องการในการเจริญเติบโตได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุบางชนิด (พรรณกร อิ่มวิทยา, 2540) และจากการศึกษาในอาหารสังเคราะห์พบว่า ต้องมีปริมาณของไนโตรเจน กรดอะมิโน ปริมาณกลูโคส และซูโครสที่เหมาะสม เชื้อราจึงสามารถสร้างสารอะฟลาทอกซินได้สูงสุด โดยพบว่าปริมาณซูโครสช่วยให้เชื้อราสามารถสร้างสารอะฟลาทอกซินได้ดีที่สุด (Betina, 1984) และแร่ธาตุที่สำคัญที่ช่วยให้เชื้อราสร้างสารพิษได้ดีคือ สังกะสี ซึ่งพบว่า ถ้าปริมาณสังกะสีลดลง ปริมาณของสารอะฟลาทอกซินก็จะลดลงตามไปด้วย (สุกัญญา กองเงิน, 2540)

1.2.4.2.3 ความชื้นในเมล็ด

ความชื้นในเมล็ดมีอิทธิพลต่อการเจริญและการสร้างสารอะฟลาทอกซินของเชื้อรา ดังนั้นเมล็ดพืชที่สามารถเก็บรักษาไว้ได้เป็นระยะเวลานาน จึงต้องมีความชื้นในเมล็ดต่ำ โดยเฉพาะเมล็ดพันธุ์พืชที่มีน้ำมันเป็นองค์ประกอบ ควรจะลดความชื้นให้อยู่ในระดับร้อยละ 8 – 9 เพราะเมล็ดพืชที่มีความชื้นสูงจะเพิ่มอัตราการหายใจของเมล็ดพืชสูงขึ้น ทำให้เกิดความร้อนสะสมจนเกิดเป็นความชื้น ซึ่งเป็นตัวเร่งให้เกิดการเจริญของเชื้อราอย่างรวดเร็ว (จวงจันทร์ ดวงพัตรา, 2529) นอกจากนี้ความชื้นในเมล็ดยังสัมพันธ์กับความชื้นในบรรยากาศ เนื่องจากเมล็ดสามารถถ่ายเทความชื้นกับอากาศได้ และเมื่อมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ก็ทำให้มีความชื้นในเมล็ดสูงขึ้นไปด้วย ซึ่งมีความสอดคล้องกับรายงานของ Mixon and Rogers (1975) พบว่าเชื้อรา *A. flavus* มีการเจริญและสร้างสารอะฟลาทอกซินในสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80 - 85 ได้ร้อยละ 25 เมื่อ

เปรียบเทียบกับการเจริญและการสร้างสารอะฟลาทอกซินในสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 95 ซึ่งทำให้เมล็ดมีความชื้นสูงถึงร้อยละ 50

นอกจากนี้ความชื้นในเมล็ดยังสัมพันธ์กับอุณหภูมิ โดยจากการศึกษาพบว่า ความชื้นในเมล็ดและอุณหภูมิ มีผลต่อการเจริญของเชื้อราระหว่างการเก็บรักษา โดยได้ศึกษาการทำลายของเชื้อราระหว่างการเก็บข้าวสาลีที่มีความชื้นในเมล็ดและอุณหภูมิต่าง ๆ กัน พบว่ามีการเข้าทำลายของเชื้อราเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ที่ความชื้นในเมล็ดร้อยละ15 และอุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส และการทำลายจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่ความชื้นในเมล็ดร้อยละ24 และอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส โดยมีระดับการทำลายร้อยละ 30 และยังพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสร้างสารพิษอยู่ระหว่าง 25 - 35 องศาเซลเซียส และปริมาณความชื้นไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 (Moss, 1996) และสอดคล้องกับรายงานของ Christensen (1976) ว่าในการการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นในเมล็ดร้อยละ 14 - 14.3 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในเวลาเพียง 2 - 3 สัปดาห์ พบการเจริญของเชื้อราเข้าทำลายเมล็ดพืช

1.2.4.2.4 ความชื้นสัมพัทธ์

ความชื้นในอากาศถือเป็นปัจจัยสำคัญในการเจริญเติบโตของเชื้อรา โดยพบว่าความชื้นที่เหมาะสมจะแปรผันไปตามประเภทของอาหารที่เชื้อรานั้นเจริญอยู่ ซึ่ง *Aspergillus* แต่ละชนิดจะเจริญได้ดีในความชื้นสัมพัทธ์ที่แตกต่างกัน เช่น *A. flavus*, *A. niger, A. candidus* ต้องการความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80 – 90 *A. glaucus* และ *A. candidus* จะเริ่มเติบโตที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70 - 75 ส่วน *A. echinulatus* และ *A. restrictus* จะเริ่มเติบโตที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 ขึ้นไป (พรรณกร อิ่มวิทยา, 2540) นอกจากนี้ความชื้นสัมพัทธ์ยังมีอิทธิพลต่อความชื้นในเมล็ดอย่างยิ่ง เนื่องจากเมล็ดพืชมีคุณสมบัติเป็น hygroscopic material คือ สามารถรับหรือถ่ายเทความชื้นกับบรรยากาศได้จนกระทั่งความดันไอน้ำภายในเมล็ดเท่ากับความดันไอน้ำในบรรยากาศ ซึ่งเรียกว่า จุดสมดุล (equilibrium point) ณ จุดนี้เมล็ดจะมีความชื้นคงที่ ซึ่งจะเห็นได้ว่าความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศเป็นตัวที่กำหนดความชื้นภายในเมล็ดด้วย จึงมีความสำคัญต่อการเสื่อมสภาพของเมล็ด การเจริญของเชื้อรา และระยะเวลาในการเก็บรักษา (จวงจันทร์ ดวงพัตรา, 2529) โดยทั่วไปความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศห้องเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไม่ควรเกินร้อยละ 60 และมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 5 – 25 องศาเซลเซียส Villiers (1978) พบว่าความชื้นของบรรยากาศเป็นปัจจัยที่สำคัญกว่าอุณหภูมิในการเจริญของเชื้อรา และการเสื่อมสภาพของเมล็ดพืช และเมล็ดพันธุ์พืชเกือบทุกชนิดจะเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บไว้ในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80 อุณหภูมิที่ 25 – 30 องศาเซลเซียส

สุพรรณ ปัญญาฟู (2540) รายงานว่า อิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิมีผลต่อการควบคุมเชื้อราระหว่างการเก็บรักษาที่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวญี่ปุ่น โดยจากการศึกษาอิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิและการใช้สารเคมีควบคุมเชื้อราระหว่างการเก็บรักษาที่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวญี่ปุ่นพันธุ์ซาซานิชิกิที่เก็บเกี่ยวในฤดูนาปี พ.ศ. 2538 และฤดูนาปรัง ปี พ.ศ. 2539 พบว่าการเก็บรักษาเมล็ดข้าวที่ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน จะทำให้ความชื้นของเมล็ด เปอร์เซ็นต์ความงอกและปริมาณการเกิดเชื้อราบนเมล็ดพันธุ์ข้าวญี่ปุ่นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีผลต่อการเกิดเชื้อราระหว่างการเก็บรักษา คือ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เชื้อราที่ติดมาจากแปลงจะมีปริมาณลดลง ในขณะที่เชื้อราในโรงเก็บมีปริมาณเพิ่มขึ้นในทุกสภาพการเก็บรักษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90

เรืองฤทธิ์ กันธา (2546) รายงานว่า ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิมีผลต่อการเจริญของเชื้อราในการเก็บรักษาข้าวเปลือก โดยทดลองเก็บเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์หอมมะลิ 105 ไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65, 75, 80 และ 85 ที่อุณหภูมิ 25, 30, 35 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลานาน 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 วัน นำมาตรวจหาปริมาณเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดข้าวเปลือกพบเชื้อราในกลุ่ม *A. glaucus* มีปริมาณมากที่สุด โดยปริมาณเชื้อราได้เพิ่มขึ้นตามความชื้นเมล็ดและความชื้นสัมพัทธ์ที่เพิ่มขึ้นมากกว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเมล็ด

1.2.4.2.5 อุณหภูมิ

อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเจริญและการสร้างสารอะฟลาทอกซินของเชื้อราทั้งชนิดและช่วงอุณหภูมิแตกต่างกัน จากการศึกษาพบว่า เชื้อรากลุ่ม *Aspergillus* สามารถ ดำรงอยู่ได้ที่อุณหภูมิต่ำสุด คือ 6 - 8 องศาเซลเซียส และมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 36 - 38 องศาเซลเซียส เชื้อรา *A. glaucus* มีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 10 – 20 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดที่สามารถดำรงอยู่ได้คือ 8 องศาเซลเซียส (พรรณกร อิ่มวิทยา, 2540) ส่วนในประเทศไทย ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้สารอะฟลาทอกซินเกิดได้ดี คือ ภายใต้ความชื้นร้อยละ 18 - 30 อุณหภูมิ 43 - 63 องศาเซลเซียส (เตือนจิตต์ สัตยาวิสุทธิ์, 2539) นอกจากนี้อุณหภูมิยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ กล่าวคือ เมล็ดพันธุ์ที่สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานขึ้นเมื่อลดอุณหภูมิของสถานที่เก็บรักษาลง เนื่องจากความเย็นมีผลทำให้การเจริญของเชื้อรา และกิจกรรม

ต่าง ๆ ภายในเมล็ดลดลง ส่งผลให้อัตราการหายใจของเมล็ดต่ำลงไปด้วย (Lutfullah and Hussain, 2011)

1.2.4.2.6 ค่าความเป็นกรดด่าง

ในสภาวะเป็นกรด ช่วง pH ประมาณ 4 - 6 จะเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรามากที่สุด

1.2.4.2.7 ส่วนประกอบของบรรยากาศ

ส่วนประกอบโดยเฉพาะออกซิเจนในอากาศมีผลต่อการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus* และจุลินทรีย์อื่น ๆ และความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะมีผลต่อการเจริญเติบโตและการสร้างสารพิษจากเชื้อรา กล่าวคือถ้าลดปริมาณออกซิเจน หรือเพิ่มปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ จะทำให้การเจริญเติบโตของเชื้อราต่ำลง และลดปริมาณการสร้างสารพิษดังกล่าว ดังนั้นระบบสุญญากาศจึงถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการเก็บรักษาเมล็ดพืชและอาหารสัตว์ เนื่องจากสามารถยับยั้งการสร้างสารอะฟลาทอกซินจาก *A. parasiticus* และ *A. flavus* ได้ (Ellis *et al*., 1994)

1.2.4.2.8 ระยะเวลา

ระยะเวลามีผลต่อการสร้างสารอะฟลาทอกซินของเชื้อรา โดยได้ศึกษาการสังเคราะห์สารพิษจากเชื้อราซึ่งแยกได้จากสมุนไพรที่เก็บไว้เตรียมยาของประเทศไนจีเรีย ในอาหารกึ่งสังเคราะห์ พบว่าสารอะฟลาทอกซินที่สร้างขึ้นโดยเชื้อรา *A. paraciticus* จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาสมุนไพรนาน และพบว่าเชื้อราจะสร้างสารอะฟลาทอกซิน ในวัตถุดิบสมุนไพรได้ดีกว่าอาหารกึ่งสังเคราะห์ (Eaton *et al.,*1994) และยังสอดคล้องกับรายงานของ Reddy *et al.,* (2009) รายงานว่า จาก 1,200 ตัวอย่างของข้าวในโรงเก็บรักษาข้าวของประเทศอินเดีย พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวเพิ่มขึ้น จะพบปริมาณการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ เพิ่มขึ้น โดยพบว่าที่ระยะเวลาเก็บรักษาข้าว 1 ปี พบปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ 256 ตัวอย่าง 2 – 4 ปี พบปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ 250 ตัวอย่าง และระยะเวลามากกว่า 4 ปี พบปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ 606 ตัวอย่าง ตามลำดับ

1.2.4.2.9 วัตถุดิบทางการเกษตรหรือเมล็ดพืช ที่เสื่อมสภาพ แตกหัก

สุภาวดี บริสุทธิ์วณิชชน (2551) รายงานว่า กระทรวงการเกษตร และกรมป่าไม้ของประเทศญี่ปุ่น ตรวจพบ "สารอะฟลาทอกซินบี$_1$" ซึ่งเป็นสารที่มีพิษรุนแรงในข้าวไทยที่ส่งขายให้กับผู้ผลิตอาหารแปรรูปในประเทศ โดยข้าวที่ตรวจพบสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในครั้งนี้ เป็นข้าวสารที่มีลักษณะของเมล็ดแตกหักทั้งสิ้น จำนวน 3,508 ตัน ที่นำเข้าจากประเทศไทย เมื่อเดือนมิถุนายน ค.ศ. 2008

1.2.4.3 ความเป็นพิษและการทำลายพิษ

1.2.4.3.1 ความเป็นพิษ

สารอะฟลาทอกซินเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะทำให้เกิดอาการเกี่ยวกับตับ เช่น โรคมะเร็งตับ เนื้อตับมีไขมันสะสมมาก ตับแข็ง เป็นต้น มีค่า LD_{50} เท่ากับ 0.5 - 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากการทดลองในสัตว์ทดลองโดยการฉีดสารอะฟลาทอกซินกับลิง พบว่า มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อที่ตับของลิง นอกจากนี้ยังทำให้ผู้ที่ทำการวิจัยครั้งนี้ เป็นมะเร็งที่ลำไส้ใหญ่ เนื่องจากการได้รับและสัมผัสกับสารอะฟลาทอกซินเป็นระยะเวลานาน (Center for Food Safety and Applied Nutrition, 2003) แสดงให้เห็นว่าอาการการเกิดพิษของสารดังกล่าว มีผลมาจากการสะสมสารพิษเป็นระยะเวลานาน จึงจะแสดงอาการ และความเป็นพิษจะมีมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ภาวะของอาหารการกิน อายุ เพศ ฮอร์โมน การทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ ในตับ ตลอดจนจำนวนสารพิษที่เข้าสู่ร่างกาย แต่สำหรับเด็กมักจะเกิดความเป็นพิษอย่างเฉียบพลัน เด็กจะมีอาการชัก หมดสติ เกิดความผิดปกติของเซลล์ตับ และเซลล์สมอง และอาจเสียชีวิตได้ภายใน 2-3 วันเท่านั้น ดังนั้นสามารถจำแนกระดับการเกิดพิษของสารอะฟลาทอกซินได้ดังนี้ (Kurtzman *et al.,* 1987)

1) พิษต่อตับ เมื่อคนได้รับสารพิษซึ่งปะปนมากับอาหารดังกล่าวเข้าสู่ร่างกาย สารพิษจะเข้าไปทำปฏิกิริยาทางชีวเคมีกับ DNA ทำให้การสังเคราะห์ DNA และ RNA ถูกหยุดยั้ง รวมทั้งสารพิษอาจเข้าไปรวมตัวกับ endoplasmic reticulum ทำให้การสร้างโปรตีนถูกรบกวนและหยุดชะงักลง ตลอดจนเป็นอันตรายต่อสารทางพันธุกรรมด้วยสารพิษดังกล่าว นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ ได้คือ

1.1) โรคตับอักเสบเฉียบพลัน มีรายงานจากประเทศอินเดียเมื่อปี พ.ศ. 2517 ว่าเด็กที่รับประทานข้าวโพดที่มีเชื้อรา ป่วยด้วยโรคตับอักเสบเฉียบพลัน มีผู้ป่วยอย่างน้อย 397 ราย และถึงแก่กรรม 106 ราย ตรวจพบสารอะฟลาทอกซินในข้าวโพดสูงถึง 6 - 15 มิลลิกรัมต่อ

กิโลกรัม นอกจากนี้มีรายงานจากประเทศไต้หวัน อูกานดาและเยอรมัน จึงพอสรุปได้ว่าสารนี้เป็นพิษต่อตับโดยเฉพาะในเด็ก

1.2) Reye's syndrome เป็นกลุ่มอาการของโรคที่มักเกิดขึ้นในเด็กวัยก่อนเรียน (3 - 8 ขวบ) มีอาการไข้ ปวดท้อง อาเจียน และชัก มักถึงแก่กรรมภายใน 24 - 72 ชั่วโมง จากการตรวจศพพบสมองบวม มีไขมันแทรกระหว่างเซลล์ของ อวัยวะต่าง ๆ และมีเลือดออกเป็นจุดเล็กๆ ภายในด้วย ในประเทศไทยมีรายงานโรค udorn encephalopathy ซึ่งมีลักษณะคล้ายกลุ่มอาการ Reye's syndrome เกิดจากผู้ป่วยกินข้าวเหนียวค้างคืนที่มีเชื้อรา จากการตรวจเนื้อเยื่อตับของเด็กที่ตายพบสารอะฟลาทอกซินสะสมอยู่มาก

1.3) โรคมะเร็งตับ จากการศึกพบว่าปริมาณสารอะฟลาทอกซินที่ได้รับจากอาหารประจำวัน มีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคมะเร็งตับ นอกจากนี้ยังแสดงอาการของการเสี่ยงการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบีสูงด้วย แต่ไม่สามารถสรุปได้แน่ชัดว่าสารอะฟลาทอกซินเป็นสาเหตุที่แท้จริงหรือไม่ นอกจากนี้มีสารอื่นที่ทดลองในสัตว์แล้วพบว่าเป็นพิษต่อตับ และสามารถก่อมะเร็งตับได้ที่สำคัญคือ luteoskyrin และ cyclochlorotine

1.2.4.3.2 การทำลายสารพิษ

นิธิยา รัตนาปนนท์ (2543) รายงานว่า สารอะฟลาทอกซินสามารถทนความร้อนได้ที่อุณหภูมิสูงถึง 250 องศาเซลเซียส ดังนั้นสารอะฟลาทอกซินจึงไม่ถูกทำลายหรือเสื่อมสลายจากกระบวนการหุงต้มทั่ว ๆไป เช่น ต้ม อบ หรือนึ่ง มีสมบัติละลายน้ำได้เล็กน้อย แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น คลอโรฟอร์ม เบนซิน อะซีโตน เอทานอล และเมทานอล แต่ไม่ละลายในเฮกเซน อีเทอร์และปิโตรเลียมอีเทอร์ นอกจากนี้ในรายงานของ Center for Food Safety and Applied Nutrition (2003) กล่าวอ้างอิงถึง การลดสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ และสารอะฟลาทอกซินบี$_2$ ในข้าวโพดสามารถใช้สารไบซัลไฟต์ (bisulfite) และสารไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ร้อยละ 0.2 (เติมสาร 10 นาที ก่อนเติมโซเดียมไบซัลไฟต์) มีผลทำให้สารพิษลดลงร้อยละ 65.5 นอกจากนี้ความร้อนที่อุณหภูมิ 45 – 65 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมงสามารถลดสารพิษดังกล่าวได้ร้อยละ 68.4 แสงอัลตราไวโอเลตลดได้ร้อยละ 45.7 การใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 3 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 4 นาทีกับข้าวโพดจะทำลายสารพิษได้ร้อยละ 99

เตือนจิตต์ สัตยาวิสุทธิ์ (2539) รายงานว่า ยังมีสารเคมีบางชนิดสามารถลดความเป็นพิษหรือทำลายพิษของสารอะฟลาทอกซินได้บ้าง เช่น แอมโมเนีย โซเดียมไฮโปคลอไรท์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งจะทำให้โครงสร้างของสารอะฟลาทอกซินเปลี่ยนแปลงไปในสภาวะด่าง แต่สามารถกลับสู่โครงสร้างเดิมได้ในสภาวะกรดหรือกลาง ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้สภาวะทาง

ฟิสิกส์ หรือทางเคมีทำลายสารอะฟลาทอกซินให้หมดได้ แต่จะเสื่อมสลายได้ภายใต้แสงอัลตราไวโอเลต

1.2.4.4 การป้องกันการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซิน

เนื่องจากสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยเหมาะกับการเจริญเติบโตของเชื้อราที่ทำให้เกิดสารอะฟลาทอกซิน และความเป็นพิษของสารอะฟลาทอกซินทั้งในคนและสัตว์ค่อนข้างร้ายแรง ดังนั้นจึงควรป้องกันและควบคุมไม่ให้เชื้อราและสารอะฟลาทอกซินเกิดขึ้นในผลิตผลทางการเกษตร โดยมีแนวทางป้องกันและควบคุม ดังนี้ (อนงค์ บิณฑวิหค, 2546)

1.2.4.4.1) การลดความชื้นในข้าวเปลือก

ข้าวที่เก็บเกี่ยวใหม่ พบว่าในเมล็ดจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 20 – 25 ซึ่งจะต้องทำการลดความชื้นให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมก่อนทำการเก็บรักษาในยุ้งฉางของเกษตรกร โดยการลดความชื้นของเมล็ดข้าวให้เหลือประมาณร้อยละ 14 สำหรับการเก็บรักษาข้าวไว้ได้เป็นระยะเวลา 2 - 3 เดือน แต่ถ้าต้องการเก็บรักษาข้าวได้เป็นระยะเวลานานเกินกว่า 3 เดือน ควรลดความชื้นในเมล็ดข้าวให้เหลือต่ำกว่าร้อยละ 12 ซึ่งการลดความชื้นทำได้หลายวิธี ได้แก่

1) การใช้แสงอาทิตย์ เป็นแหล่งความร้อนโดยมีการเคลื่อนที่ของอากาศเป็นตัวช่วยพาความชื้นออกจากเมล็ด ทำให้ความชื้นของเมล็ดลดลง เป็นวิธีการที่ประหยัดไม่ยุ่งยาก แต่มีข้อเสียคือ ต้องใช้แรงงานและพื้นที่ในการตาก และไม่สามารถควบคุมคุณภาพข้าวได้

2) การใช้เครื่องอบ วิธีนี้มีข้อดีคือ สามารถปฏิบัติได้ในทุกสภาวะอากาศ แม้ว่าฝนจะตกหรือมีแสงแดดน้อย ใช้พื้นที่น้อย สามารถควบคุมการลดความชื้นให้อยู่ในระดับตามต้องการ สามารถควบคุมป้องกันความเสียหายต่อคุณภาพข้าวได้ แต่มีข้อเสียคือค่าใช้จ่ายสูง

1.2.4.4.2) การเก็บรักษา

เป้าหมายหลักของการเก็บรักษาข้าว คือ ให้มีการสูญเสียของข้าวในขณะเก็บรักษาน้อยที่สุด ทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ โดยในด้านปริมาณ จะต้องไม่มีการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจาก นก หนู แมลง ในโรงเก็บและการหายใจของเมล็ด ส่วนด้านคุณภาพ เช่น เกิดข้าวเมล็ดเหลือง เกิดกลิ่นเหม็นอับ และ มีสิ่งสกปรกเจือปนมาก การเก็บรักษาข้าวโดยทั่วไป ควรเก็บรักษาไว้ในสภาพหรือโรงเก็บที่มีความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศต่ำ (ในที่แห้งและเย็น) ซึ่งการเก็บรักษาข้าวโดยทั่ว ๆ ไป แบ่งออกได้เป็น 4 วิธี ได้แก่

1) การเก็บในสภาพปกติ หมายถึง การเก็บข้าวไว้ในโรงเก็บปกติที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเก็บ เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอยู่เป็นส่วน

ใหญ่ เพราะมีการลงทุนน้อย และเสียค่าใช้จ่ายต่ำ แต่โอกาสที่จะเกิดความเสียหายในระหว่างการเก็บรักษามีสูง เช่น การเก็บในโรงเก็บหรือยุ้งฉางของเกษตรกร โรงสีหรือโกดังส่งออกข้าวขนาดใหญ่ ๆ

2) การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว เช่น การเก็บข้าวไว้ในตู้แช่ ตู้เย็น หรือในไซโลเก็บข้าวที่มีการเป่าลมเย็น เป็นต้น การเก็บในสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำช่วยชะลอการสูญเสีย ทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ เนื่องจากการเข้าทำลายของแมลงลดลง และการหายใจของเมล็ดน้อยลง

3) การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ได้แก่ การเก็บข้าวไว้ในภาชนะเก็บที่มิดชิด สามารถป้องกันการเคลื่อนที่ผ่านเข้าออกของอากาศได้ เช่น การเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ในปี๊บสังกะสี หรือ polyethylene bags เป็นต้น การเก็บข้าวในสภาพปิดเช่นนี้ ความชื้นของข้าวจะเป็นตัวกำหนดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในภาชนะที่เก็บ ถ้าความชื้นของข้าวต่ำ ความชื้นสัมพัทธ์ภายในภาชนะบรรจุก็จะต่ำ ข้าวที่เก็บจะเกิดความเสียหายน้อย ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ของข้าวสูง ความชื้นสัมพัทธ์ภายในภาชนะบรรจุก็จะสูง ข้าวที่เก็บจะเกิดความเสียหายสูง ดังนั้นการเก็บรักษาข้าวด้วยวิธีนี้ ข้าวควรมีความชื้นก่อนเก็บต่ำ ทั้งนี้ขึ้นกับระยะเวลาที่ต้องการเก็บรักษา อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปความชื้นไม่ควรเกินร้อยละ 10 วิธีนี้เป็นวิธีที่ได้ผลดี และมีค่าใช้จ่ายต่ำ

4) การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ วิธีนี้เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด สามารถป้องกันและลดความเสียหายของข้าวได้ดี เก็บรักษาข้าวให้คงคุณภาพดี ได้เป็นเวลานาน แต่มีการลงทุน และเสียค่าใช้จ่ายในการดูแลสูง เช่น การเก็บอนุรักษ์เชื้อพันธุ์ข้าวในธนาคารเชื้อพันธุ์

1.2.5 การตรวจพบสารอะฟลาทอกซินในข้าวไทยสำหรับบริโภค

สุภาวดี บริสุทธิ์วณิชชน (2551) รายงานว่า เมื่อวันที่ 19 ธันวาคม พ.ศ. 2551 หนังสือพิมพ์ทั่วไปและหนังสือพิมพ์ท้องถิ่นหลายสำนักของประเทศญี่ปุ่น ได้รายงานข่าวเกี่ยวกับข้าวที่นำเข้าจากประเทศไทยสำหรับการบริโภค มีการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซิน ซึ่งปัญหาดังกล่าวนี้ไม่ได้เกิดขึ้นเป็นครั้งแรก เนื่องจากเมื่อเดือนกันยายนที่ผ่านมา ได้มีการตรวจพบการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินในข้าวไทยด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงไม่ใช่แค่หนังสือพิมพ์เท่านั้นที่รายงานข่าว แต่ยังถูกรายงานผ่านสื่อโทรทัศน์ของประเทศญี่ปุ่นอีกด้วย เนื่องจากปัญหาข้าวปนเปื้อนนั้น ยังคงเป็นเรื่องใหม่ในความทรงจำของประชาชนญี่ปุ่นและเป็นเหตุการณ์ที่ทำให้เกิดความกังวลเกี่ยวกับข้าวนำเข้า โดยเหตุการณ์และการรายงานข่าวในครั้งนี้ มีความเป็นไปได้ที่จะทำให้ภาพลักษณ์ของข้าวไทยแย่

ลง เนื่องจากสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ที่ตรวจพบในข้าวเป็นสารที่มีพิษรุนแรง ซึ่งตามกฎหมายความปลอดภัยของอาหารได้กำหนดไว้ว่าจะต้องไม่พบการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซิน

สัญชัย ตันตยาภรณ์ (2547) รายงานว่า คณะกรรมาธิการสุขภาพและคุ้มครองผู้บริโภค (European Commission Health and Consumer Protection Directorate-General) ของกลุ่มสหภาพยุโรปหรืออียู ซึ่งตั้งอยู่ที่กรุงบรัสเซล ประเทศเบลเยียม ได้แจ้งเตือนภัยเร่งด่วนให้ประเทศสมาชิก 25 ประเทศ ทราบว่าเมื่อเร็ว ๆ นี้ประเทศสาธารณรัฐเชค เนเธอร์แลนด์ และสเปน ได้ตรวจพบสินค้าอาหาร 3 รายการ ซึ่งนำเข้าจากไทย ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ขนมจากสับปะรด มะม่วง และข้าวเหนียวดำมีคุณภาพต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่อียูกำหนด โดยเมืองท่าของประเทศเนเธอร์แลนด์ได้ตรวจพบสารอะฟลาทอกซินปนเปื้อนในข้าวเหนียวดำ น้ำหนักกว่า 1 ตันที่นำเข้าจากประเทศไทย โดยพบสารอะฟลาทอกซินในอัตราส่วน 72.2 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม จึงได้สั่งทำลายทิ้งทั้งหมด

1.2.6 วิธีการตรวจวิเคราะห์สารอะฟลาทอกซิน

การวิเคราะห์ปริมาณสารอะฟลาทอกซิน มีหลายวิธีได้แก่ high performance liquid chromatography (HPLC), thin layer chromatography (TLC), enzyme link immunosorbent assay (ELISA), gas chromatography (GC) และ gas chromatography mass spectrometry (GC/MS) เป็นต้น บางวิธีต้องใช้เวลานานสิ้นเปลืองสารเคมีมาก ขั้นตอนการเตรียม การเตรียมตัวอย่างทดสอบยุ่งยาก ไม่สะดวก ซึ่งปัจจุบันวิธีที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่วิธี HPLC เป็นวิธีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการเพื่อควบคุมผลทดสอบตามพระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ และมาตรฐานสากล (EU) (ณัชชา จันไขโคตร, 2548) และวิธี Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) ซึ่งเป็นวิธี screening test เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการตรวจสอบสารอะฟลาทอกซิน และเป็นที่ยอมรับตามมาตรฐาน การวิเคราะห์ของ AOAC สามารถตรวจวิเคราะห์สารอะฟลาทอกซินได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ ดังแสดงในภาคผนวก ก ซึ่งกรมวิชาการเกษตรได้ประสบความสำเร็จในการนำวิธี Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) มาใช้วิเคราะห์สารอะฟลาทอกซินในผลผลิตทางการเกษตร และพัฒนาต่อเป็นชุดตรวจสอบสำเร็จรูป (DOA-Aflatoxin ELISA Test Kit) ขึ้นมาใช้เองในประเทศ เพื่อลดต้นทุนใน การวิเคราะห์และทดแทนการนำเข้าชุดตรวจสอบจากต่างประเทศที่มีราคาแพง วิธีนี้ยังพัฒนาเพื่อใช้ทดสอบอาหาร เช่น ถั่วลิสง พริก และ ข้าวกล้อง (สุวรรณา กลัดพันธุ์, 2548)

1.2.6.1 การวิเคราะห์วิธี Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA)

เป็นวิธีการวิเคราะห์ทาง Immunoassay ในรูปแบบการแข่งขันแบบตรง (direct competitive enzyme - linked immunosorbent assay) โดยสารอะฟลาทอกซินจะถูกสกัดออกมาจากตัวอย่างที่บดละเอียดด้วยสารละลายเมทธานอล อะฟลาทอกซินในสารสกัดที่กรองได้ซึ่งเรียกว่าสารพิษอิสระ (free toxin) จะถูกนำไปแข่งขันกับสารอะฟลาทอกซินที่ผูกติดกับเอ็นไซม์ชี้บอก (labeled toxin) ในการที่จะไปเกาะจับกับแอนตีบอดี (antibody) ที่ถูกเคลือบไว้ที่ก้นหลุมทดสอบ (microtitration plate) หลังจากบ่มไว้ประมาณ 30 นาที จึงเทของเหลวในหลุมทิ้ง แล้วล้างส่วนของสารพิษอิสระ และสารพิษที่ผูกติดกับเอ็นไซม์ชี้บอก ส่วนที่ไม่เกาะจับกับแอนตีบอดีทิ้งไป ส่วนของสารพิษที่ผูกติดกับเอ็นไซม์ชี้บอกที่เกาะจับกับแอนตีบอดีในหลุมทดสอบ สามารถประเมินได้โดยการเติม substrate ที่จะทำปฏิกิริยาเฉพาะกับเอ็นไซม์ชี้บอก เกิดเป็นสี ความเข้มของสีที่เกิดขึ้นจากผลของปฏิกิริยาระหว่างเอ็นไซม์กับ substrate สามารถอ่านได้ด้วยสายตาเปรียบเทียบกับสีที่เกิดขึ้นในหลุมทดสอบของสารพิษมาตรฐานระดับต่าง ๆ หลุมทดสอบใดมีปริมาณสารพิษอิสระน้อยจะเกิดสีเข้ม ถ้ามีสารพิษอิสระมากจะเกิดสีจางตามลำดับ (อมรา ชินภูติ, 2548)

1.2.6.2 การวิเคราะห์วิธี high performance liquid chromatography (HPLC)

เป็นเทคนิคการตรวจวิเคราะห์หาระดับสารพิษจากเชื้อราแบบยืนยันผล โดยใช้ การตรวจจับกลุ่มสารพิษโดยใช้ตัวทำละลายเป็นตัวนำผ่านคอลัมน์และตรวจจับการเรืองแสงแสดงผลการตรวจวัดด้วยกราฟ เป็นวิธีที่มีความละเอียดสูง มีความถูกต้องและแม่นยำ แต่มีค่าใช้จ่ายในการตรวจวิเคราะห์สูง วิธีการวิเคราะห์ทำได้โดยนำสารพิษที่สกัดได้มาละลายในเมทานอล (methanol) จำนวน 1 มิลลิลิตร กรองผ่าน membrane filter (millipore) 0.45 μm ใส่ใน Autosampler vial แล้วฉีดเข้าเครื่อง HPLC สภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารอะฟลาทอกซินด้วยเครื่อง HPLC ประกอบด้วยคอลัมน์ ODS (C_{18}) ส่วนสารละลายตัวพาที่ใช้ คือ acetonitrile กับน้ำในสัดส่วน 35 ต่อ 65 โดยใช้อัตราการไหลของสารละลายตัวพาเป็น 1.5 มิลลิลิตรต่อนาที และคำนวณหาปริมาณโดยเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน aflatoxin (total) ค่า LOD (limit of detection) aflatoxin (total) = 1.0 ppb (นาโนกรัมต่อกิโลกรัม) (Gregory and Manlcy, 1981)

1.2.6.3 การวิเคราะห์วิธี thin layer chromatography (TLC)

เป็นเทคนิคในการตรวจวิเคราะห์หาระดับสารพิษจากเชื้อราแบบยืนยันผล โดยจะทำการตรวจ ที่ตัวสารอะฟลาทอกซินโดยตรง โดยอาศัยวิธีการแยกสารบนแผ่นบางของตัวดูดซับแล้ววัดค่าความเข้มข้นด้วยการดูระดับการเรืองแสงภายใต้แสง UV เป็นวิธีที่มีความถูกต้องและแม่นยำสูง แต่วิธีการดังกล่าวไม่สามารถแยกความจำเพาะต่อชนิดของสารอะฟลาทอกซินได้ รวมทั้งมีขั้นตอนยุ่งยากมากทำให้เสียเวลา นอกจากนี้ค่าใช้จ่ายในการตรวจวิเคราะห์สูงกว่าวิธี ELISA แต่ต่ำกว่าวิธี HPLC (ปัญญา เรืองวสุ, 2544)

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 เพื่อศึกษาผลของอายุการเก็บรักษา ต่อการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวสังข์หยด อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง

1.3.2 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวเปลือก ข้าวสารสี และข้าวซ้อมมือ ข้าวสังข์หยด อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง

1.3.3 เพื่อศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์บางชนิด ต่อการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวสังข์หยด อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบข้อมูลการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวสังข์หยด เพื่อที่จะหาวิธีการป้องกันหรือลดการปนเปื้อนในกระบวนการผลิต จัดการ และบริโภคข้าวสังข์หยดต่อไป

1.4.2 เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจให้ผู้ผลิต ผู้จำหน่าย และผู้บริโภคสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนารูปแบบบรรจุภัณฑ์ ที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษา และการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวสังข์หยด

บทที่ 2
วัสดุ อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการทดลองทางวิทยาศาสตร์ โดยการวิเคราะห์หาปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวสังข์หยด โดยเก็บตัวอย่างข้าวสังข์หยด จากเกษตรกรในพื้นที่อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง มาวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ ด้วยวิธี Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการตรวจสอบสารอะฟลาทอกซินและเป็นที่ยอมรับตามมาตรฐานการวิเคราะห์ของ AOAC ที่สามารถตรวจวิเคราะห์สารอะฟลาทอกซินที่ความเข้มข้นต่ำสุดถึง 0.4 ppb มีความจำเพาะเจาะจง (specificity) ของแอนติบอดีในการเกาะจับกับสารอะฟลาทอกซินชนิดบี$_1$ ได้ 100 % มีความสะดวกรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ซึ่งต่อมากรมวิชาการเกษตรได้ประสบความสำเร็จในการนำวิธี Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) มาใช้วิเคราะห์สารอะฟลาทอกซินในผลผลิตทางการเกษตรและพัฒนาต่อเป็นชุดตรวจสอบสำเร็จรูป (DOA-Aflatoxin ELISA Test Kit) ขึ้นมาใช้เองในประเทศ เพื่อลดต้นทุนในการวิเคราะห์และทดแทนการนำเข้าชุดตรวจสอบจากต่างประเทศที่มีราคาแพง ซึ่งปัจจุบันเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมใช้ทดสอบอาหาร เช่น ถั่วลิสง พริก และ ข้าวกล้อง ในการหาเชื้อราที่ผลิตสารอะฟลาทอกซิน (สุวรรณา กลัดพันธุ์, 2548) โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

2.1 วัสดุและอุปกรณ์ (Materials and Equipment)

วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในตัวอย่างข้าวสังข์หยดในห้องปฏิบัติการ มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

2.2.1 ชุด DOA- AFLATOXIN ELISA TEST KIT ประกอบด้วย (รูปที่ 4)

1) Micro ELISA Plate แบบต่าง ๆ ตามความต้องการของผู้ใช้ ที่เคลือบด้วยแอนตีบอดีต่อสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ บรรจุอยู่ในถุงฟอยด์

2) AFB1-HRP Conjugate จำนวน 6 หลอด (100 ul/vial)

3) Substrate A และ B อย่าง ละ 6 ml

4) Conjugate Buffer ปริมาณ 8 ml

5) Washing Buffer 100 ml (10 x 0.01 M PBS +0.05 % tween 20)

รูปที่ 4 ชุด DOA- AFLATOXIN ELISA TEST KIT
ที่มา : อมรา ชินภูติ (2549)

2.2.2 การเตรียมสารละลายที่ใช้ในการวิเคราะห์

2.2.2.1 การเตรียม washing buffer

โดยนำ washing buffer 100 มิลลิลิตรเจือจางเป็น 0.01 M PBS-T (phosphate buffered saline tween) โดยการเติมน้ำกลั่น 900 มิลลิลิตร สำหรับนำไปใช้ในการเจือจางสารสกัดตัวอย่าง และใช้ล้าง Micro ELISA Plate เก็บรักษาไว้อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

2.2.2.2 การเตรียม substrate solution

โดยการผสม substrate A และ substrate B ในอัตราส่วน 1:1 ควรเตรียมในปริมาณที่ต้องการเท่านั้นและใช้ภายใน 1 ชั่วโมง ตัวอย่างเช่น ต้องการหยดในหลุมทั้งหมด 8 หลุม จะต้องใช้ substrate ทั้งหมด = 8 X 100 ไมโครลิตร ดังนั้นต้องใช้ substrate A และ substrate B อย่างละ 400 ไมโครลิตร

2.2.2.3 การเตรียม enzyme conjugate

โดยการเติม conjugate buffer 1 มิลลิลิตร ลงไปในหลอดเอ็นไซม์คอนจูเกต 1 หลอด เขย่าเล็กน้อยให้เป็นเนื้อเดียวกัน หรือกลับหลอดขึ้นลงให้เข้ากัน ถ้าใช้ไม่หมดส่วนที่เหลือ

เก็บในหลอดเดิมปิดฝาให้สนิทแล้วเก็บที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สำหรับใช้ในครั้งต่อไปได้ ส่วนเอ็นไซม์คอนจูเกตหลอดที่ยังไม่ได้เจือจางให้เก็บไว้ที่ 0 องศาเซลเซียส

2.2.2.4 สารพิษมาตรฐาน

สารพิษมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.2, 0.5, 1 และ 2 ppb พร้อมใช้ในการวิเคราะห์ แสดงในภาคผนวก ก

2.2.3 สารเคมี

Methanol ร้อยละ 95 ผลิตโดยบริษัท Labscan

2.2.4 อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง

1) อุปกรณ์สุ่มเก็บตัวอย่าง (spear)
2) เครื่องชั่งสี่ตำแหน่ง
3) ถุงโพลีเอทิลีนแบบธรรมดา
4) ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ
5) ขวดแก้วรูปทรงกระบอก
6) แถบ label
7) เครื่องสุญญากาศ (รูปที่ 5)

รูปที่ 5 เครื่องบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ รุ่น DZ-400/2T ยี่ห้อ Hualian

2.2.5 อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

1) Micro ELISA Reader

2) เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

3) เครื่องเขย่า

4) เครื่องปั่น

5) ไมโครปิเปต (P50, P200, P100, P1000) พร้อมปิเปตทิป

6) เครื่องแก้วสำหรับกรอง และเจือจางสารสกัด

7) กระดาษกรอง Whatman No. 4 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.5 มิลลิเมตร

8) ถ้วยระเหย

9) Thermometer

10) เครื่องให้ความร้อน (hot plate)

11) ตู้อบความร้อน (oven)

2.2 วิธีดำเนินการวิจัย (Method)

2.2.1 การศึกษาผลของอายุการเก็บรักษา ต่อการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวสังข์หยด อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง

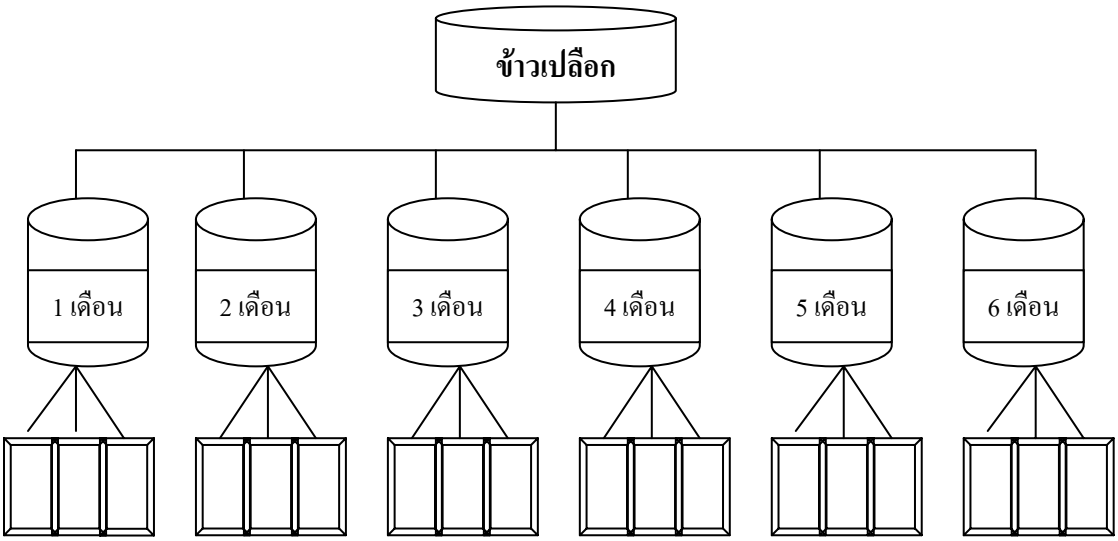
2.2.1.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทรีทเมนต์ (treatment) ประกอบด้วยอายุการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน 6 ระดับ ได้แก่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 เดือน ตามลำดับโดยแต่ละทรีทเมนต์ วิเคราะห์ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ จำนวน 3 ซ้ำ

2.2.1.2 การเก็บตัวอย่าง และการวิเคราะห์ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$

2.2.1.2.1 การเก็บตัวอย่าง

สุ่มเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกสังข์หยดในยุ้งฉางของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง ที่เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 บรรจุถุงโพลีเอทีลีนแบบธรรมดา จำนวน 6 ถุง ๆ ละ 1 กิโลกรัม นำไปตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 องศาเซลเซียส โดยให้แต่ละถุงเป็นตัวแทนของทรีทเมนต์ต่าง ๆ 6 ทรีทเมนต์ ในข้อ 2.2.1.1 เมื่อครบกำหนดเวลาอายุการเก็บรักษา 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 เดือน ตามลำดับ ระหว่างเดือนมีนาคม – สิงหาคม พ.ศ. 2553 จึงสุ่มตัวอย่างข้าวเปลือก จำนวน 3 ตัวอย่างต่อถุง ตัวอย่างละ 20 กรัม ไปวิเคราะห์ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ จนครบทุกอายุการเก็บรักษา 6 เดือน (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 ทรีทเมนต์การวิเคราะห์ปริมาณของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในข้าวเปลือกในพื้นที่อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง เป็นระยะเวลา 1 - 6 เดือน

2.2.1.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$

วิเคราะห์ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในตัวอย่างข้าวสังข์หยดที่สุ่มได้ตามทรีทเมนต์ต่าง ๆ ด้วยชุดทดสอบสารอะฟลาทอกซินสำเร็จรูป DOA-ELISA Test Kit (อมรา ชินภูติ, 2548) โดยมีรายละเอียดในการวิเคราะห์ ดังนี้

1) การเตรียม และการสกัดตัวอย่างข้าวสังข์หยด

ขั้นตอนการเตรียมและสกัดตัวอย่างข้าวสังข์หยด แสดงในรูปที่ 7 โดยนำข้าวสังข์หยดมาปั่นด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียด แล้วทำการชั่งตัวอย่างข้าวดังกล่าว ปริมาณ 20 กรัม ใส่ใน flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมเมทานอล (methanol) ร้อยละ 70 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ลงใน flask ปิดปาก ด้วยจุกยางหรือแผ่นพาราฟิล์ม แล้วนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 5 - 10 นาทีแล้วจึงนำส่วนใสมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 เก็บส่วนที่กรองได้ไว้ในหลอดแก้วที่สะอาดปิดสนิท สารสกัดที่กรองได้นี้จะมีความเข้มข้นเป็น 1:5 เท่า ให้เจือจางสารสกัดเป็น 1:20 เท่า โดยใช้สารละลาย 0.01 M PBS-T (phosphate buffered saline tween 20) ก่อนนำไปวิเคราะห์โดยเจือจางในอัตราส่วน 1:4 สารสกัดตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร + สารละลาย 0.01 M PBS-T 4 มิลลิลิตร ได้ตัวอย่างสารสกัดพร้อมวิเคราะห์

1.1) การเตรียมสารละลายเมทานอล (methanol) ร้อยละ 70 สำหรับการสกัดตัวอย่าง คำนวณได้จาก

จากสูตร C1V1 = C2V2

โดย C1 = ความเข้มข้นเริ่มต้น (มิลลิลิตร)

C2 = ความเข้มข้นที่ต้องการ (มิลลิลิตร)

V1 = ปริมาตรเริ่มต้น (มิลลิลิตร)

V2 = ปริมาตรที่ต้องการ (มิลลิลิตร)

การคำนวณ

95 % × V1 มิลลิลิตร = 70 % × 950 มิลลิลิตร

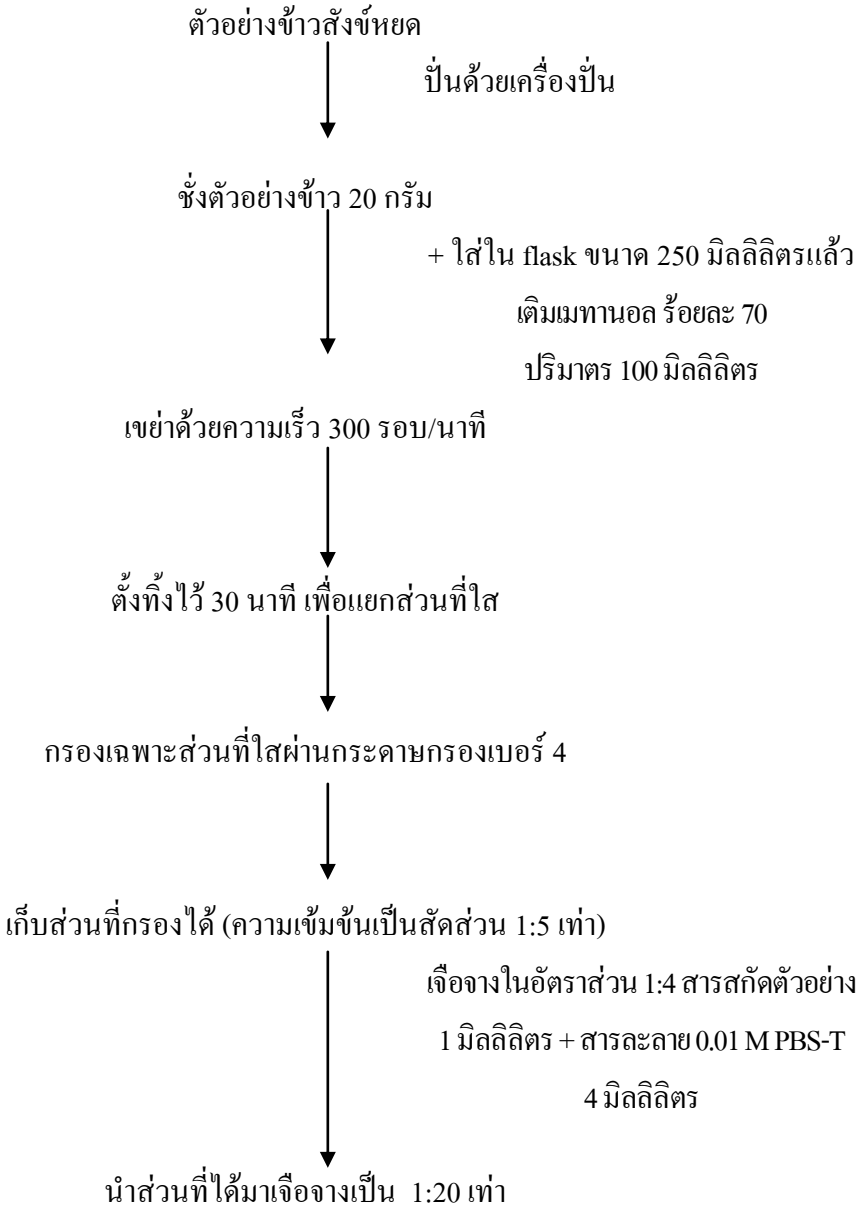
V1 = (70 x 950)/95

V1 = 700

ตวง Methanol ร้อยละ 95 มา 700 มิลลิลิตรแล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 950 มิลลิลิตร ก็จะได้ methanol ร้อยละ 70

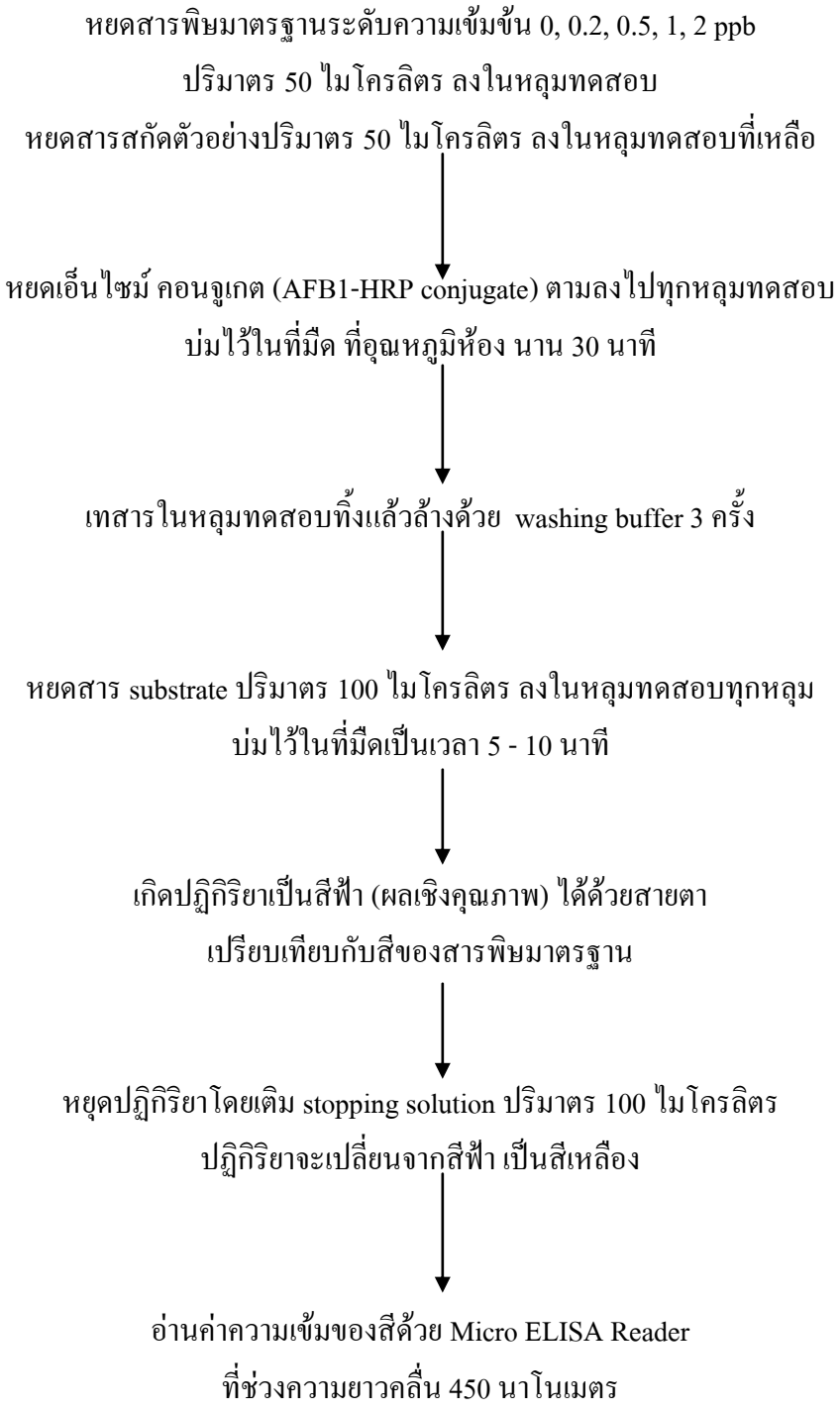
2) การวิเคราะห์สารอะฟลาทอกซินบี$_1$

ขั้นตอนการวิเคราะห์สารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในตัวอย่างข้าวสังข์หยด แสดงในรูปที่ 8 โดยวางแผนการใช้หลุมทดสอบในแต่ละ stripe ว่าจะใช้สารพิษมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้น และจะใส่สารสกัดตัวอย่างในหลุมใด หลังจากนั้นหยดสารพิษมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.2, 0.5, 1 และ 2 ppb ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ลงในหลุมทดสอบทุกหลุม หลุมละความเข้มข้น และหยดสารสกัดตัวอย่างที่เจือจางแล้ว ปริมาณ 50 ไมโครลิตร ลงในหลุมทดสอบที่เหลือ แล้วหยดเอ็นไซม์คอนจูเกต (AFB1-HRP conjugate) ที่เจือจางใน conjugate buffer แล้ว ปริมาตร 50 ไมโครลิตรตามลงไปทุกหลุมทดสอบ เขย่าเล็กน้อยแล้วบ่มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที หลังจากครบเวลาการบ่มแล้ว เทสารในหลุมทดสอบทิ้งโดยการคว่ำหลุม และล้างหลุมทดสอบโดยเติม washing buffer ลงในหลุมให้เต็มทุกหลุม แล้วคว่ำทิ้ง ทำการล้างอย่างน้อย 3 ครั้ง คว่ำหลุมทดสอบบนกระดาษซับแล้วเคาะให้แห้ง แล้วหยด substrate ที่เตรียมไว้ ปริมาตร 100 ไมโครลิตรลงในหลุมทดสอบทุกหลุม แล้วบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 5 - 10 นาทีจะเกิดปฏิกิริยาเป็นสีฟ้าตามลำดับ ซึ่งความเข้มข้นของสารพิษประเมินได้จากตัวอย่างที่มีสีฟ้าเข้ม แสดงว่าไม่มีสารพิษหรือมีน้อยและตัวอย่างที่มีสีฟ้าจางหรือขาว แสดงว่ามีสารพิษมาก ทำการหยุดปฏิกิริยาโดยการเติม stopping solution (0.5 M phosphoric acid) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ปฏิกิริยาจะเปลี่ยนจากสีฟ้าเป็นสีเหลือง และอ่านค่าความเข้มของสีด้วย Micro ELISA Reader ที่ช่วงความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร ควรอ่านปฏิกิริยาภายใน 60 นาที หลังจากหยุดปฏิกิริยา



รูปที่ 7 ขั้นตอนการสกัดตัวอย่างข้าวสังข์หยด

ที่มา: อมรา ชินภูติ (2548)



รูปที่ 8 ขั้นตอนการวิเคราะห์สารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในตัวอย่างข้าวสังข์หยด
ที่มา : อมรา ชินภูติ (2548)

3) การคำนวณปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในตัวอย่างข้าวสังข์หยด

การวิเคราะห์ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ด้วยวิธี Competitive ELISA สามารถอ่านได้ทั้งแบบคุณภาพ (qualitative) และ ปริมาณ (quantitative) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1) การอ่านผลเชิงปริมาณ

การอ่านผลเป็นปริมาณสารพิษ สามารถบอกอ่านผลอย่างละเอียดได้เป็นปริมาณ พีพีบี (ส่วนในพันล้านส่วน) โดยอ่านความเข้มของสีในหลุมทดสอบด้วยเครื่อง Micro ELISA Reader (รูปที่ 9) ที่ช่วงความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร ซึ่งเรียกว่าค่าการดูดกลืนแสง (absorbance value)

รูปที่ 9 เครื่อง Micro ELISA Reader

3.2) การอ่านผลเชิงคุณภาพ

การวิเคราะห์ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ โดยใช้เทคนิคของ DOA-ELISA Test Kit เป็นวิธีการวิเคราะห์ทาง Immunoassay ในรูปแบบการแข่งขันแบบตรง โดยสารอะฟลาทอกซินจะถูกสกัดออกมาจากตัวอย่างที่บดละเอียด ด้วยสารละลายเมทานอล อะฟลาทอกซินในสารสกัดที่กรองได้ซึ่งเรียกว่า สารพิษอิสระ (free toxin) จะถูกนำไปแข่งขันกับสารอะฟลาทอกซินที่ผูกติดกับเอ็นไซม์ชี้บอก (labeled toxin) ในการที่จะไปเกาะจับกับแอนติบอดี (antibody) ที่ถูกเคลือบไว้ที่ก้นหลุมทดสอบ (microtitration plate) หลังจากบ่มไว้ประมาณ 30 นาที จึงเทของเหลวในหลุมทิ้ง แล้วล้างส่วนของสารพิษอิสระ และสารพิษที่ผูกติดกับเอ็นไซม์ชี้บอก ส่วนที่ไม่เกาะจับกับแอนติบอดีทิ้งไป ส่วนของสารพิษที่ผูกติดกับเอ็นไซม์ชี้บอก ที่เกาะจับกับแอนติบอดีในหลุม

ทดสอบ สามารถประเมินได้โดยการเติม substrate ที่จะทำปฏิกิริยาเฉพาะกับเอ็นไซม์ชี้บอก เกิดเป็นสี ความเข้มของสีที่เกิดขึ้นจากผลของปฏิกิริยาระหว่างเอ็นไซม์กับ substrate สามารถอ่านได้ด้วยสายตาเปรียบเทียบกับสีที่เกิดขึ้นในหลุมทดสอบของสารพิษมาตรฐานระดับต่าง ๆ หลุมทดสอบใดมีปริมาณสารพิษอิสระน้อยจะเกิดสีเข้ม ถ้ามีสารพิษอิสระมากจะเกิดสีจางตามลำดับ ดังแสดงในภาคผนวก ก

2.2.1.3 การบันทึกข้อมูลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

บันทึกปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในตัวอย่างที่วิเคราะห์ในทรีทเมนต์ต่าง ๆ พร้อมทั้งบันทึกค่าความชื้นในเมล็ด และอุณหภูมิในถุงเก็บเมล็ดข้าวสังข์หยด ที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ ในส่วนของการวิเคราะห์ผลการทดลองทำได้โดยการนำปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ที่พบในทรีทเมนต์ต่าง ๆ ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance, ANOVA)

2.2.1.4 ข้อมูลการตรวจวัดด้านกายภาพ

2.2.1.4.1 ความชื้นในเมล็ด

การหาความชื้นในเมล็ดข้าวสังข์หยดนั้น ทำได้โดยการนำตัวอย่างเมล็ดข้าวสังข์หยดในแต่ละทรีทเมนต์ ในข้อ 2.2.1.2 มาชั่งน้ำหนัก 100 กรัม แล้วบันทึกค่าไว้เป็นมวลวัตถุเริ่มต้น จากนั้นจึงนำมาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นในตู้ดูดความชื้น (desiccators) แล้วนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง บันทึกค่าไว้เป็นมวลวัตถุที่แห้ง แล้วนำมาคำนวณตามสูตร % ความชื้น = (มวลวัตถุเริ่มต้น - มวลวัตถุที่แห้ง) x100/ มวลวัตถุเริ่มต้น) จนครบทุกอายุการเก็บรักษา 6 เดือน

2.2.1.4.2 อุณหภูมิ

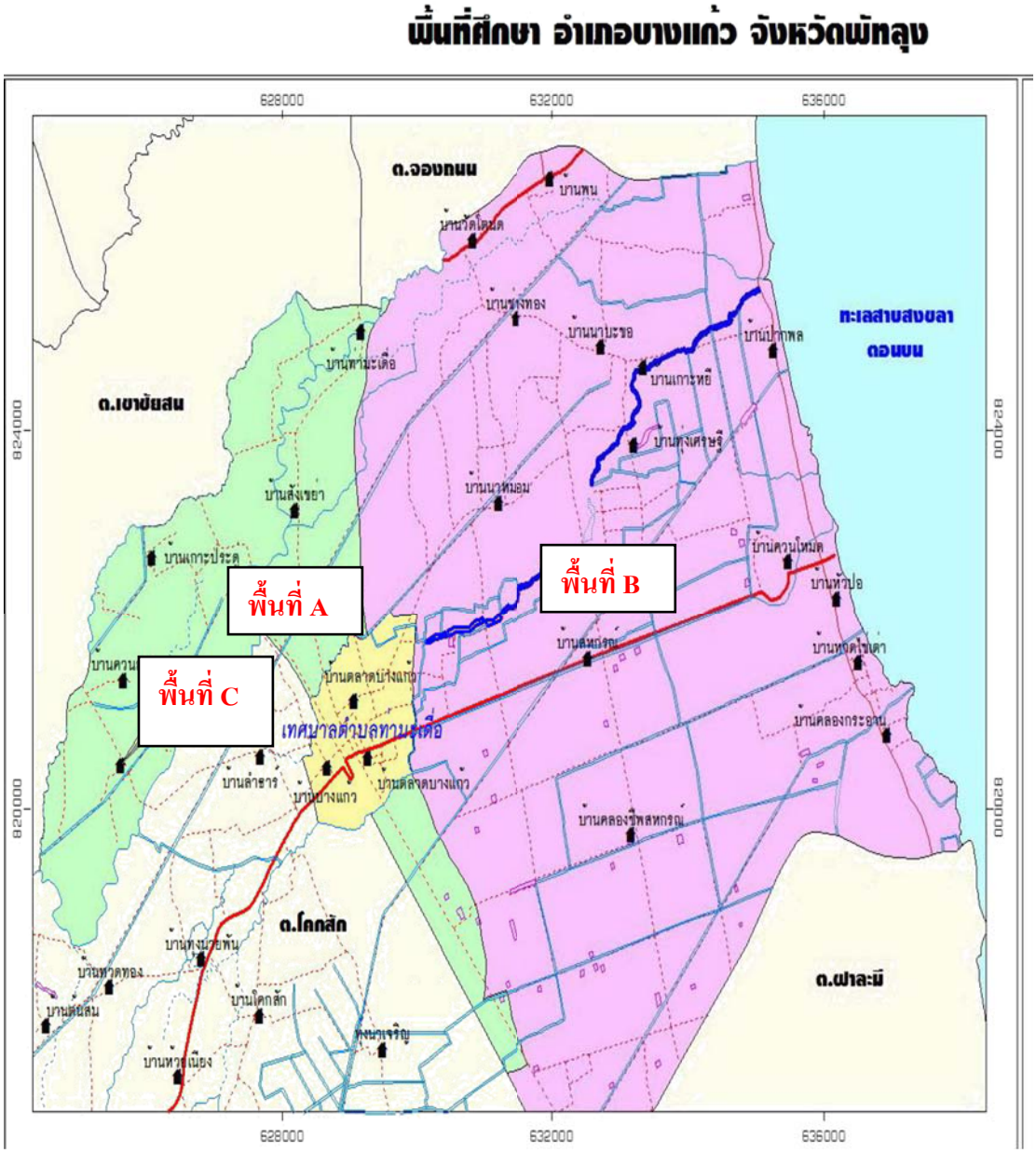
การหาอุณหภูมิทำได้โดยการใช้เทอร์โมมิเตอร์จุ่มวัดลึกลงไปบริเวณระหว่างกลางในถุงเก็บตัวอย่างข้าวสังข์หยด เมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา จนครบทุกอายุการเก็บรักษา 6 เดือน

2.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวเปลือก ข้าวสารสี และข้าวซ้อมมือ ข้าวสังข์หยด อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง

2.2.2.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block, RCB) ซึ่งทรีทเมนต์ประกอบด้วย ข้าวสังข์หยดแบบต่าง ๆ 3 แบบ ได้แก่ ข้าวเปลือก ข้าวสารสี (โรงสีข้าว ดังแสดงในภาคผนวก ข) และข้าวสารซ้อมมือ (ครกตำข้าว ดังแสดงในภาคผนวก ข)

โดยแต่ละทรีทเมนต์เก็บตัวอย่างจาก 3 พื้นที่ ของอำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง โดยในแต่ละพื้นที่จะใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษแทนชื่อของตำแหน่งพื้นที่เก็บตัวอย่าง ได้แก่ พื้นที่ A พื้นที่ B และพื้นที่ C (รูปที่ 10)



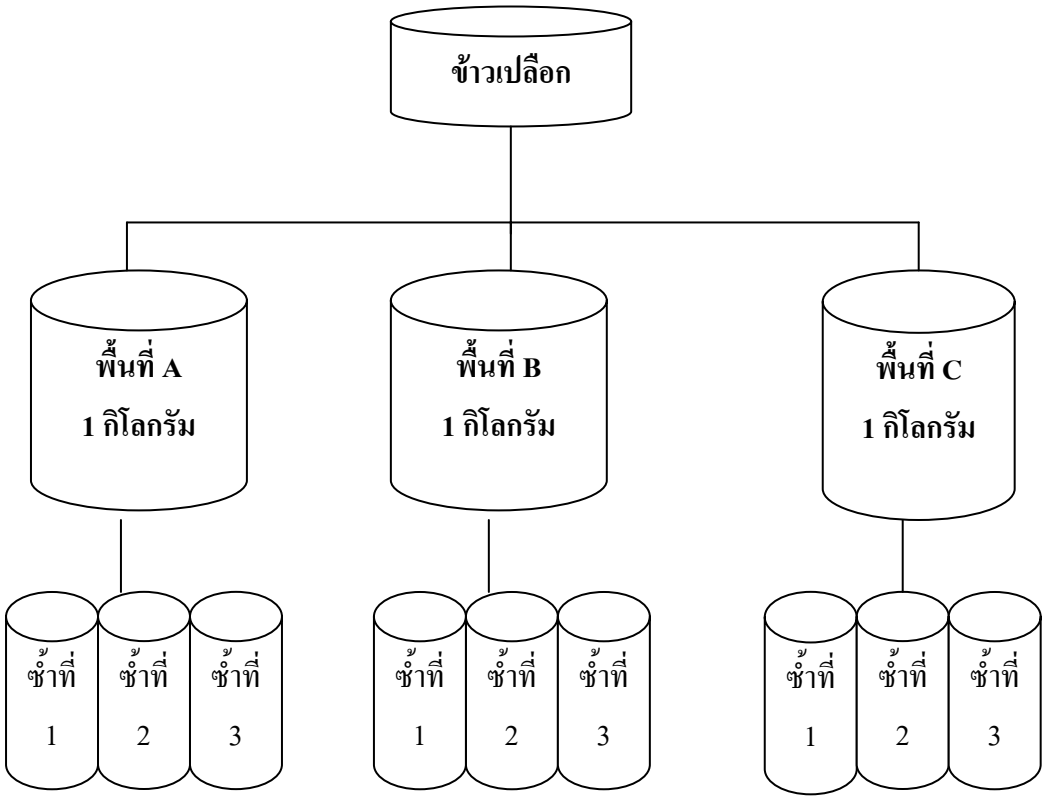
รูปที่ 10 จุดเก็บตัวอย่างจาก 3 พื้นที่ของอำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง โดยในแต่ละพื้นที่จะใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษแทนชื่อของตำแหน่งพื้นที่เก็บตัวอย่าง ได้แก่ พื้นที่ A พื้นที่ B และพื้นที่ C

ที่มา : ศูนย์ภูมิภาค เทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศ ภาคใต้ (2554)

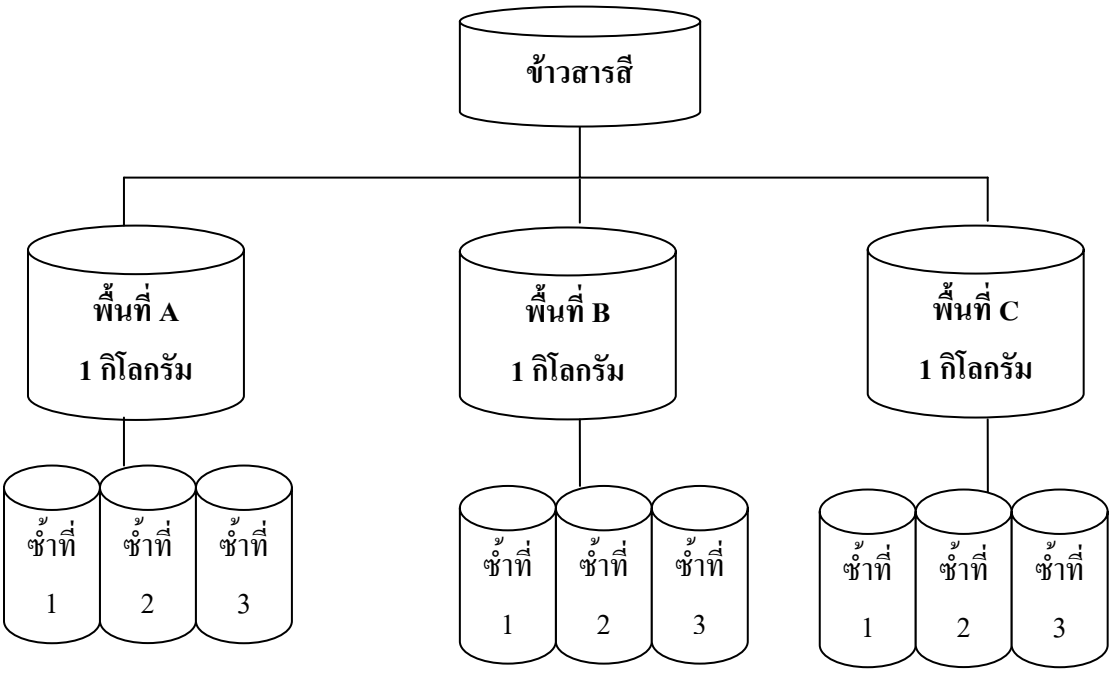
2.2.2.2 การเก็บตัวอย่าง และการวิเคราะห์ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$

2.2.2.2.1 การเก็บตัวอย่าง

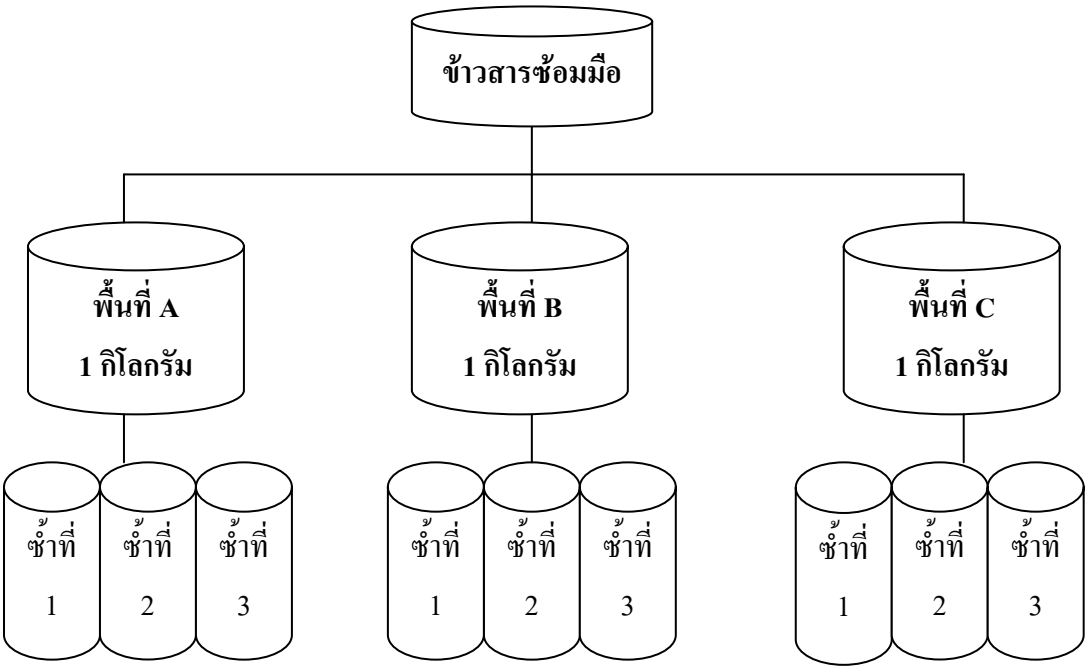
ในแต่ละทรีทเมนต์ สุ่มเก็บตัวอย่างข้าวสังข์หยดแบบ RCB จาก 3 พื้นที่ปลูกข้าวสังข์หยด ในข้อ 2.2.2.1 โดยแต่ละพื้นที่ เก็บตัวอย่างทรีทเมนต์ละ 1 ถุง ๆ ละ 1 กิโลกรัม มาบรรจุในถุงโพลีเอทิลีนแบบธรรมดา ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2553 ซึ่งเป็นข้าวที่เก็บรักษาอยู่ในยุ้งฉางของชาวบ้านเป็นระยะเวลา 1 เดือน ในส่วนของข้าวสารสี และข้าวสารซ้อมมือ หลังการสีและซ้อมมือได้ทำการลดความชื้นโดยการตากแดดทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง ก่อนบรรจุในถุง จากนั้นนำตัวอย่างข้าวสังข์หยดไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยสุ่มตัวอย่างในแต่ละทรีทเมนต์ จำนวน 3 ตัวอย่างต่อถุง ตัวอย่างละ 20 กรัม แสดงในรูปที่ 11, 12 และ 13 ตามลำดับ ไปวิเคราะห์ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ตามรายละเอียดในหัวข้อ 2.2.1.2.2



รูปที่ 11 ทรีทเมนต์การวิเคราะห์ปริมาณของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวเปลือกจาก 3 พื้นที่ของอำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง



รูปที่ 12 ทรีทเมนต์การวิเคราะห์ปริมาณของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในข้าวสารสีจาก 3 พื้นที่ของอำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง



รูปที่ 13 ทรีทเมนต์การวิเคราะห์ปริมาณของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในข้าวสารซ้อมมือจาก 3 พื้นที่ของอำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง

2.1.2.2.2 การบันทึกข้อมูล และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

บันทึกปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในทรีทเมนต์ต่าง ๆ และวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ของปริมาณสารดังกล่าวในทรีทเมนต์ต่าง ๆ พร้อมทั้งบันทึกค่าความชื้นในเมล็ด และอุณหภูมิในถุงเก็บตัวอย่าง ก่อนนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ดังในข้อ 2.2.1.3

2.2.3 การศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์บางชนิด ต่อการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในข้าวสังข์หยด อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง

2.2.3.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ ทรีทเมนต์ประกอบด้วยบรรจุภัณฑ์เก็บรักษาข้าวสังข์หยด 3 ชนิดได้แก่ ถุงโพลีเอทิลีนแบบธรรมดา (รูปที่ 14) ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ (รูปที่ 15) และขวดแก้วรูปทรงกระบอก (รูปที่ 16) แต่ละทรีทเมนต์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยเก็บตัวอย่างจากพื้นที่ปลูกข้าวสังข์หยด 3 พื้นที่ของอำเภอบางแก้วจังหวัดพัทลุง ในข้อ 2.2.2.1

รูปที่ 14 ถุงโพลีเอทิลีนแบบธรรมดา

รูปที่ 15 ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ

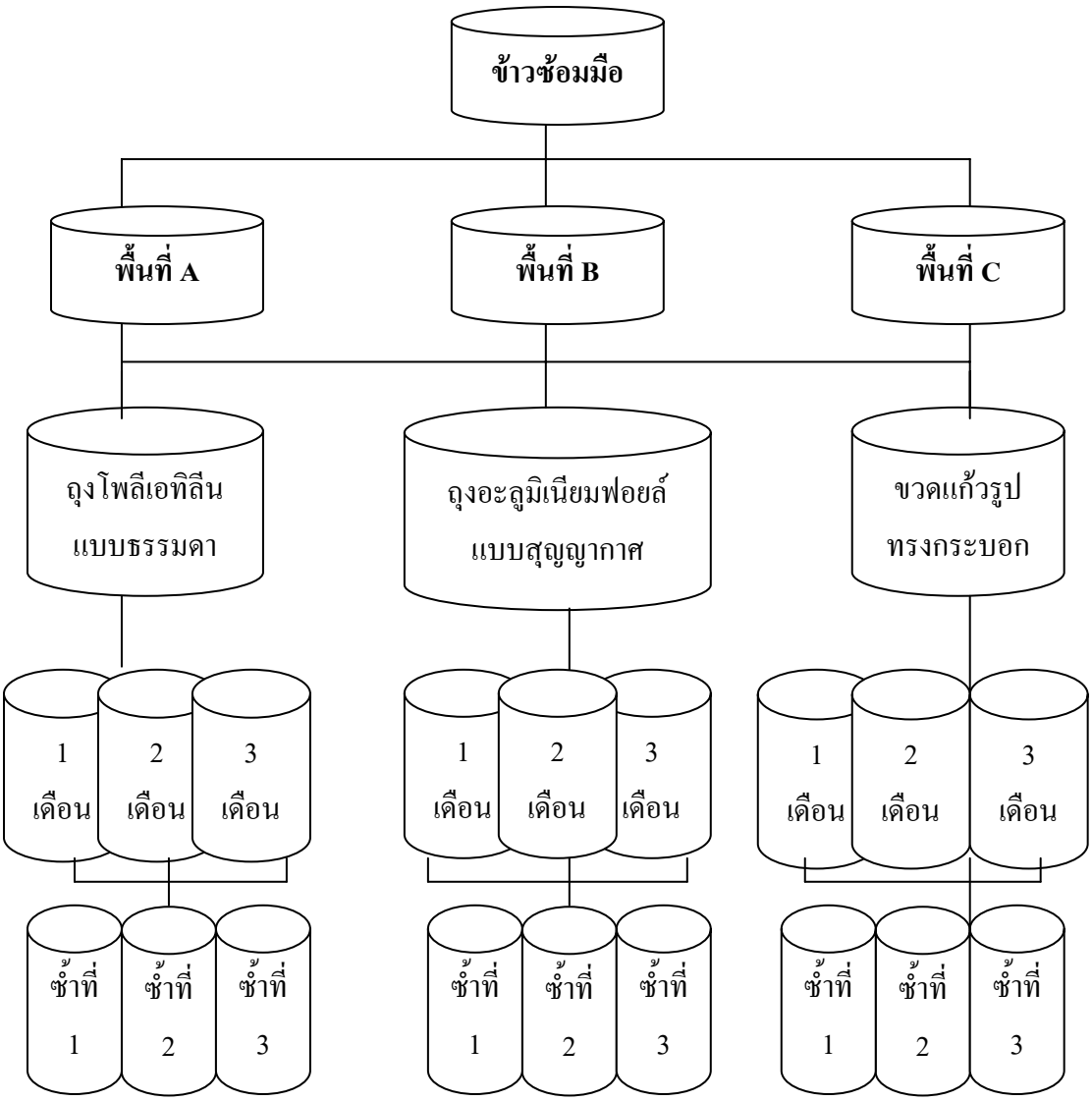
รูปที่ 16 ขวดแก้วรูปทรงกระบอก

2.2.3.2 การเก็บตัวอย่าง และการวิเคราะห์ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี1

2.2.3.2.1 การเก็บตัวอย่าง

ในแต่ละทรีทเมนต์นำตัวอย่างข้าวซ้อมมือสังข์หยด ในข้อ 2.1.2.2.1 จาก 3 พื้นที่ของอำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง มาบรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ในข้อ 2.2.3.1 ชนิดละ 3 ถุง

ถุงละ 1 กิโลกรัม โดยให้แต่ละถุงแทนอายุการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1, 2 และ 3 เดือน ตามลำดับ ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 องศาเซลเซียส แสดงในรูปที่ 17 หลังจากนั้นสุ่มตัวอย่างข้าวซ้อมมือจำนวน 20 กรัมต่อถุงในทรีทเมนต์ต่าง ๆ ไปวิเคราะห์ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$หลังจากสิ้นสุดทุกอายุการเก็บรักษา โดยวิธีการวิเคราะห์ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ทำเช่นเดียวกันตามรายละเอียดในหัวข้อ 2.2.1.2.2 พร้อมทั้งทำการตรวจวัดหาค่าความชื้นในเมล็ด และอุณหภูมิภายในถุงข้าว หลังสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา ก่อนนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ดังรายละเอียดในข้อ 2.2.1.3



รูปที่ 17 ทรีทเมนต์การวิเคราะห์ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในข้าวซ้อมมือ ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ได้แก่ ถุงโพลีเอทิลีนแบบธรรมดา ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ และขวดแก้วรูปทรงกระบอก

2.2.3.3 การบันทึกข้อมูล และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

บันทึกปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวซ้อมมือที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ ที่ระยะเวลาเก็บรักษา 1, 2 และ 3 เดือน นำผลการทดลองไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ พร้อมทั้งบันทึกค่าความชื้นในเมล็ด และอุณหภูมิ ก่อนนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$

2.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

สำหรับสถิติที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้ จะใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนทางสถิติ มาทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม หรือมากกว่า 2 กลุ่ม ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel 2007 และโปรแกรม SPSS V.16 ในการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และร้อยละ 99 ตามลำดับโดยใช้คำสั่ง one-way ในการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way-anova) ซึ่งเป็นสถิติที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 2 ค่าขึ้นไป

2.2.4.1 ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ย (standard error of the mean)

ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ย หรือเรียกว่า ค่า SEM เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าเฉลี่ยที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างไปยังค่าเฉลี่ยของประชากร ถ้า SEM มีค่าน้อย การประมาณค่าเฉลี่ยที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างไปยังค่าเฉลี่ยของประชากรจะมีโอกาสถูกต้องมากขึ้น และค่า SEM จะมีค่าสวนทางกับจำนวนของกลุ่มตัวอย่าง คือถ้า n มีจำนวนมาก ค่า SEM จะมีค่าลดน้อยลง (ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์, 2544) มีสมการว่า

$$SEM = \frac{sd}{\sqrt{n}}$$

บทที่ 3
ผลและอภิปรายผลการทดลอง

การปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ตลอดจนผลของอายุการเก็บรักษา ประเภทของข้าว และชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในข้าวสังข์หยด อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุงโดยวิเคราะห์ตามทรีทเมนต์ต่าง ๆ ที่เตรียมไว้ ด้วยวิธี DOA -Aflatoxin ELISA Test Kit มีดังนี้

3.1 การศึกษาผลของอายุการเก็บรักษา ต่อการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวสังข์หยด อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง

จากการนำข้าวเปลือกสังข์หยดในพื้นที่ อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง บรรจุถุงโพลีเอทีลีนแบบธรรมดา จำนวน 6 ถุง ๆ ละ 1 กิโลกรัม นำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาตั้งแต่ 1 ถึง 6 เดือน ระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 พร้อมทั้งตรวจวัดค่าความชื้นในเมล็ด และอุณหภูมิภายในถุงข้าว พบว่าไม่ตรวจพบการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ และเมื่อพิจารณาความชื้นในเมล็ด และอุณหภูมิในช่วงระยะเวลาเก็บรักษาต่าง ๆ พบว่า ความชื้นและอุณหภูมิของเมล็ดข้าวเปลือก อยู่ในช่วงต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ คือความชื้นไม่เกินร้อยละ 14 อุณหภูมิไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ความชื้นในเมล็ดและอุณหภูมิในถุงเก็บข้าวเปลือกสังข์หยด อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง ที่อายุการเก็บรักษาต่าง ๆ ระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553

อายุการเก็บรักษา (เดือน)	เดือนที่บันทึกข้อมูล	ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ (ppb)	ความชื้นในเมล็ด (%) (ค่าเฉลี่ย ±SEM)	อุณหภูมิในถุง (°C) (ค่าเฉลี่ย ±SEM)
1	มีนาคม	< 0.4	9.3±0.003	30.1±0.03
2	เมษายน	< 0.4	9.2±0.021	30.0±0.06
3	พฤษภาคม	< 0.4	5.4±0.001	29.3±0.03
4	มิถุนายน	< 0.4	7.0±0.005	28.2±0.03
5	กรกฎาคม	< 0.4	7.5±0.007	29.0±0.06
6	สิงหาคม	< 0.4	8.0±0.025	28.2±0.03

หมายเหตุ Limit of detection = 0.4 ppb

Standard error of the mean =SEM

จากผลการทดลองในครั้งนี้ พบว่า การนำข้าวสังข์หยดในรูปของข้าวเปลือกไปเก็บรักษาไว้ภายใต้อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิในถุงเก็บข้าวเปลือกไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส ความชื้นไม่เกินร้อยละ 14 เป็นระยะเวลานานถึง 6 เดือน ไม่พบการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ แสดงว่าในการเก็บรักษาข้าวเปลือกของข้าวสังข์หยดภายใต้เงื่อนไขดังกล่าวนี้ ส่งผลให้เชื้อรา *Aspergillus flavus* ซึ่งเป็นเชื้อราที่เป็นสาเหตุในการสร้างสารพิษดังกล่าว ไม่สามารถเจริญเติบโตและสร้างสารพิษดังกล่าวเพิ่มขึ้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของสุพรรณ ปัญญาฟู (2540) รายงานว่าความชื้นในเมล็ดมีอิทธิพลต่อการเจริญและการสร้างสารอะฟลาทอกซินของเชื้อรา ดังนั้นเมล็ดพืชที่เก็บเกี่ยวได้ ต้องเก็บในสถานที่ทำให้ความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 14 ถ้าความชื้นสูงกว่านี้เชื้อราจะเจริญได้ดี และสอดคล้องกับรายงานของ Wimberly (1983) รายงานว่าความชื้นที่เหมาะสมของเมล็ดข้าวเปลือกที่เก็บรักษาไว้นาน 2 - 3 เดือน ควรมีความชื้นในเมล็ดร้อยละ 13 - 14 และถ้าเก็บไว้นานกว่า 3 เดือน จะต้องลดความชื้นในเมล็ดให้ต่ำกว่าร้อยละ 12 - 12.5 อุณหภูมิเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ กล่าวคือ เมล็ดพันธุ์สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานขึ้นเมื่อลดอุณหภูมิของสถานที่เก็บรักษาลง เนื่องจากความเย็นมีผลทำให้การเจริญของเชื้อราและกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเมล็ดลดลง ส่งผลให้อัตราการหายใจของเมล็ดต่ำลง

ไปด้วย (Lutfullah and Hussain, 2011) นอกจากนี้เมล็ดข้าวที่ยังไม่กะเทาะเปลือกจะมีปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ น้อยกว่าเมล็ดข้าวที่กะเทาะเปลือกแล้ว เนื่องจากเปลือกของข้าวที่หุ้มเมล็ดจะมีสารแทนนิน ซึ่งเป็นสารประกอบโพลีฟีนอล (polyphenol) เป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีคุณสมบัติในการตกตะกอนสารพวกโปรตีนต่าง ๆ และสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. flavus* ได้ (จินตนา อุปดิสสกุล, 2531) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Liu *et al.,* (2006) รายงานว่า ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของเมล็ดพืช มีส่วนสำคัญในการป้องกันการเกิดเชื้อราบนเมล็ด โดยเฉพาะเชื้อรา *A. flavus* ที่สร้างสารอะฟลาทอกซิน โดยพบว่าเมล็ดข้าวเปลือกมีการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินน้อยกว่าข้าวขัดสี ดังนั้นเกษตรกรจึงนิยมเก็บรักษาข้าวให้อยู่ในรูปของข้าวเปลือก เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา

3.2 การวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวเปลือก ข้าวสารสี และข้าวสารซ้อมมือ ข้าวสังข์หยด อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง

จากการนำข้าวสังข์หยดแบบต่าง ๆ 3 แบบ ได้แก่ ข้าวเปลือก ข้าวสารสี และข้าวสารซ้อมมือจาก 3 พื้นที่ของอำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง วิเคราะห์หาปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ พร้อมทั้งตรวจวัดค่าความชื้นในเมล็ด และอุณหภูมิภายในถุงเก็บข้าวสังข์หยด ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ความชื้นในเมล็ด และอุณหภูมิในถุงเก็บข้าวสังข์หยดแบบต่าง ๆ ในพื้นที่ปลูกข้าว อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง

แบบของข้าวสังข์หยด	ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ (ppb) (ค่าเฉลี่ย ±SEM)	ความชื้นในเมล็ด (%) (ค่าเฉลี่ย ±SEM)	อุณหภูมิในถุง (°C) (ค่าเฉลี่ย ±SEM)
ข้าวเปลือก	< 0.4 *	7.1 ± 0.94	28.6 ± 0.40
ข้าวสารสี	1.21± 0.32	14.6 ± 0.25	27.5 ± 0.84
ข้าวซ้อมมือ	6.25± 2.46	16.8 ± 0.71	26.3 ± 0.54
F- test	5.41	53.77	3.29
P-value	(P < 0.05)	(P < 0.05)	(P > 0.05)
C.V. (%)	98.79	32.34	3.41

หมายเหตุ * limit of detection = 0.4 ppb

จากผลการทดลองในตารางที่ 4 พบว่า ปริมาณของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ที่พบในข้าวสังข์หยดแบบต่าง ๆ คือ ข้าวเปลือก ข้าวสารสี และข้าวซ้อมมือ แตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบปริมาณสูงสุดในข้าวสารซ้อมมือ 6.25 ±2.46 ppb รองลงมาคือ ข้าวสารสี 1.21 ± 0.32 ppb แต่ไม่พบในข้าวเปลือก สาเหตุที่ทำให้พบปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในข้าวสารซ้อมมือสูงสุด เนื่องจากว่าเมล็ดข้าวสารซ้อมมือ ข้าวกล้อง ที่ได้จากการสีเอาเฉพาะเปลือกหุ้มเมล็ดออกไป ทำให้สารอาหารโดยรอบบนเมล็ดยังคงมีอยู่สูงมากกว่าข้าวสารสีทั่วไป ซึ่งเชื้อราจะเจริญและสร้างสารพิษได้มากน้อยเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณสารอาหารที่เชื้อราใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของพรรณกร อิ่มวิทยา (2540) รายงานว่าสารอาหารมีผลต่อการเจริญและสร้างสารพิษของเชื้อรา โดยพบว่า ต้องมีปริมาณของไนโตรเจน กรดอะมิโน กลูโคส และซูโครสที่เหมาะสม ทำให้เชื้อรากลุ่ม *A. flavus* สามารถสร้างสารอะฟลาทอกซินได้สูงสุด โดยพบว่าปริมาณซูโครสช่วยให้เชื้อราสามารถสร้างสารอะฟลาทอกซินได้ดีที่สุด (Betina, 1984) เมื่อพิจารณาคุณสมบัติในการดูดความชื้นจากอากาศได้ดีของข้าวสารซ้อมมือ (ศุภรัตน์ โฆษิตเจริญกุล และอมรา ชินภูติ, 2550) ส่งผลให้ความชื้นในเมล็ดของข้าวซ้อมมือสูงกว่าข้าวสารสี และข้าวเปลือก ซึ่งเมล็ดพืชที่มีความชื้นสูงจะเพิ่มอัตราการหายใจของเมล็ดพืชสูงขึ้น ทำให้เกิดความร้อนสะสมจนเกิดเป็นความชื้น ซึ่งเป็นตัวเร่งให้เกิดการเจริญของเชื้อราอย่างรวดเร็ว (จวงจันทร์ ดวงพัตรา, 2529) สอดคล้องกับรายงานของ Mixon and Rogers (1975) รายงานว่า ความชื้นในเมล็ดสัมพันธ์กับความชื้นในบรรยากาศ จึงทำให้ให้เมล็ดสามารถถ่ายเทความชื้นกับอากาศได้ดี ดังนั้นเมื่อมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ก็ทำให้มีความชื้นในเมล็ดสูงขึ้นไปด้วย โดยพบว่าเชื้อรา *A. flavus* มีการเจริญและสร้างสารอะฟลาทอกซินในสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80 - 85 ได้ร้อยละ 25 เมื่อเปรียบเทียบกับการเจริญและสร้างสารอะฟลาทอกซินในสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 95 ซึ่งทำให้เมล็ดมีความชื้นสูงถึงร้อยละ 50 นอกจากนี้อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ ธีระยุทธ์ กลิ่นสุคนธ์ และชัยวัฒน์ ต่อสกุลแก้ว (2524) รายงานว่าอุณหภูมิมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการสร้างสารอะฟลาทอกซิน กล่าวคือที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เชื้อราสามารถสร้างสารอะฟลาทอกซินได้สูงสุดระหว่างวันที่ 11 - 13 ของการเลี้ยงเชื้อรา และที่อุณหภูมิ 25 และ 30 องศาเซลเซียส เชื้อราสร้างสารอะฟลาทอกซินได้สูงสุดระหว่างวันที่ 7 - 9 และ 5 - 7 ตามลำดับ สำหรับสภาพแวดล้อมของเมืองไทย เชื้อรามีการสร้างสารพิษมากในระยะ 7 - 14 วัน

จากผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่า ถึงแม้ว่าในข้าวสารซ้อมมือพบปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ สูงสุด แต่อย่างไรก็ตาม ยังต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ไม่เกิน 20 ppb ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 98 พ.ศ. 2529 ดังแสดงในภาคผนวก ค อย่างไรก็ตามยังไม่พบรายงานการศึกษาสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในข้าวสารซ้อมมือมากนัก เนื่องจากคนส่วนใหญ่มักมุ่งประเด็นไปในเรื่องคุณประโยชน์ของข้าวสารซ้อมมือมากกว่า (อรุณศรี อุไรวงศ์, 2542)

3.3 การศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์บางชนิดต่อปริมาณการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในข้าวสังข์หยด อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง

จากการนำตัวอย่างข้าวสารซ้อมมือในชุดเดียวกันข้อ 3.2 ทั้ง 3 พื้นที่ มาบรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดได้แก่ ถุงโพลีเอทิลีนแบบธรรมดา ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ และขวดแก้วรูปทรงกระบอก เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1, 2 และ 3 เดือน ตามลำดับ วิเคราะห์ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ พร้อมทั้งตรวจวัดค่าความชื้นในเมล็ดและอุณหภูมิในถุงเก็บรักษาข้าวสังข์หยด อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง พบว่า มีปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ เกิดขึ้นโดยพบปริมาณสูงสุดในข้าวสารซ้อมมือสังข์หยดบรรจุถุงโพลีเอทิลีนแบบธรรมดา คือ 11.29 ± 2.75 ppb, 16.77 ± 2.60 ppb, 23.81 ± 4.66 ppb รองลงมาคือขวดแก้วรูปทรงกระบอก 8.89 ± 2.83 ppb, 12.61 ± 3.05 ppb, 18.41 ± 4.25 ppb และถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ 7.97 ± 2.75 ppb, 10.21 ± 2.53 ppb และ 13.72 ± 2.73 ppb ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5 และเมื่อพิจารณาความชื้นในเมล็ด และอุณหภูมิภายในถุงเก็บรักษาข้าวในช่วงระยะเวลาเก็บรักษาต่าง ๆ พบว่า ความชื้นและอุณหภูมิของเมล็ดข้าวซ้อมมือสังข์หยดในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด อยู่ในช่วงเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ คือ ความชื้นไม่เกินร้อยละ 14 และอุณหภูมิไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 5 ปริมาณการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในภาชนะบรรจุ 3 ชนิด เป็นระยะเวลา 1, 2 และ 3 เดือน

Treatment	ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ (ppb) ±SEM			
	0 เดือน	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน
ถุงโพลีเอทิลีนแบบธรรมดา	6.25± 2.46	11.29± 2.75	16.77± 2.60	23.81 ± 4.66
ขวดแก้วรูปทรงกระบอก	6.25± 2.46	8.89± 2.83	12.61± 3.05	18.41 ± 4.25
ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์สุญญากาศ	6.25± 2.46	7.97± 2.75	10.21± 2.53	13.72 ± 2.73
F- test	NS*	36.47	124.28	22.33
P-value		(P < 0.01)	(P < 0.01)	(P < 0.01)
C.V. (%)		5.24	3.91	9.93

หมายเหตุ * NS = not significant

จากผลการทดลองในตารางที่ 5 พบว่า ปริมาณของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ที่พบในข้าวสารซ้อมมือสังข์หยดบรรจุถุงโพลีเอทิลีนแบบธรรมดา ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ และขวดแก้วรูปทรงกระบอก ที่ระยะเวลา 1, 2 และ 3 เดือน มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P < 0.01) ซึ่งสาเหตุของการปนเปื้อนในเบื้องต้นนั้น เกิดจากข้าวที่นำมาบรรจุถุงมีการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ มาก่อนคือ 6.25 ± 2.46 ppb และเมื่อพิจารณาความชื้นในเมล็ด และอุณหภูมิภายในถุงเก็บรักษาข้าวในช่วงระยะเวลาเก็บรักษาต่าง ๆ กัน ดังแสดงในตารางที่ 6 พบว่า ความชื้นและอุณหภูมิของเมล็ดข้าวสารซ้อมมือสังข์หยดในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด อยู่ในช่วงเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้คือ ความชื้นไม่เกินร้อยละ 14 และอุณหภูมิไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าความชื้นและอุณหภูมิ มีผลต่อการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* ที่ผลิตสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Moss (1996) ได้ศึกษาการทำลายของเชื้อรา *A. flavus* ระหว่างการเก็บข้าวสาลีที่มีความชื้นและอุณหภูมิต่าง ๆ กัน พบว่ามีการเข้าทำลายของเชื้อราเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ที่ความชื้นร้อยละ 15 ที่ 4 องศาเซลเซียส และการทำลายจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่ความชื้นร้อยละ 24 ที่ 40 องศาเซลเซียส โดยมีระดับการทำลายร้อยละ 30 และยังพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสร้างสารดังกล่าวอยู่ระหว่าง 25 - 35 องศาเซลเซียส และปริมาณความชื้นไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 แต่อย่างไรก็ตามภายใต้ปัจจัยดังกล่าวนี้ยังพบปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ส่วนใหญ่ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (20 ppb)

นอกจากนี้ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า ชนิดของบรรจุภัณฑ์มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา ตลอดจนอายุการเก็บรักษาแตกต่างกัน โดยพบว่าการบรรจุภัณฑ์ในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ และแบบขวดแก้วรูปทรงกระบอก สามารถเก็บรักษาข้าวสารซ้อมมือสังข์หยดไว้ได้เป็นระยะเวลา 3 เดือน รองลงมาคือ ถุงโพลีเอทิลีนแบบธรรมดา สามารถเก็บรักษาข้าวสารซ้อมมือสังข์หยด ไว้ได้เป็นระยะเวลา 2 เดือน ซึ่งทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำกว่าค่ามาตรฐานไม่เกิน 20 ppb (อรุณศรี อุไรวงศ์, 2542) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ ภัทรพร ธัญญาวินิชกุล (2540) เรื่องผลของภาชนะบรรจุและสภาพการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวสาร รายงานว่าข้าวที่บรรจุถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (polyethylene, PE) มักพบปัญหาระหว่างการเก็บรักษาข้าวสารในถุง โดยเฉพาะข้าวกล้อง และข้าวสารซ้อมมือ ซึ่งจะเกิดการเสื่อมคุณภาพได้ง่าย เนื่องจากมีแมลงเข้าทำลายเมล็ดข้าวให้เกิดความเสียหาย นอกจากนี้แมลงในถุงข้าวเหล่านี้จะช่วยแพร่กระจายสปอร์ของเชื้อราได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อราที่ผลิตสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ สูง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับรายงานของงามชื่น คงเสรี (2542) รายงานว่า การบรรจุข้าวสารในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ชนิดประกบหลายชั้นและลดปริมาณก๊าซออกซิเจนโดยการปิดผนึกแบบสุญญากาศ จะช่วยระงับการพัฒนาของแมลง และการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ถึง 6 เดือน เนื่องจากก๊าซออกซิเจนในอากาศมีผลต่อการเจริญของเชื้อรา *A.flavus* และจุลินทรีย์อื่น ๆ ดังนั้นระบบสุญญากาศจึงถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการเก็บรักษาเมล็ดพืชและอาหารสัตว์ เพราะสามารถยับยั้งการสร้างสารอะฟลาทอกซินจาก *A. parasiticus* และ *A.flavus* ได้ดี (Ellis *et al*., 1994) สอดคล้องกับรายงานการตรวจพบของกองส่งเสริมพืชพันธุ์ (2521) รายงานว่า เชื้อราจะใช้อากาศที่อยู่ระหว่างช่องว่างเมล็ดในการเจริญเติบโต และหากมีการทำให้ออกซิเจนถูกใช้หมดลงอย่างรวดเร็ว หรืออยู่ในสภาวะไม่มีออกซิเจน หรือทำให้มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น พบว่าการสร้างสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ โดยเชื้อรา *A. flavus* จะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อรา *A. flavus* และสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ จะไม่เกิดขึ้นเมื่อปริมาณคาร์บอนไซด์เพิ่มขึ้นถึง100 เปอร์เซ็นต์ (Landers and Diener, 1967) จากสิ่งนี้ จึงแสดงให้เห็นว่าการบรรจุถุงแบบสุญญากาศ มีค่าการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ น้อย และเก็บไว้ได้นานถึง 3 เดือน

อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ที่ตรวจพบในตัวอย่างข้าวทั้งหมด ส่วนใหญ่จะต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ และการบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศ สามารถลดการปนเปื้อนของสารพิษดังกล่าวได้ แต่ไม่สามารถป้องกันการเจริญของเส้นใย รวมทั้งการสร้างสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ของเชื้อรา *A. flavus* ชนิดนี้ได้ (ณิชกานต์ กลิ่นกุสุม, 2542) ดังนั้นจึงต้องทำการศึกษาถึงวิธีการบรรจุภัณฑ์ที่ปลอดภัย และสามารถป้องกันการเจริญและสร้างสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ของเชื้อรา *A. flavus* เพิ่มเติมต่อไปในอนาคต

ตารางที่ 6 ความชื้นในเมล็ด และอุณหภูมิในถุงเก็บรักษาข้าวซ้อมมือสังข์หยดแบบต่าง ๆ ในภาชนะบรรจุ 3 ชนิด เป็นระยะเวลา 1, 2 และ 3 เดือน

Treatment	ความชื้นในเมล็ด (%) (ค่าเฉลี่ย ±SEM) / (เดือน)				อุณหภูมิในถุง (°C) (ค่าเฉลี่ย ±SEM) / (เดือน)			
	0 เดือน	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน	0 เดือน	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน
ถุงโพลีเอทิลีนแบบธรรมดา	16.8±0.71	20.5±1.43	26.9±1.45	29.8±1.40	26.3± 0.54	31.8±0.83	34.0±1.03	36.8±0.84
ขวดแก้วรูปทรงกระบอก	16.8±0.71	21.5±0.84	24.7±1.22	27.1±1.19	26.3± 0.54	31.5±1.17	32.5±1.31	33.0±1.21
ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ	16.8±0.71	19.8±0.94	23.2±0.96	26.2±1.49	26.3± 0.54	30.1±1.03	32.6±0.96	31.5±0.42
F- test	NS*	0.54	2.27	1.87	NS*	0.75	0.57	9.35
P-value		NS*	NS*	NS*		NS*	NS*	(P < 0.05)
C.V. (%)		3.38	6.05	5.51		2.37	2.07	6.60

หมายเหตุ (* NS = not significant)

ไม่แตกต่างทางสถิติ= P > 0.05

บทที่ 4
สรุปและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ตลอดจนผลของอายุการเก็บรักษา ประเภทของข้าว และชนิดของบรรจุภัณฑ์ต่อการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซิน บี$_1$ ในข้าวสังข์หยด อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การศึกษาผลของอายุการเก็บรักษา ต่อปริมาณการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอก ซินบี$_1$ ในข้าวสังข์หยด อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง ตรวจไม่พบสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวเปลือก ดังนั้นจึงทำให้รู้ว่า ระยะเวลา 6 เดือนของการเก็บรักษาข้าวเปลือกในโรงเก็บข้าวถือว่ายังอยู่ในช่วงระยะเวลาที่ปลอดภัยจากการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินบี$_1$

2. การศึกษาผลของประเภทข้าว ต่อปริมาณการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวเปลือก ข้าวสารสี และข้าวสารซ้อมมือ ของข้าวสังข์หยด อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง พบว่าปริมาณของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ที่พบในข้าวสังข์หยดแบบต่าง ๆ คือ ข้าวเปลือก ข้าวสารสี และข้าวสารซ้อมมือ แตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบปริมาณสูงสุดในข้าวสารซ้อมมือ รองลงมาคือ ข้าวสารสี แต่ไม่พบในข้าวเปลือก ซึ่งทั้งหมดมีค่าการปนเปื้อนอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานไม่เกิน 20 ppb แต่อย่างไรก็ตามควรเลือกข้าวสารแบบซ้อมมือสำหรับบริโภคมากกว่า เนื่องจากมีปริมาณสารอาหารที่มีประโยชน์โดยรอบเมล็ดยังคงมีอยู่สูงมากกว่าข้าวสารสีทั่วไป ดังนั้นเกษตรกรผู้ผลิตข้าวสังข์หยดเพื่อจำหน่ายจึงควรหันมาใส่ใจในทุกขั้นตอนการผลิตเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค

3. การศึกษาผลของชนิดบรรจุภัณฑ์ ต่อปริมาณการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวสังข์หยด อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง พบว่าในข้าวสารซ้อมมือสังข์หยดบรรจุถุงโพลีเอทิลีนแบบธรรมดา ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ และขวดแก้วรูปทรงกระบอก ที่ระยะเวลา 1, 2 และ 3 เดือน ตามลำดับ แตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.01$) และการบรรจุภัณฑ์ในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ และขวดแก้วรูปทรงกระบอก สามารถเก็บรักษาข้าวสารซ้อมมือสังข์หยดไว้ได้เป็นระยะเวลา 3 เดือน รองลงมาคือ ถุงโพลีเอทิลีนแบบธรรมดา สามารถเก็บรักษาข้าวสารซ้อมมือสังข์หยดไว้ได้เป็นระยะเวลา 2 เดือน ซึ่งทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (20 ppb) อย่างไรก็ตาม

สารอะฟลาทอกซินบี$_1$ เป็นสารที่ก่อให้เกิดอันตรายอย่างมากต่อผู้บริโภค จึงต้องไม่มีปนเปื้อนอยู่ในสินค้าเพื่อการบริโภค

4. ภายใต้ปัจจัยด้านความชื้นในเมล็ด อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจน บรรจุภัณฑ์ และระยะเวลา มีผลต่อการสร้างสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ซึ่งถ้าผู้ผลิตสามารถควบคุมปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ให้อยู่ในสภาพที่ไม่ส่งเสริมการสร้างสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ก็จะสามารถลดปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในข้าวสังข์หยดได้

4.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากเชื้อรา *A. flavus* สามารถปนเปื้อนและเจริญเติบโตได้ดีในทุกขั้นตอนการผลิต ดังนั้นเกษตรกร ซึ่งเป็นผู้ผลิตข้าว จึงควรใส่ใจในทุกขั้นตอนการผลิต ที่อาจเป็นสาเหตุในการปนเปื้อนของเชื้อรา *A. flavus* ที่ผลิตสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ เพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันและการจัดการที่เหมาะสม ตลอดจนเป็นข้อมูลในการพัฒนาข้าวสังข์หยดต่อไป ทั้งสำหรับผู้ผลิตและจำหน่าย ผู้บริโภค และงานวิจัยในอนาคต สามารถสรุปได้ดังนี้

4.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ผลิตและจำหน่าย

1) เนื่องจากสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ สามารถปนเปื้อนในผลผลิตได้ทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว ดังนั้นเกษตรกรจึงต้องใส่ใจในทุกขั้นตอนการผลิต โดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดี มีความต้านทานต่อสารอะฟลาทอกซินมาปลูกตั้งแต่เริ่มต้น รวมถึงกระบวนการเก็บเกี่ยว การเก็บรักษาผลผลิตในคลังสินค้าให้สะอาด ปลอดภัย ถูกสุขอนามัย รวมทั้งมีอากาศถ่ายเทอย่างสม่ำเสมอ นอกจากนี้ในส่วนของการบรรจุภัณฑ์ พบว่า ปัจจุบันนี้การบรรจุภัณฑ์ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ สามารถลดการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ได้ดี และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาข้าวได้เป็นระยะเวลานาน แต่เนื่องด้วยต้นทุนของเครื่องบรรจุแบบสุญญากาศค่อนข้างแพง ทำให้เป็นปัญหาต่อเกษตรกรรายย่อย และบางพื้นที่ไม่สามารถดำเนินการผลิตข้าวสังข์หยดในบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศได้ ดังนั้นจากงานวิจัยในครั้งนี้ทำให้ทราบว่าการบรรจุข้าวใส่ขวดแก้ว ที่ปิดผนึกแน่นหนา มีประสิทธิภาพในการเก็บรักษาข้าวสังข์หยดได้ไม่ต่างจากการบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศมากนัก ซึ่งถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการทดแทนและลดต้นทุนเรื่องค่าใช้จ่ายในการบรรจุภัณฑ์

2) ในการผลิตข้าวเพื่อการจำหน่าย ควรระบุวันผลิต และวันหมดอายุของข้าวให้ชัดเจน โดยจะต้องเริ่มกำหนดนับตั้งแต่วันที่มีการกะเทาะเปลือกข้าวออกมา

4.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้บริโภค

1) ควรเลือกซื้อข้าวที่มีความใหม่ โดยดูจากวันผลิตและวันหมดอายุที่บอกไว้อย่างชัดเจน

2) ควรเลือกซื้อข้าวที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดผนึกแน่นหนา เช่น ข้าวที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ

3) ควรเลือกซื้อข้าวในปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการบริโภคในแต่ละครั้ง ถ้าเหลือควรเก็บไว้ในตู้เย็นเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา

4.2.3 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

เนื่องจากในปัจจุบันนี้ยังไม่มีรายงานการพัฒนาวิธีการบรรจุภัณฑ์ที่ปลอดภัยต่อการเจริญและสร้างสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ของเชื้อรากลุ่ม *A. flavus* ได้ร้อยเปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่า การบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศเพียงอย่างเดียว สามารถลดการปนเปื้อนของสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ แต่ไม่สามารถป้องกันการเจริญของเส้นใย รวมทั้งสปอร์ของเชื้อรา *A. flavus* ชนิดนี้ได้ และเมื่อเก็บรักษาข้าวในสภาวะสุญญากาศเพียงอย่างเดียวเป็นระยะเวลานาน จะมีผลทำให้เชื้อรา *A. flavus* สามารถผลิตสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (ณิชกานต์ กลิ่นกุสุม, 2542) ดังนั้นในอนาคตควรมีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และจากรายงานการศึกษาของ Reddy (2008) พบว่า สารสกัดจากพืชสมุนไพร เช่น กานพลู ตะไคร้ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราต่าง ๆ ในอาหารได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คือสามารถยับยั้งการเจริญและการสร้างสารอะฟลาทอกซินของเชื้อรากลุ่ม *A. flavus* ซึ่งถือว่าเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เป็นอย่างมาก แต่ต้องมีการวิเคราะห์ตรวจสอบและศึกษาประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. 2529. *มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน ฉบับที่ 98*. กระทรวงสาธารณสุข. http://www.fda.moph.go.th/law/data/announ_moph/P98.htm (สืบค้นเมื่อ 7 มกราคม 2553).

กองส่งเสริมพืชพันธุ์. 2521. *การเข้าทำลายเมล็ดถั่วลิสงโดยเชื้อราที่ผลิตอะฟลาทอกซินในสภาพธรรมชาติ*. ในผลงานทางวิชาการกองส่งเสริมพืชพันธุ์ร่วมกับภาคเอกชน เรื่อง งานพืชน้ำมัน, กรมวิชาการเกษตร. 151 หน้า. กรุงเทพมหานคร: กลุ่มงานวิชาการกองส่งเสริมพืชพันธุ์.

เกศรินทร์ รามณี. 2552. *การยับยั้งการเจริญและการสร้างสารอะฟลาทอกซินของเชื้อรา A. flavus และ A. parasiticus โดยสารสกัดจากพืชตระกูลส้ม*.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เกรียงศักดิ์ พูนสุข. 2540. *สารพิษจากเชื้อรา : การควบคุมและป้องกัน*. ในการประชุมวิชาการ 80 ปี การสถาปนาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เรื่อง สารพิษจากเชื้อรา: ผลกระทบต่อสุขภาพสัตว์, เปล่งศรี อิงคนินันท์, บรรณาธิการ. หน้า 191-200. กรุงเทพฯ: คณะสัตวแพทย์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

งามชื่น คงเสรี. 2542. *ข้าว -การบรรจุหีบห่อ*. วารสารวิชาการเกษตร 17 (3): 239 – 253.

จินตนา อุปดิสสกุล. 2531. *ปริมาณแทนนินในเยื่อหุ้มเมล็ดถั่วลิสงพันธุ์ต่าง ๆ ในการต้านทานสารอะฟลาทอกซิน*.ในรายงานสัมนาเรื่องงานวิจัยถั่วลิสง ครั้งที่ 6. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 18 – 20 มีนาคม 2531. 670 – 675.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. *การตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ. ภาควิชาพืชไร่นา คณะการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์. 2544. *การใช้ SPSS เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล.* ภาควิชาการประเมินผลและวิจัย, คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ. http://www.watpon.com/Elearning/res22.htm (สืบค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2553).

ชนิกา เอี่ยมสุภาษิต และสมจินตนา ทุมแสน. 2542. *การเกิดอะฟลาทอกซินในถั่วลิสงและแนวทางแก้ไข.* ข่าวสารสถาบันพืชวิจัยไร่ 11(3): 12 – 13.

ณัชชา จันไชโคตร. 2548. *ปริมาณสารอะฟลาทอกซินในข้าวกล้อง และการประเมินการได้รับสารอะฟลาทอกซินจากการบริโภคข้าวกล้องในเขตกรุงเทพมหานคร.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาพิษวิทยาทางอาหารและโภชนาการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยมหิดล.

ณัฐภูมิ สุดแก้ว. 2550. *ข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุง.* วารสารพัฒนาชุมชน 46 (8): 23 - 25.

ณิชกานต์ กลิ่นกุสุม. 2542. *การป้องกันการขึ้นปะปนของเชื้อรา Aspergillus flavus และการสร้างสารอะฟลาทอกซินบนข้าวกล้องด้วยโอโซน และสภาวะสุญญากาศ.* พิมพ์ครั้งที่ 1. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยรังสิต.

เตือนจิตต์ สัตยาวิสุทธิ์. 2539. *แมลงศัตรูถั่วลิสง: ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับถั่วลิสง.* ในผลงานวิชาการเรื่องถั่วลิสง, กรมวิชาการเกษตร. หน้า 200-209. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.

ทวีสิทธิ์ ทองชอุ่ม. 2550. *ข้าวพื้นเมืองพันธุ์นิยมในภาคใต้.* หนังสือพิมพ์โฟกัสภาคใต้, 1 สิงหาคม,26 - 27.

ธีรยุทธ์ กลิ่นสุคนธ์, ชัยวัฒน์ ต่อสกุลแก้ว. 2524. *อะฟลาทอกซิน (สารพิษเชื้อราที่ทำให้เกิดมะเร็งของตับ).* กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2543. *สารพิษในอาหาร.* พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเภสัชวิทยา, คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปริศนา เหมสุจิ. 2524. *สารพิษจากเชื้อราในเมล็ดพืชอาหาร.* ในการสัมมนาเรื่องวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวของข้าวพืชไร่และพืชสวน. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ บางเขน กรุงเทพฯ. 19 - 20 พฤศจิกายน, 80 - 93.

ปริศนา สิริอาชา. 2534. *อะฟลาทอกซินในข้าวโพด.* ในเอกสารสัมมนา เรื่องวิธีตรวจสอบอะฟลาทอกซิน. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 2 เมษายน, 1-7.

ปัญญา เรืองวสุ. 2544. *การศึกษาเปอร์เซ็นต์การถ่ายทอดของอะฟลาทอกซิน จากอาหารโคนมสู่ผลิตภัณฑ์นม และประสิทธิภาพการดูดซับด้วยสารชีวภาพในห้องปฏิบัติการ.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาชีววิทยาสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

พรรณกร อิ่มวิทยา. 2540. *เชื้อราก่อโรคในคน.* พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สามัคคีสาร จำกัด.

ภัทรพร ธัญญาวินิชกุล. 2540. *ผลของภาชนะบรรจุ สภาพการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าสาร.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เรืองฤทธิ์ กันธา. 2546. *ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิต่อการเจริญของเชื้อราและการเกิดกรดไขมันอิสระในการเก็บรักษาข้าวเปลือก.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศุภรัตน์ โฆษิตเจริญกุล และอมรา ชินภูติ. 2550. *การปนเปื้อนของอะฟลาทอกซินในระบบการผลิตและจำหน่ายข้าวกล้อง.* วารสารข่าวสารโรคพืชและจุลชีววิทยา 12(2): 122-131.

ศรีสิทธิ์ การุณยะวนิช. 2549. *อะฟลาทอกซินจากเชื้อราบางชนิด.* วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 14 (3): 1-17.

ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศ ภาคใต้. 2554. *แผนที่ภูมิประเทศ: กรมแผนที่ทหาร พ.ศ. 2543.* คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุพรรณ ปัญญาฟู. 2540. *อิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิและการใช้สารเคมีควบคุมเชื้อราระหว่างการเก็บรักษาที่มีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวญี่ปุ่น*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์,มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุภาวดี บริสุทธิ์วณิชชน. 2551. *การตรวจพบอะฟลาทอกซินในข้าวไทยสำหรับบริโภค*. หนังสือพิมพ์อาร์วายทีไนน์. 24 ธันวาคม, 7.

สุวรรณา กลัดพันธุ์. 2548. *การพัฒนาชุดตรวจสอบ ELISA KIT เพื่อการคัดเลือกวัตถุดิบในอาหารสัตว์และถั่ว*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สัญชัย ตันตยาภรณ์ . 2547. *อียูสั่งห้ามนำเข้าสินค้าจากไทย หลังพบสารพิษตกค้างปนเปื้อนสะสม*. หนังสือพิมพ์ผู้จัดการ. 24 กันยายน, 9.

สุกัญญา กองเงิน. 2540. *อะฟลาทอกซินในถั่วลิสง*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรเขต 9 สงขลา และจังหวัดพัทลุง. 2550. *รายงานการตรวจสอบมาตรฐานข้าวสังข์หยดพัทลุง*. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
www2.oae.go.th/zone9/content/.../ricenapung-march.htm (สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2553).

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว . 2554. *องค์ความรู้เรื่องข้าว (Rice Knowledge Bank): ข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุง*. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
http://www.brrd.in.th/main/index.php?limitstart=7.htm (สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2553).

อุไรวรรณ ทองแกมแก้ว. 2551. *การเพิ่มผลผลิตข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุง*. ในผลงานวิชาการเกษตรแฟร์ ครั้งที่ 4. คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง. 16 สิงหาคม, 111-116.

อภิษฐา ช่างสุพรรณ. 2550. *ปริมาณสารอะฟลาทอกซิน (AFLATOXIN) ในผลิตผลทางการเกษตร*. กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

อมรา ชินภูติ. 2548. *สารพิษจากเชื้อราและการจัดการ*. ในเอกสารการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ "เรื่อง การตรวจวิเคราะห์สารอะฟลาทอกซินในผลิตผลเกษตรอย่างรวดเร็วโดยใช้ชุดตรวจสอบสำเร็จรูป "DOA –Aflatoxin ELISA Test Kit". ณ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 3 จังหวัดขอนแก่น. 29 – 30 มิถุนายน, 1 – 17.

อมรา ชินภูติ. 2549. *ปัญหาสาร Aflatoxin ในถั่วลิสงและการวิเคราะห์สาร Aflatoxin ในถั่วลิสง*.ในโครงการผลิตชุดตรวจสอบสารอะฟลาทอกซินสำเร็จรูปเชิงพาณิชย์ (Production of Aflatoxin ELISA Test Kit as Commercial). สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลผลิตทางการเกษตร และอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (เอกสารไม่ตีพิมพ์), 14-31.

อรุณศรี อุไรวงศ์. 2542. *อันตรายจากเชื้อราในถั่วลิสง*. ข่าวสารโรคพืชและจุลชีววิทยา 9(1): 5 – 7.

อนงค์ บิณฑวิหค. 2546. *สารพิษจากเชื้อรา: อะฟลาทอกซิน*. กรุงเทฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Anonymous. 2003. *Enzyme Immunoassay for the Quantitative Analysis of Aflatoxin B1*. Journal Food Microbiol 83(2):219 – 225.

Armbrecht, B.H., Hodge, F.A.H., Smith, H.R. and A.A. Nelson. 1963. *Mycotoxin: Studies on aflatoxin derived from contaminated peanut meal and certain stain of Aspergillus flavus*. J. Assoc. Offic. Agr. Chemists'Soc 46: 805.

Betina, V. 1984. *Mycotoxin production isolation separation and purification*. Amsterdam Netherlands: Elsevier Science Publishers.

Charlie, M.L. and Watkinson, S. 1994. *The fungi*. London: Academic Press.

Center for Food Safety and Applied Nutrition. 2003. *Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxin Hand Book.* USA: U.S .Food and Drug Administration.

Cheeke, P.R. and L.R., Sholl. 1985. *Natural Toxinicants in feeds and Poisonous Plants*. AVI. USA: Publishing Company Inc.

Christensen, C.M. 1976. *Influence of moisture content, temperature, and time of storage upon invasion of rough rice by storage fungi.* Phytopathology, 59(1): 145 – 148.

Eaton, D. L., Ramsdell, H. S. and Neal, G. E. 1994. *Biotransformation of aflatoxins*. In Eaton,D.L. and Groopman, J.D.(eds.).The toxicology of aflatoxins. SanDiego: Academic Press. 45 – 72.

Ellis, W. O., Smith, J. P., Simpson, B. K., Ramaswamy, H. and Doyon, G. 1994. *Novel techniques for controlling growth of and aflatoxin production by Aspergillus parasiticus in packaged peanuts.* Food Microbiol, ÇÇ:357 - 368.

Ginsukon, T. 1983. *Occeronce of mycotoxin In Mycotoxin. Proceding of the Regional Workshop on Mycotoxin.* Govemment of Thailand in cooperation with UNESCO. Mahidol University. Bangkok Thailand. March 23 – 26:32 – 51.

Gregory, J.F. and Manlcy, D. 1981. *Mycotoxin: high performance liquid chromatography determination of aflatoxins in animal tissues and products*. Food Additives and Contaminants 22(11): 1154-1161.

Gowda, N.K.S., Malathi, V. and Suganthi, U.R. 2004. *Effect of some Chemical and herbal com pounds on growth of Aspergillus parasiticus and aflatoxin production*. Anim. Feed Sci.Technol. 116(1): 281 – 291.

Jay, J.M. 1996. *Modern Food Microbiology*. (5th ed). New York: Chapman and Hall International Thompson Publishing.

Kurtzman, C.P., Horn, B. and Hessetine, W. 1987. *Aspergillus nomius a new aflatoxin producing spicies related to A. flavus and A. tamarii.* Antonie van Leeuw 53(1):147 – 158.

Landers, D. and U.L., Diener. 1967. *Influence of atmospheric gases on aflatoxin production by Aspergillus flavus in peanuts*. Phytopathology 53(13): 1086 – 1090.

Lutfullah, G. and Hussain, A. 2011. *Studies on contamination level of aflatoxins in some cereals and beans of Pakistan.* Journal Food Control, 23 (1):32 – 36.

Liu, Z., Gao, J. and J. Yu. 2006. *Aflatoxins in stored maize and rice grains in Liaoning Province, China.* Journal of Stored Products Research 42(4):468 – 479.

Moss, M.O. 1996. *Recent Studies of mycotoxin.* Journal of Applied Microbiology Symposium Supplement 100 (1): 513 – 523.

Mixon, A. C., and K. M. Rogers. 1975. *Factors affecting Aspergillus flavus.* L.k. ex Fr. Colonization of resistant and susceptible genotypes of Arachis hypogaea L. Peanut Sci. 2:18 – 22 p.

Pitt, J.I. 1989. *Fieid Studied on Aspergillus flavus and aflatoxin in Australian groundnut in Aflatoxin Contamination of droundnut*. (3rd ed.). PATANCHERU: India.

Reddy, K. R. N., Reddy, C. S., and Muralidharan, K. 2009. *Detection of Aspergillus spp. and aflatoxin B_1 in rice in India*. Food Microbiology, 26(1): 27 – 31.

Reddy, K. R. N. 2008. *Mycotoxigenic Fumgi, Mycotoxins, and Management of Rice Grains*. Department of Plant Pathology. Andhra Pradesh :India.

Shank, R.C. and G.N. Wogan. 1965. *Distribution and excretion of C^{14} labelled aflatoxin B_1 in rat.* Fed. Pro. 24: 127.

Villiers, E. M. 1978. *Human papillomavirus. herpes simplex virus and cervical cancer incidence in Greenland and Denmark. A population-based crosssectionalstudy*. International Journal Cancer 41: 518 - 525.

Wimberly, J.E. 1983. *Drying.Technical Handbook for the Paddy Rice Postharvest Industry in Developing Countries.* International Rice Research Institute. Los Baos, Laguna, Phillippines. 18 – 19.

ภาคผนวก

ก

เรื่องประสิทธิภาพของชุดตรวจสอบ DOA-Aflatoxin ELISA Test Kit

1. ประสิทธิภาพของชุดตรวจสอบ DOA-Aflatoxin ELISA Test Kit

1.1 ความเฉพาะเจาะจง (specificity)

แอนติบอดีมีความเฉพาะเจาะจงในการเกาะจับกับสารอะฟลาทอกซินดังนี้

Aflatoxin B_1	ร้อยละ 100.0
Aflatoxin B_2	ร้อยละ 21.4
Aflatoxin G_1	ร้อยละ 25.0
Aflatoxin G_2	ร้อยละ 2.5

1.2 Recovery Test

ความสามารถในการตรวจจับสารอะฟลาทอกซินที่เติมลงไปในผลิตผลเกษตร ร้อยละ 82 – 100

1.3 Limit of Detection

สามารถตรวจจับสารอะฟลาทอกซินได้ต่ำสุด 0.4 ppb

1.4 Proficiency Testing

ทดสอบประสิทธิภาพ (proficiency testing) โดย FAPAS Science Central Laboratory ประเทศอังกฤษ กับตัวอย่างหลายชนิด เช่น ข้าวโพด ถั่วลิสง และถั่วต่าง ๆ พริกป่น อาหารสัตว์ และเครื่องเทศ เป็นต้น โดยทำการทดสอบปีละ 3 - 4 ครั้ง ได้ค่า Z - score อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ (ค่าระหว่าง +2 และ -2)

2. ข้อดีของชุดตรวจสอบ DOA - Aflatoxin ELISA Test Kit

1) ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบมีขั้นตอนในการเตรียมที่ง่ายไม่จำเป็นต้องมีการ clean up และสามารถตรวจสอบได้ครั้งละหลายตัวอย่างพร้อม ๆ กัน

2) เป็นวิธีที่ง่าย สะดวก ใช้เวลาในการวิเคราะห์สั้น และปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติ

3) มีความไวในการตรวจวิเคราะห์สารพิษสูงสามารถตรวจได้ความเข้มข้นต่ำสุดถึง 0.4 ppb และต้นทุนการตรวจวิเคราะห์ต่อตัวอย่างต่ำ เมื่อเทียบกับวิธีทางเคมี

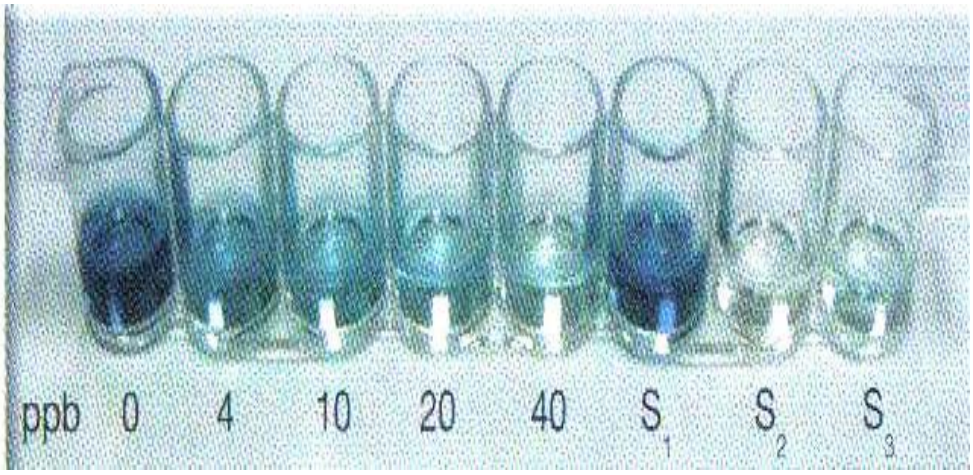
4) ช่วยลดมลพิษเนื่องจากไม่ได้ใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายเหมือนวิธีทางเคมี

5) ผลการวิเคราะห์อ่านได้ทั้งแบบเชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณ

6) สามารถใช้ตรวจหาสารอะฟลาทอกซินได้ในผลิตผลเกษตร และผลิตภัณฑ์ที่เป็นทั้งอาหารคนและอาหารสัตว์

3. การอ่านผลเชิงคุณภาพ (qualitative result)

การอ่านผลด้วยสายตา สามารถอ่านได้โดยการเปรียบเทียบสีฟ้าของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในหลุมตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ กับสีของปฏิกิริยาที่เกิดในหลุมของสารพิษมาตรฐาน โดยหลุมทดสอบใดมีปริมาณสารพิษอิสระน้อยจะเกิดสีเข้ม ถ้ามีสารพิษอิสระมากจะเกิดสีจางตามลำดับ (รูปภาคผนวก ก - 1)



รูปภาคผนวก ก - 1 ความเข้มของสี ในแต่ละความเข้มข้นต่าง ๆ
ที่มา: อมรา ชินภูติ (2549)

4. สารละลายมาตรฐาน AFB_1 สำหรับการวิเคราะห์

เนื่องจากการทดลองนี้ ใช้วิธีการแบบ DOA-Aflatoxin ELISA Test Kit ดังนั้นจึงไม่ต้องเตรียมสารละลายมาตรฐาน เนื่องจากอยู่ในชุดเครื่องมือตรวจสอบแล้ว (รูปภาคผนวก ก - 2)

รูปภาคผนวก ก-2 สารละลายมาตรฐาน AFB_1 ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.2, 0.5, 1, 2 และ 5 ppb
ที่มา: อมรา ชินภูติ (2549)

ภาคผนวก

ข

เรื่องลักษณะโรงสีข้าว และครกตำข้าวในพื้นที่ อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง

1. ลักษณะโรงสีข้าวของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง

ลักษณะของโรงสีข้าวของเกษตรกรในพื้นที่ อยู่ในระดับกลาง ทั้งรับซื้อข้าวจากเกษตรกรในท้องถิ่น และรับจ้างสี (รูปภาคผนวก ข - 1)

รูปภาคผนวก ข – 1 ลักษณะของโรงสีข้าวของเกษตรกร อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกข้าวแบบซ้อมมือ

ข้าวสังข์หยดแบบข้าวซ้อมมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ ทำได้โดยการตำข้าวเปลือกในครกตำข้าว ซึ่งในปัจจุบันนี้ได้มีการนำเครื่องจักรกลมาช่วย เพื่อเพิ่มปริมาณการตำข้าวในแต่ละครั้งมากขึ้น (รูปภาคผนวก ข - 2)

(a) (b)

รูปภาคผนวก ข - 2 ครกตำข้าวของเกษตรกรอำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง ใช้ในการตำข้าว (a) ใช้เครื่องจักร (b) ตำด้วยมือ

ภาคผนวก

ค

เรื่องมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน

1. มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินบี$_1$

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 98 พ.ศ.2529 เรื่องมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 5 และมาตรา 6 (3) แห่งพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขออกประกาศไว้ (ตารางภาคผนวก ค - 1)

ตารางภาคผนวก ค - 1 มาตรฐานการปนเปื้อนของสารปนเปื้อนชนิดต่าง ๆ ในอาหาร

สารปนเปื้อน	**มาตรฐาน** (ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม)
ดีบุก	250 มิลลิกรัม
สังกะสี	100 มิลลิกรัม
ทองแดง	20 มิลลิกรัม
ตะกั่ว	1 มิลลิกรัม
สารหนู	2 มิลลิกรัม
ปรอท	0.5 มิลลิกรัม
อะฟลาทอกซินบี$_1$	**20 ไมโครกรัม**

ที่มา : กระทรวงสาธารณสุข (2529)

ภาคผนวก

ง

ผลการทดลอง

1. ตารางผลการทดลอง

ตารางภาคผนวก ง - 1 ความชื้นในเมล็ดข้าวเปลือก ในระยะการเก็บรักษาในยุ้งฉางเกษตรกร

เดือนที่เก็บตัวอย่าง	ความชื้น (%)		
	นน.ก่อนชั่ง (g)	นน.หลังชั่ง (g)	คำนวณ $\frac{\text{นน.ก่อนชั่ง-นน.หลังชั่ง} \times 100}{\text{นน.ก่อนชั่ง}}$
มีนาคม	100	90.74	9.26
เมษายน	100	90.82	9.18
พฤษภาคม	100	94.64	5.36
มิถุนายน	100	93.00	7.00
กรกฎาคม	100	92.53	7.47
สิงหาคม	100	92.00	8.00

ตารางภาคผนวก ง - 2 อุณหภูมิในถุงเก็บข้าวเปลือก ในระยะการเก็บรักษาในยุ้งฉางเกษตรกร

เดือนที่เก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิ (C°)			
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
มีนาคม	30.2	30.1	30.1	30.13333
เมษายน	29.9	30.1	30.1	30.03333
พฤษภาคม	29.4	29.3	29.3	29.33333
มิถุนายน	28.2	28.3	28.2	28.23333
กรกฎาคม	28.9	29.1	29.1	29.03333
สิงหาคม	28.2	28.2	28.1	28.16667

ตารางภาคผนวก ง -3 ความชื้นในเมล็ดข้าวเปลือก ข้าวสารสี และข้าวสารซ้อมมือ

ประเภทข้าว	ความชื้น (%)			
	พื้นที่ A	พื้นที่ B	พื้นที่ C	ค่าเฉลี่ย
ข้าวเปลือก	5.22	8.05	8.04	7.10
ข้าวสารสี	14.35	15.12	14.38	14.61
ข้าวสารซ้อมมือ	16.12	16.24	18.33	16.89

ตารางภาคผนวก ง - 4 อุณหภูมิในถุงเก็บเมล็ดข้าวเปลือก ข้าวสารสี และข้าวสารซ้อมมือ

ประเภทข้าว	อุณหภูมิ (C°)			
	พื้นที่ A	พื้นที่ B	พื้นที่ C	ค่าเฉลี่ย
ข้าวเปลือก	29.4	28.1	28.3	28.60
ข้าวสารสี	29.2	26.4	27.1	27.56
ข้าวสารซ้อมมือ	27.3	26.3	25.4	26.33

ตารางภาคผนวก ง - 5 ความชื้นในเมล็ดข้าวสังข์หยด ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิดที่ระยะเวลา 1 เดือน

บรรจุภัณฑ์	ความชื้น (%)			
	พื้นที่ A	พื้นที่ B	พื้นที่ C	ค่าเฉลี่ย
ถุงโพลิเอทิลีนแบบธรรมดา	18.26	20.08	23.18	20.50
ขวดแก้วรูปทรงกระบอก	24.32	27.15	29.33	26.93
ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ	27.08	31.30	31.26	29.88

ตารางภาคผนวก ง - 6 ความชื้นในเมล็ดข้าวสังข์หยด ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่ระยะเวลา 2 เดือน

บรรจุภัณฑ์	ความชื้น (%)			
	พื้นที่ A	พื้นที่ B	พื้นที่ C	ค่าเฉลี่ย
ถุงโพลิเอทิลีนแบบธรรมดา	20.2	21.26	23.08	21.51
ขวดแก้วรูปทรงกระบอก	23.08	24.12	27.15	24.78
ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ	25.08	27.22	29.21	27.17

ตารางภาคผนวก ง - 7 ความชื้นในเมล็ดข้าวสังข์หยด ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่ระยะเวลา 3 เดือน

บรรจุภัณฑ์	ความชื้น (%)			
	พื้นที่ A	พื้นที่ B	พื้นที่ C	ค่าเฉลี่ย
ถุงโพลิเอทิลีนแบบธรรมดา	18.12	20.23	21.33	19.89
ขวดแก้วรูปทรงกระบอก	22.22	22.34	25.18	23.24
ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ	24.53	25.07	29.26	26.28

ตารางภาคผนวก ง - 8 อุณหภูมิในถุงเก็บเมล็ดข้าวสังข์หยดในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่ระยะเวลา 1 เดือน

บรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิ (C°)			
	พื้นที่ A	พื้นที่ B	พื้นที่ C	ค่าเฉลี่ย
ถุงโพลิเอทิลีนแบบธรรมดา	30.2	32.2	33.0	31.80
ขวดแก้วรูปทรงกระบอก	32.0	35.1	35.1	34.06
ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ	35.2	37.3	38.0	36.83

ตารางภาคผนวก ง - 9 อุณหภูมิในถุงเก็บเมล็ดข้าวสังข์หยดในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่ระยะเวลา 2 เดือน

บรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิ (C°)			
	พื้นที่ A	พื้นที่ B	พื้นที่ C	ค่าเฉลี่ย
ถุงโพลิเอทิลีนแบบธรรมดา	29.2	32.2	33.1	31.50
ขวดแก้วรูปทรงกระบอก	31.3	31.2	35.2	32.56
ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ	31.0	33.0	35.2	33.06

ตารางภาคผนวก ง - 10 อุณหภูมิในถุงเก็บเมล็ดข้าวสังข์หยดในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่ระยะเวลา 3 เดือน

บรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิ (C°)			
	พื้นที่ A	พื้นที่ B	พื้นที่ C	ค่าเฉลี่ย
ถุงโพลิเอทิลีนแบบธรรมดา	29.1	29.1	32.2	30.13
ขวดแก้วรูปทรงกระบอก	32.1	31.3	34.5	32.63
ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ	31.3	31.0	32.4	31.56

ตารางภาคผนวก ง -11 ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในตัวอย่างข้าวเปลือกสังข์หยด อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง ที่อายุการเก็บรักษา 1 – 6 เดือน

อายุการเก็บรักษา (เดือน)	เดือนที่บันทึกข้อมูล	ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ (ppb)
1	มีนาคม	< 0.4
2	เมษายน	< 0.4
3	พฤษภาคม	< 0.4
4	มิถุนายน	< 0.4
5	กรกฎาคม	< 0.4
6	สิงหาคม	< 0.4

ตารางภาคผนวก ง - 12 ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวเปลือกสังข์หยดจาก 3 พื้นที่ อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง

พื้นที่	จำนวนตัวอย่าง (N=3)	ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ (ppb)			ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	
พื้นที่ A	3	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4
พื้นที่ B	3	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4
พื้นที่ C	3	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4

ตารางภาคผนวก ง - 13 ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวสารสีสังข์หยดจาก 3 พื้นที่อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง

พื้นที่	จำนวนตัวอย่าง (N=3)	ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ (ppb)			ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	
พื้นที่ A	3	1.13	1.15	1.18	1.15
พื้นที่ B	3	1.18	1.25	1.35	1.26
พื้นที่ C	3	1.20	1.23	1.27	1.23

ตารางภาคผนวก ง - 14 ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวสารซ้อมมือสังข์หยดจาก 3 พื้นที่ อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง

พื้นที่	จำนวนตัวอย่าง (N=3)	ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ (ppb)			ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	
พื้นที่ A	3	1.83	2.42	2.83	2.36
พื้นที่ B	3	4.67	5.37	6.64	5.56
พื้นที่ C	3	10.13	11.13	11.20	10.82

ตารางภาคผนวก ง - 15 ปริมาณการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด เป็นระยะเวลา 1 เดือน

บรรจุภัณฑ์	ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ (ppb)			ค่าเฉลี่ย
	พื้นที่ A	พื้นที่ B	พื้นที่ C	
ถุงโพลิเอทิลีนแบบธรรมดา	7.23	10.12	16.54	11.29
ขวดแก้วรูปทรงกระบอก	4.40	8.14	14.13	8.89
ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ	3.23	7.90	12.80	7.97

ตารางภาคผนวก ง - 16 ปริมาณการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด เป็นระยะเวลา 2 เดือน

บรรจุภัณฑ์	ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ (ppb)			ค่าเฉลี่ย
	พื้นที่ A	พื้นที่ B	พื้นที่ C	
ถุงโพลิเอทิลีนแบบธรรมดา	12.45	16.44	21.44	16.77
ขวดแก้วรูปทรงกระบอก	7.58	12.13	18.12	12.61
ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ	5.87	10.14	14.63	10.21

ตารางภาคผนวก ง - 17 ปริมาณการปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด เป็นระยะเวลา 3 เดือน

บรรจุภัณฑ์	ปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ (ppb)			ค่าเฉลี่ย
	พื้นที่ A	พื้นที่ B	พื้นที่ C	
ถุงโพลิเอทิลีนแบบธรรมดา	16.27	22.85	32.33	23.81
ขวดแก้วรูปทรงกระบอก	11.67	17.31	26.27	18.41
ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ	8.86	13.98	18.32	13.72

2. ตารางแสดงผลค่าความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA)

ตารางภาคผนวก ง - 18 ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ของความชื้นในเมล็ดข้าวสังข์หยด 3 พื้นที่ อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง

ANOVA

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Between Groups	2	157.558	78.779	53.775	0.000
Within Groups	6	8.790	1.465		
Total	8	166.348			

ตารางภาคผนวก ง - 19 ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ของอุณหภูมิในถุงเก็บข้าวสังข์หยด 3 พื้นที่ อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง

ANOVA

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Between Groups	2	7.727	3.863	3.296	0.108
Within Groups	6	7.033	1.172		
Total	8	14.760			

ตารางภาคผนวก ง - 20 ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ของปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวสังข์หยดแบบต่าง ๆ 3 พื้นที่ อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง

ANOVA

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Block	2	12.360	6.180	1.024	0.43740
Treatment	2	65.827	32.914	5.454	0.07199
Error	4	24.139	6.035		
Total	8	102.327	12.791		

ตารางภาคผนวก ง -21 ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ของปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่ระยะเวลา 1 เดือน

ANOVA

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Block	2	138.429	69.214	286.076	0.00005
Treatment	2	17.649	8.824	36.473	0.00270
Error	4	0.968	0.242		
Total	8	157.045	19.631		

ตารางภาคผนวก ง - 22 ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ของปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่ระยะเวลา 2 เดือน

ANOVA

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Block	2	133.783	66.892	251.241	0.00006
Treatment	2	66.183	33.091	124.289	0.00025
Error	4	1.065	0.266		
Total	8	201.031	25.129		

ตารางภาคผนวก ง - 23 ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ของปริมาณสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่ระยะเวลา 3 เดือน

ANOVA

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Block	2	269.914	134.957	39.363	0.00234
Treatment	2	153.162	76.581	22.337	0.00675
Error	4	13.714	3.428		
Total	8	436.790	54.599		

ตารางภาคผนวก ง -24 ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ของความชื้นในเมล็ดข้าวสังข์หยด ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่ระยะเวลา 1 เดือน

ANOVA

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Between Groups	2	4.014	2.007	.549	0.604
Within Groups	6	21.942	3.657		
Total	8	25.956			

ตารางภาคผนวก ง - 25 ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ของความชื้นในเมล็ดข้าวสังข์หยด ในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่ระยะเวลา 2 เดือน

ANOVA

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Between Groups	2	20.575	10.288	2.271	0.184
Within Groups	6	27.177	4.529		
Total	8	47.752			

ตารางภาคผนวก ง - 26 ค่าความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ของความชื้นในเมล็ดข้าวสังข์หยดในบรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ที่ระยะเวลา 3 เดือน

ANOVA

Source	df	SS	MS	F	Sig.
Between Groups	2	21.036	10.518	1.873	0.233
Within Groups	6	33.700	5.617		
Total	8	54.736			

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล คณิตา คงรื่น

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5110920029

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต	2550

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

คณิตา คงรื่น, ปาริชาติ วิสุทธิสมาจาร และ อรัญ งามผ่องใส. 2553. การปนเปื้อนและแนวทางการจัดการสารอะฟลาทอกซินบี$_1$ ในข้าวสังข์หยด. การประชุมวิชาการ ม.อ. ภูเก็ตวิจัย ครั้งที่ 3 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต. 18 พฤศจิกายน 2553.