สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# อฟลาทอกซินตกค้างในผลิตภัณฑ์ถั่วลิสงที่ผ่านการคัดแยกถั่วลิสงดิบด้วยน้ำ

# AFLATOXIN RESIDUE IN PEANUT PRODUCTS AFTER PEANUT SEPARATION BY WATER

T 087874

วนิดา ยุรญาติ
VANIDA YURAYART

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิ
ว 171 ว
2551

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 87874
วัน,เดือน,ปี 19 มี.ค. 2552

b 12077688
i.....

**วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต**
**สาขาวิชาสุขาภิบาลอาหาร**
**คณะอุตสาหกรรมเกษตร**
**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**
**พ.ศ. 2551**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**KMITL-2008-AI-M-054-028**

# AFLATOXIN RESIDUE IN PEANUT PRODUCTS AFTER PEANUT SEPARATION BY WATER

VANIDA YURAYART

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FOOD SANITATION
FACULTY OF AGRO-INDUSTRY
KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2008

KMITL-2008-AI-M-054-028

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPY RIGHT 2008

KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **หัวข้อวิทยานิพนธ์** | อฟลาทอกซินตกค้างในผลิตภัณฑ์ถั่วลิสงที่ผ่านการคัดแยกถั่วลิสงดิบด้วยน้ำ |
| **นักศึกษา** | นางสาววนิดา ยุรญาติ |
| **รหัสนักศึกษา** | 47067705 |
| **ปริญญา** | วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต |
| **สาขาวิชา** | สุขาภิบาลอาหาร |
| **พ.ศ.** | 2551 |
| **อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์** | รศ.ดร.อดิศร เสวตวิวัฒน์ |

# บทคัดย่อ


จากการสำรวจปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซินในถั่วลิสงและผลิตภัณฑ์ ซึ่งตรวจโดยชุดทดสอบจำนวน 1,585 ตัวอย่าง พบการปนเปื้อนเกินค่ามาตรฐานกำหนด(20 พีพีบี) ถึง 33.82 % ของตัวอย่างทั้งหมด โดยพบในถั่งลิสงป่น 63.34 % ซึ่งถือว่ามีอัตราความเสี่ยงสูงต่อการเป็นมะเร็งตับ เนื่องจากถั่งลิสงป่นสามารถนำมาใช้ในการประกอบอาหารได้หลายชนิด เมื่อทดลองคัดแยกเมล็ดถั่งลิสงดิบโดยวิธีการแช่น้ำ ส่วนของเมล็ดดีจะจมน้ำ เมล็ดเสียจะลอย พบว่า ส่วนของเมล็ดถั่วลิสงที่จมน้ำ เมื่อตรวจด้วยวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการไม่พบการปนเปื้อนอฟลาทอกซิน ซึ่งเมื่อนำไปทำเป็นถั่วลิสงป่นและถั่วลิสงคั่วเก็บไว้เป็นระยะเวลา 28 วัน ยังไม่พบการปนเปื้อนอฟลาทอกซิน เช่นกัน ส่วนของเมล็ดถั่วลิสงที่ลอยน้ำพบการปนเปื้อนอฟลาทอกซิน 80.00 % และเมื่อนำถั่วลิสงที่ลอยน้ำนี้มาทำเป็นถั่งลิสงป่นและถั่วลิสงคั่ว พบว่าถั่วลิสงป่นมีปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซิน 18.34 พีพีบี และเพิ่มเป็น 344.19 พีพีบี ในระยะเวลา 28 วัน (ปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซินเพิ่มขึ้นถึง 18 เท่า) ขณะที่การคั่วถั่วลิสงที่ลอยน้ำจะพบปริมาณอฟลาทอกซินจาก 13.53 พีพีบี ใน 1 วัน และเพิ่มเป็น 45.17 พีพีบีใน 28 วัน(ปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซินเพิ่มขึ้น 3 เท่า) ส่วนถั่วลิสงที่ไม่ผ่านการคัดแยกเมื่อนำส่วนนี้มาทำเป็นถั่วลิสงป่นและถั่วลิสงคั่ว ตรวจพบปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซิน ในถั่วลิสงป่นจาก 2.66 พีพีบี และเพิ่มเป็น 45.39 พีพีบี ในระยะเวลา 28 วัน (ปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซินเพิ่มขึ้น 18 เท่า) และในถั่วลิสงคั่วพบ 2.29 พีพีบีจาก 1 วันเป็น 6.89 พีพีบีใน 28 วัน(ปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซินเพิ่มขึ้น 3 เท่า)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **Thesis Title** | AFLATOXIN RESIDUE IN PEANUT PRODUCTS AFTER PEANUT SEPARATION BY WATER |
| **Student** | Miss Vanida yurayart |
| **Student ID.** | 47067705 |
| **Degree** | Master of Science |
| **Program** | Food Sanitation |
| **Year** | 2008 |
| **Thesis Advisor** | Assoc. Prof. Dr. Adisorn Swetwiwathana |

# ABSTRACT

In surveying the level of Alfatoxin contamination in peanut and its product by using the test kit with 1,585 sample, it was found 33.82 % contamination which is over standard criteria of contamination (20 ppb). The study found 63.34 % contamination in ground peanut which is considered at high risk of liver cancer as it could be used as an ingredient in many kinds of food. In a separating test by soaking the raw peanuts in water, the testing found that the good ones were sunk whereas the bad ones were floated. Further, the sunk peanuts were taken to examine by a standard method in a laboratory, it was found that these sunk peanuts were free from the contamination of Alfatoxin. Then, the sunk peanuts were ground and roasted, and both products were kept 28 day for alfatoxin examination. The results exhibited that aflatoxin could not still detect in these ground and roasted products. For the floated peanut, they were found 80.00 % of Alfatoxin contamination. After grinding, they were revealed that the amount of Alfatoxin contamination were raised up from 18.34 to 344.19 ppb within 28 days (the contamination was increased 18 times). For examining the ground nonseparated peanuts, it was found that the amount of Alfatoxin were raised up from 2.66 to 45.39 ppb in 28 days (the contamination was also increased 3 times).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงและ สมบูรณ์ เนื่องจากได้รับความกรุณาเป็นอย่างสูงจาก รองศาสตราจารย์ ดร. อดิศร เสวตวิวัฒน์ ที่เป็นเกียรติเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ ชี้แนะข้อมูลที่มีประโยชน์ ตลอดจนช่วยตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสมบูรณ์ ผู้ทำการวิจัยขอกราบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รศ. ดร. ประภาพร ขอไพบูลย์ ดร. กิตติชัย บรรจง และอาจารย์ประกาย บริบูรณ์ ที่ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์และช่วยแก้ไข ตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาสุขาภิบาลอาหาร คณะอุตสาหกรรมการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุก ๆท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาการศึกษาจนข้าพเจ้าสำเร็จ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่อุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. ดวงจันทร์ สุประเสริฐ์ นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ 8 ว หัวหน้างานวิเคราะห์สารพิษจากเชื้อรา ที่ให้ความกรุณาและอนุเคราะห์สถานที่ในการทำงานทดลองและวิจัย ขอขอบ คุณทองสุข ปายะนันท์ นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ 6ว กลุ่มงานสารฆ่าแมลง และ ยาสัตว์ตกค้าง คุณวิเชียร เปี่ยมอุดมสุข และ น้อง ๆ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสารพิษและสาร ปนเปื้อน สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุขที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องการตรวจวิเคราะห์ และ ข้อมูลต่างๆ เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่ คุณพ่อ ครอบครัวของข้าพเจ้า และเพื่อน ๆ สุขาภิบาลอาหาร ที่เป็นกำลังใจ และ ให้การสนับสนุนในทุกเรื่องๆ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

วนิดา ยุรญาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | | หน้า |
|---|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | | II |
| กิตติกรรมประกาศ | | III |
| สารบัญ | | IV |
| สารบัญตาราง | | VI |
| สารบัญภาพ | | VII |
| บทที่ 1 | บทนำ | 1 |
| | 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | |
| | 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย | |
| | 1.3 ขอบเขตการวิจัย | |
| บทที่ 2 | ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 4 |
| | 2.1 ถั่วลิสง(Peanut) | |
| | 2.2 สารพิษจากเชื้อราอฟลาทอกซิน(Aflatoxin) | |
| | 2.3 รายงานการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง | |
| บทที่ 3 | วิธีดำเนินการทดลอง | 39 |
| | 3.1 วัตถุดิบ อุปกรณ์ และ สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง | |
| | 3.2 สถานที่ดำเนินการทดลอง | |
| | 3.3 วิธีการดำเนินการทดลอง | |
| บทที่ 4 | ผลการทดลองและวิจารณ์ | 46 |
| บทที่ 5 | สรุปผลการทดลอง | 57 |
| บรรณานุกรม | | 60 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


หน้า

ภาคผนวก..... 66

ก. การตรวจวิเคราะห์ด้านเคมี..... 66

วิธีทดสอบอฟลาทอกซินเบื้องต้น.....

วิธีวิเคราะห์อฟลาทอกซิน.....

วิธีวิเคราะห์ปริมาณความชื้น.....

ข. แบบสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์..... 72

ค. มาตรฐานอุตสาหกรรม..... 74

ง. ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 98 พ.ศ.2529..... 80

ประวัติผู้เขียน..... 82



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า


2.1 แสดงชนิด และจำนวนเชื้อราที่พบในถั่วลิสงในเวลาต่าง ๆ กัน ตั้งแต่เมื่อเก็บเกี่ยวถึงระหว่างเก็บรักษา..... 8

2.2 แสดงชนิดและ เชื้อราที่พบในเมล็ดถั่วลิสงประเภทต่าง ๆ..... 9

2.3 แสดงชนิดและปริมาณของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวและอิ่มตัวของเมล็ดถั่วลิสง..... 13

2.4 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของอฟลาทอกซิน..... 20

2.5 ผลของความเป็นพิษแบบเฉียบพลันของสารอฟลาทอกซินในสัตว์ต่าง ๆ..... 26

2.6 ผลของอฟลาทอกซินต่อ เป็ด และ ไก่..... 26

2.7 การตอบสนองของหมูต่อความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารพิษฟลาทอกซิน..... 27

2.8 การตอบสนองของวัวความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารพิษฟลาทอกซิน..... 27

2.9 ผลของเพศต่อการเกิดมะเร็งที่ตับของหนูที่ได้รับอฟลาทอกซิน $B_1$..... 28

2.10 ปริมาณอฟลาทอกซินที่คนได้รับเข้าไปทางอาหาร และ อัตราการเกิดมะเร็ง (carcinogenicity) ในตับของคนไทย..... 28

2.11 การกำหนดปริมาณอฟลาทอกซิน ในกลุ่มประเทศประชาคมยุโรป ประเทศสหรัฐอเมริกา..... 29

2.12 การกำหนดปริมาณอฟลาทอกซินในกลุ่มประเทศเอเชีย..... 30

2.13 การกำหนดปริมาณอฟลาทอกซินในกลุ่มประเทศอัฟริกา..... 31

2.14 การทำลายสารพิษอฟลาทอกซินโดยใช้รังสีอัลตราไวโอเลตและแสง..... 33

4.1 ผลการตรวจวิเคราะห์อฟลาทอกซินในถั่วลิสงดิบ และผลิตภัณฑ์ ปี 2549 – 2550..... 47

4.2 ผลการสำรวจการปนเปื้อนอฟลาทอกซินในเมล็ดถั่วลิสงดิบ 3 ขนาดที่วางขายตามท้องตลาด..... 48

4.3 ผลการปนเปื้อนอฟลาทอกซินในเมล็ดถั่วลิสงดิบที่คัดแยกเมล็ดด้วยน้ำ..... 50

4.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณอฟลาทอกซิน ในถั่วลิสงประเภทต่าง ๆ..... 54



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง (ต่อ)


ตารางที่ หน้า

4.5 ปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นของถั่วลิสงคั่วและป่น ..... 55

4.6 ผลสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อถั่วลิสงคั่วและถั่วลิสงป่น ..... 55



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า


2.1 ลักษณะทางพฤษศาสตร์ของต้นถั่วลิสง..... 5

2.2 ลักษณะฝักถั่วลิสงที่ถูกศัตรูพืชในดินทำลาย(เสี้ยนดิน, เชื้อรา)..... 9

2.3 ลักษณะฝักถั่วลิสงที่ถูกศัตรูพืชในดินทำลาย(ไส้เดือนฝอย, หนอนด้วงปีกแข็ง)..... 10

2.4 ลักษณะฝักถั่วลิสงที่มีระดับความสุกแก่ต่าง ๆ กัน..... 10

2.5 ลักษณะของเมล็ดถั่วลิสง ที่ต้องคัดทิ้งเปรียบเทียบกับเมล็ดดี..... 11

2.6 ลักษณะของเชื้อราสายพันธ์ *Aspergillus* sp..... 16

2.7 การสังเคราะห์อฟลาทอกซิน $B_1$ ทางชีวภาพจากสารตัวกลาง..... 17

2.8 สูตรโครงสร้างและสูตรโมเลกุลของอฟลาทอกซิน..... 18

3.1 ผังการทดลองคัดแยกเมล็ดถั่วลิสงดิบที่มี และ ไม่มีอฟลาทอกซินโดยใช้น้ำ..... 43

3.2 ผังการตรวจหาปริมาณอฟลาทอกซินในถั่วลิสงดิบตั้งต้น..... 45

4.1 ผลการตรวจวิเคราะห์อฟลาทอกซินถั่วลิสงและผลิตภัณฑ์ ปี 2549 – 2550..... 48

4.2 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนตัวอย่างและปริมาณที่พบอฟลาทอกซิน
ในถั่วลิสงดิบทั้ง 3 ชนิด..... 51



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ถั่วลิสงเป็นพืชที่มีคุณค่าทางการบำรุงร่างกายสูง จนได้รับสมญานามว่าพืชอายุวัฒนะมีโปรตีนสูงประมาณ 30 % ซึ่งสูงกว่าในข้าวสาลี 1 เท่า สูงกว่าข้าว 3 เท่า เมื่อเทียบกับไข่ไก่ นมวัว เนื้อสัตว์ แล้วไม่ด้อยไปกว่ากันสามารถใช้แทนกันได้ และ ยังเป็นโปรตีนที่ร่างกายสามารถดูดซึมไปใช้ได้ถึง 90 % นอกจากนี้ ยังประกอบไปด้วย กรดอะมิโนที่จำเป็นสำหรับร่างกาย 8 ชนิด วิตามิน บี2 โคลีน (choline) กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว เมธิโอนีน (Methionine) และ วิตามิน เอ บี อี-เค แคลเซียม เหล็ก และแร่ธาตุอื่น ๆ อีกกว่า 20 ชนิด สามารถนำมาใช้บริโภคได้หลายรูปแบบ และกากยังนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ถั่วลิสงยังสามารถปลูกได้ทั้งปี แต่จัดอยู่ในกลุ่มพืชที่มีผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้น จึงทำให้มีอุณหภูมิและ ความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์โดยเฉพาะเชื้อรา ซึ่งเป็นปัญหาใหญ่ที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของถั่วลิสง และ สุขภาพของผู้บริโภค คือ การปนเปื้อนสารพิษอฟลาทอกซิน เชื้อราที่เป็นสาเหตุ เชื้อ *Aspergillus flavus* และ *A. parasiticus* กลุ่มเชื้อรานี้สร้างสปอร์ได้ สามารถทำลายคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร เช่น ไขมัน กรดแอมิโน วิตามิน แร่ธาตุต่าง ๆรวมทั้ง กลิ่น สี และรสของอาหาร นอกจากนี้สปอร์ที่สูดดมเข้าไปก่อให้เกิดอันตรายได้เช่นกัน องค์การอนามัยโลกได้จัดให้ อฟลาทอกซินอยู่ในระดับก่อพิษรุนแรงที่สุด และ ก่อให้เกิดอันตรายต่อคน และ สัตว์ ทั้งแบบเฉียบพลัน และ แบบเรื้อรัง จนถึงขั้นเป็นมะเร็งตับ (อนงค์, 2546) สารพิษอฟลาทอกซิน สามารถปนเปื้อนได้ทุกระยะนับตั้งแต่การปลูกในแปลงการถอนต้น การเก็บฝักการตากแห้ง การเก็บในยุ้งฉาง หรือโกดังสินค้า ตลอดจนการขนส่งก่อนถึงมือผู้บริโภค ( ดารา, 2521)

การนำถั่วลิสงมาใช้ประโยชน์(จินตนา, 2526) ในอดีตนิยมนำมาบีบทำน้ำมันเพื่อส่งขายต่างประเทศและกากถั่วลิสงถูกนำไปทำอาหารเลี้ยงสัตว์เป็นส่วนใหญ่ แต่ปัจจุบันเป็น มีการนำมาทำแปรรูป ได้แก่ ถั่วตัด ถั่วตุ๊บตั๊บ ถั่วกระจก ถั่วลิสงคั่ว ถั่วทอดแผ่นกลม และถั่วทอด ระดับของการผลิตเป็นอุตสาหกรรมขนาดครอบครัวที่มีปริมาณการขายในขนาดวันต่อวัน หรือ ขายต่อสัปดาห์ การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สั้น กระบวนการผลิต ไม่มีการควบคุมคุณภาพในการคัดเลือกวัถตุดิบ และ ในระยะต่อมาได้มีการทำถั่วลิสงป่น เพื่อส่งให้ร้านก๋วยเตี๋ยว และใส่ในน้ำจิ้มต่าง ๆ จากกระบวนการผลิตที่ไม่มีการควบคุมคุณภาพตั้งแต่ต้น ทำเกิดปัญหาของการปนเปื้อน อฟลาทอกซิน เป็นเหตุให้อุตสาหกรรมขนาดครอบครัวซบเซาไม่สามารถส่งขายได้ เพราะผู้บริโภคไม่มั่นใจในคุณภาพ ทำให้อุตสาหกรรมขนาดใหญ่เข้ามามีบทบาท และ มีแนวโน้มทางการตลาดที่สูงขึ้นเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2 จุดประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อสำรวจการปนเปื้อนและระดับของการปนเปื้อนอฟลาทอกซิน ในถั่วลิสงดิบและผลิตภัณฑ์ในปัจจุบัน โดยเน้นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากชาวบ้านที่ใช้ถั่วลิสงเป็นวัตถุดิบในการผลิตใช้นำมาเปรียบเทียบทั้งผลิตภัณฑ์ที่ตรวจพบ และ ปริมาณอฟลาทอกซินที่ตรวจพบ
2. เพื่อศึกษาทดลองวิธีการคัดเลือกวัตถุดิบอย่างง่าย และ ไม่เสียค่าใช้จ่ายมาก โดยใช้น้ำในการแยกเมล็ดถั่วลิสงที่คาดว่าจะมีอฟลาทอกซินออกก่อนนำไปแปรรูป
3. เพื่อศึกษาหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บรักษาถั่วสิสงที่แปรรูปแล้ว

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองแก้ปัญหาการปนเปื้อนอฟลาทอกซิน โดยใช้วิธีคัดเลือกวัตถุดิบอย่างง่าย และ ไม่เสียค่าใช้จ่ายมาก เพื่อนำไปใช้แยกเมล็ดถั่วลิสงที่น่าจะมีอฟลาทอกซินออกก่อนที่จะนำไปแปรรูปเน้นผู้ผลิตเป็นกลุ่มชาวบ้าน โดยอาศัยปัญหาที่ได้จากข้อมูลการสำรวจการปนเปื้อนอฟลาทอกซินในถั่วลิสงและผลิตภัณฑ์เป็นตัวเลือกกลุ่มเป้าหมาย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ถั่วลิสง (อานนท์, 2532)

**ความหมาย** พืชตระกูลฟาบาซี (Fabaceae) หรือเลกูมิโนเซ (Leguminosae) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า อะราคิสไฮโปเจีย (*Arachis hypogaea* L.) และ มีชื่อเป็นภาษาอังกฤษว่า กราวนด์นัต (groundnut) หรือ พีนัต (peanut) และ อาจมีชื่ออย่างอื่นเป็นภาษาไทย เช่น ถั่วดิน ถั่วยี่สง ถั่วใต้ดิน หรือ ถั่วคุด เป็นพืชล้มลุกพวกไม้เนื้ออ่อนที่มีแหล่งกำเนิดในบริเวณประเทศโบลิเวีย แต่ถั่วลิสงสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินเกือบทุกชนิด ถั่วลิสงต้องการความชื้นในระดับพอสมควร ชอบแสงแดดจัด ถั่วลิสงจึงเป็นพืชที่ปลูกโดยทั่วไปในเขตร้อนสำหรับในประเทศไทย ถั่วลิสงจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญกับเกษตรกรชนิดหนึ่ง สามารถปลูกได้ในทุกภาคของประเทศ โดยเฉพาะในภาคเหนือ และ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเมื่อได้รับการปฏิสนธิแล้วรังไข่จะแทงลงดิน เจริญเป็นฝักเปลือกฝักแข็งแต่เปราะ การที่จะพัฒนาถั่วลิสงให้มีคุณภาพที่ดีได้นั้น ผู้ปลูกควรจะต้องเริ่มตั้งแต่การศึกษาลักษณะสำคัญต่าง ๆ ทางพฤกษศาสตร์การคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ การเตรียมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการเพาะปลูก ขั้นตอนการเก็บการตากจนถึงการแปรรูป เพื่อจะได้มีการควบคุมคุณภาพได้อย่างเหมาะสม

**ลักษณะทางพฤกษศาสตร์** (ภาพที่ 2.1)

**เมล็ดและต้นอ่อน** เมล็ดถั่วลิสงจะมีเปลือกหุ้มเมล็ดสีต่าง ๆ เช่น สีขาว ชมพู แดง น้ำตาล ม่วง บางพันธ์มีหลายสี มีจุดประ เมล็ดประกอบด้วยใบเลี้ยง 2 ใบ ภายในมีต้นอ่อน ซึ่งประกอบด้วย ยอดอ่อน ลำต้น และรากแก้ว ระบบรากประกอบด้วย รากแก้ว แขนง และรากฝอย และ มีปม แบคทีเรีย เกาะอยู่ทั่ว ๆ ไป

**ลักษณะทรงต้น** ถั่วลิสงมีทรงต้นทั้งแบบ เลื้อย ตั้งตรง ทรงพุ่มและกึ่งเลื้อย กึ่งต้น ถั่วลิสงที่ปลูกในเมืองไทยส่วนใหญ่จะเป็นทรงพุ่ม

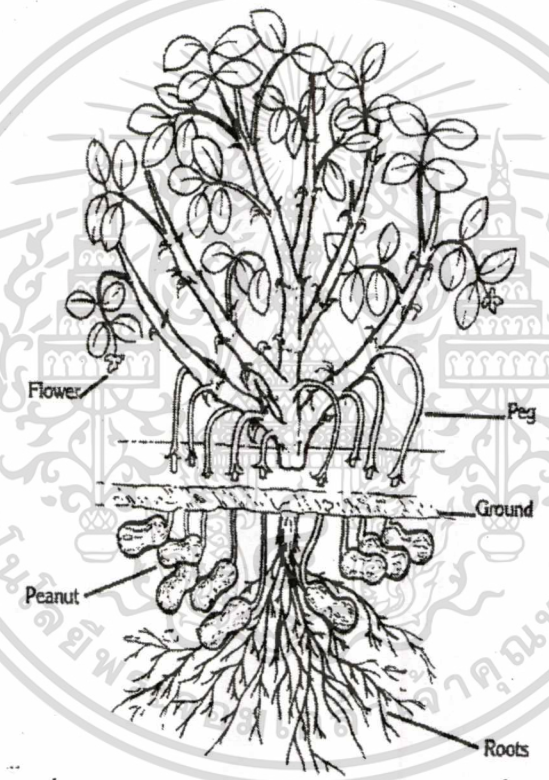
**ใบ** ใบถั่วลิสงเป็นแบบใบรวม ประกอบด้วยใบย่อย 4 ใบ ( 4 – foliate leaves) เรียงเป็นคู่ ภายในมีเซลล์สำหรับเก็บน้ำ ทำให้ถั่วลิสงมีความทนทานต่อความแห้งแล้งได้ดี

**ดอก** ดอกของถั่วลิสงออกเป็นช่อ (inflorescence) ตรงมุมของก้านใบอาจบาน 2-3 รุ่น ขึ้นอยู่กับฤดูกาล และ สภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุณหภูมิและความแห้งแล้งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาการบานของดอก จากการศึกษา ในถั่วลิสงขอนแก่น 60-1 พบว่ามีดอกบานตลอดฤดูปลูก 178 ดอก เป็นดอกที่บานรุ่นที่ 1 ถึง 74% ( 23 - 62 วันหลังงอก) ดอกที่บาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรุ่นที่ 1 เป็นดอกที่สามารถเจริญไปเป็นฝักแก่ทันการเก็บเกี่ยว ดอกรุ่นที่ 1 จึงเป็นดอกที่สำคัญต่อผลการผลิตอย่างยิ่ง จากการศึกษาการพัฒนาการของดอก พบว่าปริมาณดอกทั้งหมดสามารถเจริญไปเป็นเข็มได้เพียง 56.7 % เปลี่ยนไปเป็นฝักได้ 40% และ เป็นฝักแก่ที่ทันการเก็บเกี่ยวได้เพียง 22 % (อานนท์ และคณะ, 2530)

**การติดฝัก** หลังการผสมเกสรรังไข่จะขยายตัวกลายเป็นเข็ม (peg) พุ่งลงสู่แนวดึงดูดของโลก ภายหลังจากที่แทงลงไปในดินแล้วก็จะเริ่มขยายตัวเป็นฝักอ่อน จากนั้นน้ำหนักฝักและ เมล็ดจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ใช้ระยะเวลาในการพัฒนาจากดอกเริ่มบานจนฝักแรกแก่จะใช้เวลาประมาณ 45 – 47 วัน




**ภาพที่ 2.1 : ลักษณะทางพฤษศาสตร์ของต้นถั่วลิสง**

ที่มา : Kokalis-Burelle et al. (1997)

**<u>สภาพแวดล้อม ดิน ฟ้า อากาศ ที่เหมาะสมในการเพาะปลูก</u>** (เสถียร, 2527)

ถั่วลิสง สามารถปลูกได้ดีในดินทุกชนิด แต่ดินที่เหมาะสมที่สุดในการปลูกเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ ก็คือ ดินร่วนหรือ ดินร่วนทรายที่มีปูนสูง และมีอินทรีย์วัตถุมากพอ ถ้าปลูกในดินเหนียว นอกจากถั่วลิสงจะแทงเข็มหรือลงฝักได้ยากแล้ว ดินเหนียวยังเป็นดินที่ระบายน้ำได้ยาก เมื่อฝน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตกมาก ๆ จะทำให้ดินแฉะง่าย ทำให้ถั่วลิสงเกิดเป็นโรคเน่า หรือเน่าตายได้ง่ายมาก และยังลำบากในการเก็บเกี่ยวกว่าการปลูกในทราย เพราะดินจะเกาะเปลือกฝักทำให้สกปรก มีความชื้นสูง เป็นสาเหตุของการเกิดเชื้อรา

ดินที่เหมาะสมในการปลูกถั่วลิสงไม่ควรมีสภาพเป็นกรด หรือ ด่างมากเกินไป ควรมีสภาพความเป็นกรด – ด่าง ระหว่าง 5.8 – 6.5 ถ้าดินเป็นกรดจัด ถั่วลิสงจะไม่งอกงามเต็มที่ถ้าดินเป็นด่างมากเกินไป จะทำให้เกิดโรคใบเหลือง

ถั่วลิสง เป็นพืชที่ชอบอากาศอบอุ่น ไม่ทนต่ออากาศหนาวจัด ต้องการฝน หรือความชุ่มชื้นในดินพอสมควร และ ต้องการแดดจัด จะส่งผลที่ดีต่อคุณภาพของเมล็ดถั่วลิสง

**ฤดูปลูกถั่วลิสง** (อานนท์, 2532)

ความสำเร็จการปลูกถั่วลิสงอาจจะขึ้นกับปัจจัยหลายประการ แต่ปัจจัยที่มีความสำคัญมากได้แก่ การเลือกช่วงเวลาการปลูกที่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนจะเป็นปัจจัยจำกัดผลผลิตที่สำคัญ สำหรับในประเทศไทยเกษตรกรมีการปลูกถั่วลิสงอยู่ 4 ช่วงคือ

1. ปลูกต้นฤดูฝน ประมาณเดือน เมษายน ถึง เดือนพฤษภาคม เก็บเกี่ยวประมาณเดือน กรกฎาคม ถึง เดือน สิงหาคม
2. ปลูกปลายฤดูฝน ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม ถึง เดือน สิงหาคม เก็บเกี่ยวในเดือนตุลาคม ถึง เดือน พฤศจิกายน
3. ปลูกในฤดูแล้ง โดยอาศัยน้ำชลประทาน ปลูกในเดือน ธันวาคม ถึง เดือนมกราคม เก็บเกี่ยวในเดือนเมษายน ถึง เดือน พฤษภาคม
4. ปลูกในฤดูแล้ง โดยอาศัยความชื้นตกค้างในดิน ปลูกในเดือน พฤศจิกายน ถึง เดือน ธันวาคม เก็บเกี่ยวในเดือน มีนาคม ถึง เดือน เมษายน

**การเก็บเกี่ยว** ตามปกติถั่วลิสงสามารถเจริญเติบโตไปเรื่อย ๆ ผลผลิตรวมของฝักของถั่วลิสงก็จะเพิ่มไปเรื่อย ๆ ตราบเท่าที่ยังมีการเจริญเติบโตเป็นปกติ แต่ผลผลิตเก็บเกี่ยวจะไม่เพิ่มไปตามผลผลิตรวม (รวมฝักที่สูญเสียในดินและบนดิน) เนื่องจากเกิดความสูญเสียจากการทำลายของโรคและแมลง และสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ ดังนั้นการที่จะกำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมในการขุดถั่วลิสง จึงมีความสำคัญมากต่อผลผลิต ตามหลักการเก็บเกี่ยวเมื่อเมล็ดมีน้ำหนักสูงสุดจะทำให้ผลผลิตสูงสุด รวมทั้งคุณภาพของเมล็ดก็สูงด้วยความแก่อ่อน ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวถั่วลิสง มีความสัมพันธ์กันและยังมีผลต่อการให้กลิ่นรสที่ดีเมื่อเก็บในช่วงที่เหมาะสมพอดี วิธีการที่ใช้ในทางปฏิบัติเพื่อกำหนดอายุเก็บเกี่ยวอาจทำได้โดย

1. การนับอายุ วิธีการนี้จะทำภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ถั่วลิสงแต่ละพันธ์จะใช้เวลาที่ค่อนข้างคงที่ในการเจริญเติบโตเพื่อให้ได้ผลผลิตที่สูงสุด โดยทั่วไป ถั่วลิสงที่ปลูกใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเทศไทยจะมีอายุการเก็บเกี่ยว 100 – 120 วัน ทั้งนี้ขึ้นกับพันธ์ ฤดูปลูก และ สถานที่ปลูกการปลูกในฤดูแล้งซึ่งมีอุณหภูมิต่ำทำให้อายุเก็บเกี่ยวยาวนานขึ้น

2. การสังเกตของฝักด้านใน สีฝักด้านในของพันธุ์ถั่วลิสงส่วนใหญ่จะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลอ่อน เปลือกหุ้มเมล็ดก็จะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีชมพู แสดงว่าแก่พอดี ทั้งนี้โดยการสุ่มต้นมาจากหลาย ๆ จุดในแปลง หากมีเปอร์เซ็นต์ฝักที่เปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลอ่อน 60 - 80 % ก็แสดง ว่าถึงอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม เพราะถ้าปล่อยให้ฝักเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจัดแสดงว่าแก่เกินไป นอกจากนี้เส้นลายของฝักภายนอกเมื่อแก่จัดจะมีรอยลึกมากขึ้น

**<u>การตากและการเก็บรักษา</u>** (จินตนา , 2534) ภายหลังจากการปลิดถั่วลิสงเกษตรกรจะตากถั่วประมาณ 3 – 4 แดด วัสดุที่ใช้รองตากเมล็ดมีตั้งแต่ สังกะสี แคร่ไม้ไผ่ กระด้ง ไนล่อนโปร่งลานดิน ลานซีเมนต์ และไหล่ถนน การตากแห้งที่ไม่มีประสิทธิภาพจะทำให้ความชื้นไม่ลดโดยเฉพาะการปลูกในหน้าฝน อันเป็นโอกาสให้เกิดเชื้อรา *Aspergillus flavus* เจริญเติบโตได้

หลังจากตากจะเก็บรักษาเมล็ดไว้ในกระสอบ หรือยุ้งฉาง หรือกองไว้บนบ้าน ใต้ถุนบ้าน จะพบว่า การตากเมล็ดทั้งเปลือกของถั่วลิสงยังไม่แห้งสนิท หากเก็บรักษานาน ๆ อาจทำให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพเร็ว และ เกิดเชื้อราสร้างสารพิษได้ ดังแสดงในตารางที่ 1. ชนิด และจำนวนเชื้อราที่พบในถั่วลิสงในเวลาต่าง ๆ กันตั้งแต่เมื่อเก็บเกี่ยวถึงระหว่างเก็บรักษา

ดังนั้นหลังการปลิดฝักแล้ว ควรตากเพื่อลดความชื้นให้เร็วที่สุดและมากที่สุด (การตากแดด 5 – 7 แดด อาจลดความชื้นลงมาได้ 4 – 5 %) โดยปกติแล้วความชื้นในเมล็ดที่เหมาะสมแก่การเก็บรักษาควรต่ำกว่า 7 % และ เก็บรักษาควรจะใช้ภาชนะที่ต้องควบคุมอากาศและความชื้นได้สำหรับเมล็ดถั่วลิสงที่จะนำไปทำเมล็ดพันธ์จะยังคงรักษาระดับความงอกไว้ได้นานสูงสุดถึง 8 เดือน จากการทดลองเก็บรักษาในสภาพของเกษตรกร พบว่า ถั่วลิสงที่ตากแห้งความชื้น 6 – 6.5 % เก็บไว้ในถุงพลาสติก 2 ชั้น จะให้ผลดีที่สุดโดยที่เปอร์เซ็นต์การงอกยังอยู่ในเกณฑ์ปกติ (พวงทองและคณะ, 2527) แต่ถ้าเป็นเมล็ดถั่วลิสงดิบ และ ผลิตภัณฑ์ถั่วลิสงนิยมใช้ภาชนะบรรจุรูปถุงอลูมิเนียมฟอยด์เคลือบพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.1** ชนิด และ จำนวนเชื้อราที่พบในถั่วลิสงในเวลาต่าง ๆ กัน ตั้งแต่เมื่อเก็บเกี่ยวถึงระหว่างเก็บรักษา

| ชนิดเชื้อรา | เชื้อรา (%) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | เมื่อเก็บเกี่ยว | 1 เดือน | 2 เดือน | 3 เดือน |
| *Aspergillus flavus* | 0.3 | 17.3 | 25.0 | 27.0 |
| *A. niger* | 1.7 | 21.2 | 22.5 | 37.0 |
| *A. glaucus* | - | - | 4.3 | 5.2 |
| *Rhizopus* sp. | - | 17.1 | 20.3 | 26.5 |
| *Fusarium* sp. | 0.3 | 8.6 | 5.9 | 6.5 |
| *Penicillium* sp. | - | 0.7 | 3.5 | 8.5 |

ที่มา : อรุณศรี และคณะ (2537)

<u>การคัดคุณภาพของเมล็ดถั่วลิสง</u> (ภาพที่ 2.2 – 2.4)

การที่ต้องมีการคัดเมล็ด เพราะคุณภาพของเมล็ดถั่วลิสงที่ผ่านการกะเทาะเปลือกออกมาไม่สม่ำเสมอ จึงต้องอาศัยวิธีการคัดแยกเมล็ดดี เมล็ดเสีย ออกก่อนจึงคัดขนาดพิเศษ และ ขนาดปกติออกจากกัน โดยใช้ตะแกรงร่อนเพื่อคัดขนาดและคัดเอาเมล็ดลีบเน่าเสียออกด้วยมือ เมล็ดเสียหมายถึง เมล็ดถั่วลิสงที่มีเชื้อรา เมล็ดถั่วลิสงที่มีร่องรอยถูกทำลายจากศัตรูพืช เมล็ดถั่วลิสงที่มีสีผิดปกติไปจากธรรมชาติของเมล็ดถั่วลิสง และเมล็ดถั่วลิสงที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอฟลาทอกซิน (อุตสาหกรรม, 2544) อรุณศรี และคณะ (2537) ได้ศึกษาถึงปริมาณเชื้อราที่ตรวจจากเมล็ดถั่วที่กะเทาะเปลือกในลักษณะต่าง ๆ คือ เมล็ดเต็ม เมล็ดซีก และเมล็ดเน่า (ตารางที่ 2.2) ได้ว่าในเมล็ดเต็มจะมีเชื้อราน้อยกว่าในเมล็ดซีกและเมล็ดเน่า ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าในส่วนของเมล็ดที่คัดทิ้งแทนที่จะทำลายทิ้ง กลับนำส่วนหนึ่งไปขายให้กับชาวบ้านในราคาถูกเพื่อนำไปทำถั่วป่นและอีกส่วนหนึ่งนำไปขายให้กับโรงงานน้ำมันเอาไปบีบน้ำมัน ถ้าโรงงานน้ำมันสามารถทำการผลิตถึงขั้น refine ได้ก็จะสามารถทำลายสารอฟลาทอกซินได้ มิฉะนั้นน้ำมันถั่วลิสงดิบบางส่วนจะถูกนำมาใช้ทาเส้นก๋วยเตี๋ยวในกระบวนการผลิตก็จะเป็นการถ่ายทอดสารพิษอฟลาทอกซินเข้าสู่ระบบการบริโภคได้อีกทางหนึ่งลักษณะของเมล็ดถั่วลิสง

การเก็บสำหรับถั่วลิสงที่ผ่านการคัดคุณภาพแล้ว ต้องบรรจุภาชนะที่สามารถควบคุมความชื้นและอากาศได้ เช่น การบรรจุในถุงอลูมิเนียม จะสามารถป้องกันแสงและความชื้นได้ดีมีอายุการเก็บอย่างน้อย 3 เดือน หรือ ถ้าเก็บในอุณหภูมิห้องเย็น 2 – 5 $^{\circ}$ ซ จะเก็บได้นาน 6 เดือน หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเป็นการบรรจุแบบสามารถควบคุมอากาศ ให้มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 60 และ ก๊าซออกซิเจนร้อยละ 40 เก็บที่อุณหภูมิ 2 – 5 ° ซ จะเก็บได้นาน 1 ปี

**ตารางที่ 2.2** ชนิดและ เชื้อราที่พบในเมล็ดถั่วลิสงประเภทต่าง ๆ

| ชนิดเชื้อรา | เชื้อรา (%) | | |
|---|---|---|---|
| | เมล็ดเต็ม | เมล็ดซีก | เมล็ดเน่า |
| *Aspergillus flavus* | 21.5 | 54.5 | 87.5 |
| *A. niger* | 34.0 | 80.5 | 91.5 |
| *A. glaucus* | 3.5 | 23.0 | 36.5 |
| *Rhizopus* sp. | 21.0 | 57.0 | 80.5 |
| *Penicillium* sp. | 5.0 | 10.3 | 21.5 |

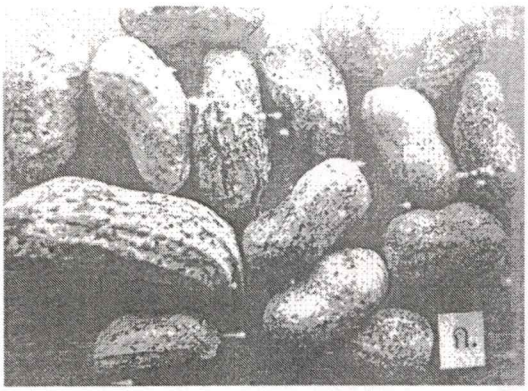
ที่มา : อรุณศรี และคณะ (2537)

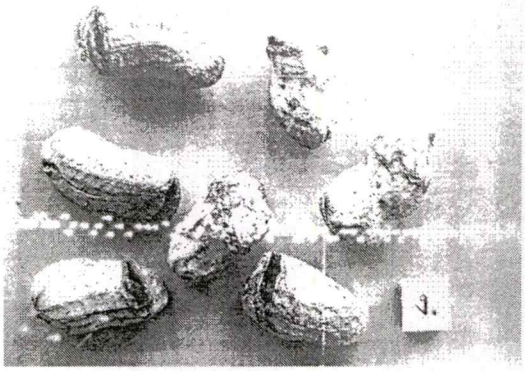
ก. เสี้ยนดิน ข. เชื้อรา

**ภาพที่ 2.2 : ลักษณะฝักถั่วลิสงที่ถูกศัตรูพืชในดินทำลาย**

ที่มา : อุตสาหกรรม (2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

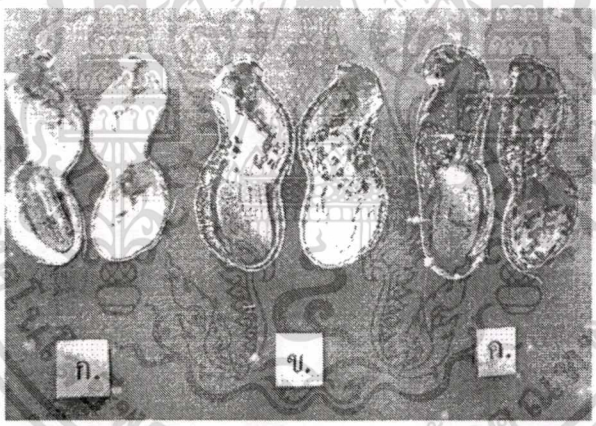



ค. ไส้เดือนฝอย ง. หนอนด้วงปีกแข็ง

**ภาพที่ 2.3 : ลักษณะฝักถั่วลิสงที่ถูกศัตรูพืชในดินทำลาย(ต่อ)**

ที่มา : อุตสาหกรรม (2544)




**ก.** ฝักอ่อน(immnaure) ผนังด้านในเป็นสีขาวเมล็ดไม่เต็มฝัก เหี่ยวย่น เมื่อแห้ง

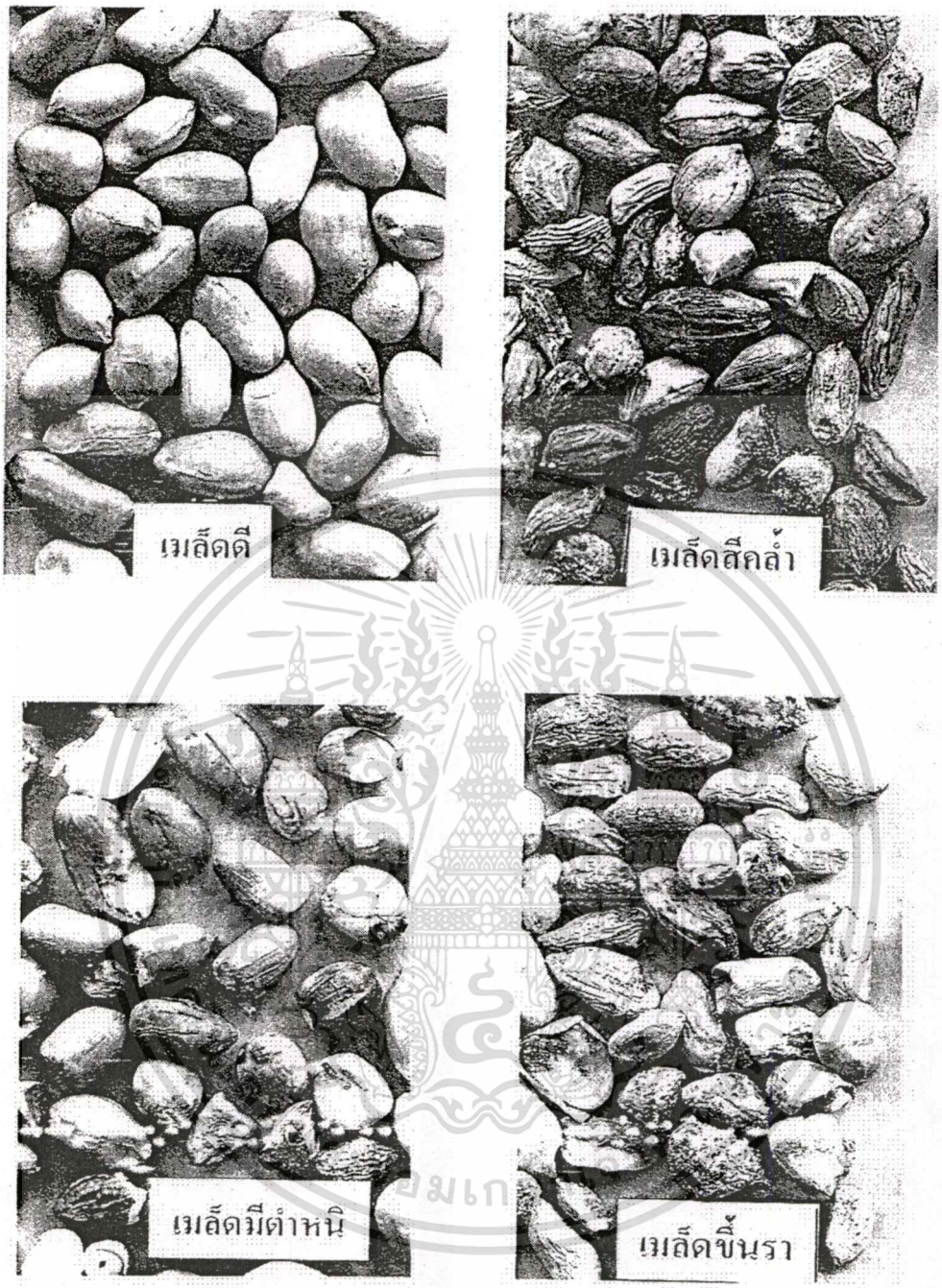
**ข.** ฝักแก่พอดี (mature)ผนังด้านในของฝักเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เมล็ดโตเต็มฝัก

**ค.** ฝักแก่เกินไป(over mature) ผนังด้านในของฝักเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือสี

**ภาพที่ 2.4 : ลักษณะฝักถั่วลิสงที่มีระดับความสุกแก่ต่างๆ กันดำ มีเมล็ดบางส่วนเริ่มงอกหากฝักเป็นแผลและมีความชื้น**

ที่มา : อุตสาหกรรม (2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่ 2.5 : ลักษณะของเมล็ดถั่วลิสง ที่ต้องคัดทิ้งเปรียบเทียบกับเมล็ดดี**

ที่มา : อุตสาหกรรม (2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ปัญหาการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดถั่วลิสง**

ถั่วลิสงถึงมีคุณค่าทางอาหารสูงแปรรูปได้หลายชนิดและสามารถปลูกได้ทั่วทุกภาค ทุกฤดู แต่ผลผลิตก็ยังไม่เพียงพอและราคาของผลผลิตตกต่ำ เนื่องจากคุณภาพของเมล็ดถั่วลิสงที่ได้ไม่มีคุณภาพ และความปลอดภัยต่อผู้บริโภคเพียงพอ ปัญหาที่สำคัญของเกษตรกรผู้ปลูก คือ การขาดความรู้ ความเข้าใจกับปัญหาต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพ ทำให้ไม่สามารถที่จะหาสาเหตุของปัญหา แล้วนำมาปรับใช้เป็นแนวทางการปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดถั่วลิสง

**ปัญหาสำคัญที่เป็นอุปสรรค** ปัญหาหลักโดยรวมทั่วไป ผู้บริโภคจะพบในปัจจุบัน

1. พบสารพิษอฟลาทอกซินในถั่วลิสงและผลิตภัณฑ์
2. ขนาดของเมล็ดไม่สม่ำเสมอ ต้องขายคละกันทำให้ได้ราคาต่ำ
3. ถั่วลิสงที่แปรรูปแล้วเกิดกลิ่นหืนในระยะเวลาอันสั้น
4. เมล็ดถั่วลิสงมีความอ่อนแก่ไม่สม่ำเสมอ ทำให้มีบางส่วนไม่ได้คุณภาพที่เหมาะสมนำไปทำอาหารคน เช่น ถั่วอ่อนเน่า ถั่วแก่จะมีรอยถลอกแตกฝุ่นเกาะจนมีสีดำ
5. มีสิ่งสกปรกปนเปื้อน กรวด หิน ดิน ไม่น่ารับประทาน

**สาเหตุของปัญหา** มีมากมายมีทั้งแบบมนุษย์ควบคุมได้และแบบมนุษย์ควบคุมไม่ได้

1. สิ่งแวดล้อมในการเพาะปลูกเอื้อต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา ความชื้น และอุณหภูมิ
2. ขั้นตอนการตากแห้งมาไม่ดีพอ มีความชื้นในเมล็ดสูงเกินร้อยละ 10 เชื้อราเจริญได้
3. ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวต้องใช้แรงคน ดังนั้น ก่อนการเก็บเกี่ยวต้องรดน้ำให้ดินเปียกจึงจะถอนฝักถั่วได้ เป็นสาเหตุให้ฝักถั่วมีความชื้นสูง มีดิน โคลน และ ทรายติดมากับฝักถั่ว
4. สภาพการเก็บฝักถั่วก่อนรับซื้อและในโรงงานกะเทาะเปลือกที่ไม่เหมาะสมมีการ กองฝักถั่วบนพื้นลานตากแดด ไม่มีวัสดุคลุมเพื่อป้องกันฝน ทำให้เกิดการกองทับถมกันอยู่ด้านล่าง มีความชื้นสูง พบถั่วเน่าและมีเชื้อราขึ้น
5. ถั่วลิสงมีขนาดไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากการสายพันธุ์ การดูแลรักษา สภาพดิน ภูมิอากาศ และน้ำ การเจริญเติบโตแบบนี้ทำให้เกิดเมล็ดลีบเสียได้
6. ถั่วลิสงที่กะเทาะเปลือกแล้วใส่ภาชนะ ที่ไม่เหมาะสม เช่น ถุงปุ๋ย กระสอบป่านจะเกิดกลิ่นหืนเร็ว เพราะขาดการควบคุมความชื้นและ อากาศ

การที่จะพัฒนาคุณภาพของเมล็ดถั่วลิสง เพื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ และปลอดภัยต่อผู้บริโภค ที่สำคัญคือการคัดขนาดให้เหมาะสมกับการแปรรูป แยกเมล็ดลีบ เน่าเสียแตกหักออกและการเก็บรักษาเมล็ดถั่วลิสง ในภาชนะที่ควบคุมความชื้น ป้องกันแสง จะสามารถลดปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซินที่เป็นปัญหาสำคัญได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ด**

ถั่วลิสง เป็นพืชที่มี ส่วนประกอบและคุณสมบัติทางเคมีที่สำคัญ ทำให้มีคุณค่าทางอาหารสูงให้ พลังงาน 1,960 หน่วยต่อ 100 กรัม มีโปรตีนร้อยละ 26 - 29 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 19.5 ไขมันร้อยละ 47 - 50 และอุดมไปด้วยเกลือแร่ วิตามิน พบว่าในถั่วลิสง 100 กรัม จะมีแคลเซียม68.2 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 397.1 มิลลิกรัม เหล็ก 4.1 มิลลิกรัม วิตามินบี$_1$ 0.59 มิลลิกรัม วิตามินบี$_2$ 0.15 มิลลิกรัม วิตามินซี 2.5 มิลลิกรัม (อมร, 2521) และกรดอะมิโนที่จะเป็นต่อร่างกาย อย่างครบถ้วน น้ำมันเมล็ดถั่วลิสงมีปริมาณน้ำมันประมาณ 46 – 54 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักเมล็ด นับว่าสูงมาก เมื่อเทียบกับถั่วชนิดอื่นๆ ประกอบด้วย กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) สูงกว่ากรดไขมันชนิดอิ่มตัว (saturated fatty acid) ชนิดที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย คือกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ซึ่งประกอบด้วย oleic และ linoleic ในปริมาณที่แตกต่างกันในแต่ละสายพันธุ์ (Woodroof, 1983) ดังตารางที่ 2.3 สายพันธุ์ถั่วลิสงได้แก่ Spanish, Florunner และ Virginia มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวรวม (Total unsaturated fatty acid) 78.9, 83.4 และ 83.6 % ตามลำดับ

**ตารางที่ 2.3** แสดงชนิดและปริมาณของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวและอิ่มตัวของเมล็ดถั่วลิสง

| ชนิดของกรดไขมัน | สายพันธุ์ (%) | | |
|---|---|---|---|
| | Spanish | Florunner | Virginia |
| Oleic | 43.7 | 57.6 | 51.0 |
| Linoleic | 35.2 | 25.8 | 32.6 |
| Total unsaturated fatty acid | 78.9 | 83.4 | 83.6 |
| Palmitic | 12.3 | 9.0 | 9.9 |
| Stearic | 3.1 | 2.4 | 2.5 |
| Arachidic | 1.5 | 1.2 | 1.1 |
| Lignoceric | 0.6 | 0.8 | 0.5 |
| Behenic | 2.4 | 1.9 | 1.4 |
| Eicosenoic | 1.2 | 1.3 | 1.0 |
| Total saturated fatty acid | 21.1 | 16.6 | 16.4 |

ที่มา : Woodroof (1983)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ถั่วลิสงสำหรับการบริโภคในประเทศไทย** (จินตนา,2526)

การแปรรูปขึ้นอยู่กับขนาดต่าง ๆ และราคาของเมล็ดถั่วลิสงที่นำมาแปรรูป ถั่วลิสงคัดขนาดใหญ่พิเศษมีราคาสูง นิยมนำมาทำผลิตภัณฑ์ ถั่วลิสงคั่ว ทอด หรืออบจะได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อดูจากขนาดเมล็ด ถั่วลิสงขนาดกลางใช้ได้ในผลิตภัณฑ์ ถั่วลิสงเคลือบกะทิ เคลือบกาแฟ เคลือบน้ำตาล และพวกถั่วลิสงทอดแผ่นแป้งต่าง ๆ ส่วนถั่วลิสงขนาดเล็กมักนิยมนำไปทำถั่วลิสงป่น

ประเภทของผลิตภัณฑ์จากถั่วลิสงในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. **<u>ถั่วลิสงทั้งเปลือกสด และแห้ง</u>**

ถั่วลิสงต้ม ทำมาจากถั่วลิสงทั้งเปลือกสดจากไร่ ไม่มีการตากแห้งมาก่อนเพื่อให้คงความหวานตามธรรมชาติ ถั่วลิสงต้มทั้งเปลือกอบแห้งทำมาจากถั่วลิสงทั้งเปลือก ที่ผ่านการตากแดดก่อนนำมาต้มจะมีการล้างน้ำ และแช่น้ำเกลือ เมื่อต้มแล้วจะนำถั่วลิสงทั้งเปลือกมาอบด้วยความร้อน 50 – 60 องศาเซลเซียส นาน 3 – 4 วัน ซึ่งสามารถทำให้ถั่วลิสงทั้งเปลือกแห้ง

2. **<u>ถั่วลิสงกะเทาะเปลือก</u>**

ถั่วลิสงคั่ว ผลิตภัณฑ์ในการผลิตระดับครัวเรือน โดยการคั่วในกระทะที่ไม่มี น้ำมันใช้ได้ทั้งเตาแก๊ส และ เตาถ่าน หลังจากสุกแล้วจึงนำมาลอกเยื่อหุ้มเมล็ดออก

ถั่วลิสงทอด การผลิตในปัจจุบันส่วนใหญ่ มักจะเป็นการผลิตระดับโรงงานระดับใหญ่ ถึงระดับกลาง จึงมีการคัดคุณภาพตั้งแต่วัตถุดิบ กระบวนการทอด จนถึงกระบวนการบรรจุ และ การเก็บรักษา

ถั่วตัด ถั่วกระจก ถั่วตุ๊บตั๊บ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผสมถั่วคั่ว งาคั่ว กับ น้ำตาล และแบะแซ มีปริมาณของถั่วลิสงเป็นองค์ประกอบ ร้อยละ 50 ปัจจุบันการผลิตเป็นในลักษณะครัวเรือน หรือโรงงานระดับล่างจนถึงระดับกลาง เพราะคนไม่ค่ยนิยมรับประทาน

ถั่วลิสงคั่วป่น เป็นผลิตภัณฑ์ถั่วลิสงที่คนนิยมรับประทานมาก เพราะใช้มาเป็นส่วนประกอบทั้งอาหารคาว หวาน เช่น ก๋วยเตี๋ยวต้มยำ ผัดไท น้ำจิ้มต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตมักเอาถั่วลิสงที่ไม่ได้ขนาดในการทำผลิตภัณฑ์อื่น ๆ หรือ ส่วนของเมล็ดลีบ เมล็ดเสีย ทำการคั่วแล้วนำไปป่นให้ละเอียดพอสมควร ซึ่งเป็นสาเหตุที่มีการตรวจพบการปนเปื้อนของอฟลาทอกซินในผลิตภัณฑ์นี้มากกว่าผลิตภัณฑ์อื่น ๆ

เนยถั่วลิสง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคั่ว แล ะบดให้ละเอียดมีเนื้อเนียน เหมือนเนย และมีถั่วลิสงเป็นองค์ประกอบถึง ร้อยละ 90 การผลิตเป็นการผลิตระดับโรงงานขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ จึงมีการคัดคุณภาพตั้งแต่วัตถุดิบ กระบวนการผลิต จนถึงกระบวนการบรรจุ และ การเก็บรักษา แต่ก็ยังมีโอกาสตรวจพบการปนเปื้อนของอฟลาทอกซินได้ เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. **ผลิตภัณฑ์จากแป้งถั่วลิสง** ได้จากกากถั่วลิสงที่บีบน้ำมันออกแล้ว นำไปคั่ว หรือตาก หรืออบ ตามการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์ แล้วนำไปบดเป็นผงละเอียด

อาหารเสริมเด็กอ่อน ใช้ถั่วลิสง 28 % ผสม ข้าว งา ฟักทองและน้ำตาล นำไปทำให้แห้งจะมีคุณค่าทางอาหารสูง ราคาถูก สะดวกต่อการใช้อยู่ในรูปแห้งนำมาเติมน้ำ

เกษตรโปรตีน เป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมทานกันในปัจจุบัน ใช้แป้งถั่วลิสงมาผสมน้ำแล้วขึ้นรูปและนำไปตากแห้งในตู้อบอุณหภูมิ 50 – 60 องศาเซลเซียส นาน 1 – 2 ชั่วโมง

## 2.2 สารพิษจากเชื้อราอฟลาทอกซิน (Aflatoxin)

**ประวัติของอฟลาทอกซิน**

อฟลาทอกซินเป็นสารในกลุ่มของสารเคมีพวกไดฟิวราโนคอมาริน (Difutano coumarin) ที่มีสูตรโครงสร้างคล้ายคลึงกัน การพบครั้งแรกพบว่าเกิดจากเชื้อรา *Aspergillus flavus* เป็นตัวที่สร้างอฟลาทอกซิน ดังนั้นชื่อว่า Aflatoxin จึงได้มากจากรวมคำ 3 คำเข้าด้วยกัน คือ ***Aspergillus, flavus*** และ **toxin** สามารถพบได้ง่ายในสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในอาหารและวัสดุทางการเกษตร เช่น ข้าวโพด ถั่วลิสง พริกแห้ง กุ้งแห้ง เนื้อมะพร้าว ผลไม้ สมุนไพร ธัญพืช และอาหารที่ทำมาจากนม (ไมตรี, 2531) จัดเป็นสารเคมีอินทรีย์ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุล หรือ การเมตาบอลิซึม (metabolism) ชนิดทุติยภูมิของเชื้อรา มีคุณสมบัติทางชีวภาพเป็นพิษต่อคน สัตว์ และพืช

Blount (1961) กล่าวว่า ในปี 1960 ได้เกิดโรคระบาดชนิดหนึ่งในไก่งวงในประเทศอังกฤษ โดยที่ไม่สามารถหาสาเหตุของโรคระบาดดังกล่าวได้ ว่าเกิดจากจุลินทรีย์ชนิดใด จึงเรียกว่า Turkey X disease ภายหลังได้มีรายงานเกี่ยวกับโรคระบาดชนิดเดียวกันขึ้นอีกในเป็ดและไก่ฟ้า Aspiln และ Carnaghan (1965) รายงานว่าเกิดโรคระบาดชนิดเดียวกันนี้ นประเทศเคนยา และยูกานดา การศึกษาเพื่อหาสาเหตุของโรค Turkey X disease พบว่าเกี่ยวข้องกับถั่วลิสงที่ใช้เลี้ยงสัตว์ที่เป็นโรคนี้ จึงได้มีการนำไปเลี้ยงเป็ด พบว่าเป็ดแสดงอาการของโรคระบาด คือ มีอาการซึม ปีกตก คอตก ขาอ่อน อ่อนเพลีย และ ตายในที่สุด

Sargeant และ คณะ (1961) ได้ทดลองทำการสกัด และ แยกสารพิษออกจากกากถั่วลิสงจากประเทศบราซิล ซึ่งได้เชื้อ *Aspergillus flavus* ซึ่งเป็นเชื้อราที่มีชีวิตอยู่ที่ได้จากถั่วลิสง และ เป็นเชื้อราที่สร้างสารพิษอฟลาทอกซิน

Glinsukol และ คณะ (1976) ทำการตรวจเชื้อราที่ขึ้นอยู่บนอาหารในประเทศไทย พบว่าถั่วลิสงมีเชื้อพวก *Aspergillus* ขึ้นอยู่มาก และพบว่า *Aspergillus flavus* และ *A. parasiticus* สามารถผลิตอฟลาทอกซิน $B_1$, $B_2$, $G_1$ และ $G_2$ ส่วน *Aspergillus flavus* var. *columnaris* สร้าง

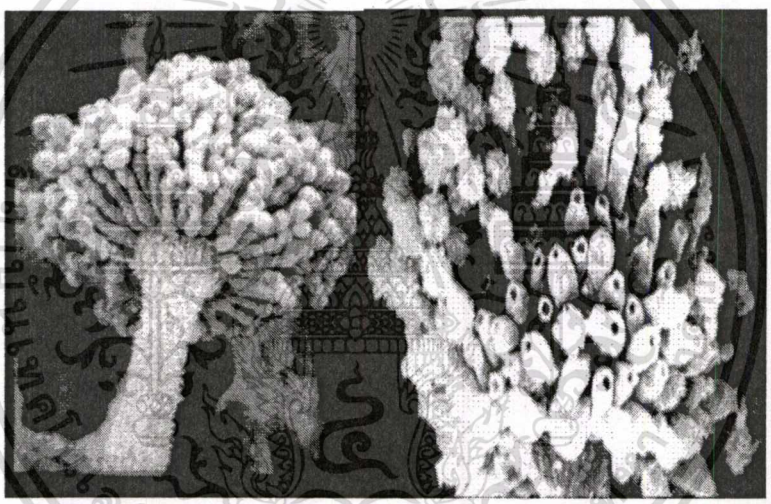
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้เฉพาะ อฟลาทอกซิน $B_2$ เท่านั้น อฟลาทอกซินที่สร้างจากเชื้อราชนิดต่าง ๆ มีปริมาณ และชนิดแตกต่างไปตามชนิดของเชื้อรา แต่ทั้งนี้พบว่า *Aspergillus flavus* และ *A. parasiticus* สามารถผลิตอฟลาทอกซินได้มากกว่าเชื้อราชนิดอื่น

**การจำแนกสารพิษจากเชื้อราอฟลาทอกซิน (อนงค์, 2546)**

สารพิษจากเชื้อราอฟลาทอกซิน จัดแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

**1. <u>จำแนกตามสายพันธ์ของเชื้อรา</u>** สารพิษจากเชื้อราอฟลาทอกซินเกิดจากเชื้อราสายพันธ์ *Aspergillus* sp. มีรูปร่างคล้ายดอกไม้ที่ปลายก้านชูโคนิเดียพองออกเปลี่ยน เป็นรูปกระเปาะสปอร์ไม่มีสิ่งห่อหุ้มเกาะกลุ่มกันจำนวนมากอยู่บนปลายก้านชูโคนิเดีย (ภาพที่2.6) ซึ่งสปอร์ที่อยู่ส่วนนอกสุดสามารถแพร่กระจายได้ง่าย เชื้อราสายพันธ์นี้เจริญเติบโตได้ดีในภูมิอากาศแบบร้อนชื้น โดยส่วนใหญ่อฟลาทอกซินสร้างจากเชื้อรา *A. flavus* และ *A. parasiticus*



**ภาพที่ 2.6 : ลักษณะของเชื้อราสายพันธ์ *Aspergillus* sp.**

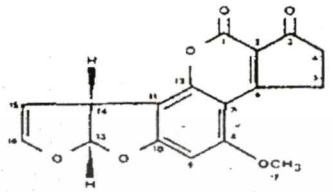
ที่มา : http://www.mold.ph

**2. <u>จำแนกตามลักษณะโครงสร้างทางเคมีของสารตัวกลาง</u>** สารตัวกลางทำหน้าที่เป็นสารที่นำไปสู่การสังเคราะห์สารพิษทางชีวภาพ อฟลาทอกซินได้จากการสังเคราะห์ทางชีวภาพของสารพิษกลุ่มคีไตด์ ซึ่งจัดเป็นสารตัวกลาง สารตั้งต้นคือเกลือแอซีเตต และ เกลือมาโลเนต ถูกกระตุ้นด้วยโคเอนไซน์เอ ได้เป็นแอซีติลโคเอ และ มาโลนิลโคเอ หลังจากนั้นสารทั้งสองจะรวมกันได้เป็นสารโมเลกุลใหม่ของไดคิไตด์ หรือ แอซีโทแอซีติลโคเอ พร้อมกับปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในปฏิกิริยาทุกครั้ง หมู่แอซีติลจะถูกเติมลงไปในสารตัวกลางคีไตด์เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนกลายเป็นเดคะคิไตด์ และ จะมีปฏิกิริยาผ่านตัวกลางอีกหลายชนิด ซึ่งสารตัวกลางเหล่านี้จะถูกดีคาร์บอกซีเลต ถูกออกซิไดส์และด้วยปฏิกิริยาทางเคมีต่าง ๆ จนเกิดเป็นวงแหวนกลายเป็นสารพิษอฟลาทอกซิน (ภาพที่ 2.7)

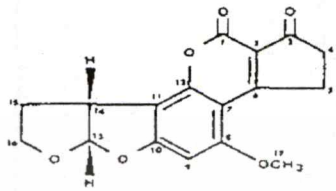
เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**สูตรโครงสร้างและสูตรโมเลกุลของอฟลาทอกซิน**

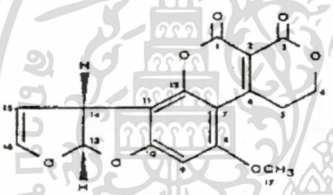
Ceigler และคณะ (1971) รายงานว่าสูตรโครงสร้างของอฟลาทอกซินเป็นไดฟิวราโนคอมารีน (difuranocomarin) แบ่งเป็น 4 ชนิด ตามการเรืองแสงภายใต้แสง อุลตราไวโอเลต คือ $B_1$ (ภาพที่ 2.8a), $B_2$ (ภาพที่ 2.8b) , $G_1$(ภาพที่ 2.8c), $G_2$ (ภาพที่ 2.8d) และ $M_1$ (ภาพที่ 2.8e) รายงานสูตรโครงสร้าง และ สูตรโมเลกุลของ อฟลาทอกซิน



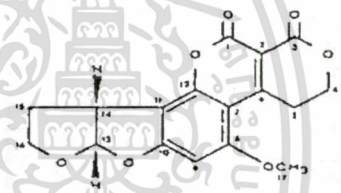
(a) Aflatoxin $B_1$



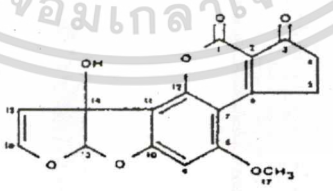
(b) Aflatoxin $B_2$



(c) Aflatoxin $G_1$



(d) Aflatoxin $G_2$



(e) Aflatoxin $M_1$

**ภาพที่ 2.8 : สูตรโมเลกุลของอฟลาทอกซิน $B_1$ (ภาพที่ 2.8a), $B_2$ (ภาพที่ 2.8b) , $G_1$(ภาพที่ 2.8c), $G_2$ (ภาพที่ 2.8d) และ $M_1$ (ภาพที่ 2.8e)**

ที่มา : Harley และ คณะ (1963)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจากสูตรโครงสร้างเห็นได้ว่า อฟลาทอกซิน $B_1$ และ $B_2$ แตกต่างกันโดยที่ double bond ใน ring ที่ 1 ของอฟลาทอกซิน $B_1$ ส่วน $B_1$ และ $G_1$ ต่างกันตรงที่ $B_1$ ไม่มี lactone group ใน ring ที่ 5 ความแตกต่างกันในด้านสูตรโครงสร้างของอฟลาทอกซินทำให้ความรุนแรงในการเกิดการเป็นพิษต่างกันด้วย กล่าว คือ อฟลาทอกซินที่มี double bond ในวงที่1 และ ไม่มี lactone group ใน ring ที่ 5 ทำให้เกิดการเป็นพิษอย่างเฉียบพลัน และ มีผลทำให้เกิดมะเร็งตับเพิ่มขึ้นการมี lactone group และ hydroxyl group ในโครงสร้าง จะทำให้อฟลาทอกซิน มีพิษลดลงตามลำดับ ความเป็นพิษของอฟลาทอกซินเรียงตามความรุนแรงได้ ดังนี้ $B_1$, $G_1$, $B_2$และ $G_2$ ตามลำดับ

อฟลาทอกซิน $M_1$, $M_2$ เป็น metabolite ของอฟลาทอกซิน $B_1$และ $B_2$ ตามลำดับมักพบในน้ำนม และ ปัสสาวะ ของสัตว์ที่ได้รับอฟลาทอกซินที่มี $B_1$ และ $B_2$ ส่วนอฟลาทอกซิน$B_{2a}$ และ $G_{2a}$ เป็น metabolite ของอฟลาทอกซิน $B_2$ และ $G_2$ อาจพบได้ในปริมาณต่ำในอาหารทั่วไป อฟลาทอกซิน $P_1$, $Q_1$และ $R_0$ เป็น metabolite ของอฟลาทอกซิน $B_1$อฟลาทอกซิน $P_1$, $Q_1$ อาจพบได้ปัสสาวะของคน หรือ สัตว์ ส่วนอฟลาทอกซิน $R_0$ นั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงอฟลาทอกซิน $B_1$ โดยเซลตับของร่างกาย

**<u>คุณสมบัติของอฟลาทอกซิน</u>**

อฟลาทอกซิน มีคุณสมบัติละลายได้เล็กน้อยในน้ำ และ ตัวทำละลายพวกมีขั้ว ละลายได้ดีในตัวทำละลายเคมีอินทรีย์ เช่น Chloroform Benzene Acetone Ethanol และ Methanol ไม่ละลายใน Hexane Ether และ Petroleum ether มีความทนทานต่อความร้อนสูง ถึง 250 องศาเซลเซียล ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สารพิษสลายตัวได้ อฟลาทอกซินจึงไม่ถูกทำลาย หรือ เสื่อมสลายที่อุณหภูมิต่ำกว่า 250 องศาเซลเซียล ดังนั้น ความร้อนจากกระบวนการหุงต้มทั่ว ๆไป เช่น ต้ม อบ หรือนึ่ง จึงไม่สามารถทำลายพิษของอฟลาทอกซินได้ (อนงค์, 2546)

Wogan (1966) และ Ciegler และ คณะ (1971) ได้รายงานคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของอฟลาทอกซิน ชนิดต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.4 จากคุณสมบัติเห็นได้ว่า อฟลาทอกซินมีน้ำหนักโมเลกุลมาก และ มีอุณหภูมิหลอมตัวที่สูงทำให้สามารถที่จะทนทานต่อความร้อนได้สูง

มาลินี (2520) กล่าวคือ อฟลาทอกซินจะคงอยู่ได้นานและจะไม่ถูกทำลาย หรือ เสื่อมคุณภาพไปที่อุณหภูมิระดับต่ำกว่าจุดเดือดของน้ำ หรือในสภาวะที่เมล็ดพืชถูกนำไปเปลี่ยนสภาพเป็นอาหารสำหรับสัตว์ Feuell (1996) รายงานว่าอฟลาทอกซินถูกทำลายได้ด้วยแสงและความร้อนในรูปต่าง ๆ กัน ดังนั้นการใช้ความร้อนระหว่างการเตรียมอาหารจะทำอฟลาทอกซินลดลงไปได้บ้างตามสมควรความพยายามที่จะใช้ความร้อนในรูปของการต้ม คั่ว และนึ่งโดยใช้ความดันไม่มีผลต่อการทำลาย อฟลาทอกซิน $B_1$ เท่าที่ควร อฟลาทอกซินที่แยกมาจากอาหารจะคงสภาพดิมอยู่จนกระทั่งใกล้จุดหลอมตัวที่อุณหภูมิ 250° ซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.4** คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของอฟลาทอกซิน

| ชนิดของอฟลาทอกซิน | น้ำหนักโมเลกุล | อุณหภูมิหลอมตัว(°C) | Rf |
|---|---|---|---|
| $B_1$ | 312 | 268 - 269 | 0.56 |
| $B_2$ | 314 | 286 - 289 | 0.53 |
| $G_1$ | 328 | 244 - 246 | 0.48 |
| $G_2$ | 330 | 237 - 240 | 0.46 |
| $M_1$ | 328 | 299 | 0.34 |
| $M_2$ | 330 | 293 | 0.23 |
| $B_{2a}$ | 330 | 240 | 0.13 |
| $G_{2a}$ | 346 | 190 | 0.10 |

ที่มา : Wogan (1966) และ Ciegler และ คณะ(1971)

**ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างอฟลาทอกซิน** (อนงค์, 2546)

การสร้างอฟลาทอกซิน ต้องอาศัยปัจจัยต่างๆ ดังนี้

**1. ชนิดของเชื้อรา** เชื้อราหลายสายพันธุ์ของ *Aspergillus* sp. สามารถสร้างฟลาทอกซินได้ตามธรรมชาติ เชื้อราที่สำคัญ ได้แก่ *A. flavus* และ *A. parasiticus* สามารถสร้างอฟลาทอกซินชนิด $B_1$, $B_2$, $G_1$ และ $G_2$ ในถั่วลิสง ข้าว และ ข้าวสาลี *A. oryzae* สามารถสร้างอฟลาทอกซินชนิด $B_1$ และ $B_2$ ในถั่วลิสง และข้าว *A. flavus* var. *columnaris* สามารถสร้างอฟลาทอกซินชนิด $B_1$ และ $B_2$ ในอาหารจากประเทศไทย นอกจากนี้ *A. niger* *A. wentii* *A. rubber* *A. ostianus* *A. ochraceus* เชื้อราสายพันธุ์ *Penicillium* sp. สามารถสร้างอฟลาทอกซินได้ *P. puberulum* *P. variable* *P. frequentans* *P. citrinum* และ สายพันธุ์ *Rhizopus* sp. สามารถสร้างอฟลาทอกซินชนิด $B_1$ และ $G_1$ ได้เป็นส่วนใหญ่ แต่สามารถสร้างอฟลาทอกซิน $B_2$ และ $G_2$ ได้ปริมาณน้อยดังนั้น เชื้อราแต่ละชนิดสามารถสร้างอฟลาทอกซิน ได้ในปริมาณ และ ชนิดที่ต่างกัน แต่ *A. flavus* และ *A. parasiticus* สามารถสร้างอฟลาทอกซินชนิด $B_1$ $B_2$ $G_1$ และ $G_2$ ได้มากกว่าเชื้อรา ชนิดอื่น

**2. อาหารเลี้ยงเชื้อรา** เชื้อราสามารถเจริญเติบโตบนอาหาร หรือ เมล็ดพืชชนิดต่าง ๆ และ สามารถสร้างอฟลาทอกซินได้ปริมาณแตกต่างกันขึ้นอยู่กับธาตุอาหารที่มีอยู่ในอาหารหรือเมล็ดพืชชนิดนั้นๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 ธาตุอาหารคาร์บอน ได้แก่ น้ำตาลชนิดต่างๆ เช่น ซูโครส กลูโคส ฟรุคโตส ไซโลส ไรโบส มอลโตส เป็นต้น ซูโครสทำให้เชื้อราสร้างอฟลาทอกซินได้ดีที่สุด

2.2 ธาตุอาหารไนโตรเจน ได้แก่ เกลือแอมโมเนียมชนิดต่าง ๆ เช่น แอมโมเนียมซัลเฟตทำให้เชื้อราสร้างอฟลาทอกซินได้ดีมากกว่าเกลือแอมโมเนียมชนิดอื่น ๆ

2.3 ธาตุอาหารเกลือแร่ต่าง ๆ ได้แก่ สังกะสีไอออนที่มีในอาหารหรือจับตัวกับสารอื่น ๆ ถ้ามีน้อยทำให้เชื้อราสร้างอฟลาทอกซินได้น้อย เช่น ถั่วเหลืองที่มีปริมาณกรดไฟติกมากจับตัวกับสังกะสีไอออนได้มาก จึงมีไอออนเหลือบนเมล็ดถั่วเหลืองน้อยทำให้สร้า อฟลาทอกซินได้น้อยกว่าถั่วชนิดอื่น ๆ

2.4 การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารที่มีโมเลกุลใหญ่ให้ธาตุคาร์บอนและธาตุออกซิเจน ได้แก่ กรดแอซีติก กรดแอมิโนเมไทโอนิน เป็นต้น เช่นธาตุอาหารที่มีโมเลกุลใหญ่เปลี่ยนแปลงไปเป็นกรดแอซีติกและใช้เป็นสารเริ่มต้นที่จะให้ธาตุคาร์บอน และธาตุออกซิเจนในโมเลกุลของอฟลาทอกซินเป็นส่วนใหญ่ ส่วนกรดแอมิโนเมไทโอนิน จะให้ธาตุคาร์บอนของกลุ่มเมทิลในโมเลกุลของอฟลาทอกซิน

**3. ความชื้น** ความชื้นในอาหารต่ำ ทำให้สร้างอฟลาทอกซินได้น้อย เชื้อรา *Aspergillus* sp. เจริญเติบโตได้ดีที่ความชื้นประมาณ10 ถึง 17 เปอร์เซ็นต์ เชื้อรา *Penicillium* sp. ต้องการความชื้นประมาณ 16 ถึง 21 เปอร์เซ็นต์และ เชื้อรา *Fusarium* sp. จะขึ้นได้ดีที่มีความชื้นประมาณ 18 ถึง 33 เปอร์เซ็นต์ ทำนองเดียวกันความชื้นในอากาศต่ำทำให้สร้างอฟลาทอกซินได้น้อยส่วนความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ทำให้เชื้อราเจริญได้ดีประมาณ 70 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์

**4. อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม** เชื้อราเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิระหว่าง 24 – 32 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิต่ำกว่านี้เชื้อราจะเจริญเติบโตได้ช้าในระยะแรกแต่จะขยายปริมาณมากขึ้นอย่างรวดเร็วในภายหลัง (นรสีห์, 2520) เชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงอุณหภูมิกว้างมาก คือ 0 – 60 องศาเซลเซียส เชื้อรา *Aspergillus* sp. เป็นพวก mesophilic อุณหภูมิต่ำสุดที่เจริญได้คือ 6-8 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 36–38 องศาเซลเซียส ณหภูมิสูงสุดที่เจริญได้คือ 44 – 46 องศาเซลเซียส *Aspergillus* sp. ผลิตอฟลาทอกซิน B ที่อุณหภูมิ 11 และ 37 องศาเซลเซียส และ ผลิตอฟลาทอกซิน G ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส (Ceigler และ คณะ, 1971) ระยะเวลาที่เชื้อราปะปนอยู่ในอาหารเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการที่จะผลิตอฟลาทอกซินที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เชื้อราสามารถผลิตอฟลาทอกซินได้สูงสุดในวันที่ 11 – 13 ของการเลี้ยงเชื้อรา และ ที่อุณหภูมิ 25 – 30 องศาเซลเซียส เชื้อราจะผลิตอฟลาทอกซินได้สูงสุดในวันที่ 7-9 และ 5-7 ตามลำดับ ดังนั้นอุณหภูมิและความชื้นในบรรยากาศของประเทศไทยเหมาะสมต่อเชื้อราที่สร้างอฟลาทอกซินได้เป็นอย่างดี ในระยะเวลา 7 – 14 วัน(ธีรยุทธ และ ชัยวัฒน์, 2524)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5. ปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์** ปริมาณแก๊สออกซิเจนมากทำให้สร้างอฟลาทอกซินได้มากและในทางตรงกันข้ามปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์น้อยทำให้สร้างอฟลาทอกซินได้มาก นอกจากนี้แก๊สออกซิเจน 1 เปอร์เซ็นต์และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 20 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดการสร้างสปอร์ของเชื้อราได้ (อนงค์, 2546)

**ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดพิษของอฟลาทอกซิน**

การเกิดพิษจากอฟลาทอกซินในคนและสัตว์ มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อความรุนแรงของสารพิษและการตอบสนองต่อสารพิษแตกต่างกัน

**1. สภาพของสารพิษ** การเกิดพิษจากสารพิษบริสุทธิ์จะมีความรุนแรงมากกว่าสารพิษที่มีสารอื่นเจือปนอยู่ซึ่งทำให้การตอบสนองต่อการเกิดพิษลดลง เช่น สารที่ใช้จับกับสารพิษ หรือเคลือบสารพิษหรือดูดซับสารพิษ ทำให้การดูดซึมสารพิษเข้าสู่ร่างกายลดลงและเกิดพิษลดลงได้ นอกจากนี้ตัวทำละลายสารพิษจะมีผลทำให้เกิดพิษเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ จึงควรใช้เป็นตัวทำละลายที่ไม่มีอันตรายต่อคนและสัตว์

**2. ปริมาณสารพิษและอัตราการดูดซึม** สารพิษที่มีความเข้มข้นสูง และ ดูดซึมเข้าสู่ร่างกายอย่างรวดเร็ว จะมีพิษรุนแรงและก่อเกิดพิษได้มากกว่า เพราะสารพิษที่เข้าสู่ร่างกายที่ละน้อย ๆ จะถูกตับเปลี่ยนแปลงเป็นสารที่ไม่เป็นพิษหรือมีพิษลดลงหรือละลายได้ในน้ำและ ถูกขับออกไปก่อนที่จะทำให้เกิดพิษขึ้นได้ นอกจากนี้ถ้าได้รับสารพิษโดยการกิน สภาวะท้องว่างจะเกิดพิษได้รุนแรงมากกว่าสภาวะที่มีอาหารอยู่ในกระเพาะ และ ลำไส้ เพราะมีการขับถ่ายสารพิษออกได้

**3. ความไวต่อการรับพิษ** คนและสัตว์ชนิดต่างๆ พันธุกรรม เพศ อายุ ที่แตกต่างกันจะเกิดพิษได้แตกต่างกัน ซึ่งเกี่ยวข้องกับฮอร์โมน เอนไซน์และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลของสารพิษในร่างกายที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดการตอบสนองต่อสารพิษได้แตกต่างกัน เช่น ขณะท้อง หรือ ให้นมลูกที่จะตอบสนองต่อสารพิษเพิ่มมากขึ้น เป็นต้น

**4. สภาวะของอาหาร** อาหารที่กินเข้าไปสามารถทำให้สารพิษเกิดพิษเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ โดยไปจับกับสารพิษทำให้มีผลต่อการดูดซึม การขับออกหรือมีผลต่อการแตกตัวของสารพิษ รวมทั้งการทำงานของเอนไซน์ภายในเซลล์ การตอบสนองต่อสารพิษจึงแตกต่างกัน เช่น อาหารที่มีโปรตีนสูงทำให้เกิดพิษน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. **สภาวะสิ่งแวดล้อม** อุณหภูมิ ความกดดันอากาศ รังสี สารเคมี และสิ่งแวดล้อมทั่วไป มีผลต่อสภาวะความเครียด ทำให้การตอบสนองต่อสารพิษได้แตกต่างกัน เช่น อุณหภูมิสูง ทำให้เครียดมากและเกิดอาการเป็นพิษได้มากกว่า เป็นต้น

**การได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกาย**

การเกิดพิษจากอฟลาทอกซินโครงสร้างโมเลกุลเดิม และเมตาบอไลท์ซึ่งเปลี่ยนแปลงจากโครงสร้างโมเลกุลเดิมได้เป็นโครงสร้างโมเลกุลใหม่ การเกิดพิษขึ้นอยู่กับความรุนแรงของสารพิษที่เข้าสู่ร่างกาย และไปทำอันตรายต่ออวัยวะสำคัญ เช่น ตับ ไต ปอด เป็นต้น รวมทั้งระยะเวลา และความถี่ของการได้รับสารพิษ สารพิษอฟลาทอกซินเข้าสู่ร่างกายได้โดย การกินการหายใจ ดูดซึมผ่านผิวหนัง และการฉีดเข้าร่างกายโดยตรง

**ความรุนแรงของการได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกาย** แบ่งออกเป็น 4 แบบ

1. **การได้รับสารพิษแบบเฉียบพลัน (acute exposure)** หมายถึง การได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกายในปริมาณมาก เป็นระยะเวลาน้อยกว่า 24 ชั่วโมง ส่วนใหญ่การได้รับสารพิษโดยวิธีนี้ผ่านทางการฉีดเข้าเส้นเลือด การฉีดเข้าช่องท้อง การฉีดเข้าใต้ผิวหนัง โดยการกินและโดยการทาที่ผิวหนัง โดยปกติแล้วหมายถึงการได้รับสารพิษเพียงครั้งเดียว แต่สามารถให้สารพิษได้อีกครั้งภายใน 24 ชั่วโมง ในกรณีที่สารพิษมีความเข้มข้นหรือเป็นพิษน้อย

2. **การได้รับสารพิษแบบกึ่งเฉียบพลัน (subacute exposur)** หมายถึง การได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกายในปริมาณน้อยติดต่อกันเป็นระยะเวลา 1 เดือน หรือ น้อยกว่า 1 เดือน

3. **การได้รับสารพิษแบบกึ่งเรื้อรัง (subchronic exposur)** หมายถึง การได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกายในปริมาณน้อยติดต่อกันเป็นระยะเวลา 1 – 3 เดือน

4. **การได้รับสารพิษแบบเรื้อรัง (chronic exposur)** หมายถึง การได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกายในปริมาณน้อยติดต่อกันเป็นระยะเวลามากกว่า 3 เดือนขึ้นไป

การได้รับสารพิษติดต่อกันเป็นระยะเวลายาวนาน ส่วนใหญ่ได้รับสารพิษโดยการกินเข้าไปทางปาก จากการสะสมสารพาในอาหารที่กินเข้าไป หรืออาจเป็นการได้รับด้วยวิธีอื่นก็ได้ โดยปกติแล้วการได้รับสารพิษแบบเฉียบพลัน ผลการเกิดพิษจะรุนแรงมากกว่าการได้รับสารพิษในแบบลักษณะอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ของการได้รับสารพิษและปริมาณที่ได้รับสารพิษในแต่ละครั้ง มีผลต่อการเกิดพิษของร่างกายได้ โดยทั่วไปมักได้รับสารพิษในปริมาณความเข้มข้นสูง และ ก่อให้เกิดพิษอย่าง รุนแรง แต่ถ้าได้รับสารพิษในปริมาณความเข้มข้นต่ำเป็นจำนวนหลายครั้ง จะทำให้การเกิดพิษลดลงหรือไม่เกิดพิษเลย เพราะการทิ้งช่วงของการได้รับสารพิษห่างกันหลายชั่วโมงหรือหลายวันทำให้มีการขับสารพิษออกได้บ้าง หรือทำให้ลดความรุนแรงของสารพิษก่อนที่จะได้รับสารพิษครั้งต่อไป จึงจัดเป็นพิษแบบเรื้อรัง เพราะมีการสะสมของสารพิษในร่างกายโดยมีอัตราดูดซึมมากกว่าอัตราการขับออกหรืออัตราการลดพิษ ทำให้ปริมาณสารพิษเพิ่มมากขึ้น จนทำให้เกิดพิษได้

นอกจากนี้ อวัยวะที่ถูกสารพิษทำลายอย่างไม่สมบูรณ์ และอยู่ในระหว่างการกลับคืนสู่สภาพปกติของอวัยวะ ถ้าได้รับสารพิษซ้ำอีก ทำให้เกิดพิษได้เช่นกัน

**การแสดงอาการของการเกิดพิษ** แบ่งออกเป็นลักษณะต่างๆ

ก. <u>การเกิดเป็นมะเร็งที่อวัยวะภายในร่างกาย</u> **(carcinogenicity)** หมายถึง การได้รับสารพิษอฟลาทอกซินที่มีคุณสมบัติก่อให้เกิดมะเร็ง (carcinogen) ที่อวัยวะภายในร่างกาย เมื่อสารก่อมะเร็งเข้าสู่ร่างกายและไปยังอวัยวะจำเพาะ คือ ตับ โดยจะเข้าไปจับกับกรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก (ดีเอ็นเอ) หรือกรดไรโบนิวคลีอิก (อาร์เอ็นเอ) หรือ โปรตีน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นภายในเซลล์ตับ ผลที่สุดทำให้เซลล์ตับกลายเป็นเซลล์มะเร็งและแบ่งตัวเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก

ข. <u>เกิดการกลายพันธุกรรมของเซลล์</u> **(mutagenicity)** หมายถึง การได้รับสารก่อกลายพันธุ์ (mutagen) ที่มีโครงสร้างคล้ายกับเบสในกรดดีออกซีไรโบนิวคลิอิก โดยสารพิษนี้จะเข้าไปแทนที่เบส หรืออาจมีการแตกสลายของเบสในกรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก จนทำให้เซลล์ถ่ายทอดสารพันธุ์กรรมแตกต่างออกไปจากเซลล์เดิม ซึ่งอาจมีผลทำให้การกลายพันธุ์ขึ้นได้ในรุ่นลูกรุ่นหลานต่อไป

ค. <u>เกิดการผิดปกติในอวัยวะของลูกที่เกิดออกมาหรือเรียกการเกิดลูกวิรูป(tetratogenicity)</u> หมายถึง การได้รับสารพิษก่อลูกวิรูป (tetratogen) ซึ่งสามารถไปยับยั้งการแบ่งเซลล์ในอวัยวะใดอวัยวะหนึ่งของลูกที่อยู่ในท้องโดยแม่ได้รับสารพิษในขณะตั้งท้อง ผลที่สุดทำให้ไม่มีอวัยวะหรือมีอวัยวะผิดปกติไป เมื่อลูกคลอดออกมาจึงพิการในลักษณะต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับความรุนแรงและปริมาณสารพิษก่อลูกวิรูปที่ได้รับเข้าไป

**<u>ผลของอฟลาทอกซินต่อมนุษย์และสัตว์</u>**

การปนเปื้อนของสารพิษอฟลาทอกซินในแหล่งอาหารต่าง ๆ มีผลทำให้เกิดมะเร็งในสัตว์และมนุษย์ โดยก่อให้เกิดมะเร็งในตับ หรือ ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์เลี้ยงแทบทุกชนิดโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเฉพาะกับสัตว์ที่มีอายุน้อย ผลของความเป็นพิษแบบเฉียบพลันของสารพิษอฟลาทอกซินต่อสัตว์ต่าง ๆ (ตารางที่ 2.5) โดยพบปริมาณที่มีผลเกิดการตาย 50 %ในสัตว์ต่างๆ อยู่ในช่วง 0.3 – 17.9 พีพีเอ็ม (ตารางที่ 2.6) ปริมาณที่มีผลต่อเป็ดและไก่อยู่ในช่วง 1 –10 พีพีเอ็ม (ตารางที่ 2.7) หมูอยู่ในช่วง 2 – 4 พีพีบี (ตารางที่ 2.8) ลูกวัวอายุ 14 วัน 0.5 พีพีบี (ตารางที่ 2.9) เกิดมะเร็งในหนู 1.0 พีพีบี ซึ่งพบว่า สัตว์ที่มีความต้านทานต่ออฟลาทอกซินน้อยที่สุดคือ ลูกเป็ด รองลงมาได้แก่ ปลาเรนโบว์เทราท์ หนูตะเภา และ ไก่งวง นอกจากนี้ยังพบว่า สัตว์ที่มีอายุน้อย หรือ สัตว์ที่กำลังเจริญเติบโตจะเกิดอาการได้มากกว่าสัตว์ที่มีอายุมากหรือสัตว์ที่เจริญเต็มที่แล้ว

สำหรับในมนุษย์ อาการแบบเฉียบพลันจะเกิดขึ้นในกรณีที่ได้รับสารพิษนี้ในปริมาณสูง และมักเกิดกับเด็ก ส่วนอาการแบบเรื้อรังจะทำให้เกิดมะเร็งในตับ งจะเกิดขึ้นในกรณีที่ได้รับสารพิษนี้ในปริมาณน้อย ๆ แต่เป็นเวลานาน(อารันต์,2528) นอกจากการเกิดมะเร็งในตับแล้วอฟลาทอกซินยังอาจทำให้เกิดมะเร็งของปอด โดยเฉพาะในคนงานที่มีอาชีพในการโม่ถั่วลิสงที่อาจได้รับฝุ่นที่มีสารพิษ หรือเชื้อราปนเปื้อนเข้าไปทางลมหายใจ(ไมตรี, 2528) อัตราการเกิดมะเร็งของตับในคนไทย ได้มีการศึกษาในพื้นที่ 3 จังหวัด คือ สิงห์บุรี ราชบุรี และสงขลา ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.10 (ธีระยุทธ และ ชัยวัฒน์, 2524) จากรายงานของ Van Egmond (1991a) ได้ทำการสำรวจรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสารพิษในผลิตภัณฑ์นมต่าง ๆ โดยกล่าวว่า อฟลาทอกซิน $M_1$เป็นสารก่อมะเร็งที่ควรมีการระมัดระวัง จากการศึกษาของ El Nezami และคณะ(1995) พบว่าน้ำนมมารดาจำนวน 11 ตัวอย่างจากรัฐวิกตอเรียประเทศออสเตรเลีย และ 5 ตัวอย่างจากประเทศไทยมีการปนเปื้อนของ อฟลาทอกซิน $M_1$ ในปริมาณ 0.071 และ 0.664 ไมโครกรัมต่อลิตรตามลำดับ จะเห็นได้ว่าปริมาณการปนเปื้อน อฟลาทอกซิน $M_1$ ที่พบ ในประเทศไทยมีปริมาณค่อนข้างสูงแสดงว่ามารดาต้องบริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อน อฟลาทอกซิน $B_1$ จากการศึกษาโดย Maxwell และ Apeagyei (1989) ได้มีการทดลองนำตัวอย่างน้ำนมมารดาจากประเทศซูดาน 99 ตัวอย่าง เคนยา 191 ตัวอย่าง และ กานา 510 ตัวอย่าง มาตรวจหาอฟลาทอกซิน พบว่ามีอฟลาทอกซินปนเปื้อนอยู่ 37, 99 และ 28 % ของตัวอย่างทั้งหมด ตามลำดับ โดยเฉพาะประเทศกานา ในหน้าฝนปริมาณสารพิษจะสูง (41%) มากกว่าในฤดูแล้ง (28%) และ ได้มีการตรวจเลือดของเด็กจากประเทศซูดาน จำนวน 78 คน ประเทศเคนยา 101 คนและ ประเทศกานา 288 คน พบปริมาณอฟลาทอกซิน $M_1$ 31, 37 และ 12% ตามลำดับ ได้มีข้อสันนิษฐาว่าอฟลาทอกซินที่ปนเปื้อนมากับอาหารของเด็กจะเกี่ยวข้องกับการเกิดโรค kwashiorkor (Moss, 1994) ซึ่งจากการศึกษาของ Oyelami และคณะ (1995) พบเด็กทารกอายุ 7 เดือน เพศหญิงทั้งคู่เป็นเป็นฝาแฝดและป่วยเป็นโรค kwashiorkor และ gastroenteritis ทั้ง 2 ถูกเลี้ยงด้วยน้ำนมมารดา จากการตรวจสอบ postmortem พบอฟลาทอกซินอยู่ด้วย ดังนั้นจะเห็นได้ว่าอฟลาทอกซินที่ปนเปื้อนมากับ อาหารจะเป็นอันตรายโดย เฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของเด็กทารกจะมีความไวต่อสารพิษมากกว่าผู้ใหญ่ เพราะมารดาที่ได้รับอฟลาทอกซินเข้าไปจะถูกขับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกมาจากร่างกายทางน้ำนมในรูปของอฟลาทอกซิน $M_1$ ซึ่งถ้ามีปริมาณสูงก็ก่อให้เกิดอันตรายต่อทารกได้

**ตารางที่ 2.5** ผลของความเป็นพิษแบบฉียบพลันของสารพิษอฟลาทอกซินในสัตว์ต่าง ๆ

| ชนิดของสัตว์ | $LD_{50}$[a] มก. ต่อ กก. น้ำหนักตัว |
|---|---|
| กระต่าย | 0.3 |
| ลูกเป็ด อายุ 1 วัน | 0.34 |
| แมว | 0.55 |
| หมู | 0.6 |
| ปลาเทราท์ | 0.8 |
| สุนัข | 0.5 – 1.0 |
| แกะ | 1.0 – 2.0 |
| ลิงบาบูน | 2.0 |
| ลูกไก่ | 6.3 |
| หนูตัวผู้ | 5.5 – 7.2 |
| หนูตัวเมีย | 17.9 |

[a] $LD_{50}$ เป็นปริมาณสารที่ได้รับซึ่งจะทำให้เกิดการตาย 50% ค่านี้มักได้จากการทดลอง

ที่มา : Newberne และ Wogan (1968)

**ตารางที่ 2.6** ผลของอฟลาทอกซินต่อ เป็ด และไก่

| สารพิษ | อาการที่แสดง | ปริมาณสารพิษ( พีพีเอ็ม) |
|---|---|---|
| อฟลาทอกซิน | ตายอย่างฉียบพลัน การตายของเซลล์ตับ และ เลือดไหลไม่หยุด | 1 – 10 |
| | ภูมิต้านทานบกพร่อง | 0.25 |
| | ความต้านทานลดลง | 0.6 – 1.0 |
| | น้ำหนักลดลง(Decrease gain) | 1.5 – 2.5 |
| | การผลิตไข่ลดลง | 2 – 8 |

ที่มา : Newberne และ Wogan (1968)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.7** การตอบสนองของหมูต่อความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารพิษอฟลาทอกซิน

| น้ำหนักหมู (กก.) | อาการที่ปรากฏ | ปริมาณสารพิษอฟลาทอกซิน (พีพีบี) |
|---|---|---|
| 20 | อัตราการเจริญเติบโตลดลง | 0.26 |
| 20 | ระบบภูมิคุ้มกันบกพร่อง | 0.86[a] |
| 22 | เกิดอาการเป็นพิษอย่างรุนแรง | 2 – 4 |
| 6.5 | Single oral dose $LD_{50}$ | 0.62 มก. ต่อ กก. ของน้ำหนักตัว |

[a] ปริมาณที่คาดคะเนจากdose ที่ให้เป็น มก. ต่อกก.

ที่มา : Pier และ คณะ(1980)

**ตารางที่ 2.8** การตอบสนองของวัวต่อความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารพิษอฟลาทอกซิน

| ปริมาณที่ให้ | ระยะเวลา | อาการที่ปรากฏ |
|---|---|---|
| 0.8 มก. ต่อ กก. [a] | 2 สัปดาห์ขึ้นไป | ลูกวัวน้ำหนักตัวลดลง |
| 0.2 มก. ต่อ กก. ($B_1$) | 2 – 4 สัปดาห์ | ลูกวัวน้ำหนักตัวลดลงและเกิด coagulopathy |
| 0.7 มก. ต่อ กก. ($B_1$)[b] | 19 สัปดาห์ | วัวหนุ่มมีน้ำหนักลดลง |
| 2.0 มก. ต่อ กก. | - | วัวนมผลิตน้ำนมลดลง |
| 0.5 มก. ต่อวัว 1 ตัวต่อวัน | - | ตรวจพบสารพิษในน้ำนม |
| 14 – 46 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ($B_1$) | - | |
| อัตราส่วนอาหารสัตว์ ($B_1$) ต่อน้ำนม($M_1$) = 200 : 1 | - | |
| 0.5 มก. ต่อ กก. | 14 วัน | ลูกวัวตาย มีอาการเลือดออกในตับ การตายของเซลล์ตับ และ coagulopathy |

[a] มก. ต่อ กก. = ปริมาณสารพิษที่ได้รับต่อ กก. ของน้ำหนักตัวในแต่ละวัน

[b] ปริมาณในอาหารสัตว์ โดยใช้หน่วยเป็นพีพีเอ็มหรือพีพีบี

ที่มา : Pier และ คณะ(1980)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.9** ผลของเพศต่อการเกิดมะเร็งที่ตับของหนูที่ได้รับอฟลาทอกซิน $B_1$

| ความเข้มข้นของอฟลาทอกซิน $B_1$ ในอาหาร (มก. ต่อ กก.) | ระยะเวลาโดยเฉลี่ยของการเกิดมะเร็ง (วัน) | | ปริมาณอฟลาทอกซินทั้งหมดที่ได้รับ (มก. ต่อ หนู) | |
|---|---|---|---|---|
| | เพศผู้ | เพศหญิง | เพศผู้ | เพศหญิง |
| 1.0 | 245 | 448 | 2.9 | 5.9 |
| 0.015 | 476 | 560 | 0.095 | 0.115 |

ที่มา : Smith และ Moss (1985)

**ตารางที่ 2.10** ปริมาณอฟลาทอกซินที่คนได้รับเข้าไปทางอาหารและอัตราการเกิดมะเร็ง (carcinogenicity) ในตับของคนไทย

| พื้นที่ | ปริมาณอฟลาทอกซินที่ได้รับ (นาโนกรัม/นน.ตัว 1 กก.) | | ปริมาณอฟลาทอกซินที่ได้รับ (นาโนกรัม/นน.ตัว 1 กก.) | อัตราการเกิดมะเร็งตับ (ราย/100,000คน/ปี) |
|---|---|---|---|---|
| | $B_1$ | ทั้งหมด | ทั้งหมด | |
| สิงห์บุรี | 51 – 55 | 73 - 81 | 13,082 | - |
| ราชบุรี | 31 – 48 | 45 – 77 | 3,224 | 6.0 |
| สงขลา | 5 - 6 | 5 - 8 | 1,072 | 2.0 |

ที่มา : ธีระยุทธ และ ชัยวัฒน์( 2524)

**การกำหนดปริมาณอฟลาทอกซินระหว่างประเทศ** (อนงค์, 2546)

จากข้อมูลงานวิจัยอันตรายต่างๆ อฟลาทอกซินที่ปนเปื้อนใน ผลิตผลทางการเกษตร อาหารสัตว์ อาหารคน ไม่สามารถลด หรือ ทำลายให้หมดสมบูรณ์ได้ ฉะนั้นการป้องกัน และ การควบคุม จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง ได้มีการกำหนดปริมาณสารพิษอฟลาทอกซินที่อนุญาตให้มีปนเปื้อนสูงสุดในอาหาร แตกต่างตามแต่ละพื้นฐานทางสังคม และเศรษฐกิจของแต่ละประเทศ ดังรายละเอียดแต่ละตาราง แต่อย่างไรก็ตามเพื่อการคุ้มครองสุขอนามัยและความปลอดภัยของผู้บริโภค รวมถึงเพื่อความเป็นธรรมทางการค้าระหว่างประเทศ ภายใต้ความตกลงขององค์การค้าโลก (WTO) จึงมีคณะกรรมการมาตรฐานอาหารขององค์การอาหารและเกษตรของสหประชาชาติ (FAO) และ องค์การอนามัยโลก (WHO) หรือ ที่เรียกกันว่า คณะกรรมธิการมาตรฐานอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างประเทศ (CODEX) ได้ร่วมกับคณะกรรมการผู้เชียวชาญ FAO และ WHO สาขาสารเสริมเติม และ ปนเปื้อนในอาหาร ที่เรียกว่าเจ็กฟาได้ร่วมกันพิจารณาและ กำหนดปริมาณอฟลาทอกซินที่อนุญาตให้มีปนเปื้อนได้สูงสุดในอาหารโดยไม่ก่อเกิดพิษ ตารางที่ 2.11 – 2.13

คณะกรรมธิการมาตรฐานอาหารระหว่าง (CODEX) และ เจ็กฟา ได้ร่วมกันพิจารณาและกำหนดให้อฟลาทอกซินเป็นสารปนเปื้อนในอาหาร (CODEX STAN 193-1995) และได้กำหนดให้ปริมาณอฟลาทอกซินรวม คือ $B_1$ $B_2$ $G_1$และ $G_2$ ปนเปื้อนได้สูงสุดในถั่วลิสง 15 พีพีบี (CODEX STAN 209 -1999)

**ตารางที่ 2.11** การกำหนดปริมาณอฟลาทอกซินในกลุ่มประเทศประชาคมยุโรป และประเทศสหรัฐอเมริกา

| ประเทศ | ปริมาณอฟลาทอกซินในอาหาร (พีพีบี) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | $B_1$ | รวม | ชนิดอาหาร | $M_1$ | ชนิดอาหาร |
| เบลเยี่ยม | 5 | - | ทุกชนิด | 0.1 | น้ำนม |
| เดนมาร์ค | - | 10 | ถั่วลิสง | - | - |
| ฝรั่งเศส | - | 10 | ทุกชนิด | 0.2 | นมผงเด็กทารก |
| | - | 5 | เมล็ดธัญญาหาร น้ำมัน | - | - |
| | - | 0.1 | ถั่วบดเปียก | - | - |
| | - | 5 | อาหารเด็กทารก | - | - |
| เยอรมัน | 2 หรือ | 4 | ถั่ว เมล็ดธัญญาหาร | 0.05 | น้ำนม |
| กรีก | 1 หรือ | 5 | ถั่ว เมล็ดผลไม้แห้งข้าวโพด | - | - |
| ไอร์แลนด์ | 5 หรือ | 30 | ทุกชนิด | - | - |
| อิตาลี | - | 50 | ถั่วลิสง | - | - |
| ลักเซมเบอร์ก | 5 | - | ถั่วลิสง | - | - |
| เนเธอร์แลนด์ | 5 | - | ทุกชนิด | 0.05-0.2 | น้ำนม เนยแข็ง |
| ปอร์ตุกอล | 25 | - | ถั่วลิสง | - | - |
| | 5 | - | อาหารเด็กทารก | - | - |
| | 20 | - | อาหารอื่นๆ | - | - |
| สเปน | 5 | 10 | ทุกชนิด | - | - |
| อังกฤษ | - | 10 | ถั่ว ผลไม้ | - | - |
| สหรัฐอเมริกา | - | 20 | ทุกชนิด | 0.5 | น้ำนม นมไร้ไขมัน |

ที่มา : Gilbert (1991)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.12** การกำหนดปริมาณอฟลาทอกซินในกลุ่มประเทศเอเชีย

| ประเทศ | ชนิดอาหาร | ปริมาณอฟลาทอกซินในอาหาร (พีพีบี) | |
|---|---|---|---|
| | | $B_1$ | รวม |
| จีน | ข้าวโพดและผลิตภัณฑ์ | 20 | - |
| | ถั่วลิสงและผลิตภัณฑ์ | 20 | - |
| | น้ำมันถั่วลิสง | 20 | - |
| | ข้าว น้ำมันอื่น ๆ | 10 | - |
| | ธัญญาหารอื่นๆ ถั่วชนิดอื่นๆ อาหารหมัก | 5 | - |
| ไต้หวัน | ดอง | 50 | - |
| | ธัญญาหารต่างๆ เช่น ข้าว ข้าวโพด ถั่วลิสง ข้าวฟ่าง ถั่วชนิดต่างๆ ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ | | |
| ฮ่องกง | ข้าวโอ๊ต เป็นต้น | 20 | - |
| อินเดีย | ถั่วลิสงและผลิตภัณฑ์ | 30 | - |
| ญี่ปุ่น | ทุกชนิด | 10 | - |
| จอร์แดน | ทุกชนิด | 15 | 30 |
| | อัลมอนด์ ธัญญาหาร ข้าวโพด ถั่วลิสง | | |
| มาเลเซีย | ข้าว | - | 35 |
| เนปาล | ถั่วพิสทาชิโอ ถั่วอื่นๆ | 30 | - |
| ฟิลิปปินส์ | ทุกชนิด | 20 | - |
| สิงค์โปร | ธัญญาหารอื่นๆ ถั่วต่างๆ | 0 | 0 |
| ไทย | มะพร้าว ผลิตภัณฑ์ถั่วลิสง(ส่งออก) | - | 20 |
| เวียตนาม | ทุกชนิด | 0 | - |
| | ทุกชนิด | | |
| | ถั่วลิสง | | |

ที่มา: Van Egmond (1991a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.13** การกำหนดปริมาณอฟลาทอกซินในกลุ่มประเทศอัฟริกา

| ประเทศ | ชนิดอาหาร | ปริมาณอฟลาทอกซินในอาหาร (พีพีบี) | |
|---|---|---|---|
| | | $B_1$ | รวม |
| มาลาวี | ทุกชนิด | - | 35 |
| มอริเทียส | ถั่วลิสง | 5 | 15 |
| | ผลิตภัณฑ์อื่นๆ | 5 | 10(รวม $M_1$ และ $M_2$) |
| ไนจีเรีย | อาหารเด็กทารก | 0 | - |
| | ทุกชนิด | 20 | - |
| อัฟริกา | ทุกชนิด | 5 | 10 |
| ซิมบับเว | ถั่วลิสง ข้าวโพด ถั่วต่างๆ | 5 | - |
| | เนยจากถั่วลิสงธัญญาหาร แป้ง ขนมปัง | - | 20 |

ที่มา : Van Egmond (1991a)

**ปัจจัยที่ทำให้เกิดอฟลาทอกซินในถั่วลิสง**(ดารา, 2521)

การเกิดอฟลาทอกซินในถั่วลิสงนั้น สามารถเกิดขึ้นได้ทุกระยะตั้งแต่การปลูกในแปลง การถอนต้น การเก็บฝัก การเก็บไว้ในยุ้งฉาง หรือโกดังสินค้า จนถึงระหว่างการขนส่ง ดังนี้

1. **ช่วงระยะเวลาการเก็บเกี่ยว** ถ้าฝนตกความชื้นสูงจะช่วยให้เชื้อราในดินที่ติดอยู่กับฝักเจริญเติบโตได้ดี นอกจากนั้นเมล็ดที่แก่ควรรีบเก็บ เพราะถ้าปล่อยไว้ในดินจนฝักแตก และ เยื่อหุ้มเมล็ดหลุดออกเชื้อราในดินจะเข้าทำลายได้

2. **ความชื้นในเมล็ด** ถ้ามีความชื้นภายในเมล็ดสูงกว่า 9 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำมาเก็บไว้ในโรงเก็บมีโอกาส เกิดเชื้อราได้ง่าย

3. **อุณหภูมิและความชื้นในโรงเก็บ** ในสภาพอุณหภูมิ 80-90 F° และ ความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ 85 - 97 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นเมล็ดสูงกว่า 9 เปอร์เซ็นต์ เชื้อราสามารถเข้าทำลายและสร้างสารอฟลาทอกซิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4. ลักษณะของเมล็ดถั่วลิสง** เมล็ดอ่อน เมล็ดลีบ เมล็ดแตกหรือเป็นแผล เนื่องจากการกัดเจาะของแมลงหรือศัตรูอื่น ๆ เปิดโอกาสให้เส้นใยของเชื้อราเข้าทำลายได้ง่าย การขนส่ง เมล็ดมีการหายใจและคายน้ำ ตลอดเวลาควรควบคุมอุณหภูมิ

**ขั้นตอนการปนเปื้อนของเชื้อรา**

การปนเปื้อนของเชื้อรามีหลายขั้นตอน ดังนี้

**1. ปนเปื้อนตั้งแต่เมล็ดก่อนปลูก** และเกิดเพิ่มขึ้นในระหว่างปลูก ดังนั้นจึงสามารถแบ่งออกเป็น 3 พวกใหญ่ๆ ได้แก่

ก. เชื้อราที่เกิดขึ้นในระหว่างปลูกและเก็บเกี่ยว (Field fungi) เชื้อราพวกนี้เกิดในระหว่างที่เมล็ดอยู่บนต้น มีความชื้นประมาณ 22 – 25 % เมื่อเมล็ดร่วง หรือ แตกจากการเข้าทำลายโดยนกและหนู เมื่อมีความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสม เชื้อราที่อยู่บนต้นและพื้นดินก็จะฟุ้งกระจายในอากาศ จะทำให้มีการขยายเชื้อเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว

ข. เชื้อราที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บเกี่ยว (Storage fungi) ความปนเปื้อนในกรณีนี้ส่วนใหญ่มักเป็นผลต่อเนื่องมาจาก ข้อ ก. เพราะการปนเปื้อนมาจากช่วงแรกจะเป็นเชื้อตั้งต้นให้มีการขยายจำนวนของเชื้อราที่ปนเปื้อนไปยังเมล็กอื่นๆ ต่อไปได้ เพราะเชื้อราพวกนี้ต้องการความชื้น 13 – 18 % ถ้าสภาพการเก็บของวัตถุดิบ คือ ถังไซโล ปรับสภาพไม่ดีพอ

ค. เชื้อราที่เกิดขึ้นในขณะที่เกิดการเน่าเปื่อย (Advance decay fungi) เชื้อราพวกนี้เกิดขึ้นในอาหารที่เน่าเปื่อย ซึ่งต้องการความชื้น 22 – 25 %

**2. ปนเปื้อนมาในขณะที่ขนส่ง** ในระหว่างที่ขนส่งทั้งอาหารก่อนการผลิตและหลังการผลิตแล้ว โดนปนเปื้อนจากภาชนะที่บรรจุไม่ดีหรือฉีกขาดจะทำให้เชื้อราเข้าไปปนเปื้อน หรือ เพิ่มจำนวนได้

**3. ปนเปื้อนในขณะที่ทำการผลิต และบรรจุหีบห่อ (Processing and packaging)** ในขบวนการผลิต โดยเฉพาะอาหารอัดเม็ด ต้องพ่นไปน้ำร้อนเข้าไป ถ้าขบวนการไล่ความชื้นและอบแห้งไม่ดีพอ โอกาสที่จะขึ้นราก็เป็นไปได้สูงมาก นอกจากนี้ยังพบอีกว่า ถ้าอาหารที่ติดค้างอยู่ในเครื่องผลิตอาหาร ถ้าไม่เปิดทำงานต่อเนื่อง โอกาสที่จะเกิดการปนเปื้อนของเชื้อราเป็นไปได้สูงมาก เพราะอาหารที่ติดค้างในขบวนการผลิตจะอยู่ในสภาพที่พร้อมจะทำให้เชื้อราขึ้นได้คือยู่แล้ว นอกจากนี้อุปกรณ์ต่าง ๆ ทุกชิ้นที่ใช้ในขบวนการผลิต ตลอดจนโรงงานอาหารสัตว์ ถ้าทำความสะอาดไม่ดีพอ มีเศษเหลือตกค้างและหมักหมม ทำให้เกิดปนเปื้อนอุปกรณ์การผลิตและ สถานที่เก็บและบรรจุได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การลดและการทำลายอฟลาทอกซิน**

**1. ทางกายภาพ** มีหลายวิธี เช่น การคัดแยกเมล็ดที่เสียหายออกด้วยเครื่องมือ (physical separation) คือ การแยกเมล็ดพืชที่อ่อน แตก หรือถูกทำลายบางส่วน และที่มีสิ่งสกปรกออกทั้งนี้เพราะเมล็ด ดังกล่าว จะมีเชื้อราขึ้นอยู่ภายในเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะทำให้มี อฟลาทอกซินปะปนอยู่มากกว่าเมล็ดที่โตและไม่แตก ดังนั้น เมื่อแยกเมล็ดที่เสียหายออกก็จะทำให้ปริมาณอฟลาทอกซินลดน้อยลงไปด้วย หรือ วิธีการใช้ความร้อน พบว่าต้องใช้ความร้อนสูงถึง 300 องศา จึงจะทำลายได้ หรือ โดยวิธีการฉายรังสี ถ้าใช้รังสีแกมมาพบว่าที่ระดับความเข้มสูง 1 Mrad สามารถทำลายสารพิษของอฟลาทอกซินในของเหลวได้ แต่ในอาหารทั่ว ๆ ไป จะต้องใช้ความเข้มสูงกว่านี้ (Temcharoen และ Thilly,1982) การใช้รังสี UV ในการทำลายอฟลาทอกซินค่อนข้างมีข้อจำกัด ไม่สามารถนำมาใช้ในระดับอุตสาหกรรมได้(Samarajeewa และคณะ, 1990) เนื่องจากมีอำนาจในการทะลุทะลวงต่ำ และ ความยาวคลื่นที่ใช้แคบ (362 นาโนเมตร) ซึ่งการใช้แสงหลายชนิดไม่ว่าจะเป็น UV แสงแดด หรือ แสงจากหลอดไฟ มีผลในการทำลายความเป็นพิษของอฟลาทอกซินได้ (ตารางที่ 2.14)

**ตารางที่ 2.14** การทำลายสารพิษอฟลาทอกซินโดยใช้รังสีอัลตราไวโอเลตและ แสงแดด

| กรรมวิธีที่ใช้ | % การทำลาย | แหล่งอาหาร |
|---|---|---|
| UV 8 ชม. | 0 | กากถั่วลิสง |
| UV 2 ชม. | 40 – 45 | น้ำมันถั่วลิสง |
| หลอดฟลูออเรสเซนท์ 1 ชม. | บางส่วน | แผ่น TLC |
| หลอดฟลูออเรสเซนท์ 1 ชม. | บางส่วน | น้ำมันมะพร้าว |
| หลอดไฟที่มีขดลวดอยู่ภายใน 1 ชม. | สูงถึง 45 | เครื่องเทศ ผลไม้แห้ง |
| หลอด Mercury tungsten | 63 – 93 | ข้าว |
| แสงแดด 15 นาที | 100 | น้ำมันถั่วลิสง |
| แสงแดด 30 นาที | > 75 | น้ำมันมะพร้าว |
| แสงแดด 40 นาที | 95 | น้ำมันมะกอก |
| แสงแดด 6 ชม. | 83 | เคซิน |
| แสงแดด 6 ชม. | 50 | ก้อนถั่วลิสง |
| แสงแดด | บางส่วน | ผลไม้เขตร้อน |

ที่มา : Samarajeewa และคณะ(1990)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. **ทางเคมี** สารเคมีหลายชนิดที่สามารถทำลายอฟลาทอกซินได้ เช่น คลอรีน ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โอโซน แอมโมเนีย ด่าง และสารเคมีอื่น ๆ ซึ่ง ในอาหารสัตว์ นิยมใช้แอมโมเนียในรูปของแก๊สหรือของเหลว โดยสามารถลดอฟลาทอกซินลงได้มากกว่า 95% ( Smith และ Moss, 1985) ถึงแม้ในหลายประเทศจะนิยมนำมาใช้ในอาหารถั่วลิสงละเมล็ดฝ้าย แต่องค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกายังไม่แน่ใจว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะมีพิษตกค้างหรือไม่ และ ยังไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อนำมาทำอาหาร หรือ ในกระบวนการฟอกให้สะอาด (refining) ของ น้ำมันพืช

3. **วิธีทางชีวภาพ** มีรายงนถึงการนำจุลลินทรีย์พวกแบคทีเรีย actinomycetes ยีสต์ รา และสาหร่าย มาใช้ทำลายสารพิษอฟลาทอกซิน และจากการศึกษาพบว่าแบคทีเรีย *Flavobacterium aurantiacum* สามารถทำลายสารพาอฟลาทอกซิน $B_1$ , $G_1$ และ $M_1$ ที่อยู่ในของเหลวได้( Smith และ Moss, 1985)

## 2.3 รายงานการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Asworth และ คณะ(1965) ได้ทำการศึกษาถึงการเกิดอฟลาทอกซินในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเฉพาะในถั่วลิสงที่มีเชื้อรา *A. flavus* ที่ปนเปื้อนอยู่ จะตรวจพบอฟลาทอกซินและมีความสัมพันธ์กันโดยตรง ถ้ามีเชื้อราขึ้นมากก็จะตรวจพบอฟลาทอกซินในปริมาณที่สูงด้วย

Priyadashini (1978) รายงานการเจริญและการผลิตอฟลาทอกซินของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* ในข้าวโพด และถั่วลิสงต่างสายพันธ์กันจะไม่มีความสัมพันธ์กันโดยตรง อาจเป็นเพราะลักษณะทางกรรมพันธุ์ ที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ข้าวโพดที่มีเอนโดสเปอร์มชนิดนุ่มจะช่วยให้เชื้อราเจริญเติบโตได้ดีกว่าข้าวโพดที่มีเอนโดสเปอร์มชนิดแข็ง สิ่งเหล่านี้จะมีผลต่อการสะสมของอฟลาทอกซินในเมล็ดของพืชด้วย

รณภพ และคณะ(2536) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะการเกิดเชื้อรา *Aspergillus flavus* และปริมาณสารพิษอฟลาทอกซิน ในเมล็ดถั่วลิสง 20 สายพันธุ์ กับ ลักษณะต่าง ๆ ของ ถั่วลิสง ได้แก่ ผลผลิต องค์ประกอบของผลผลิต ลักษณะเมล็ด และเปลือกหุ้มเมล็ด อายุออกดอกและสุกแก่ และองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ด พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างระดับการเกิดเชื้อรา *Aspergillus flavus* และปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซิน กับลักษณะต่างๆ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่ก็พบว่าลักษณะต่าง ๆ โดยทั่วไปมีค่าสหสัมพันธ์ที่สูงกับปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซินมากกว่ากับระดับการเกิดเชื้อรา *Aspergillus flavus* และ พบค่าสหสัมพันธ์ที่ค่อนข้างสูงระหว่างอายุถึงวันออกดอกกับปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซิน และ ระหว่างปริมาณแทนนินใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลือกหุ้มเมล็ด กับระดับการเกิดเชื้อรา *Aspergillus flavus* โดยมีค่าเท่ากับ -0.4205 และ -0.4157 ตามลำดับ

อรุณศรี (2537) ทำการศึกษาโดยแยกเชื้อรา *A. flavu s*จากตัวอย่างดินที่เก็บจากแปลงถั่วลิสงในช่วงระยะเริ่มออกดอก, แทงเข็ม, ติดฝักอ่อน และ ระยะเก็บเกี่ยว ผลการตรวจพบว่าปริมาณเชื้อราจากดินในแต่ละช่วงมีค่าใกล้เคียงกัน โดยพบ *A. flavus* 149, 177 และ 275 โคโลนีต่อดิน 1 กรัม ตามลำดับ และจากเชื้อรา *A. flavus* ที่แยกได้จากดินแต่ละระยะของการปลูก ระยะถั่วลิสงเริ่มออกดอกจำนวน 82 isolates สามารถสร้างอฟลาทอกซินได้ 33 isolates (42%)และในจำนวนนี้มี 6 isolates ที่สามารถสร้างสารพิษได้ทั้งกลุ่ม B และ G โดยพบปริมาณอฟลาทอกซินอยู่ในช่วง 31-21,425 พีพีบี ระยะถั่วลิสงลงเข็มและพัฒนาฝัก จำนวน 126 isolates สามารถสร้างอฟลาทอกซินได้ 54 isolates (43%)และในจำนวนนี้มี 11 isolates ที่สามารถสร้างสารพิษได้ทั้งกลุ่ม B และ G โดยพบปริมาณอฟลาทอกซินอยู่ในช่วง 16- 44,681 พีพีบี ระยะเก็บเกี่ยวถั่วลิสง จำนวน 142 isolates สามารถสร้าง อฟลาทอกซินได้ 57 isolates (40.14%) และในจำนวนนี้มี 9 isolates ที่สามารถสร้างสารพิษได้ทั้งกลุ่ม B และ G โดยพบปริมาณอฟลาทอกซินอยู่ในช่วง 119 - 58,188 พีพีบี

นอกจากนี้อรุณศรี (2537) ได้ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเข้าทำลายของเชื้อรา *A. flavus* และ การสร้างสารพิษอฟลาทอกซินในถั่วลิสง โดยทำการทดลอง 3 ปัจจัยคือ ปัจจัยที่ 1. ผลการขาดน้ำต่อการเกิดอฟลาทอกซินในถั่วลิสง มี 5 กรรมวิธี คือมีการให้น้ำตามปกติ และให้เกิดการขาดน้ำ 20, 30, 40 และ 50 วันก่อนเก็บเกี่ยว ผลการทดลองพบว่า มีเปอร์เซ็นต์ฝักสมบรูณ์ลดลงอย่าง มีนัยสำคัญตามระยะเวลาของการขาดน้ำสำหรับผลอฟลาทอกซินพบใน แปลงที่ขาดน้ำ 20 และ 30 วัน ก่อนเก็บเกี่ยว ปัจจัยที่ 2. ผลการเข้าทำลายของเชื้อราและแมลงในดิน โดยสุ่มเก็บตัวอย่างระยะเก็บเกี่ยวจากไร่ของเกษตรกรจำนวน 18 ตัวอย่าง มาตรวจสอบปริมาณเชื้อรา *A. flavus* และ อฟลาทอกซินพบว่า ถั่วลิสงในระยะเก็บเกี่ยวมีฝักถูกทำลาย 16 เปอร์เซ็นต์ และพบปริมาณการปนเปื้อน 21 – 1,255 พีพีบี ในขณะที่ฝักสมบูรณ์ปกติตรวจไม่พบอฟลาทอกซิน ปัจจัยที่ 3. อายุเก็บเกี่ยวถั่วลิสง โดยทำการเก็บเกี่ยวถั่วเมื่ออายุ 85, 95, 105, 110 และ 120 วัน ตรวจพบปริมาณอฟลาทอกซินในถั่วลิสงที่มีอายุ มากกว่า 105 วันขึ้นไป

Alpert และคณะ (1970) ได้รายงานการตรวจอาหารจากท้องตลาดประเทศยูกานดา พบว่าถั่วลิสง 8 ตัวอย่างจาก 27 ตัวอย่างมีอฟลาทอกซินมากกว่า 1 พีพีเอ็มและมันสำปะหลัง 2 ตัวอย่างพบมีอฟลาทอกซินมากกว่า 1 พีพีเอ็ม นอกจากนี้อาหารชนิดอื่นๆ ถั่ว ข้าวโพด และข้าวจำนวนร้อยละ 30 พบมีอฟลาทอกซินน้อยกว่า 100 พีพีบี

Shank และคณะ (1972) ได้รายงานการสำรวจอาหารที่ใช้บริโภคจากท้องตลาดของประเทศไทย ระหว่าง ปี 1967 – 1969 (พ.ศ. 2510 – 2512) จำนวนตัวอย่างทั้งหมด 8 ชนิด จำนวน 3,000 ตัวอย่าง พบว่า ถั่วลิสงมีอฟลาทอกซินมากที่สุด (49%) รองลงไปคือข้าวโพด (35%) ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าว (2%)และ ถั่วเขียว(5%) พบน้อยที่สุด โดยปริมาณอฟลาทอกซินที่พบในถั่วลิสงเฉลี่ย 1,530 พีพีบี ปริมาณสูงสุด 12,156 พีพีบี ส่วนข้าวโพดพบปริมาณอฟลาทอกซินเฉลี่ย 400 พีพีบี ปริมาณ สูงสุด 2,703 พีพีบี

Peers และ Linsell (1973) ได้ตรวจพบอฟลาทอกซิน $B_1$ ที่ปนเปื้อนในอาหารและเบียร์ในประเทศเคนยา จากพื้นที่ต่างๆ กัน จำนวน 808 ตัวอย่าง เป็นเวลา 21 เดือน พบมี $B_1$ ปริมาณ 0.12, 0.21และ 0.31 พีพีบี ในพื้นที่สูงร้อยละ 5 พื้นที่กลางร้อยละ 7 และ พื้นที่ต่ำร้อยละ 10 ตามลำดับ โดยพื้นที่สูง กลาง และต่ำ พบปริมาณอฟลาทอกซิน 4.88, 7.84 และ 14.81 พีพีบี ตามลำดับ ซึ่งมีผลสัมพันธ์กับความชื้นในอากาศ

ทิพยา และคณะ (2530) รายงานการศึกษาวิจัยการปนเปื้อนอฟลาทอกซินในอาหารสำเร็จรูปที่ทำมาจากถั่วพบว่า ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ถั่ว 182 ตัวอย่าง โดยแยกเป็น ผลิตภัณฑ์จากถั่วลิสง 120 ตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์จากถั่วเขียว 30 ตัวอย่าง และ ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง 32 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์พบการปนเปื้อนอฟลาทอกซินเกินมาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดในผลิตภัณฑ์จากถั่วลิสงเท่านั้น โดยตรวจพบร้อยละ 25.00 ของตัวอย่างทั้งหมด และถั่วลิสงป่นเป็นตัวอย่างที่ตรวจพบว่า มีการปนเปื้อนสูงเกินมาตรฐานกำหนดถึงร้อยละ 55.10 ของตัวอย่างทั้งหมด อาหารสำเร็จรูปที่ทำมาจากถั่วเขียวไม่พบการปนเปื้อนอฟลาทอกซิน ส่วนผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองพบการปนเปื้อนเพียงตัวอย่างเดียวแต่ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด

ดวงจันทร์ และวนิดา (2547) รายงานถึงสารพิษอฟลาทอกซินที่ปนเปื้อนในถั่วลิสง และผลิตภัณฑ์ระหว่างปี พ.ศ. 2537 – 2545 ทั้งหมด 713 ตัวอย่าง โดยแบ่งตามลักษณะผลิตภัณฑ์ได้เป็น 16 ชนิด ผลการตรวจวิเคราะห์พบการปนเปื้อนอฟลาทอกซินทั้งหมด 115 ตัวอย่าง จากทั้งหมด 713 ตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 17 และในจำนวน 115 ตัวอย่าง ตรวจพบอฟลาทอกซินสูงเกินค่ามาตรฐาน 20 พีพีบี (พระราชบัญญัติ, 2522) จำนวน 63 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 9 ของตัวอย่างทั้งหมด พบว่าขนมตุ๊บตั๊บเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการปนเปื้อน อฟลาทอกซินมากที่สุดจากจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 23 ตัวอย่าง ตรวจพบ 17 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 74 ที่ระดับ 5.16 – 389.80 พีพีบี และ ยังพบว่าเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดจำนวน 14 ตัวอย่าง จากทั้งหมด 23 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 61 สูงเกินมาตรฐานคือ พบในช่วง 29.25 – 389.80 พีพีบี ส่วนในผลิตภัณฑ์ ถั่วลิสงทอด ถั่วตัด ถั่วกระจก และ ถั่วเคลือบ มีการปนเปื้อนอฟลาทอกซินในเกณฑ์ใกล้เคียงกันประมาณร้อยละ 30 และ พบเกินเกณฑ์มาตรฐานประมาณร้อยละ 17 ค่าสูงสุดที่พบใน ถั่วลิสงทอด ถั่วตัด ถั่วกระจก และ ถั่วเคลือบ คือ 102.45 339.45 และ1,368.50 พีพีบี ตามลำดับ ถั่วลิสงดิบพบการปนเปื้อนอฟลาทอกซิน ร้อยละ 21 และ พบเกินค่ามาตรฐาน ร้อยละ 11 ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด ค่าที่พบมากเป็นพิเศษคือพบที่ 3,238.00 และ1,671.30 พีพีบี กระยาสารท พบอฟลาทอกซินเพียงตัวอย่างเดียวจากทั้งหมด 5 ตัวอย่างโดยพบ 30.67 พีพีบี ลูกอมถั่วลิสง พบอฟลาทอกซินเพียงตัวอย่างเดียวจากทั้งหมด 22 ตัวอย่างโดยพบ 160.50 พีพีบี เนย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างเดียวจากทั้งหมด 10 ตัวอย่างโดยพบ 82.64 พีพีบี ผลิตภัณฑ์จาก ถั่วลิสงชนิดอื่นๆ ที่เหลือได้แก่ ไอศกรีมผสมถั่วลิสง ขนมเปี๊ยะไส้ถั่วลิสง น้ำจิ้มสเต๊ะ ขนมเวเฟอร์ไส้เนยถั่วลิสง ถั่วลิสงอบ ถั่วผสม ช็ อกโกแลตผสมถั่วลิสง พบการปนเปื้อน อฟลาทอกซินไม่เกินร้อยละ 10

ประกาย และคณะ (2548) ได้ศึกษาคุณภาพความปลอดภัยของส้มตำ กรณีกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยซื้อตัวอย่างส่วนประกอบที่ใช้ทำส้มตำ และ ส้มตำปรุงสำเร็จจากแหล่งจำหน่ายทุกประเภท ตรวจพบอฟลาทอกซินในถั่วลิสงคั่ว จำนวน 9 ตัวอย่างจากตัวอย่างทั้งหมด 20 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 45 แต่ ตรวจพบที่เกินเกณฑ์มาตรฐาน จำนวน 3 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 15 ในกรณีของสารเคมีที่น่าจะมีความเสี่ยงสูงได้แก่ อฟลาทอกซิน เนื่องจากเป็นสารก่อมะเร็ง ในตับ ดังนั้น คำแนะนำในการทานถั่วลิสง คือ กรณีทำถั่วลิสงคั่ว ควรที่จะคั่วถั่วลิสงเองเพื่อที่จะลดความเสี่ยงต่อการบริโภคถั่วลิสงที่ปนเปื้อนอฟลาทอกซินได้ โดยการคัดเมล็ดด้วยการนำถั่วลิสงไปแช่ในน้ำ ถั่วลิสงส่วนที่ลอยน้ำให้คัดทิ้งก่อนนำไปผลิต ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้แผงลอยที่เตรียมถั่วลิสงคั่วเองพบ อฟลาทอกซินน้อยกว่าถั่วลิสงคั่วสำเร็จ

Frank และ Gruneweld (1970) รายงานจากการทดลองโดยการนำขนมปัง และ ข้าวที่มีอฟลาทอกซินปนเปื้อนอยู่มาฉายรังสีปริมาณ 1 - 50 กิโลเกรย์ และ 0.3 – 30 กิโลเกรย์ ตามลำดับ ผลปรากฏว่า ในกรณีของขนมปังนั้น รังสีปริมาณ 1 กิโลเกรย์ ไม่มีผลต่อการทำลายอฟลาทอกซิน แต่ เมื่อเพิ่มปริมาณรังสีเป็น 2.5 – 5.0 กิโลเกรย์ จะลดปริมาณอฟลาทอกซินลดลงได้ ร้อยละ 50 แต่ก็ยังไม่เพียงพอที่จะลดความเป็นพิษของอาหารให้ปลอดภัยได้ และ ในการที่จะลดปริมาณอฟลาทอกซิน ให้ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ จะต้องใช้ปริมาณสูงถึง 50 กิโลเกรย์ ซึ่งจะพบว่าปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นอาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหาร หรือ ความเป็นพิษต่อผู้บริโภคได้

สุมาลัย และ สุภัทรา (2525) รายงานการศึกษาวิจัยการใช้ดินฟอกสี (Fuller's earth) ซึ่งเป็นส่วนประกอบซิลิเกตเชิงซ้อนชนิดหนึ่งที่ประกอบด้วย แร่มอนท์โมริลโลไนท์เป็นส่วนใหญ่ ในการลดปริมาณการปนเปื้อนในน้ำมันถั่วลิสงและน้ำมันมะพร้าวโดยการใส่ดินฟอกสี 0.3 % โดยน้ำหนักของน้ำมัน แล้วกวนที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาทีเ ป็นเวลา 15 นาที จะลดปริมาณอฟลาทอกซินในน้ำมันถั่วลิสงจาก 76 พีพีเอ็ม เหลือ 7.85 พีพีเอ็ม และ ในน้ำมันมะพร้าวจาก 25 พีพีบี ให้หมดได้

เกศรา (2526) รายงานการทดลองกำจัดปริมาณอฟลาทอกซินในถั่วลิสง และ กาก ถั่วลิสง โดยใช้สารละลายแอมโมเนียมที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ปริมาณความชื้น และ เวลาทำปฏิกิริยาต่าง ๆ กัน ได้ว่า การทดลองในถั่วลิสง ใช้สารละลายแอมโมเนีย 1 % ของน้ำหนักถั่วลิสงขึ้นไป ใช้เวลาทำปฏิกิริยา 6 – 16 วัน สามารถลดปริมาณอฟลาทอกซินได้ต่ำกว่าที่มาตราฐานกำหนด แต่เมล็ดถั่วจะมีสีเข้มมากกว่าปกติ ซึ่งจะเป็นปัญหาในการจัดจำหน่ายต่อไป และ ถ้าปริมาณความชื้นในถั่วลิสงมีมากขึ้นจะทำให้มีผลต่อปริมาณการลดลงของอฟลาทอกซินน้อยลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Camou – Arriola และ Price (1989) รายงานการทดลองลดปริมาณอฟลาทอกซินในเมล็ดข้าวโพดที่ปนเปื้อนอฟลาทอกซินระดับ 1,600 พีพีเอ็ม โดยนำมาผ่าน 3 % NaOH ที่ 100 $^{o}$ ซ นาน 4 นาทีแล้วจึงนำไปทอด ปรากฏว่าอฟลาทอกซินถูกทำลายไปถึงร้อยละ 90

Altug และคณะ(1990) ได้ทำการทดลอง ลดปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซินโดยใช้ซัลไฟต์ โดยนำผลมะเดื่อแห้งที่เติม $AFB_1$ 250 พีพีบี แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 นำไปแช่ 1% โซเดียมไบซัลไฟต์ ระยะเวลาสัมผัส 72 ชั่วโมง ลด $AFB_1$ ได้ 28.2 % ส่วนที่ 2 นำไปแช่ 0.2 % $H_2O_2$ ระยะเวลาสัมผัส 10 นาที ก่อนจึงนำมาแช่ 1% โซเดียมไบซัลไฟต์ ระยะเวลาสัมผัส 72 ชั่วโมง ลด $AFB_1$ ได้ 65.5 % ซึ่งผลที่ได้ไปอาจจะนำใช้กับถั่วลิสง และ ข้าวโพดต่อได้

Thanaboripat (1992) ได้ทำการทดลอง ลดปริมาณอฟลาทอกซินในถั่วลิสง พบว่า การใช้แอมโมเนียไฮดรอกไซด์ที่ 0.2, 0.5, 1.0 และ 1.5 % สามารถยับยั้งการสร้าง อฟลาทอกซินจาก *A. flavus* ได้ทั้งในระยะเวลาวันที่ 7 และ 14 ภายหลังของการเลี้ยงเชื้อ และ เมื่อมีการใช้แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ที่ ระดับต่างๆ ในข้าวโพด ในวันที่ 7 และ 14 วันพบว่าสามารถลดปริมาณได้เช่นกันแต่จะส่งผลทางด้าน กลิ่น และ สีทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับในอาหารคน แต่ในอาหารสัตว์นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ทั้งในเมล็ดฝ้าย ข้าวโพด และเมล็ดถั่ว

จินตนาและคณะ(2534) ถั่วลิสงป่นเป็นผลิตภัณฑ์จากถั่วลิสงอีกรูปแบบหนึ่ง โดยนำถั่วลิสงผ่านการคั่วและบดให้มีขนาดเล็กเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบในอาหาร จากการสำรวจคุณภาพถั่วลิสงป่นที่จำหน่ายในท้องตลาดมีคุณภาพไม่เหมาะสมต่อการบริโภค เนื่องจากมีปริมาณอฟลาทอกซินสูงไม่สม่ำเสมอ การปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตและคุณภาพของถั่วลิสงป่น มีจุดประสงค์ช่วยยกระดับคุณภาพและมาตรฐาน ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยและผู้บริโภคยอมรับได้ ผลการทดลองสรุปได้ว่าต้องเริ่มต้นจากการควบคุมคุณภาพถั่วลิสง โดยตรวจสอบเมล็ดถั่วลิสงต้องปราศจากอฟลาทอกซิน หรือตรวจพบในปริมาณไม่เกิน 20 พีพีบี ได้เลือกถั่วลิสงเมล็ดเล็กพันธุ์ไทนาน 9 นำไปคั่วที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ผ่านการบดด้วยลูกกลิ้ง ปรับระยะห่าง 1.60 มม. จะได้ขนาดเมล็ด ถั่วลิสงป่นเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค การตรวจสอบคุณภาพถั่วลิสงป่น พบว่า มีสีน้ำตาล, aw มีค่า 0.39 ประกอบด้วยโปรตีนและไขมันร้อยละ 24.41 และ 46.15 ตามลำดับ ค่าเปอร์ออกไซด์ 1.17 พีพีเอ็ม ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดยีสต์และราไม่เกิน 175 และ 35 โคโลนีต่อกรัม โคลิฟอร์มน้อยกว่า 3.0 เอ็นพีเอ็นต่อกรัม ไม่พบ E. coli และ S. aureus ใน 1 กรัม ไม่พบสิ่งแปลกปลอมใดๆ การศึกษาอายุการเก็บถั่วลิสงป่นพบว่า ภาชนะบรรจุ อุณหภูมิและเวลามีผลต่อการเกิดกลิ่นหืนและกลิ่นอับ ยิ่งเก็บนานการยอมรับจะลดลง การเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะสามารถเก็บได้นานกว่า 4 เดือน และจากผลการทดสอบผู้บริโภคจำนวน 200 คน พบว่าร้อยละ 78.3 ยอมรับในผลิตภัณฑ์ และนิยมถั่วลิสงป่นที่บรรจุในถุงอลูมิเนียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินการทดลอง

## 3.1 วัตถุดิบ อุปกรณ์ และ สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

### 3.1.1 วัตถุดิบ

ตัวอย่างถั่วลิสงดิบ และ ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ถั่วลิสงป่น ถั่วลิสงคั่ว ถั่วลิสงทอด ถั่วลิสงเคลือบ ถั่วลิสงอบเกลือ ถั่วตุ๊บตั๊บ ถั่วทอดแบบแผ่นกลม ถั่วลิสงต้ม กระยาสารท

### 3.1.2 อุปกรณ์สำหรับแปรรูป

- เตาแก๊ส
- กระทะ
- ตะหลิว

### 3.1.3 อุปกรณ์สำหรับคัดแยกถั่วลิสง

- ถาด
- ตะแกรง
- กระชอน
- น้ำ

### 3.1.4 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ คุณภาพทางเคมี

- ตู้อบ
- ตู้ดูดความชื้น
- เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง
- เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
- เครื่องปั่น
- เครื่องเขย่า
- เครื่องระเหยแบบสุญญากาศ(Rotary evaporator)
- เครื่องแก้ว ( Cylinder, Erlenmeyer flask, Funnel, Round flask, disk )
- Chromatographic tube (1.5 x 40 cm. Or equivalent column)
- Ultrasonic bath or Vortex mixer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Heating block with nitrogen gas supply
- Hot plate
- TLC plate
- Microsyringe 25 ul
- Eveloping tank
- UV cabinet
- Densitometer (TLC scanner)
- Spectrophotometer

### 3.1.5 สารเคมี

- Silica gel 60
- Cotton defatted with hexane
- Filter paper
- Anhydrous sodium sulfate
- Celite 545
- Diethyl ether anhydrous (AR grade)
- Diethylether(AR grade)
- Acetone (AR grade)
- Benzene (AR grade)
- Acetonitrile (AR grade)
- Methanol (AR grade)
- Chloroform (AR grade)
- Solvent mixture : benzene : acetonitrile 98:2
  chloroform : hexane 1:1
  chloroform : acetone 4:1
  ether : methanol : $H_2O$ 96 : 3 : 1
  chloroform : acetone 9 :1

### 3.1.6 สารมาตรฐาน

- Standard aflatoxin $B_1$, $B_2$, $G_1$ and $G_2$ ( Sigma Chemical Company or equivalent and reliable source such as US FDA )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.1.7 ชุดทดสอบสารพิษอฟลาทอกซิน (Revea® for Aflatoxin)**

- แผ่นกระดาษทดสอบ
- หลอดดูดพลาสติก
- ถ้วยขนาดเล็ก
- สารผสมเจือจางตัวอย่าง
- ถ้วยพร้อมน้ำสกัดตัวอย่าง
- กระดาษกรอง
- ช้อนตักตัวอย่าง

**3.1.8 สำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์**

- แบบสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์

## 3.2 สถานที่ดำเนินการทดลอง

ห้องปฏิบัติการงานสารพิษจากเชื้อรา สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ถ. ติวานนท์ จ. นนทบุรี 11000

## 3.3 วิธีการดำเนินการทดลอง

**3.3.1 สำรวจสภาวะการปนเปื้อนอฟลาทอกซินในถั่วลิสง และผลิตภัณฑ์**

3.3.1.1 การเก็บตัวอย่าง ถั่วลิสงดิบ และผลิตภัณฑ์ จำนวนทั้งหมด 1,585 ตัวอย่าง แบ่งเป็น ถั่วลิสงดิบทุกขนาด 300 ตัวอย่าง (ถั่วลิสงเมล็ดใหญ่ 75 ตัวอย่าง, เมล็ดกลาง 135 ตัวอย่าง, เมล็ดเล็ก 90 ตัวอย่าง) ถั่วลิสงทอด 400 ตัวอย่าง ถั่วลิสงเคลือบ 100 ตัวอย่าง ถั่วลิสงป่น 300 ตัวอย่าง ถั่วลิสงคั่ว 300 ตัวอย่าง ถั่วตัด 97 ตัวอย่าง ถั่วทอดแพ 28 ตัวอย่าง ถั่วตุ๊บตั๊บ 35 ตัวอย่าง ถั่วลิสงอบเกลือ 10 ตัวอย่าง ถั่วลิสงต้ม 10 ตัวอย่าง กระยาสารท 5 ตัวอย่าง จาก ตลาดสด ตลาดนัด ร้านก๋วยเตี๋ยว ร้านส้มตำ ศูนย์จำหน่ายสินค้าโอทอป ทั้งในเขตกรุงเทพ และ ปริมณฑล เชียงใหม่ ลำปาง นครสรรค์ พิษณุโลก สระแก้ว อุบลราชธานี ศรีสะเกษ นครนายก จันทบุรี เพชรบุรี จำนวนทั้งหมด 87 แห่ง นำมาวิเคราะห์การปนเปื้อนอฟลาทอกซิน โดยใช้ชุดทดสอบอฟลาทอกซินที่ระดับการปนเปื้อน 20 พีพีบี ( ชุดทดสอบของ นีโอเจน ตามเอกสารภาคผนวก ก) ใช้ตามเกณฑ์มาตรฐานการปนเปื้อนอฟลาทอกซิน ของกระทรวงสาธารณสุขเป็นตัวกำหนด เพื่อให้ได้ข้อมูลสถานการณ์การปนเปื้อน ทั้งชนิดตัวอย่างและปริมาณที่เกินมาตรฐานกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

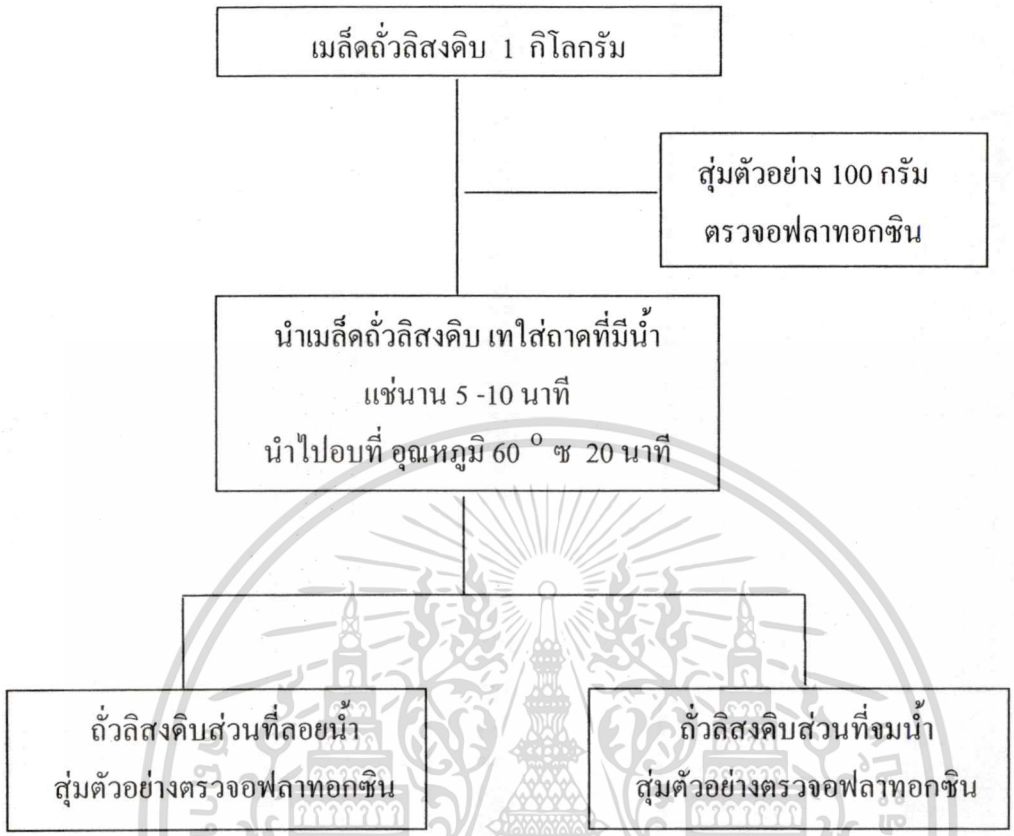
3.3.1.2 นำผลสำรวจถั่วลิสงและผลิตภัณฑ์ที่ได้ มาใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงถึงปัญหาการปนเปื้อนในปัจจุบันของอฟลาทอกซินว่ามีอัตราเสี่ยงสูงสุดในผลิตภัณฑ์ใด และ ลักษณะของวัตถุดิบที่เลือกนำมาใช้แปรรูปในผลิตภัณฑ์นั้นเป็นอย่างไร เพื่อใช้คัดเลือกทั้งวัตถุดิบ และ ผลิตภัณฑ์ที่จะทดลองนำมาแปรรูป หลังจากได้ทดลองนำเมล็ดถั่วลิสงดิบไปผ่านการคัดแยกเมล็ด

**3.3.2 ทดลองคัดแยกเมล็ดถั่วลิสงดิบที่มีและไม่มีอฟลาทอกซินโดยใช้น้ำ** (ภาพที่3.1)

3.3.2.1 นำเอาตัวอย่างถั่วลิสงดิบจำนวน 20 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 1 กิโลกรัม สุ่มตัวอย่างทุกตัวอย่างมาอย่างละ 100 กรัม เพื่อมาตรวจอฟลาทอกซิน ก่อนนำไปผ่านกระบวนการคัดแยก เพื่อดูค่าการปนเปื้อนเบื้องต้น หลังจากนั้น นำถั่วสิลงดิบเทใส่ในถาดที่มีน้ำบรรจุอยู่ให้ปริมาณน้ำท่วมเหนือเมล็ดถั่วลิสงประมาณ 2 – 3 นิ้ว และ แช่ไว้นาน 5 – 10 นาที ขณะแช่ให้ช้อนเอาเมล็ดถั่วส่วนที่ลอยน้ำขึ้นมาก่อนพักไว้ในตะแกรง แล้วทำการคนเมล็ดถั่วลิสงที่แช่ในน้ำอีกครั้ง เพื่อให้เมล็ดบางส่วนลอยขึ้นมา จากนั้น นำเอาเมล็ดถั่วลิสงทั้งส่วนที่ลอยน้ำ และ ส่วนที่จมน้ำขึ้นมาพักใส่ตะแกรงให้แห้งสะเด็ดน้ำ 15 นาที จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศา เป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นนำทั้ง 3 ส่วน ที่ได้คือ ถั่วลิสงตั้งต้น ถั่วลิสงส่วนลอยน้ำ ถั่วลิสงส่วนจมน้ำ ไปวิเคราะห์หาปริมาณอฟลาทอกซิน โดยวิธี CB modified method (ตามวิธีมาตรฐานที่ดัดแปลงมาจากวิธี AOAC Internation ตามเอกสารภาคผนวก ก )

3.3.2.2 นำผลวิเคราะห์ทั้ง 3 ส่วนที่ได้ จากข้อ 3.3.2.1 มาหาค่าเฉลี่ยแต่ละส่วน เพื่อใช้เปรียบเทียบหาเปอร์เซ็นต์ของจำนวนที่พบการปนเปื้อนอฟลาทอกซินเกินเกณฑ์มาตรฐาน (มากกว่า 20 พีพีบี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่ 3.1 ผังการทดลองคัดแยกเมล็ดถั่วลิสงดิบที่มี และ ไม่มีอฟลาทอกซินโดยใช้น้ำ**

**3.3.3 ทดลองนำถั่วลิงสงที่ผ่านการคัดแยกด้วยน้ำ และ ถั่วลิสงที่ไม่ผ่านการคัดแยก ไปใช้แปรรูป เพื่อใช้เปรียบเทียบ ปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซิน อายุการเก็บรักษา** (ภาพที่ 3.2)

3.3.3.1 หาปริมาณอฟลาทอกซินในถั่วลิสงดิบตั้งต้นแล้วนำไปคัดแยกเมล็ด นำถั่วลิสงดิบจำนวน 5 กิโลกรัม ทำการสุ่มตัวอย่างออกมาจำนวน 500 กรัม ใช้หาปริมาณอฟลาทอกซินในถั่วลิสงตั้งต้น หลังจากนั้นแบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 ส่วน ส่วนละ 2.5 กิโลกรัม ส่วนที่ 1 คือ ส่วนที่นำไปทดลองคัดแยกเมล็ดด้วยน้ำโดย การลอยน้ำและแยกระหว่างถั่วลิสงที่ลอยน้ำกับ ถั่วลิสงที่จมน้ำออก โดยเอา ถั่วสิลงดิบเทใส่ในถาดที่มีน้ำบรรจุอยู่ให้ปริมาณน้ำท่วมเหนือเมล็ดถั่วลิสงประมาณ 2-3 นิ้ว และ แช่ไว้ประมาณ 5 – 10 นาที ขณะแช่ให้ช้อนเอาเมล็ดถั่วส่วนที่ลอยน้ำขึ้นมาก่อนพักไว้ในตะแกรง แล้วทำการคนเมล็ดถั่วลิสงที่แช่ในน้ำอีกครั้งเพื่อให้เมล็ดบางส่วนลอยขึ้นมา หลังจากนั้น นำทั้งสองส่วนมาผึ่งให้แห้งบนตะแกรง ตากแดดจัด นานประมาณ 30 นาที ส่วนที่ 2 คือ ส่วนที่ไม่ต้องคัดแยกเมล็ด จากนั้นนำถั่วลิสงดิบที่ได้ ทั้ง 3 ส่วน ได้แก่ ถั่วลิสงดิบส่วนลอยน้ำ ถั่วลิสงดิบส่วนจมน้ำ และ ถั่วลิสงดิบที่ไม่คัดแยก นำไปแปรรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

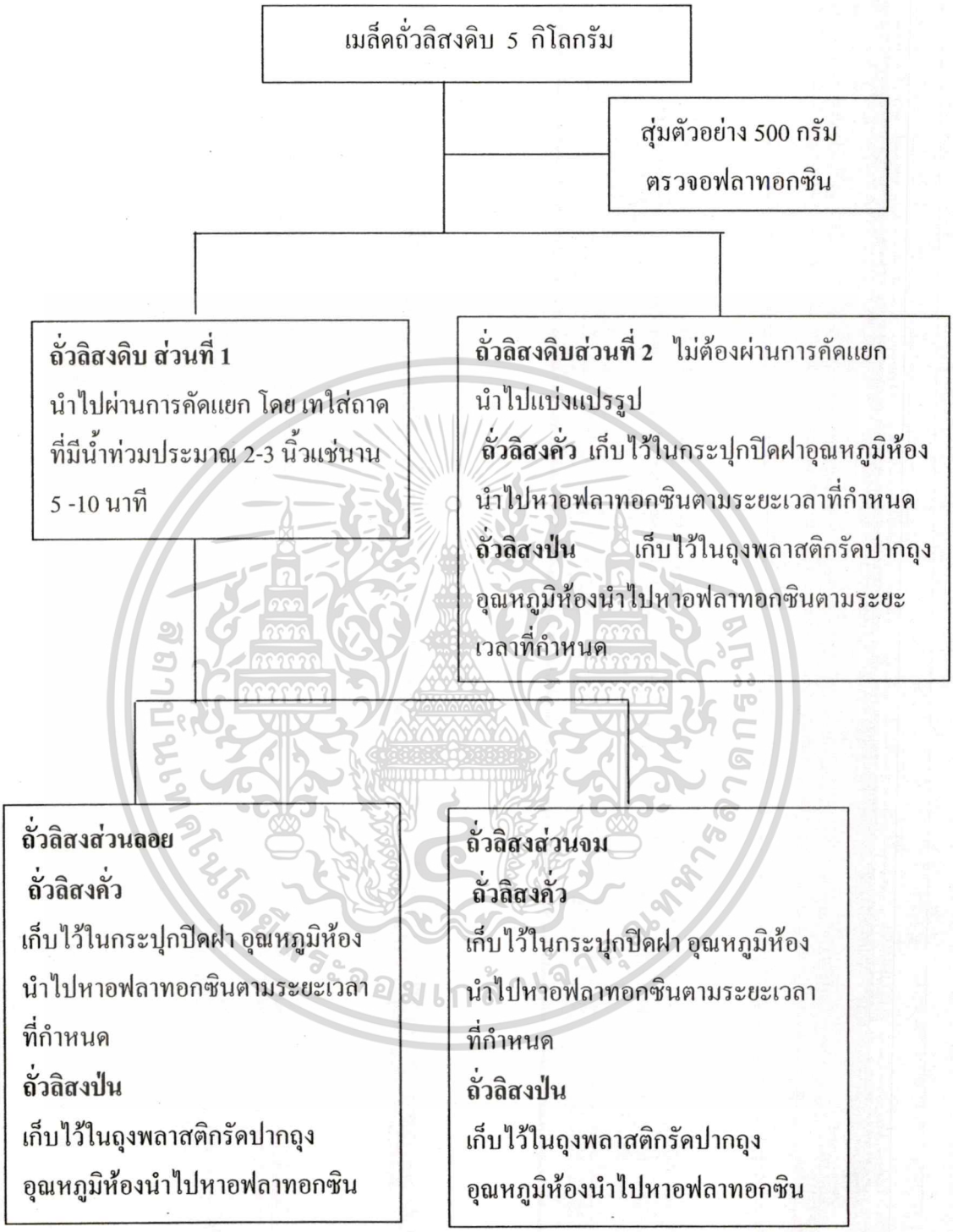
3.3.3.2 แปรรูปถั่วลิสงคั่วและถั่วลิสงป่น โดยใช้ถั่วลิสงที่ผ่านการคัดแยกเมล็ดด้วยน้ำ และไม่ผ่านการคัดแยกเมล็ด

นำถั่วลิสงที่ได้จาก ข้อ 3.3.3.1 ทั้ง 3 ส่วน แปรรูปโดยการคั่วบนกะทะที่วางเหนือเตาแก๊ส ใช้ความร้อนระดับอ่อน นานประมาณ 30 นาที แบ่งถั่วลิสงคั่วที่ได้ของทั้ง 3 ส่วน ไปทำถัวลิสงป่น โดยการบดด้วยครกที่แห้ง แล้วเก็บ ถั่วลิสงคั่วที่ได้ในกระปุกพลาสติกมีฝาปิด ถั่วลิสงป่นที่ได้ เก็บในถุงพลาสติกรัดปากถุงด้วยยางรัด อุณหภูมิห้องสภาวะแวดล้อมเช่นเดียวกับที่ผู้บริโภคเก็บทั่ว เป็นระยะเวลา 1 เดือน ไป หลังจากนั้นนำถั่วลิสงคั่วและถั่วลิสงป่นทั้งหมด ทำการสุ่มตัวอย่าง ดังนี้ วันที่ 1, 7, 14, 21 และ 28 วัน ตรวจหาปริมาณการ ปนเปื้อนอฟลาทอกซิน ปริมาณความชื้นตามวิธีมาตรฐานที่ดัดแปลงมาจาก AOAC internation (ภาคผนวก ก.) และ สำรวจความพึงพอใจ การยอมรับ ของผู้บริโภคที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ ทางด้านเนื้อสัมผัส โดยใช้มือสัมผัสความกรอบ และความร่วน ของ ถั่วลิสงคั่ว ถั่วลิสงป่น โดยการใช้แบบสำรวจความพึงพอใจ (ภาคผนวก ข.) จากผู้ทดสอบ 20 คน

3.3.3.3 วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ

นำข้อมูลปริมาณการปเปื้อนอฟลาทอกซินที่ได้จากข้อ 3.3.3.2 โดยมีตัวแปร อายุการเก็บรักษา 5 ช่วง (วันที่ 1, 7, 14, 21 และ 28 วัน) ชนิดของ ผลิตภัณฑ์ 6 ชนิด (ถั่วลิสงคั่วส่วนลอยน้ำ ถั่วลิสงป่นส่วนลอยน้ำ ถั่วลิสงคั่วส่วนจมน้ำ ถั่วลิสงป่นส่วนจมน้ำ ถั่วลิสงคั่วไม่คัดแยก ถั่วลิสงป่นไม่คัดแยก)ทำการทดลอง 2 ซ้ำ มาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test เป็นแผนการทดลองแบบ FACTORIAL IN CRD โดยใช้โปรแกรม SPSS version 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพ 3.2 . ผังการตรวจหาปริมาณอฟลาทอกซินในถั่วลิสงที่ผ่านการคัดแยกและไม่ผ่านการคัดแยกเมล็ดไปแปรรูป**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

# ผลการทดลองและวิจารณ์

## 4.1 สำรวจสภาวะการปนเปื้อนอฟลาทอกซินในถั่วลิสง และผลิตภัณฑ์

จากการเก็บตัวอย่าง ถั่วลิสงดิบ และผลิตภัณฑ์ จากแหล่งจำหน่ายทั้งหมด 87 แห่ง การแบ่งสัดส่วนของจำนวนตัวอย่างที่เก็บในแต่ละผลิตภัณฑ์ อาศัยข้อมูลพื้นฐานจากงานวิจัยต่างๆ เพื่อให้ได้จำนวนตัวอย่างที่อยู่ในกลุ่มเสี่ยงมากพอที่จะใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงได้ และเมื่อนำมาตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อน อฟลาทอกซิน โดยใช้ชุดทดสอบอฟลาทอกซินที่ระดับการปนเปื้อนมากกว่า 20 พีพีบี ตามตาราง ที่ 4.1 จะเห็นว่า ตัวอย่างทั้งหมด 1,585 ตัวอย่าง พบจำนวนการปนเปื้อน 536 ตัวอย่าง คิดเป็น 33.82 % ของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทั้งหมด พบว่าถั่วลิสงเคลือบ มีจำนวนการปนเปื้อน มากที่สุดจาก 100 ตัวอย่างพบ 65 ตัวอย่าง ( 65.00%) รองลงมาคือ ถั่วลิสงป่น จาก 300 ตัวอย่างพบ 190 ตัวอย่าง (63.33%) และ ถั่วตุ๊บตั๊บจาก 35 ตัวอย่างพบ 18 ตัวอย่าง (48.57 %) ชนิดตัวอย่างที่ปนเปื้อนน้อยสุด คือถั่วลิสงต้มทั้งเปลือกสดซึ่งไม่พบเลยจากจำนวนตัวอย่าง 10 ตัวอย่าง (ภาพที่ 4.1 ) แสดงให้เห็นว่า ถั่วลิสงต้มทั้งเปลือกสดมีความปลอดภัยต่อการบริโภคสูงกว่า ผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่ทำจากถั่วลิสง เนื่องมาจากลักษณะของถั่วที่นำมาบริโภค ต้องสดและใหม่เปลือกฝักไม่บิดแตก ไม่มีการตากแห้งมาก่อนเพื่อให้คงความหวานตามธรรมชาติ สำหรับกระยาสารทที่ตรวจไม่พบ เนื่องมาจากมีส่วนประกอบจากธัญพืชอื่น ๆ ผสมอยู่ด้วยทำให้อัตราส่วนการใช้ถั่วลิสงน้อยลงและเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ค่อยมีการบริโภคเป็นที่แพร่หลาย จึงจะมีการผลิตเฉพาะที่และเป็นการผลิตแบบวันต่อวัน (จินตนา,2526) สำหรับในถั่วลิสงชนิดที่มีการตรวจพบจำนวนมากตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันนี้ ถึงแม้ว่าพยายามแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนอฟลาทอกซินอย่างครบวงจรแล้วก็ตาม ส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากถั่วลิสงที่ผู้บริโภคไม่สามารถเลือก ดูจากลักษณะของเมล็ดได้ไม่ว่าจะเป็นถั่วป่น ถั่วเคลือบ หรือ ถั่วตุ๊บตั๊บ ทำให้ผู้ผลิตส่วนใหญ่ใช้ถั่วลิสงที่ถูกคัดทิ้ง ไม่ว่าจะเกิดจากเมล็ดลีบ เล็ก ถูกกัดแทะ หรือแม้แต่บางครั้งอาจมีเชื้อราขึ้น ปนอยู่ด้วยก็ตาม ทั้งนี้เกี่ยวข้องถึงการขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องของสารพิษที่เกิดจากเชื้อราในผู้ผลิต และ ราคาของวัตถุดิบด้วย ถั่วลิสง ชนิดเหล่านี้จะมีราคาถูก ทำให้เมื่อแปรรูปแล้วยังสามารถนำมาขายในราคาถูกได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถั่วลิสงป่น เพราะเป็นที่นิยมนำมาใช้เป็นองค์ประกอบในอาหาร ทั้งอาหารคาวอาหารหวานหลายอย่าง ทำให้มีอัตราความเสี่ยงที่มีต่อผู้บริโภคสูง

สำหรับการสำรวจการปนเปื้อนอฟลาทอกซินในถั่วลิสงดิบ ทำการเก็บตัวอย่างโดยใช้ขนาดของเมล็ดที่มี 3 ขนาด คือ ขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และ ขนาดเล็ก เป็นตัวแทนของที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด ตามตารางที่ 4.2 พบว่าในจำนวน 55 ตัวอย่างจากจำนวนตัวอย่าง

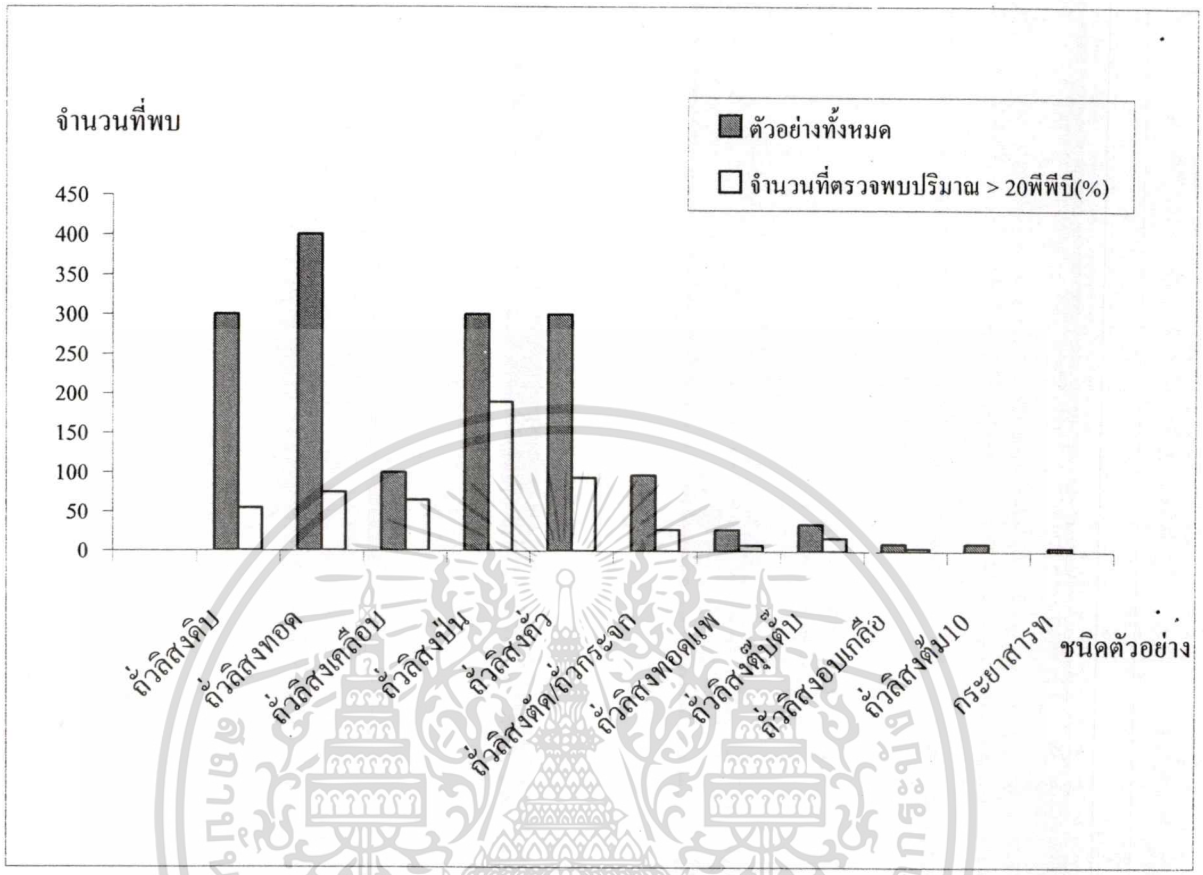
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหมด 300 ตัวอย่าง ที่พบจะเป็นถั่วลิสงขนาดกลางและขนาดเล็กทั้งหมด ซึ่งมักจะเป็นขนาดเมล็ดที่ถูกคัดทิ้งนิยมนำไปแปรรูปเป็น ถั่วลิสงเคลือบและถั่วลิสงป่น ราคาถูกและสะดวกกับการนำไปแปรรูปส่วน ถั่วลิสงเมล็ดขนาดใหญ่ตรวจไม่พบเนื่องมาจากแหล่งที่มาของวัตถุดิบได้ผ่านการคัดเลือกเมล็ดมาแล้ว (จินตนา,2526) หรือจากการศึกษาวิจัยของ จวงจันทร์และคณะ(2544) เรื่องคุณภาพของเมล็ดพันธุ์กับการปนเปื้อนอฟลาทอกซิน โดยการทดลองปลูกถั่วลิสงขนาดต่างกันโดยใช้ถั่วลิสงจากแหล่งปลูกต่างๆ กัน จำนวน 10 ล็อต พบว่าการปนเปื้อนอฟลาทอกซินไม่มีความสัมพันธ์อย่างเด่นชัดกับขนาดของเมล็ด แต่มีแนวโน้มว่าเมล็ดถั่วลิสงที่มีปริมาณการปนเปื้อน อฟลาทอกซินสูงจะมีคุณภาพต่ำ และเสื่อมสภาพเร็วกว่าเมล็ดถั่วลิสงปกติ ทั้งในด้านของลักษณะภายนอกและรสชาด ทำให้เป็นสาเหตุของการปนเปื้อนอฟลาทอกซินตั้งแต่ก่อนแปรรูป โดยเฉพาะในถั่วลิสงป่นที่แปรรูปแล้วไม่ได้เก็บไว้ในภาชนะที่มิดชิดง่ายต่อการปนเปื้อน ทำให้มีโอกาสตรวจพบปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซินในระดับที่สูงขึ้น

**ตารางที่ 4.1** ผลการตรวจวิเคราะห์อฟลาทอกซินในถั่วลิสงดิบ และ ผลิตภัณฑ์ ปี 2549 - 2550

| ชนิดตัวอย่าง | จำนวนตัวอย่างทั้งหมด | จำนวนที่ตรวจพบปริมาณ > 20 พีพีบี (%) |
|---|---|---|
| ถั่วลิสงดิบ | 300 | 55(18.33) |
| ถั่วลิสงทอด | 400 | 75 (18.75) |
| ถั่วลิสงเคลือบ | 100 | 65(65.00) |
| ถั่วลิสงป่น | 300 | 190(63.33) |
| ถั่วลิสงคั่ว | 300 | 94(31.33) |
| ถั่วลิสงตัด/ถั่วกระจก | 97 | 28(28.86) |
| ถั่วลิสงทอดแพ | 28 | 8(28.57) |
| ถั่วลิสงตุ๊บตั๊บ | 35 | 17(48.57) |
| ถั่วลิสงอบเกลือ | 10 | 4(40.00) |
| ถั่วลิสงต้ม | 10 | 0 |
| กระยาสารท | 5 | 0 |
| รวม | 1,585 | 536(33.82) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่ 4.1 : ผลการตรวจวิเคราะห์อฟลาทอกซินถั่วลิสงและผลิตภัณฑ์ ปี 2549 - 2550**

**ตารางที่ 4.2** ผลการสำรวจการปนเปื้อนอฟลาทอกซิน ในเมล็ดถั่วลิสงดิบ 3 ขนาดที่วางขายตามท้องตลาด

| ขนาดเมล็ดถั่วลิสงดิบ | จำนวนตัวอย่างทั้งหมด | ปริมาณที่พบ > 20พีพีบี (%) |
|---|---|---|
| ขนาดใหญ่ | 75 | ND |
| ขนาดกลาง | 135 | 31(23.00) |
| ขนาดเล็ก | 90 | 24(27.00) |

ND = ตรวจไม่พบอฟลาทอกซินในปริมาณที่ > 20 พีพีบี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ทดลองคัดแยกเมล็ดถั่วลิสงดิบที่มีและไม่มีอฟลาทอกซินโดยใช้น้ำ

จากการนำถั่วลิสงดิบมาทำการทดลอง เลือกเฉพาะเมล็ดขนาดกลาง และขนาดเล็กที่นิยมนำมาใช้แปรรูป ถั่วลิสงดิบ จำนวน 20 ตัวอย่าง มาตรวจอฟลาทอกซินก่อนนำไปคัดแยก พบจำนวนการปนเปื้อน 15 ตัวอย่าง คิดเป็น 75.00 % ค่าปริมาณการปนเปื้อนที่พบอยู่ในช่วง 2.41 – 24.84 พีพีบี หลังจากนั้น นำเมล็ดถั่วลิสงดิบที่เหลือมาทำการคัดแยกเมล็ด พบว่า ถั่วลิสงดิบส่วนที่ลอยน้ำ จำนวน 20 ตัวอย่าง ตรวจพบจำนวนการปนเปื้อนอฟลาทอกซิน 16 ตัวอย่าง คิดเป็น 80.00 % ส่วนในตัวอย่างที่ 4 พบว่ามีการปนเปื้อนอฟลาทอกซิน เนื่องจากในส่วนของถั่วลิสงดิบตั้งต้น จะมีทั้งเมล็ดที่ดีและเมล็ดที่เสียปนกันอยู่ จึงเป็นไปได้ที่จะสุ่มไม่ทั่วถึง ทำให้จำนวนที่พบและปริมาณที่พบน้อยกว่าหรือไม่สามารถตรวจพบในตัวอย่างถั่วลิสงดิบตั้งต้น ค่าปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซิน ที่พบอยู่ในช่วง 9.78 – 67.21 พีพีบี และ ถั่วลิสงดิบส่วนที่จมน้ำ จำนวน 20 ตัวอย่าง ตรวจไม่พบการปนเปื้อนอฟลาทอกซินทุกตัวอย่าง ตามตารางที่ 4.3

ผลที่ได้จากการทดลองแบ่งออกเป็น 3 กรณี

กรณีที่ 1 ถั่วลิสงดิบตั้งต้นตรวจพบ ถั่วลิสงดิบส่วนลอยพบ และถั่งลิสงส่วนจมไม่พบ

กรณีที่ 2 ถั่วลิสงดิบตั้งต้นตรวจไม่พบ ถั่วลิสงดิบส่วนลอยไม่พบ และถั่งลิสงส่วนจมไม่พบ

กรณีที่ 3 ถั่วลิสงดิบตั้งต้นตรวจไม่พบ ถั่วลิสงดิบส่วนลอยพบ และถั่งลิสงส่วนจมไม่พบ จึงนำผลการทดลองที่ได้นั้นมาเปรียบเทียบ จำนวนการปนเปื้อนและ ปริมาณการปนเปื้อนระหว่างถั่วลิสงทั้ง 3 ชนิด จะพบว่าถั่วลิสงดิบที่ลอยน้ำ จะตรวจพบจำนวนการปนเปื้อนอฟลาทอกซินมากกว่า และระดับของปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซินสูงกว่าในถั่วอีก 2 ชนิด ถั่วดิบตั้งต้น กับถั่วดิบส่วนจมน้ำ (ภาพที่4.3)ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดถั่วดิบที่ลอยน้ำได้นั้น ส่วนมากเป็นเมล็ดที่เสียทำให้มีน้ำหนักเบา แตกหัก มีรู ซึ่งเกิดจาก กัดเจาะของแมลงหรือศัตรูอื่น ๆเปิดโอกาสให้เส้นใยของเชื้อราเข้าทำลายได้ง่าย (ดารา, 2521) แต่ก็มีบางตัวอย่างที่ถึงแม้จะเป็นเมล็ดส่วนลอยน้ำ แต่ตรวจไม่พบการปนเปื้อนอฟลาทอกซิน ทั้งนี้ เกิดจากการที่เมล็ดแตกหักเสียหายแต่เชื้อรายังไม่เข้าไปทำลายหรือยังไม่สร้างสารพิษ เพราะการเจริญเติบโตของเชื้อราต้องมีระยะเวลาและการสร้างสารพิษต้องมีปัจจัยหลายอย่าง (อนงค์, 2546) ส่วนถั่วลิสงดิบส่วนที่จม เพราะมีน้ำหนักของเมล็ดมากเป็นเมล็ดสมบรูณ์ เมื่อนำไปตรวจจึงตรวจไม่พบอฟลาทอกซิน และ ถั่วลิสงดิบตั้งต้นถ้าตรวจพบปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซินปริมาณสูง(24.84, 20.47 พีพีบี) ถั่วลิสงดิบส่วนลอยที่คัดทิ้งก็จะพบปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซินสูงตามด้วย (67.21, 50.84 พีพีบี)

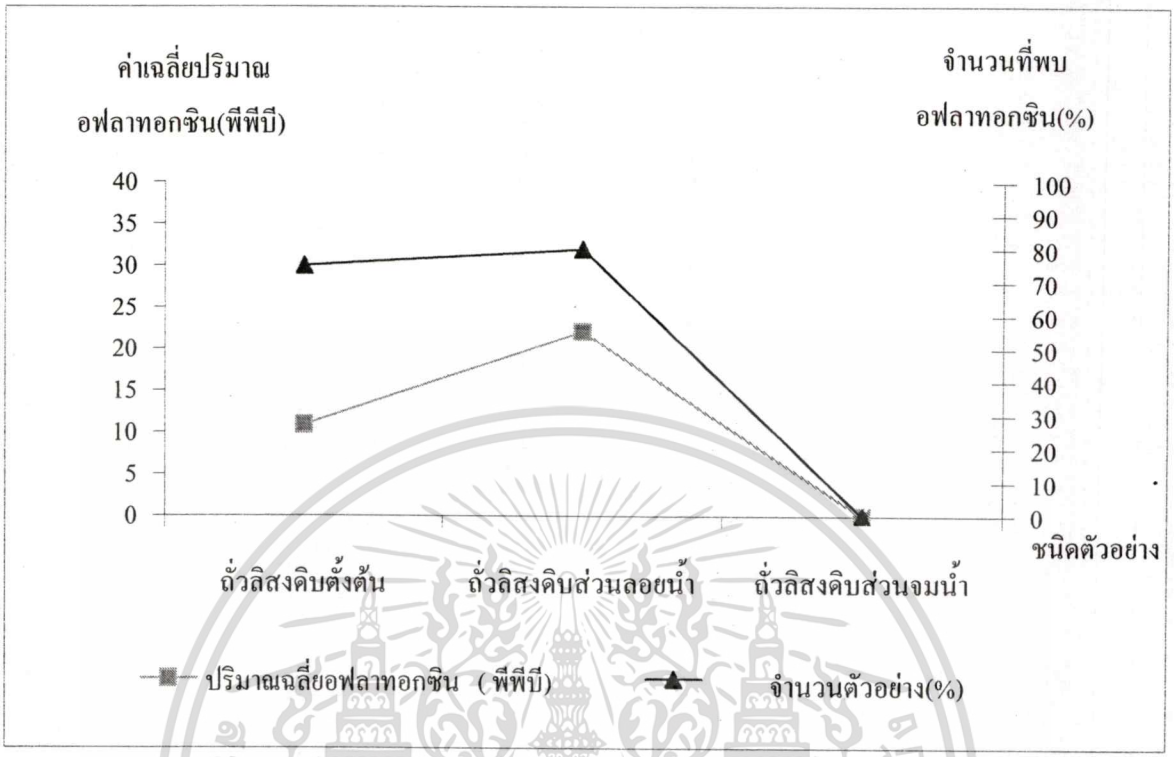
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.3** แสดงผลการปนเปื้อนอฟลาทอกซินในเมล็ดถั่วลิสงดิบที่คัดแยกเมล็ดด้วยน้ำ

| จำนวนตัวอย่าง | ปริมาณอฟลาทอกซิน(พีพีบี) | | |
|---|---|---|---|
| | ถั่วลิสงดิบตั้งต้น | ถั่วลิสงดิบส่วนลอยน้ำ | ถั่วลิสงดิบส่วนจมน้ำ |
| ตัวอย่างที่ 1 | 7.53 | 21.43 | ND |
| ตัวอย่างที่ 2 | 10.34 | 20.81 | ND |
| ตัวอย่างที่ 3 | ND | ND | ND |
| ตัวอย่างที่ 4 | ND | 22.17 | ND |
| ตัวอย่างที่ 5 | 4.67 | 11.06 | ND |
| ตัวอย่างที่ 6 | 2.89 | 11.37 | ND |
| ตัวอย่างที่ 7 | ND | ND | ND |
| ตัวอย่างที่ 8 | 8.73 | 16.00 | ND |
| ตัวอย่างที่ 9 | 7.64 | 13.20 | ND |
| ตัวอย่างที่ 10 | 7.98 | 10.77 | ND |
| ตัวอย่างที่ 11 | 13.48 | 17.63 | ND |
| ตัวอย่างที่ 12 | 11.55 | 12.33 | ND |
| ตัวอย่างที่ 13 | 24.84 | 67.21 | ND |
| ตัวอย่างที่ 14 | 14.01 | 20.20 | ND |
| ตัวอย่างที่ 15 | 9.08 | 29.00 | ND |
| ตัวอย่างที่ 16 | 2.41 | 9.78 | ND |
| ตัวอย่างที่ 17 | 17.63 | 19.89 | ND |
| ตัวอย่างที่ 18 | ND | ND | ND |
| ตัวอย่างที่ 19 | 20.47 | 50.84 | ND |
| ตัวอย่างที่ 20 | ND | ND | ND |
| จำนวนการปนเปื้อน(%) | 15(75.00) | 16(80.00) | 0 |
| ปริมาณการปนเปื้อน | 2.41 - 24.84 | 9.78 - 67.21 | 0 |
| ค่าเฉลี่ย | 10.88 | 22.11 | 0 |

ND = ตรวจไม่พบปริมาณอฟลาทอกซินในปริมาณ < 1 พีพีบี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่ 4.2 : เปรียบเทียบจำนวนตัวอย่างและปริมาณที่พบอฟลาทอกซินในถั่วลิสงดิบ 3 ชนิด**

## 4.3 การเปรียบเทียบผลทางสถิติ ระหว่างถั่วลิสง ทั้ง 3 แบบ กับการปนเปื้อนอฟลาทอกซิน

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.3 นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดย t-test เปรียบเทียบระหว่างถั่วลิสงทั้ง 3 แบบ ถั่วลิสงดิบตั้งต้น ถั่วลิสงดิบส่วนลอยน้ำและ ถั่วลิสงดิบส่วนจมน้ำ กับจำนวนการปนเปื้อนของอฟลาทอกซิน พบว่าในถั่วลิสงดิบส่วนจมน้ำตรวจไม่พบการ ปนเปื้อนอฟลาทอกซินทุกตัวอย่าง จึงได้ทำการเปรียบเทียบเฉพาะถั่วลิสงดิบตั้งต้น และถั่วลิสงดิบส่วนลอยน้ำ พบว่ามีปริมาณอฟลาทอกซินที่ปนเปื้อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % แสดงว่าวิธีคัดแยกเมล็ดถั่วลิสงที่มีอฟลาทอกซินออกจากเมล็ดถั่วลิสงที่ไม่มีอฟลาทอกซินโดยใช้น้ำสามารถแยกได้อย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.4 ศึกษาการนำถั่วลิงสงที่ผ่านการคัดแยกด้วยน้ำ และ ถั่วลิสงที่ไม่ผ่านการคัดแยกไปใช้แปรรูป เพื่อใช้เปรียบเทียบ ปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซิน อายุการเก็บรักษา

จากการสุ่มตรวจอฟลาทอกซิน ในเมล็ดถั่วลิสงดิบตั้งต้นที่นำมาทำการทดลองแปรรูป เพื่อศึกษาหาปริมาณอฟลาทอกซิน และ การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ พบว่าปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซิน ครั้งที่ 1. ตรวจพบ 10.15 พีพีบี และครั้งที่ 2. ตรวจพบ 8.19 พีพีบี มีค่าเฉลี่ย จากการทดลอง ทั้ง 2 ครั้ง รวม 9.17 พีพีบี จากนั้นนำเมล็ดถั่วลิสงดิบทุกชนิดที่ผ่านการคัดแยกและไม่ผ่านการคัดแยกไปแปรรูปเป็นถั่วลิสงคั่วและถั่วลิสงป่น เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอฟลาทอกซินที่เพิ่มขึ้น กับ ระยะเวลาการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.4) พบว่า ถั่วลิสงคั่วที่ไม่ผ่านการคัดแยกเมล็ด ตรวจพบปริมาณ อฟลาทอกซิน จากวันแรกของการแปรรูป (วันที่1) จนถึงวันสุดท้าย (วันที่28)ของระยะเวลาการเก็บ พบปริมาณอฟลาทอกซินอยู่ในช่วง 2.29 – 6.89 พีพีบี ถั่วลิสงป่นที่ไม่ผ่านการคัดแยกเมล็ด ตรวจพบปริมาณอฟลาทอกซิน จากวันแรกของการแปรรูป (วันที่1) จนถึงวันสุดท้าย (วันที่28) ของระยะเวลาการเก็บ พบปริมาณอฟลาทอกซินอยู่ในช่วง 2.26 – 45.39 พีพีบี ถั่วลิสงคั่วที่ผ่านการคัดแยกเมล็ดส่วนลอยน้ำ ตรวจพบปริมาณอฟลาทอกซิน จากวันแรกของการแปรรูป (วันที่1) จนถึงวันสุดท้าย (วันที่28) ของระยะเวลาการเก็บพบปริมาณอฟลาทอกซิน อยู่ในช่วง 13.53 – 45.17 พีพีบี ถั่วลิสงป่นที่ผ่านการคัดแยกเมล็ดส่วนลอยน้ำ ตรวจพบปริมาณอฟลาทอกซิน จากวันแรกของการแปรรูป (วันที่1) จนถึงวันสุดท้าย (วันที่28) ของระยะเวลาการเก็บ พบปริมาณอฟลาทอกซินอยู่ในช่วง 18.34 – 344.19 พีพีบี ถั่วลิสงคั่วและถั่วลิสงป่น ที่ผ่านการคัดแยกเมล็ด ส่วนจมน้ำ ตรวจไม่พบปริมาณอฟลาทอกซิน ในทุกระยะของการทดลองเก็บ จากผลการทดลองที่ได้เมล็ดถั่วลิสงดิบที่มีการปนเปื้อนอฟลาทอกซินตั้งแต่เริ่มต้น เมื่อนำมาแปรรูปเป็น ถั่วลิสงคั่ว และ ถั่วลิสงป่น แล้วเก็บไว้เป็นระยะเวลานานปริมาณอฟลาทอกซินเพิ่มสูงขึ้น ส่วนเมล็ดถั่วลิสงดิบที่ไม่มีการปนเปื้อนอฟลาทอกซินตั้งแต่เริ่มต้น เมื่อนำมาแปรรูปเป็นถั่วลิสงคั่วและถั่วลิสงป่น ถึงจะเก็บไว้เป็นระยะเวลานานก็ไม่พบการปนเปื้อนอฟลาทอกซิน จากการตรวจพบปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกวินในถั่วลิสงป่นมากกว่าถั่วลิสงคั่ว เพราะเกิดจากการ ที่ถั่วลิสงเมื่อนำมาบดจะมีทั้งเมล็ดที่เสียมากและเสียน้อยปนกันทำให้เกิดการปนเปื้อนมากขึ้นสามารถตรวจพบได้มากกว่าในถั่วลิสงคั่ว

ในการทดลองหาการปนเปื้อนอฟลาทอกซินในเมล็ดถั่วลิสงดิบและแปรรูป ตามระยะเวลาที่เก็บ ได้ทำการทดลองควบคู่ไปกับ การหาปริมาณความชื้นของเมล็ดถั่วลิสงดิบตั้งต้น ถั่วลิสงดิบที่ผ่านการแช่ในน้ำทั้งส่วนลอยน้ำและจมน้ำ ถั่วลิสงคั่วและถั่วลิสงป่นทุกตัวอย่าง เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอฟลาทอกซิน ความชื้น และ ระยะเวลาที่เก็บ ตามตารางที่ 4.5 พบว่าเมล็ดถั่วลิสงดิบตั้งต้นมีความชื้น 6.60 % ถั่วลิสงดิบส่วนลอยน้ำ มีความชื้น 7.50 % ถั่วลิสงดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนจมน้ำ มีความชื้น 8.70 % ก่อนแปรรูป และหลังแปรรูปพบเปอร์เซ็นต์ความชื้น ของวันที่ 1, 7 และ 14 พบถั่วลิสงคั่ว ไม่คัดแยก อยู่ในช่วง 2.70 – 7.70 % ในถั่วลิสงป่นไม่คัดแยก อยู่ในช่วง 2.70 – 13.30 % ถั่วลิสงคั่วคัดแยกส่วนลอยน้ำ อยู่ในช่วง 4.40 – 10.40 % ถั่วลิสงป่นคัดแยกส่วนลอยน้ำ อยู่ในช่วง 4.40 – 17.70 % ถั่วลิสงคั่วคัดแยกส่วนจมน้ำ อยู่ในช่วง 6.60 – 16.20 % ถั่วลิสงป่นคัดแยกส่วนจมน้ำ อยู่ในช่วง 6.60 – 20.10 % จากผลการทดลองที่ได้ เมื่อเก็บถั่วลิสงที่แปรรูปแล้วทั้งถั่วลิสงคั่ว และ ถั่วลิสงป่นไว้เป็นระยะเวลา 1 เดือน เก็บในสภาพการเก็บจริงของผู้บริโภค ปริมาณความชื้นที่ตรวจพบจะสูงขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บในถั่วทุกชนิด ถั่วลิสงคัดแยกส่วนที่จมน้ำปริมาณความชื้นสูงกว่าถั่วลิสงคัดแยกส่วนที่ลอยน้ำ และ ถั่วลิสงส่วนที่ไม่ผ่านการคัดแยกด้วยน้ำ ความแตกต่างที่เกิดขึ้นมาจากช่วงระยะเวลาที่ถั่วลิสงแช่อยู่ในน้ำ ส่วนที่จมน้ำจะแช่นานกว่าส่วนที่ลอย และ ส่วนที่ไม่ผ่านการคัดแยก ซึ่งดูได้จากค่าปริมาณความชื้นตั้งต้น สำหรับปริมาณความชื้นที่ตรวจพบในถั่วลิสงป่นสูงกว่าถั่วลิสงคั่ว สาเหตุเพราะว่าถั่วลิสงเมื่อนำมาบดละเอียดจะมีเนื้อสัมผัสที่สัมผัส กับอากาศมากกว่าถั่วลิสงทั้งเม็ด

หลังจากทำการทดลองหาปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซินควบคู่ไปกับปริมาณความชื้น เพื่อที่จะหาความสัมพันธ์กับการเพิ่มของปริมาณอฟลาทอกซินในถั่วลิสง พบว่าปริมาณอฟลาทอกซิน ถูกพบเพิ่มขึ้นเฉพาะในตัวอย่างถั่วลิสงที่มีการปนเปื้อนอฟลาทอกซิน ตั้งแต่เริ่มแรกส่วนปริมาณความ ชื้นจะเพิ่มขึ้นจากวันแรกในทุก ๆ ตัวอย่าง แสดงว่าความชื้นที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อการเกิด อฟลาทอกซินในเมล็ดถั่วลิสงคั่วและถั่วลิสงป่น ที่เก็บในอุณหภูมิห้องและภาชนะบรรจุเหมือนกับที่ผู้บริโภคเก็บในระยะเวลา 1 เดือน สอดคล้องกับการศึกษาวิจัยของ จวงจันทร์ และคณะ (2544) พบว่า ถั่วลิสงชุดที่ตรวจพบสารพิษอฟลาทอกซินตอนเริ่มต้น จะมีการปนเปื้อนมากขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ส่วนถั่วลิสงชุดที่ตรวจไม่พบการปนเปื้อนของอฟลาทอกซินตั้งแต่เริ่มแรก ก็จะไม่มีการปนเปื้อนสารพิษ อฟลาทอกซินในระหว่างการเก็บรักษา และยังมีการศึกษาการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวที่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ด พบว่า เมล็ดพันธ์ที่ปลิดฝักแล้วเก็บในที่ร่ม 2 สัปดาห์ พบปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซินสูงกว่า เมล็ดพันธ์ที่ปลิดฝักแล้วตากทันที และ เมล็ดพันธ์ที่ทิ้งไว้ในแปลง 2 สัปดาห์จึงปลิดฝัก ในระยะเวลาของการเก็บ 9 เดือนและควบคุมความชื้นต่ำกว่า 9 % ทั้ง 3 ชนิด และ จากการศึกษาของ ดรุณีและคณะ (2546) ในเรื่องการหาความสัมพันธ์ระหว่างการเพิ่มความชื้นของฝักถั่วลิสงก่อนการกระเทาะเปลือกกับการสร้างอฟลาทอกซิน จากการตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อรา *A. flavus* *A. parasiticus* และ *A. niger* พบว่าการเพิ่มความชื้นฝัก ถั่วลิสงก่อนการกระเทาะไม่มีผลต่อปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อรา *A. flavus* ในเมล็ด ที่เก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิห้อง 4 สัปดาห์ แต่จะเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 6

จากผลิตภัณฑ์ที่ได้ นำไปสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภค 20 คนโดยสังเกตจากการสัมผัสความกรอบและความร่วนด้วยมือและตาแทนการชิมหรือดมกลิ่น เพราะเนื่องจากตัวอย่างมีการปนเปื้อนอฟลาทอกซินจึงเป็นอันตราย พบว่าความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อถั่วลิสงคั่วและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถั่วลิสงป่น ในระยะเวลาการเก็บ 28 วัน จะเห็นว่าความชื้นที่เกิดขึ้นมีผลต่อความพึงพอใจในถั่วลิสงคั่ว มากกว่า ถั่วลิสงป่น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างถั่วลิสงคั่วไม่ผ่านการคัดแยก(93.00%) กับถั่วลิสงคั่วที่ผ่านการคัดแยกส่วนจมน้ำ (79.00%) และ ถั่วลิสงป่นไม่ผ่านการคัดแยก (83.00%) กับถั่วลิสงป่นที่ผ่านการคัดแยกส่วนจมน้ำ (78.00%) (ตารางที่ 4.6) ระดับความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อถั่วลิสงคั่วและถั่วลิสงป่น ระดับที่พึงพอใจมากที่สุดอยู่ในช่วงการเก็บวันที่ 1 ถึงวันที่ 7 จะชอบทั้งเนื้อสัมผัสที่กรอบและกลิ่นที่หอม ระดับพอใจรับประทานได้อยู่ในช่วงการเก็บหลังวันที่ 7 ถึงวันที่ 14 และหลังจากวันที่ 14 จนถึงวันที่ 21 อยู่ในระดับพอรับประทานได้ และ ไม่รับประทาน ถึงแม้ว่าปริมาณความชื้นที่ตรวจพบในถั่วลิสงคั่วจะน้อยกว่าในถั่วลิสงป่น แต่เนื่องจากการบริโภคถั่วลิสงคั่ว ความกรอบจะมาเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาอันดับหนึ่งของผู้บริโภค ส่วนถั่วลิสงป่นการบริโภคมักจะนำไปเป็นส่วนประกอบในอาหารทำให้ความชื้นที่เกิดขึ้นกับเนื้อสัมผัสไม่เป็นปัญหาต่อการบริโภคมากนัก

**ตารางที่ 4.4** การเปลี่ยนแปลงปริมาณเฉลี่ยของอฟลาทอกซิน ในถั่วลิสงประเภทต่าง ๆ

| ชนิดตัวอย่าง | ปริมาณอฟลาทอกซินตามระยะเวลาที่เก็บ(พีพีบี) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 วัน | 7 วัน | 14 วัน | 21 วัน | 28 วัน |
| ถั่วลิสงคั่วไม่คัดแยก | 2.29 ± 0.15$^{a}$ | 2.81± 0.42$^{a}$ | 3.76± 0.92$^{a}$ | 4.95± 0.36$^{ab}$ | 6.89 ± 2.24$^{b}$ |
| ถั่วลิสงป่นไม่คัดแยก | 2.66 ± 1.72$^{a}$ | 3.53± 0.98$^{a}$ | 12.93± 3.33$^{a}$ | 31.04± 8.37$^{b}$ | 45.39± 7.45$^{c}$ |
| ถั่วลิสงคั่วลอยน้ำ | 13.53 ± 6.12$^{a}$ | 20.17± 6.58$^{ab}$ | 27.71± 10.66$^{ab}$ | 34.69± 7.74$^{ab}$ | 45.17± 14.09$^{b}$ |
| ถั่วลิสงป่นลอยน้ำ | 18.34± 10.11$^{a}$ | 27.85± 3.86$^{a}$ | 43.41± 10.52$^{a}$ | 115.67± 7.77$^{b}$ | 344.19± 29.15$^{c}$ |
| ถั่วลิสงคั่วจมน้ำ | ND | ND | ND | ND | ND |
| ถั่วลิสงป่นจมน้ำ | ND | ND | ND | ND | ND |

หมายเหตุ ตัวอักษรต่างกัน หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

ND = ตรวจไม่พบปริมาณอฟลาทอกซินในปริมาณ < 1 พีพีบี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.5** ปริมาณค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เพิ่มขึ้นของถั่วลิสงคั่วและป่น

| ชนิดตัวอย่าง | ปริมาณความชื้น(%) | | |
|---|---|---|---|
| | ระยะเวลา 1 วัน | ระยะเวลา 7 วัน | ระยะเวลา 14 วัน |
| ถั่วลิสงดิบตั้งต้น | 6.60 | - | - |
| ถั่วลิสงดิบส่วนลอยน้ำ | 7.50 | - | - |
| ถั่วลิสงดิบส่วนจมน้ำ | 8.70 | - | - |
| ถั่วลิสงคั่วไม่คัดแยก | 2.70 | 3.50 | 7.70 |
| ถั่วลิสงป่นไม่คัดแยก | 2.70 | 5.40 | 13.30 |
| ถั่วลิสงคั่วลอยน้ำ | 4.40 | 6.20 | 10.40 |
| ถั่วลิสงป่นลอยน้ำ | 4.40 | 10.50 | 17.70 |
| ถั่วลิสงคั่วจมน้ำ | 6.60 | 7.90 | 16.20 |
| ถั่วลิสงป่นจมน้ำ | 6.60 | 15.90 | 20.10 |

**ตารางที่ 4.6** ผลสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อถั่วลิสงคั่วและถั่วลิสงป่น

| ชนิดตัวอย่าง | เนื้อสัมผัส (ความกรอบ, ความร่วน) | | | | | รวมคะแนน (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | วันที่ 1 | วันที่ 7 | วันที่ 14 | วันที่ 21 | วันที่ 28 | |
| ถั่วลิสงคั่วไม่คัดแยก | 4.80 | 4.15 | 3.65 | 3.20 | 2.80 | 18.60(93.00) |
| ถั่วลิสงคั่วลอยน้ำ | 4.15 | 3.60 | 3.25 | 2.75 | 2.50 | 16.25(81.00) |
| ถั่วลิสงคั่วจมน้ำ | 4.30 | 3.50 | 3.00 | 2.50 | 2.50 | 15.80(79.00) |
| ถั่วลิสงป่นไม่คัดแยก | 4.25 | 3.60 | 3.35 | 2.90 | 2.55 | 16.65(83.00) |
| ถั่วลิสงป่นลอยน้ำ | 4.25 | 3.80 | 3.00 | 2.55 | 2.40 | 16.00(80.00) |
| ถั่วลิสงป่นจมน้ำ | 4.30 | 3.60 | 3.00 | 2.85 | 2.20 | 15.70(78.00) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของอายุการเก็บรักษาและชนิดถั่วลิสงดิบที่นำมาแปรรูป ที่มีผลต่อปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซินในถั่วลิสงแปรรูป

จากผลการทดลองตามตารางที่ 4.4 เมื่อนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ พบว่าถั่วลิสงดิบส่วนจมน้ำที่แปรรูปเป็นถั่วลิสงคั่วและถั่วลิสงป่นนั้น ไม่ได้นำมาประเมินผลเปรียบเทียบทางสถิติ เนื่องจากตรวจไม่พบปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซินในทุกตัวอย่าง เพราะเป็นถั่วลิสงที่ผ่านการคัดแยกเอาเฉพาะเมล็ดที่สมบูรณ์ ไม่แตกหัก ไม่ลีบเสีย สำหรับถั่วลิสงดิบส่วนที่ลอยน้ำเมื่อแปรรูปเป็นถั่วลิสงคั่วและถั่วลิสงป่นจะพบปริมาณอฟลาทอกซินสูงกว่าถั่วลิสงดิบที่ไม่ผ่านการคัดแยกเมื่อนำมาแปรรูปเป็นถั่วลิสงคั่วและถั่วลิสงป่น ทั้งนี้เนื่องจากถั่วลิสงดิบที่ไม่ได้คัดแยกมีทั้งเมล็ดดีและเมล็ดเสียคละกันทำให้การสุ่มตัวอย่างมีส่วนของเมล็ดดีคละมาด้วยจึงมีปริมาณอฟลาทอกซินน้อยกว่าถั่วลิสงดิบส่วนที่ลอยน้ำ เมื่อเก็บถั่วลิสงคั่วและถั่วลิสงป่นที่ได้จากถั่วลิสงดิบส่วนลอยน้ำและถั่วลิสงดิบไม่คัดแยก พบว่าปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซินมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกผลิตภัณฑ์ ถั่วลิสงคั่วที่ได้จากถั่วลิสงดิบส่วนลอยน้ำและถั่วลิสงดิบที่ไม่คัดแยก พบว่ามีปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซินสูงขึ้นในสัปดาห์ที่ 4 (วันที่ 28) โดยมีปริมาณที่สูงขึ้นจากวันที่ 1 ถึง 3เท่า และปริมาณที่สูงขึ้นนี้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %จากสัปดาห์อื่นๆ สำหรับถั่วลิสงป่นที่ได้จากถั่วลิสงดิบส่วนลอยน้ำและถั่วลิสงดิบไม่คัดแยก พบว่ามีปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซินสูงขึ้นในสัปดาห์ที่ 3 (วันที่ 21) โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % จากสัปดาห์ที่ 1 และ2 เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ทั้งสองถึงสัปดาห์ที่ 4 พบว่าปริมาณอฟลาทอกซินของผลิตภัณฑ์แบบป่น จากวัตถุดิบ 2 ชนิดนี้สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % จากสัปดาห์ที่ 3 และปริมาณอฟลาทอกซินที่สูงขึ้นมากกว่าวันที่ 1 ถึง 18 เท่าแสดงว่า ถั่วลิสงป่นมีปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซินเร็วกว่าและสูงกว่าถั่วลิสงคั่ว ในระยะเวลาการเก็บผลิตภัณฑ์ที่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลการทดลอง

## 5.1 สำรวจสภาวะการปนเปื้อนอฟลาทอกซินในถั่วลิสง และผลิตภัณฑ์

จากผลการสำรวจ ถั่วลิสงดิบและผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดเพื่อแสดงให้เห็นสถานการณ์ของการปนเปื้อนอฟลาทอกซิน สรุปได้ว่า จากตัวอย่างทั้งหมด 11 ชนิด จำนวน 1,585 ตัวอย่าง พบ 536 (33.82%) ตัวอย่าง ที่มีการปนเปื้อนอฟลาทอกซินในระดับที่สูงกว่า 20 พีพีบี ซึ่งเป็นเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข ที่ใช้เป็นตัวกำหนดความเสี่ยงที่ต้องเฝ้าระวังความปลอดภัยของการปนเปื้อน อฟลาทอกซินในอาหาร ถั่วลิสงเคลือบ 100 ตัวอย่างพบ 65 (65.00%) ถั่วลิสงป่น 300 ตัวอย่างพบ 190 (63.33%) และ ถั่วลิสงตุ๊บตั๊บ 35 ตัวอย่างพบ 17 (48.57%) เป็นตัวอย่าง 3 อันดับแรกที่มีจำนวนการปนเปื้อนอฟลาทอกซินมากที่สุด จากผลการสำรวจที่ได้นำมาเปรียบเทียบกับข้อมูล ระหว่าง 2529 – 2530 (ทิพยา,2530) ที่มีการสำรวจพบจากจำนวน 120 ตัวอย่าง พบ 64 (53.33%) ตัวอย่าง เกินมาตรฐาน30 (25.00%) ตัวอย่าง พบมากที่สุดในถั่วลิสงป่นพบจำนวนการปนเปื้อนอฟลาทอกซิน 27 ตัวอย่างจาก 49 ตัวอย่างคิดเป็น 55.10 % เมื่อดูตามชนิดของ ผลิตภัณฑ์ ถั่วลิสงป่นจัดเป็นตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนอฟลาทอกซินอย่างสม่ำเสมอ คือพบในอัตราที่ใกล้เคียงกัน สาเหตุสำคัญ คือ ถั่วลิสงดิบที่นำมาใช้ส่วนใหญ่เป็นเมล็ดที่ถูกคัดทิ้ง เช่น เมล็ดลีบเล็ก แตกหัก มีเชื้อราขึ้น หรือ มีความชื้นในเมล็ดสูง ผู้บริโภคจะไม่สามารถดูจากลักษณะภายนอกได้เลย ทำให้มีการปนเปื้อนอฟลาทอกซินตั้งแต่ในวัตถุดิบ และการบรรจุจำหน่ายตามท้องตลาดส่วนมากจะเป็นในลักษณะไม่ปิดสนิท ถึงในปัจจุบันจะมีแบบปิดสนิทอยู่บ้างแต่ก็ขายปริมาณมากซึ่งไม่สามารถใช้ได้หมดภายในระยะเวลาสั้น ประกอบกับลักษณะการบริโภคโดยทั่วไป เช่น เครื่องปรุงรสของก๋วยเตี๋ยว ก็ไม่ได้เป็นแบบปิดสนิท เพียงพอที่จะป้องกันมิให้เชื้อราเจริญเติบโต จึงเป็นเหตุผลที่สามารถตรวจพบ อฟลาทอกซินในถั่วลิสงป่นได้อย่างสม่ำเสมอฉะนั้นจึงได้นำถั่วลิสงป่นมาลองศึกษาเพื่อลดการเกิดอฟลาทอกซินโดยการคัดแยกเมล็ด

## 5.2 ทดลองคัดแยกเมล็ดถั่วลิสงดิบที่มีและไม่มีอฟลาทอกซินโดยใช้น้ำ

จากการทดลองสรุปได้ว่าสามารถคัดแยกเอาเมล็ดถั่วลิสงที่เสีย ออกจากเมล็ดถั่วลิสงที่ดีได้ 100 % และเมื่อนำไปวิเคราะห์หาอฟลาทอกซินพบว่าในถั่วลิสงดิบที่ลอยน้ำตรวจพบอฟลาทอกซินจำนวน16 ตัวอย่างจากตัวอย่างทั้งหมด 20 ตัวอย่างคิดเป็น (80.00%) และในถั่วลิสงที่จมน้ำทุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างตรวจไม่พบอฟลาทอกซินจากถั่วลิสงดิบตั้งต้นเดียวกันหลักของการคัดแยกด้วยการแช่น้ำนี้เป็นการคัดแยกที่อาศัยลักษณะทางกายภาพของเมล็ดเสีย ที่จะมีน้ำหนักของเมล็ดที่เบากว่าเมล็ดดี และวิธีการแปรรูปโดยทั่วไปควรที่จะล้างวัตถุดิบเพื่อเอาเศษสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนออกก่อนทำให้เมื่อเพิ่มขั้นตอนในการคัดแยกเมล็ดนี้เข้าไปในวิธีการแปรรูปจึงไม่เป็นการเพิ่มภาระทั้งเรื่องค่าใช้จ่ายและขั้นตอนที่ยุ่งยากให้กับผู้ประกอบการ

## 5.3 ศึกษาการนำถั่วลิงสงที่ผ่านการคัดแยกด้วยน้ำ และ ถั่วลิสงที่ไม่ผ่านการคัดแยก ไปใช้แปรรูป เพื่อใช้เปรียบเทียบ ปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซิน อายุการเก็บรักษา

ทำการแปรรูปถั่วลิสงดิบ โดยการคัดแยกเมล็ดและไม่คัดแยกเมล็ดมาเป็นถั่วลิสงคั่ว และถั่วลิสงป่น และเก็บไว้ในสภาพเหมือนกับที่บริโภคจริง คือ ถั่วคั่วเก็บในกระปุกมีฝาปิด และ ถั่วลิสงป่นเก็บในถุงพลาสติกรัดปากถุงด้วยยางรัด ได้ว่าถั่วลิสงคั่วและถั่วลิสงป่น ที่ไม่ได้ผ่านการคัดแยก ในระยะเวลา 1 เดือน พบปริมาณอฟลาทอกซินเพิ่มสูงขึ้น 3 เท่า (2.29 - 6.89 พีพีบี) และ17 เท่า (2.66 -45.39 พีพีบี) ถั่วลิสงคั่วและป่น ที่ผ่านการคัดแยกส่วนลอยน้ำ ในระยะเวลา 28 วัน พบปริมาณอฟลาทอกซินเพิ่มสูงขึ้น 3 เท่า (13.53 -45.17 พีพีบี) และ18 เท่า ( 18.34 -344.19 พีพีบี) ถั่วลิสงคั่ว และถั่วลิสงป่น ที่ผ่านการคัดแยกถั่วลิสงคัดแยกส่วนจมน้ำในระยะเวลา 1 เดือน ตรวจไม่พบปริมาณอฟลาทอกซิน ส่วนการหาปริมาณความชื้นพบว่าจะเพิ่มขึ้นในถั่วลิสงทุกชนิด ตามระยะเวลาที่เก็บ แสดงว่าปริมาณความชื้นเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณอฟลาทอกซินให้สูงขึ้นถ้าวัตถุดิบตั้งต้นที่นำมาแปรรูปมีอฟลาทอกซินปนเปื้อน และ ปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นในระยะเวลา 28 วัน จะไม่มีผลต่อปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซิน ถ้าวัตถุดิบที่นำมาแปรรูปไม่มีอฟลาทอกซินตั้งแต่ต้น เพราะจากผลการทดลองถั่วลิสงไม่คัดแยกและถั่วลิสงส่วนลอยน้ำความชื้นเพิ่ม ปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซินสูงขึ้นแต่ในถั่วลิสงส่วนที่จมน้ำมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นแต่ตรวจไม่พบปริมาณการปนเปื้อนของอฟลาทอกซิน ดังนั้น สามารถบอกได้ว่า ถั่วลิสงที่ไม่มีอฟลาทอกซินตั้งแต่แรก ถึงจะมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นก็ไม่มีผลต่อปริมาณการปนเปื้อนของอฟลาทอกซินในระยะเวลา 28 วัน สำหรับความชื้นที่เกิดขึ้นมีผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อเนื้อสัมผัสความกรอบของถั่วลิสงคั่วและ ความร่วนซุยของถั่วลิสงป่น ระดับการยอมรับที่พึงพอใจอยู่ใน ช่วง 14 วันแรกโดยเฉพาะในถั่วลิสงคั่ว มีผลมากกว่าถั่วลิสงป่น เพราะความกรอบของเนื้อสัมผัสเป็นตัวชี้วัดคุณภาพของถั่วลิสงคั่ว มากกว่าถั่วลิสงป่นที่นำไปใช้เป็นส่วน ประกอบอาหารเนื้อสัมผัสจึงไม่เป็นปัญหามากนัก

ดังนั้นทั้งจากผลการสำรวจ และ ข้อมูลจากผลการทดลอง สามารถบอกได้ว่าปัญหาการปนเปื้อนอฟลาทอกซินในถั่วลิสงดิบที่ใช้เป็นวัตถุดิบของการแปรรูป ลดลงจากเดิมประมาณ 1 ใน 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง ก่อนที่จะมีโครงการแก้ปัญหาอฟลาทอกซินในอาหารและอาหารสัตว์แบบครบวงจร โดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม ระหว่างปีพ.ศ.2539 – 2543 ทำให้ผู้ผลิต และผู้บริโภคสามารถมีโอกาสที่จะได้เลือกซื้อวัตถุดิบที่ปลอดภัยได้ แต่อฟลาทอกซินเป็นสารพิษที่เกิดจากเชื้อรา ฉะนั้น ถ้าเชื้อราอยู่ในสภาวะที่เหมาะกับการเจริญเติบโตก็จะมีโอกาสสร้างสารพิษอฟลาทอกซินขึ้นมาได้อีก กรรมวิธีที่ดีที่สุด คือการคัดแยกเมล็ดเสียออกก่อนนำมาแปรรูป และ ไม่ควรเก็บไว้ทานเกิน 14 วัน และต้องเก็บไว้ในภาชนะปิดสนิท ส่วนวิธีการคัดเมล็ด โดยการแช่น้ำนี้จะช่วยให้การคัดเมล็ดทำได้ผลมากกว่าคัดด้วยตาเปล่า นอกจากจะสามารถลดการปนเปื้อนอฟลาทอกซินลงได้แล้ว ยังช่วยทำความสะอาดวัตถุดิบที่นำมาแปรรูปอีกด้วย และเป็นวิธีที่ไม่ไปเพิ่มต้นทุน ค่าใช้จ่ายหรือ ขั้นตอนที่ยุ่งยากให้กับผู้ประกอบการ

## ข้อเสนอแนะ

1. ควรจัดทำคู่มือวิชาการอบรมผู้ผลิต เรื่องการปนเปื้อนของอฟลาทอกซิน ตั้งแต่การคัดเลือกวัตถุดิบที่นำมาผลิต การเก็บรักษาวัตถุดิบ จนถึงการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปเพื่อให้เกิดการพัฒนาวิธีการผลิต

2. ควรจัดทำสื่อต่างๆให้ความรู้ประชาชน เรื่องสารพิษจากเชื้อราอฟลาทอกซินเพื่อให้รู้ถึงสาเหตุการเกิดสารพิษอฟลาทอกซิน และโทษที่เกิดต่อร่างกาย รวมถึงวิธีการเลือกบริโภคที่ปลอดภัย

3. สำหรับถั่วลิสงที่ตรวจพบการปนเปื้อนอฟลาทอกซิน ควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมมากขึ้นถึงแนวทางที่จะลดแล้วนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกครั้ง นอกเสียจากจะทำลายเช่น ใช้เลี้ยงสัตว์ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ จากการศึกษาวิจัยของ Jorgenssen และ คณะ (1990) ที่ได้ทดลองนำเมล็ดฝ้ายที่ปนเปื้อนอฟลาทอกซินไปผ่านแอมโมเนีย แล้วนำไปเลี้ยงวัว ปรากฏว่าน้ำนมมีระดับของ $AFB_1$ และ $AFM_1$ ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับวัวที่เลี้ยงด้วยเมล็ดฝ้ายที่ไม่ผ่านแอมโมเนีย หรือ การนำไปเป็นวัสดุหมักสำหรับการเพาะปลูก จากการศึกษาการใช้ประโยชน์จากถั่วลิสงที่มีการปนเปื้อนสารพิษอฟลาทอกซิน ของ จวงจันทร์และคณะ (2543) พบว่า พืชที่ปลูกในวัสดุหมักจากถั่วลิสงด้อยคุณภาพ ไม่มีการปนเปื้อนอฟลาทอกซินทำให้ได้ผลผลิตที่ดีและลดอัตราการใส่ปุ๋ยของเกษตรกรหรือการนำไปทำน้ำมันไบโอดีเซล นับว่าเป็นอีกทางเลือกหนึ่งน่าสนใจในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม


กรมส่งเสริมการเกษตร. 2532. **คู่มือชุดพืชศาสตร์ที่ 1 ถั่วลิสง.** กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เกศรา นุตาลัย. 2526. "การศึกษาอฟลาทอกซินในถั่วลิสง." หน้า 397-407 ใน **รายงานการสัมมนาเชิงปฏิบัติการงานวิจัยถั่วลิสง ครั้งที่ 3.** ณ. วิทยาเขตกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 19 –21 เมษายน.

จักรพันธุ์ ปัญจะสุวรรณ. 2542. **พิษภัยในอาหาร.** กรุงเทพ ฯ : โอดียนสโตร์.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา ศรัณย์ วรรธนัจฉริยา ดวงจันทร์ สุประเสริฐ เพ็ญขวัญ ชมปรีดา และ อมรา ชินภูมิ. 2544 . "เอกสารสรุปสำหรับผู้บริหาร การเก็บรักษาและการใช้ประโยชน์จากถั่วลิสงที่มีการปนเปื้อนสารพิษอฟลาทอกซิน และคุณภาพและการปนเปื้อนสารพิษ อฟลาทอกซินในถั่วลิสงที่นำเข้าจากต่างประเทศ รวมทั้งการศึกษาหาความเป็นไปได้ในการกำหนดราคาซื้อขายถั่วลิสงโดยใช้เกณฑ์ความชื้นของเมล็ด." ใน **การสัมมนาเรื่องการแก้ปัญหาอฟลาทอกซินในอาหารและอาหารสัตว์แบบครบวงจร.** ณ. จังหวัด เพชรบุรี 17 – 19 กันยายน .

จินตนา อุปดิสสกุล. 2526. "การใช้ประโยชน์ของถั่วลิสง." หน้า 419-432 ใน **รายงานการสัมมนาเชิงปฏิบัติการงานวิจัยถั่วลิสง ครั้งที่ 3.** ณ. วิทยาเขตกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 19 –21 เมษายน.

จินตนา อุปดิสสกุล เพ็ญขวัญ ชมปรีดา และ วิชัย หฤทัยธนาสันติ์. 2534. "การปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตและคุณภาพของถั่วลิสงป่น. หน้า 357-359. ใน "**รายงานการสัมมนาเชิงปฏิบัติการงานวิจัยถั่วลิสง ครั้งที่ 10.**" ณ. โรงแรมหินสวยน้ำใส จังหวัดระยอง 16-19 ตุลาคม.

ดวงจันทร์ สุประเสริฐ์ และ วนิดา ยุรญาติ. 2547. "สารพิษอฟลาทอกซินที่ปนเปื้อนในถั่วลิสง และผลิตภัณฑ์ระหว่างปี พ.ศ. 2537 – 2545." **วารสารอาหาร.** 34(1) : 30-33.

ดารา พวงสุวรรณ. 2521. "สารพิษอฟลาทอกซินในถั่วลิสง." ใน **รายงานการสัมมนาเรื่องถั่วลิสงและ ถั่วชนิดอื่น ๆ บางชนิด .** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา ลาดพร้าว.

ดุษณี ธนะบริพัฒน์ และ อรไท สุขเจริญ. 2540. "การสำรวจหาสารพิษอฟลาทอกซินในน้ำนมมารดา." **วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง.** 5(2) : 1-5.

ดรุณี โชติษฐยางกรู,สนั่น จอกลอย และ โสภณ วงศ์แก้ว. 2546. รายงานการวิจัย ความสัมพันธ์ระหว่างการเพิ่มความชื้นฝักถั่วลิสงก่อนการกะเทาะเปลือกกับการสร้างอฟลาทอกซิน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทรงพล ตันพิพัฒน์. 2529. **พืชน้ำมัน.** ภาควิชาการเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิพยา ปาณะโตษะ ศิริพรรณ เอี่ยมรุ่งโรจน์ วารุณี เสนสุภา และ ทรงพล รัตนพันธุ์. 2530. **รายงานการวิจัย การปนเปื้อนอฟลาทอกซินในอาหารสำเร็จรูปที่ทำจากถั่ว.** ฝ่ายค้นคว้า และวิจัย กองวิชาการ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา.

ธีระยุทธ กลิ่นสุคนธ์ และ ชัยวัฒน์ ต่อสกุลแก้ว. 2524. **แอฟฟลาท๊อกซิน (สารพิษจากเชื้อราที่ทำให้เกิดมะเร็งในตับ).** ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

นิธิยา รัตนาปนนท์ และ วิบูลย์ รัตนาปนนท์. 2543. **สารพิษในอาหาร.** กรุงเทพ ฯ : โอดียนสโตร์

นรสีห์ ตระกูลช่าง. 2520. "เชื้อราบ่อนทำลายเศรษฐกิจ." **วารสารแก่นเกษตร.** 5 (6) : 269

ประกาย บริบูรณ์ ปรีชา จึงสมานุกูล ดวงดาว วงศ์สมมาตร์ นวรัตน์ รัตนดิลก ณ ภูเก็ต วนิดา ยุรญาติ และ ทองสุข ปายะนันท์. 2548. "คุณภาพความปลอดภัยของส้มตำ:กรณีกรุงเทพมหานครและปริมณฑล." **วารสารวิชาการสาธารณสุข.** 14 (5) : 910-918

พวงทอง ยินอัศวพรรณ และ ลำดวน สุภา. 2527. "การศึกษาอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธ์ถั่วลิสงในสภาพแวดล้อมของกสิกร" **รายงานความก้าวหน้าวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวถั่วลิสง.** คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พระราชบัญญัติ พ.ศ. 2522. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (2529) เรื่องมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข

มาลินี ลิ้มโภคา . 2520. **สารพิษอฟลาทอกซิน (Aflatoxin) . พิษวิทยาและการวินิจฉัยโรคทางสัตวแพทย์.** กรุงเทพฯ :โรงพิมพ์จรัญสนิทวงศ์.

มาลินี ลิ้มโภคา. 2527. **พิษวิทยาและปัญหาที่พบในสัตว์.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จรัลสนิทวงศ์.

ไมตรี สุทธจิตต์. 2528. "สารพิษและสารอันตรายจากธรรมชาติ." **วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.** 30(1) : 207-222

ไมตรี สุทธจิตต์. 2531. **สารพิษรอบตัวเรา.** ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เยาวมาลย์ ค้าเจริญ เชิดชัย รัตนเศรษฐากุล และ สาโรช ค้าเจริญ. 2543. รายงานผลของอฟลาทอกซินต่อความเสี่ยงของสุขภาพ และ การผลิตสัตว ( ภายใต้โครงการแก้ไขปัญหาอฟลาทอกซินใน อาหารและอาหารสัตว์แบบครบวงจร). คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รณภพ บรรเจิดเชิดชู กนิษฐ์ ชาวนา และ เรวัต เลิศฤทัยโยธิน. 2536. ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่างๆ ของถั่วลิสงกับระดับการเกิดเชื้อรา *Aspergillus flavus* และปริมาณสารพิษอฟลาทอกซินในเมล็ด. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิรัช ศิวะพิรุฬห์เทพ. 2524. "ผลอฟลาทอกซินที่มีต่อเศรษฐกิจและคุณลักษณะของไก่กระทง" ปริญญานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมพงษ์ หันพงศ์กิติกูล. 2526. "ผลอฟลาทอกซินที่มีต่อคุณลักษณะและการใช้พลังงานในอาหารของสุกรในระยะการเจริยเติบโต." ปริญญานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาสัตวบาล. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์ . 2545. **จุลชีววิทยาทางอาหาร.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สุมาลัย ศรีกำไลทอง และ สุภัทรา มั่นสกุล . 2523. การทำลายพิษอฟลาทอกซินในน้ำมันถั่วลิสงในขั้นห้องปฏิบัติการ. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ

สุมาลัย ศรีกำไลทอง และ สุภัทรา มั่นสกุล . 2525. การศึกษาปริมาณอฟลาทอกซินน้ำมันพืชธรรมชาติ และ การกำจัดสารพิษ. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ

เสถียร พิมสาร. 2527. "การใช้ปุ๋ยกับถั่วลิสง." **เอกสารการอบรมการปลูกถั่วลิสงสถาบันวิจัยพืชไร่.** กรมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น 13 – 18 สิงหาคม

อนงค์ บิณฑวิหค. 2546. **สารพิษจากเชื้อรา : อฟลาทอกซิน .** ภาควิชาเภสัชวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อมรา กิ่งเกตุ. 2521. " คุณค่าทางอาหารของถั่วลิสง." **รายงานการสัมมนาเรื่องถั่วลิสงและถั่วชนิดอื่นๆ บางชนิด.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา ลาดพร้าว.

อานนท์ วาทยานนท์ ชัยโรจน์ วงศ์วิวัฒน์ไชย สงบภัย นามไพศาสสถิตย์ บุญเพ็ง แลโสภา นงลักษณ์ วิบูลย์สุข และ มณเฑียร โสมภีร์. 2530. "การศึกษาการตอบสนองของพันธุ์ถั่วลิสงต่อรับของยิบซั่มและธาตุปริมาณน้อย ในการศึกษาปัญหาการเกิดเมล็ดลีบในถั่วลิสง ".หน้า 187 . ใน **รายงานผลงานวิจัยถั่วลิสงฤดูฝนปี2530.** ณ. ศูนย์วิจัยพืชไร่ ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร

อานนท์ วาทยานนท์ สงบภัย นามไพศาสสถิตย์ ศรีประไพ ผาบจันดา บุญเพ็ง แลโสภา และ มณเฑียร โสมภีร์. 2532 . "การศึกษาการเกิดเมล็ดลีบในถั่วลิสงที่มีสาเหตุมาจากลักษณะทางพฤกษศาสตร์บางประการของถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 และ C5B1" **รายงานการสัมนาเชิงปฏิบัติการงานวิจัยถั่วลิสง ครั้งที่ 6.** ณ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 18 –20 มีนาคม

อารันต์ พัฒโนทัย. 2528. "อฟลาทอกซิน ปัญหาของถั่วลิสง" **วารสารแก่นเกษตร.** 1(3) : 1-5

อุตสาหกรรม. 2544. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.2070 เล่ม 1 – 2544 เรื่อง ข้อกำหนดวิธีปฏิบัติเพื่อควบคุมการปนเปื้อนของอฟลาทอกซินในถั่วลิสง. กระทรวงอุตสาหกรรม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อรุณศรี วงศ์อุไร. 2537. "ความสามารถในการสร้างอฟลาทอกซินของ *Aspergillus flavus.* จากดินในไร่ถั่วลิสง." หน้า 223 -227 . ใน **รายงานการสัมมนาเรื่องงานวิจัย ถั่วลิสง ครั้งที่ 12.** จังหวัดอุดรธานี. 25-27 ตุลาคม .

A.O.A.C. 2005. Office Methods of Analysis of Association of Analytical Chemists. 18 th ed. Arlngton Chemists. Washington. D.C. Chapter 49, 968.22, p. 9 – 11.

A.O.A.C. 2005. Office Methods of Analysis of Association of Analytical Chemists. 18 th ed. Maryland, USA. Chapter 40, 925.40 , p. 1.

Altug, T., A.E., Yousef and E.H. Marth. 1990. " Degradation of aflatoxin $B_1$ in dried figs by sodium bisulfite with or without heat, ultraviolet energy or hydrogen peroxide". **J. Food Protect.** 53 : 581-582.

Alpert M.E., M.S.R. Hutt, G.N. Wogan and C. Davidson . 1970. Association between aflatoxin content of food and hepatoma frequency in Uganda. **Cancer**. 28 : 253

Asplin, F. D. and R.B.A. Carnaghan. 1961. "The toxicity of certain groundnut meals for poultry with special reference to their effect of aflatoxiv on ducklings and chick." **Veterinary Res.** 73 :1215.

Asworth, L. Jr., H. W. Schroeder and B.D. Langly. 1965. " Aflatoxins : Environmental Factors Governing Occurrence in Spanish – Peanuts" **Science.** 148 : 1228-1229

Blount. W. P. 1961. Turkey "X"isease. Turkey. 9:52 Cited by Gardiner, M.R. and B. Oldroyd. 1965. Avian aflatoxicosis. **Australian Vet. J.** 41 : 272.

Campbell T.C., J.P. Caedo, J. Bulatao-Jayme, L. Salamat and R.W. Endel. 1970. Aflatoxin $M_1$ in human urine . Nature (London) . 227 : 403-4.

Camou – Arriola, J.P. and R.L. Price .1989. " Destruction of aflatoxin and reduction of mutagenicity of naturally-contaminated corn during production of a corn snack." **J. Food Protect.** 52 : 814-817.

Carnaghan R.B.H. 1965. Hepatic tumors in ducks fed a low level of toxic groundnut meal. Nature (London) . 208 : 308.

Ceigler A., S. Kadis and S. J. Ajl. 1971. Microbial Toxins . **Vol. 6 Fungal Toxins.** New York : Academic Press.

CODEX STAN 193-1995. Codex general standard for contaminants and toxins in foods. Rev. 1-1997.

CODEX STAN 209 –1999. Maximun level and sampling plan for total aflatoxins in peanuts intended for further processing . Rev. 1-2001.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Council for Agricultural Science and Techonology . 1989. Mycotoxin Economic and Health Risks. November .

EI Nezami, H.S., G.E. Nicoletti, D.C. Donohue and J.T. Ahokas. 1995. "Aflatoxin $M_1$ in human breast milk samples from Victoria, Australia and Thailand." **Food Chem Toxicol.** 33 : 173-179

Feuell, A. J. 1996. "Aflatoxin in Groundnuts : IX Problems of Detoxication" **Trop.Sci.** 8 : 61.

Frank, H.K. and T.H. Gruneweld. 1970. " Radiation Resistance of Aflatoxins." FAO./IAEA. Research cooadination mrrting on microbiology aspect of food irradiation on Vienna. 15-20 May.

Glinsukol T, W. Thamavit and M . Ruchirawat. 1976. "Studies on the population of toxigenic fungi in market food and foodstuffs. I. Microflora contamination." **J. Scince Thailand .** 2 :176.

Gilbert J. 1991. Regulatory aspects of mycotoxins in the European community and USA. In : Champ BR, Highley E, Hocking AD, Pitt JI, editors. Fungi and Mycotoxins in Stored Products. Netly, South Australia : Griffin Press .

Hartley, R. D. ; B. F. Nesbitt and J. O'Kelly. 1963. Toxic metabolite of *Aspergillus flavus*. Nature.

Jorgenssen, K.V., D.L. Park, S.M. Rua, Jr. and R.L Price. 1990. " Reduction of mutagenic potentials in milk : Effects of ammonia treatment on aflatoxin-contaminated cotton-seed." J. Food Protect. 53 :777 - 778, 817

Kokalis-Burrelle, N., and C. Colston. 1997. Compendium of Peanut Diseases. St. Paul, Minnesota: The American Phytopathological Society.

Maxwell, S.M. and F. Apeagyei . 1989. "Aflatoxin in breast milk, neonatal cord blood and sera of pregnant woman." Toxicol. **Toxin Rev.** 8 : 19-29.

Mold Library Compination. 2008. Aspergillus Species. [online]. Availble: http://www.mold.ph/aspergillus. html.

Moore-Landecker, E. 1996. Fundamentals of the Fungi. 4 th ed. Prentice Hall International,Inc., London .

Moss, M. O. 1994. Mycotoxin fungi. In Microbial Food Poisoning, pp. 73-91. Edited by A. R. Eley. Chapman & Hall, London.

Newberne, P.M. and G. N. Wogan. 1968. "Srquential morphological changes in aflatoxin $B_1$ carcinogenesis in the rat." **Cancer Res.** 28 : 770-781.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Oyelami, O. A., S.M. Maxwell, A. Aladekomo and K.A. Adelusola. 1995. Two unusual cases of kwashiorkor: can protin deficiency explain the mystery. Annals Trop. **Paediat.** 15 : 217-219.

Peers F.G. and C.A. Linsell . 1973. "Dietary aflatoxins and liver carcer population based study in Kenya." **J. Cancer .** 27 : 473.

Pier, A.C., L.L Richard and S.J. Cysewski. 1980. "Implications of mycotoxins in animal disease." **J . Am. Vet. Med. Ass.** 176 : 719-724

Priyadashini, E. 1978. " Relation Between Fungal growth and Aflatoxin Production in Variety of Maize and Groundnut," **J. Agriculture Food chemical.** 26 : 249 – 252.

Samarajeewa, U., A.C. Sen, M.D. Cohen and C.I. Wei. 1990. "Detoxification of aflatoxins in food and feeds by physical and chemical methods." **J. Food Prot.** 53: 489-501.

Sargeant, K., A. Sherida and J. O. Kelly. 1961. Toxicity associated with certain samples of groundnuts. Nature.

Shank , R. C. ,G.N. Wogan, J.B. Gibson, and A. Nondasuta. 1972. Dietary aflatoxin and human liver cancer. II. Aflatoxin in market foods and foodstuffs of Thailand and Hong Kong. Fed. Cosmet. Toxicol.

Smith, J. E. and M.O. Moss. 1985. Mycotoxins. Formation, Analysisi and Significancc. John Wiley & Sons, Chichester.

Temcharoen, P. and W.G. Thilly. 1982. "Removal of aflatoxin $B_1$ toxicity but not mutagenicity by 1 Mrad gamma-radiation on peanut meal. " **J. Food Safety** 4: 71-72 .

Thanaboripat, D . 1992. " Effect of Sodium Chloride, Propionic Acid and Ammonium Hydtoxide on Growth of *A. flavus* on Corn and Aflatoxin Production." No 7 vol.I 24-29

Van Egmond, H. D. 1991(a). Regulatory aspects of mycotoxins in Asia and Africa. In : Champ BR. In : Highley E, Hocking AD, Pitt JI, editors. Fungi and Mycotoxins in Stored Products. Netly, South Australia : Griffin Press .

Van Egmond, H. D. 1991(b). "Mycotoxins in dairy products." **Prehrambeno-Technol Biotechnol.** Rev. 29: 71-77 .

Wogan, G.N. 1966. Chemical nature and biological effect of aflatoxins. **Bacteriol.** Rev. 30 : 460.

Woodroof, J.G. 1983. Peanut, production, processing, products, 3 rd ed. The AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก. วิธีวิเคราะห์ทางเคมี

### ชุดทดสอบสารพิษอฟลาทอกซิน ของ นีโอเจน

**(Reveal For Aflatoxin)**

<u>วัสดุอุปกรณ์</u>

1. แผ่นกระดาษทดสอบ
2. หลอดดูดพลาสติก
3. ถ้วยขนาดเล็ก (พลาสติกใส)
4. สารผสมเจือจางตัวอย่าง(ขวดฝาขาว)
5. ถ้วยพร้อมน้ำสกัดตัวอย่าง( 20 มล. )
6. กระดาษกรอง
7. ช้อนตักตัวอย่าง

<u>การเตรียมตัวอย่าง</u>

1. ถ้าตัวอย่างมีขนาดประมาณเมล็ดกาแฟบดใช้ทดสอบได้ทันที แต่ถ้าตัวอย่างยังไม่ได้บดให้ละเอียดให้ใช้เครื่องปั่น หรือ ใช้ของแข็งทุบให้ละเอียด
2. ใช้ช้อนตักตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ จำนวน 2 ช้อน ใส่ลงไปในถ้วยที่มีน้ำสกัดตัวอย่างอยู่แล้ว
3. ปิดฝาให้สนิท เขย่า ด้วยมืออย่างแรง ประมาณ 3 นาที
4. นำกระดาษกรองที่พับไว้เป็นรูปถ้วยใส่ลงไปในถ้วย กดกระดาษให้จุ่มลงในน้ำ ระวังอย่าให้ตัวอย่างล้นเข้ามาด้านในของกระดาษ วงทิ้งไว้ประมาณ 2 – 3 นาที ให้น้ำตัวอย่างซึมผ่านเข้ามาด้านใน มีปริมาณเพียงพอสำหรับใส่ในถ้วยขนาดเล็ก ตัวอย่างที่พร้อมทดสอบ

<u>วิธีการทดสอบ</u>

1. ใช้หลอดดูดสารผสมเจือจาง จำนวน 4 หยด ใส่ในถ้วยขนาดเล็ก จนได้ระดับประมาณขีดที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ใช้หลอดดูดอันใหม่ดูดน้ำตัวอย่างสกัดที่เตรียมไว้แล้ว(น้ำใสที่อยู่เหนือกระดาษกรอง) จำนวน 4 หยด มาเติมลงในถ้วยขนาดเล็ก(ในข้อที่ 1) จนได้ระดับประมาณขีดที่ 4
3. ใช้หลอดที่ดูดน้ำตัวอย่างสกัด(ในข้อที่ 2)ดูดน้ำในถ้วยเล็กขึ้น – ลงประมาณ 3 ครั้งเพื่อเป็นการผสมให้เข้ากัน
4. จุ่มกระดาษลงในถ้วยเล็กในแนวตั้ง ทิ้งไว้ 3 นาที แล้วอ่านผล

<u>การประเมินผล</u>

กรณีที่ 1 : ผล Positive

ถ้ามีแถบสีขึ้น 1 เส้น แสดงว่าตัวอย่างที่มีอฟลาทอกซิน มากกว่า 20 พีพีบี

กรณีที่ 2 : ผล Negative

ถ้ามีแถบสีขึ้น 2 เส้น แสดงว่าตัวอย่างที่ตรวจมีอฟลาทอกซิน น้อยกว่า 20 พีพีบี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**วิธีวิเคราะห์ CB modified method**

**วิธีมาตรฐานที่ดัดแปลงมาจากวิธี AOAC Official Method 968.22 :2005**

**Aflatoxin in Peanuts and Peanut Products**

สารเคมี

1. Sodium sulfate anhydrous
2. Diethyl ether anhydrous (AR grade)
3. Diethylether(AR grade)
4. Acetone (AR grade)
5. Celite 545
6. Benzene (AR grade)
7. Acetonitrile (AR grade)
8. Methanol (AR grade)
9. Chloroform (AR grade)
10. Filter paper
11. Cotton defatted with hexane
12. Silica gel 60 สำหรับ pack column ขนาด 0.05 – 0.2 mm โดยนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 °ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เติมน้ำ 1 ml / 100 g
13. Solvent mixture : benzene : acetonitrile 98:2
14. chloroform : hexane 1:1
15. chloroform : acetone 4:1
16. ether : methanol : $H_2O$ 96 : 3 : 1
17. chloroform : acetone 9 :1

การเตรียมตัวอย่าง

1. ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดแล้วจำนวน 50 กรัม ใส่ลงไปใน Erlenmeyer flask ขนาด 500 ml. ใส่ Celite 25 g เติมน้ำ 10 ml ใส่ Chloroform 200 ml นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า นาน 30 นาที นำมากรองผ่านกระดาษกรอง เบอร์ 1 (Whatman) แบ่งน้ำยาที่กรองได้ไว้ 40 ml.(เทียบเท่ากับเนื้อตัวอย่าง 10 กรัม)
2. นำสารสกัด 40 ml. ที่ได้ไประเหยด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ(Rotary evaporator) ให้เหลือประมาณ 2 ml.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. มาทำให้บริสุทธิ์โดยใช้ Column chromatography (pack column ด้วย Silica gel และ chloroform : hexane 1:1 ) เติมสารสกัด 2 ml. ลงใน column และปล่อยให้หยดจนถึงระดับของ sodium sulfate anhydrous แล้วจึงเติมHexane จำนวน 30 ml รอให้หยดจนหมด แล้วจึงเติม Diethyl ether anhydrous จำนวน 30 ml ปล่อยให้หยดจนถึงระดับ sodium sulfate anhydrous

4. ชะอฟลาทอกซินในcolumn ด้วย chloroform : acetone 4:1 จำนวน 40 ml ปล่อยให้หยดจนหมด ทำการเก็บในส่วนนี้ นำไประเหยจนแห้ง เก็บไว้ในขวดตัวอย่างเก็บในลักษณะ dry film

<u>วิธีการทดสอบ</u>

1. ละลายตัวอย่างด้วย chloroform 500 ul นำไป spot บน plateที่เตรียมไว้ การ spot ใช้ micro syringe ขนาด 10 ul spot sample เทียบกับ standard aflatoxin

2. นำ plate ที่ spot เรียบร้อยไปวางในแทงค์ ที่มี น้ำยาผสม ether : methanol : $H_2O$ 96 : 3 : 1

3. นำมาส่องดูด้วยแสง UV เพื่อเปรียบเทียบ sample กับ standard aflatoxin ดูจากระดับการเคลื่อนที่ของสาร และ การเรืองแสง

4. นำไปอ่านค่าความเข้มข้นของการเรืองแสงด้วยเครื่อง Densitometer (TLC scanner) ที่ความยาวคลื่น 365 nm แล้วนำมาคำนวณหาอฟลาทอกซิน โดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณอฟลาทอกซิน (ug/kg)} = \frac{Ax \times C \times D}{As \times S \times 10}$$

Ax = พื้นที่ใต้กราฟของตัวอย่าง

As = ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟของสารมาตรฐานอฟลาทอกซินที่ 1 ul

S = ปริมาตรที่ spot (ul)

C = ความเข้มข้นของสารมาตรฐานอฟลาทอกซิน บี1

D = ปริมาตรตัวทำละลาย (ul)

10 = น้ำหนักของตัวอย่างที่ผ่าน column

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>หมายเหตุ</u>

ประสิทธิภาพของวิธีวิเคราะห์

- ความเข้มข้นต่ำที่สุดของสารที่วิเคราะห์ที่สามารถตรวจวัดได้ = 1 พีพีบี (Limit of Detection ,LOD)
- ความเข้มข้นต่ำที่สุดของสารที่วิเคราะห์ที่สามารถรายงานเป็นค่าได้โดยมีความถูกต้องแม่นยำระดับที่ยอมรับได้ = 5 พีพีบี (Limit of Quantition ,LOQ)
- ความถูกต้องของวิธี( Recovery %) มากกว่า 60%
- ความแม่นยำของวิธี(Relative standard deviation,RSD) น้อยกว่า 32 % ที่ 10 พีพีบี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วิธีวิเคราะห์ ปริมาณความชื้น

## วิธีมาตรฐานที่ดัดแปลงมาจากวิธี AOAC Official Method 925.40 :2005

## Moisture in Nut Products

วิธีวิเคราะห์

1. อบถ้วยกระเบื้องที่ 105 °ซ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นใน desicator แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก ด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง ทำซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ บันทึกค่าที่ได้ทั้งหมด

2. ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม นำไปอบที่ 105 °ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นใน desicator แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก ด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง ทำซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ บันทึกค่าที่ได้ทั้งหมด

คำนวณหาปริมาณความชื้น สูตรดังนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น} = \left( \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \right) \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข.

# แบบสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์

**แบบสำรวจลักษณะสัมผัสของผลิตภัณฑ์ถั่วลิสงกับความพึงพอใจของผู้บริโภค**

**ชื่อ** ..... **นามสกุล** .....

**เพศ** ..... **ชาย** ..... **หญิง** **อายุ** ..... **ปี**

**ระดับการศึกษา** ..... **มัธยมศึกษาตอนต้น** ..... **มัธยมปลาย** .....**ปริญญาตรี**

| ชนิดตัวอย่าง | เนื้อสัมผัส (ความกรอบ, ความร่วน) | | | | | รวมคะแนน |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| วันที่ 1 | | | | | | |
| ถั่วลิสงคั่วไม่คัดแยก | | | | | | |
| ถั่วลิสงป่นไม่คัดแยก | | | | | | |
| ถั่วลิสงคั่วลอยน้ำ | | | | | | |
| ถั่วลิสงป่นลอยน้ำ | | | | | | |
| ถั่วลิสงคั่วจมน้ำ | | | | | | |
| ถั่วลิสงป่นจมน้ำ | | | | | | |
| วันที่ 7 | | | | | | |
| ถั่วลิสงคั่วไม่คัดแยก | | | | | | |
| ถั่วลิสงป่นไม่คัดแยก | | | | | | |
| ถั่วลิสงคั่วลอยน้ำ | | | | | | |
| ถั่วลิสงป่นลอยน้ำ | | | | | | |
| ถั่วลิสงคั่วจมน้ำ | | | | | | |
| ถั่วลิสงป่นจมน้ำ | | | | | | |
| วันที่ 14 | | | | | | |
| ถั่วลิสงคั่วไม่คัดแยก | | | | | | |
| ถั่วลิสงป่นไม่คัดแยก | | | | | | |
| ถั่วลิสงคั่วลอยน้ำ | | | | | | |
| ถั่วลิสงป่นลอยน้ำ | | | | | | |
| ถั่วลิสงคั่วจมน้ำ | | | | | | |
| ถั่วลิสงป่นจมน้ำ | | | | | | |

P 1/2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ชนิดตัวอย่าง | เนื้อสัมผัส (ความกรอบ, ความร่วน) | | | | | รวมคะแนน |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| วันที่ 21 | | | | | | |
| ถั่วลิสงคั่วไม่คัดแยก | | | | | | |
| ถั่วลิสงป่นไม่คัดแยก | | | | | | |
| ถั่วลิสงคั่วลอยน้ำ | | | | | | |
| ถั่วลิสงป่นลอยน้ำ | | | | | | |
| ถั่วลิสงคั่วจมน้ำ | | | | | | |
| ถั่วลิสงป่นจมน้ำ | | | | | | |
| วันที่ 28 | | | | | | |
| ถั่วลิสงคั่วไม่คัดแยก | | | | | | |
| ถั่วลิสงป่นไม่คัดแยก | | | | | | |
| ถั่วลิสงคั่วลอยน้ำ | | | | | | |
| ถั่วลิสงป่นลอยน้ำ | | | | | | |
| ถั่วลิสงคั่วจมน้ำ | | | | | | |
| ถั่วลิสงป่นจมน้ำ | | | | | | |

หมายเหตุ เกณฑ์การให้คะแนนจากความกรอบของถั่วลิสงคั่ว ความร่วนของถั่วลิสงป่น

ความพึงพอใจ ระดับ 5 คะแนน หมายถึง พอใจมากที่สุด

ความพึงพอใจ ระดับ 4 คะแนน หมายถึง พอใจมาก

ความพึงพอใจ ระดับ 3 คะแนน หมายถึง พอใจ

ความพึงพอใจ ระดับ 2 คะแนน หมายถึง พอรับประทานได้

ความพึงพอใจ ระดับ 1 คะแนน หมายถึง ไม่รับประทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

# มาตรฐานอุตสาหกรรม

[illegible]

## มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

# ข้อกำหนดวิธีปฏิบัติเพื่อควบคุมการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซินในถั่วลิสง

เล่ม 1 : การผลิตถั่วลิสงระดับเกษตรกร

มอก. 2070 เล่ม 1– 2544

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 2023300

มอก.
[illegible]
เลขทะเบียน 3504
วัน, เดือน, ปี [illegible]

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 118 ตอนที่ 86ง
วันที่ 25 ตุลาคม พุทธศักราช 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอก. 2070 เล่ม 1-2544

# มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
# ข้อกำหนดวิธีปฏิบัติเพื่อควบคุม การปนเปื้อนของอะฟลาทอกซินในถั่วลิสง :
## เล่ม 1 การผลิตถั่วลิสงระดับเกษตรกร

### 1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ครอบคลุมถึงวิธีปฏิบัติเพื่อควบคุมการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซินในถั่วลิสงสดทั้งเปลือกที่จะนำไปผลิตถั่วลิสงแห้ง ถั่วลิสงแห้งทั้งเปลือก และเมล็ดถั่วลิสงที่ผลิตในระดับเกษตรกร

1.2 ข้อกำหนดวิธีปฏิบัตินี้ควรใช้ร่วมกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก. 1700-2541 ข้อกำหนดวิธีปฏิบัติด้านสุขลักษณะสำหรับถั่วลิสง

### 2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 ถั่วลิสง หมายถึง พืชในตระกูลฟาบาซี (Fabaceae) หรือเลกูมิโนเซ (Leguminosae) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า อะราคิส ไฮโปเจีย (Arachis hypogaea L.) และมีชื่อเป็นภาษาอังกฤษว่า กราวน์นัต (groundnut) หรือ พีนัต (peanut) และอาจมีชื่ออย่างอื่นเป็นภาษาไทย เช่น ถั่วดิน ถั่วยี่สง ถั่วโต่ดิน หรือถั่วคุด เป็นพืชล้มลุกพวกไม้เนื้ออ่อน มีใบประกอบเกิดสลับบนลำต้น ดอกเกิดตามมุมใบ เมื่อได้รับการผสมเกสรและปฏิสนธิแล้ว รังไข่จะแทงลงดิน เจริญเป็นฝัก เปลือกฝักแข็งและเปราะ ภายในมีเมล็ด 1-4 เมล็ด แตกต่างกันไปตามพันธุ์ เมล็ดมีเยื่อบางหุ้ม

2.2 ฝักถั่วลิสง หมายถึง ผล (fruit) ของถั่วลิสงที่เจริญเติบโตและพัฒนามาจากรังไข่ (ovary) ประกอบด้วยส่วนของเปลือก (pericarp) ซึ่งแข็งและเปราะ ภายในมีเมล็ดซึ่งมีเยื่อบางหุ้มเมล็ดอยู่

2.3 ถั่วลิสงทั้งเปลือก หมายถึง ฝักถั่วลิสงที่สุกแก่เต็มที่ปลิดออกจากลำต้น ปกติจะมีความชื้นร้อยละ 45 ถึง 60

2.4 ถั่วลิสงแห้งทั้งเปลือก หมายถึง ฝักถั่วลิสงที่ปลิดออกจากลำต้น และได้รับการตากหรืออบให้แห้งแล้ว โดยมีความชื้นในเมล็ดไม่เกินร้อยละ 9

2.5 เมล็ดถั่วลิสง หมายถึง เมล็ดที่ได้หลังจากการนำถั่วลิสงแห้งทั้งเปลือกไปกะเทาะ

2.6 ระยะฝักเต็ม หมายถึง ระยะหลังจากต้นถั่วลิสงแทงเข็มลงในดิน และฝักขยายขนาดเต็มที่แล้ว แต่เมล็ดยังอยู่ในระยะเริ่มพัฒนา

2.7 ระยะพัฒนาฝัก หมายถึง ระยะระหว่างถั่วลิสงเริ่มสร้างฝักจนถึงระยะเก็บเกี่ยว

2.8 ฝักดี หมายถึง ฝักถั่วลิสงที่ไม่ใช่ฝักอ่อน ฝักงอก ฝักที่มีราขึ้น ฝักแตก ฝักที่มีร่องรอยการถูกทำลายของศัตรูพืช

2.9 เมล็ดเสีย หมายถึง เมล็ดถั่วลิสงที่มีเชื้อรา เมล็ดถั่วลิสงที่มีร่องรอยถูกทำลายจากศัตรูพืช เมล็ดถั่วลิสงที่มีสีผิดปกติไปจากธรรมชาติของเมล็ดถั่วลิสง และเมล็ดถั่วลิสงที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอะฟลาทอกซิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 เกษตรกร หมายถึง ผู้ปลูกถั่วลิสง รวมถึงผู้ทำหน้าที่รวบรวมและกะเทาะถั่วลิสงในระดับครัวเรือน แต่ไม่รวมถึงผู้ทำหน้าที่รวบรวมในระดับโรงกะเทาะ

2.11 วัตถุอันตราย หมายถึง วัตถุที่กำหนดตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535

*หมายเหตุ* *"วัตถุอันตราย" หมายความว่า วัตถุดังต่อไปนี้*

*(1) วัตถุระเบิดได้*

*(2) วัตถุไวไฟ*

*(3) วัตถุออกซิไดซ์ และวัตถุเปอร์ออกไซด์*

*(4) วัตถุมีพิษ*

*(5) วัตถุที่ทำให้เกิดโรค*

*(6) วัตถุกัมมันตรังสี*

*(7) วัตถุที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม*

*(8) วัตถุกัดกร่อน*

*(9) วัตถุที่ก่อให้เกิดการระคายเคือง*

*(10) วัตถุอย่างอื่น ไม่ว่าจะเป็นเคมีภัณฑ์หรือสิ่งอื่นใด ที่อาจทำให้เกิดอันตรายแก่บุคคล สัตว์ พืช ทรัพย์ หรือสิ่งแวดล้อม"*

2.12 ปุ๋ยเคมี หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากสารอนินทรีย์หรืออินทรีย์สังเคราะห์ รวมถึงปุ๋ยเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเชิงผสม และปุ๋ยเชิงประกอบ และหมายความตลอดถึงปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปุ๋ยเคมีผสมอยู่ด้วย แต่ไม่รวมถึงปูนขาว ดินมาร์ล ปูนพาสเตอร์ หรือ ยิปซั่ม

2.13 ปุ๋ยอินทรีย์ หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากอินทรีย์วัตถุ ซึ่งผลิตด้วยกรรมวิธีทำให้ชื้น สับ บด หมัก ร่อน หรือวิธีการอื่น แต่ไม่ใช่ปุ๋ยเคมี

2.14 อะฟลาทอกซิน หมายถึง สารพิษที่สร้างขึ้นโดยเชื้อราบางชนิด โดยเฉพาะแอสเปอร์จิลลัส ฟลาวัส (Aspegillus flavus) และแอสเปอร์จิลลัส พาราซิติคัส (Aspergillus parasiticus) ที่พบเสมอในธรรมชาติ มี 4 ชนิด คือ อะฟลาทอกซิน บี 1 (B1) บี 2 (B2) จี 1 (G1) และ จี 2 (G2)

## 3. ข้อกำหนดวิธีปฏิบัติ เกณฑ์ที่กำหนด และวิธีตรวจประเมิน

3.1 ข้อกำหนดวิธีปฏิบัติ เกณฑ์ทีกำหนด และวิธีตรวจประเมินว่าเป็นไปตามข้อกำหนดวิธีปฏิบัติเพื่อควบคุมการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซินในถั่วลิสง : เล่ม 1 การผลิตถั่วลิสงระดับเกษตรกร ให้เป็นไปตามตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.2 การดูแลรักษา

ค.2.1 ในกรณีที่ไม่ได้ใช้สารกำจัดวัชพืชในระยะก่อนงอก และพื้นที่ปลูกมีปัญหาวัชพืชรบกวน ควรกำจัดวัชพืชอย่างน้อย 1 ครั้ง เมื่อถั่วลิสงมีอายุประมาณ 3-4 สัปดาห์ หรือก่อนถั่วลิสงแทงเข็ม หรือใช้สารกำจัดวัชพืชหลังงอก (post-emergence herbicides) ตามคำแนะนำของทางราชการ และควรระวังอย่าให้ถั่วลิสงได้รับอันตรายจากสารเคมีหรือเครื่องมือที่ใช้ในการกำจัดวัชพืช และให้มีการบันทึกข้อมูล

ค.2.2 ดินที่มีธาตุอาหารต่ำกว่ากำหนดในข้อ ค.1.1.1 ให้ใส่ปุ๋ยอีกครั้งหนึ่ง ตามภาคผนวก จ.

ค.2.3 ในพื้นที่ที่มีประวัติความเสียหายจากแมลงในดิน หลังจากถั่วลิสงออกดอกแล้ว ควรทำการป้องกันและกำจัดอีกครั้ง ตามภาคผนวก ฉ. และให้มีการบันทึกข้อมูล

ค.2.4 การป้องกันกำจัดศัตรูพืชอื่นของถั่วลิสงให้ปฏิบัติตามภาคผนวก ฉ. และให้มีการบันทึกข้อมูล

ค.2.5 ระมัดระวังอย่าให้ถั่วลิสงขาดน้ำในระยะหลังจากออกดอก แทงเข็ม และระยะพัฒนาฝัก เพราะจะทำให้ถั่วลิสงอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อแอสเปอร์จิลลัส

ค.2.6 น้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกถั่วลิสงต้องได้จากแหล่งที่ไม่มีสภาพแวดล้อม ซึ่งจะก่อให้เกิดการปนเปื้อน

ค.3 การเก็บเกี่ยว

ค.3.1 เก็บเกี่ยวถั่วลิสงที่มีความสุกแก่พอดี โดยดูจากอายุของถั่วลิสง ซึ่งอาจแตกต่างกันตามชนิดของพันธุ์และฤดูปลูก หรือใช้การสุ่มถอนเพื่อนับจำนวนฝักแก่ ควรเก็บเกี่ยวขณะที่ถั่วลิสงฝักแก่ร้อยละ 60-65 ของจำนวนฝักทั้งหมด ความสุกแก่ของฝักให้เปรียบเทียบจากภาพที่ 2 ในภาคผนวก ง.

ค.3.2 ระวังอย่าให้เกิดแผลกับฝักถั่วลิสงขณะเก็บเกี่ยว หากฝักเป็นแผลต้องคัดทิ้ง

ค.4 การปฏิบัติหลังเก็บเกี่ยว

ค.4.1 การตากถั่วลิสงก่อนปลิดฝัก อาจจะปฏิบัติในขั้นตอนนี้หรือไม่ก็ได้ หากปฏิบัติจะช่วยทำให้คุณภาพการสีและรสของเมล็ดถั่วดีกว่าการปลิดฝักถั่วลิสงสด

ค.4.1.1 ตากถั่วลิสงทั้งต้นในไร่นาหลังถอนหรือขุดต่อไป 1-2 วันก่อนปลิดฝักจนความชื้นเมล็ดลดลงเหลือประมาณร้อยละ 30 ตากให้ฝักชี้ขึ้นบนอากาศ โดยรวบส่วนของลำต้นมัดเข้าด้วยกัน เพื่อใช้รองรับไม่ให้ส่วนที่เป็นฝักสัมผัสดิน ฝักได้รับแสงแดด จะมีการถ่ายเทของอากาศรอบฝักดีขึ้น ตามภาคผนวก ง. รูปที่ 3 ก หรือ

ค.4.1.2 ตากถั่วลิสงทั้งต้นในลักษณะวางลงบนพื้น ควรหาวัสดุรองรับอย่าให้ฝักสัมผัสผิวดินตามภาคผนวก ง. รูปที่ 3 ข และ

ค.4.1.3 ไม่วางซ้อนทับกันหลายชั้น เพราะจะทำให้ถั่วลิสงที่อยู่ชั้นล่าง ๆ แห้งช้า

ค.4.2 การปลิดฝัก

ค.4.2.1 ใช้มือปลิด ต้องไม่ปลิดฝักที่มีร่องรอยการทำลายจากศัตรูพืชในดินตามผนวก ง. รูปที่ 1 ฝักเน่า ฝักงอก ฝักแตก ฝักอ่อน ฝักเสียหายเนื่องจากการเก็บเกี่ยว หรือ

ค.4.2.2 ใช้เครื่องมือปลิด ควรระวังอย่าให้ฝักแตก และต้องมีการขจัดฝักเสีย ฝักแตก ฝักที่เสียหายเนื่องจากการเก็บเกี่ยว และสิ่งเจือปนอื่นที่อาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

ค.4.3 การทำให้ฝักถั่วลิสงแห้งหลังปลิด

การทำให้ฝักถั่วลิสงแห้งหลังปลิด อาจทำได้โดยวิธีตากแดด หรือวิธีอบแห้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.4.3.1 วิธีตากแดด

(1) ให้ตากฝักถั่วลิสงบนวัสดุรองรับ เช่น ผ้าใบ ตะข่ายไนล่อนชนิดตาถี่ หรือแคร่ไม้ไผ่ เพื่อลดโอกาสที่ฝักจะสัมผัสกับดิน (ภาคผนวก ง. รูปที่ 4)

(2) ต้องไม่ให้ฝักถั่วลิสงถูกฝนขณะตาก สามารถเคลื่อนย้ายฝักถั่วลิสงเข้าเก็บในโรงเรือนได้รวดเร็ว หรือมี วัสดุใช้คลุมขณะฝนตก

(3) ฝักถั่วลิสงที่ผ่านการตากก่อนปลิดฝักให้ตากต่อจนมีความชื้นของเมล็ดไม่เกินร้อยละ 9 ภายใน 5 วัน สำหรับฝักถั่วลิสงที่ปลิดเป็นฝักสดทันที หลังถอนให้ตากต่อจนมีความชื้นของเมล็ดไม่เกินร้อยละ 9 ภายใน 7 วัน การวัดความชื้นโดยใช้เครื่องวัดหรือตรวจจากลักษณะของฝักและเมล็ด ฝักที่แห้งถึงระดับปลอดภัย เมื่อเขย่าจะเกิดเสียงเมล็ดกระทบเปลือกฝัก (ฝักคลอน) และเยื่อหุ้มเมล็ดจะหลุดลอกโดยง่ายเมื่อถูกบีบ

ค.4.3.2 วิธีอบด้วยเครื่องอบ

(1) ใช้เครื่องอบไอร้อน อบฝักถั่วลิสงโดยมีไอร้อนที่ผ่านกองถั่วลิสงที่อุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส นาน 2-3 วัน จนความชื้นเมล็ดต่ำกว่าร้อยละ 9 แล้วตรวจวัดความชื้นเช่นเดียวกับข้อ ค.4.3.1 (3)

ค.4.4 การเก็บรักษาถั่วลิสงฝักแห้งทั้งเปลือกเพื่อรอจำหน่ายหรือกะเทาะ

ค.4.4.1 ให้เก็บถั่วลิสงที่แห้งทั้งเปลือกแล้วในภาชนะบรรจุที่สามารถระบายอากาศได้ดี เช่น กระสอบป่าน

ค.4.4.2 ให้ใช้ภาชนะบรรจุที่สะอาด หรือที่ผ่านการรมด้วยสารป้องกันกำจัดแมลงและเชื้อโรคตามคำแนะนำของทางราชการก่อนบรรจุในภาชนะบรรจุ และห้ามใช้ภาชนะที่เคยบรรจุวัตถุอันตรายมาแล้ว

ค.4.4.3 บริเวณที่ใช้เก็บต้องเป็นโรงเรือนโปร่ง อากาศถ่ายเทได้ดี ป้องกันความเปียกชื้นจากฝนได้ ไม่มีสัตว์พาหะนำเชื้อ และแยกจากบริเวณที่ใช้เก็บสารเคมีอันตราย

ค.4.4.4 โรงเก็บที่เป็นพื้นซีเมนต์หรือเป็นดิน ให้หาวัสดุ เช่น ท่อนไม้ หรือเสาคอนกรีต รองรับกระสอบที่อยู่ชั้นล่างสุด อย่าให้สัมผัสกับพื้นซีเมนต์หรือดินโดยตรง เพราะถั่วลิสงแห้งทั้งเปลือกจะดูดซับความชื้นจากพื้น ทำให้เกิดเชื้อราขึ้นได้

ค.4.4.5 การเก็บถั่วลิสงแห้งทั้งเปลือกจำนวนมาก ต้องเว้นช่องว่างระหว่างแถวของกองกระสอบให้อากาศถ่ายเทได้ และต้องไม่วางชิดผนัง และซ้อนทับกันหลายชั้นเกินไป

ค.4.5 การกะเทาะโดยเกษตรกรเพื่อจำหน่ายหรือใช้ในอุตสาหกรรมครัวเรือน

ค.4.5.1 ต้องใช้ความเร็ว และขนาดตะแกรงของเครื่องกะเทาะที่เหมาะสมกับถั่วลิสงแห้งทั้งเปลือกแต่ละขนาด เพื่อลดการแตกหักของเมล็ด

ค.4.5.2 หลังกะเทาะและแยกเกรดแล้ว ให้คัดเมล็ดที่มีเชื้อรา เมล็ดที่มีร่องรอยถูกทำลายจากศัตรูพืช เมล็ดที่มีสีผิดปกติไปจากธรรมชาติของเมล็ดถั่วลิสง เมล็ดที่ควรคัดทิ้งแสดงในภาคผนวก ง. ภาพที่ 5

ค.4.5.3 ห้ามนำเมล็ดที่คัดทิ้งไปใช้บริโภคและหรือเลี้ยงสัตว์

ค.4.5.4 ภาชนะที่ใช้ในการบรรจุเมล็ดต้องสะอาด ปราศจากการปนเปื้อนของวัตถุอันตราย

ค.4.5.5 แยกภาชนะบรรจุเมล็ดแต่ละเกรดและเก็บในโรงเรือนลักษณะเดียวกันกับการเก็บถั่วลิสงฝักแห้งทั้งเปลือกตามข้อ ค.4.4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.4.6 การขนย้าย

ค.4.6.1 การขนย้ายถั่วลิสงที่เก็บก่อนปลิดฝัก ฝักสด ฝักแห้ง และเมล็ดต้องใช้อุปกรณ์ หรือภาชนะที่สะอาด ปราศจากวัตถุอันตราย

ค.4.6.2 การขนย้ายถั่วลิสงฝักแห้ง หรือเมล็ดถั่วลิสงจะต้องบรรจุในภาชนะและบรรทุกด้วยพาหนะที่สามารถป้องกันความชื้น เพื่อมิให้ถั่วลิสงมีความชื้นสูงและเกิดเชื้อราได้

ค.5 บันทึกข้อมูล

ค.5.1 ให้บันทึกข้อมูลการปรับสภาพดิน ประวัติความเสียหายจากศัตรูพืช และการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร ตามภาคผนวก ช.

ค.5.2 ควรเก็บเอกสารบันทึกข้อมูล เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 1 ปี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง .

# ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 98 พ.ศ.2529

(สำเนา)

# ประกาศกระทรวงสาธารณสุข

## ฉบับที่ 98 (พ.ศ. 2529)

## เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 5 และมาตรา 6 (3) แห่งพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ 1. ให้ยกเลิกประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 80 (พ.ศ. 2527) เรื่อง กำหนดมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน ลงวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2527

ข้อ 2. ให้อาหารที่มีสารปนเปื้อนที่ผลิตเพื่อจำหน่าย นำเข้าเพื่อจำหน่าย หรือที่จำหน่าย เป็นอาหารที่กำหนดมาตรฐาน

ข้อ 3. สารปนเปื้อน หมายความว่า สารที่ปนเปื้อนกับอาหาร ซึ่งเกิดจากกระบวนการผลิต กรรมวิธีการผลิต โรงงานหรือสถานที่ผลิต การดูแลรักษา การบรรจุ การขนส่ง หรือการเก็บรักษา หรือเกิดเนื่องจากการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อม

ข้อ 4. อาหารที่มีสารปนเปื้อน ต้องมีมาตรฐานโดยตรวจพบสารปนเปื้อนได้ไม่เกินข้อกำหนด ดังต่อไปนี้

(1) โลหะ

(ก) ดีบุก 250 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

(ข) สังกะสี 100 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

(ค) ทองแดง 20 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

(ง) ตะกั่ว 1 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เว้นแต่อาหารที่มีสารตะกั่วปนเปื้อนตามธรรมชาติในปริมาณสูง ให้มีได้ตามที่ได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

872

(จ) สารหนู 2 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

(ฉ) ปรอท 0.5 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม สำหรับอาหารทะเล และไม่เกิน 0.02 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม สำหรับอาหารอื่น

(2) อฟลาทอกซิน 20 ไมโครกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

(3) สารปนเปื้อนอื่น ตามที่ได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

ข้อ 5. ประกาศฉบับนี้มิให้ใช้บังคับแก่อาหารที่ผลิตเพื่อจำหน่าย นำเข้าเพื่อจำหน่าย หรือที่จำหน่าย ที่ได้มีประกาศกระทรวงสาธารณสุขกำหนดให้เป็นอาหารควบคุมเฉพาะ หรืออาหารที่กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน และในประกาศกระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดปริมาณของสารปนเปื้อนไว้โดยเฉพาะ หรือกำหนดไว้เป็นอย่างอื่นแล้ว

ประกาศฉบับนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 21 มกราคม 2529

(ลงชื่อ) มารุต บุนนาค

(นายมารุต บุนนาค)

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข

(คัดจากราชกิจจานุเบกษาฉบับพิเศษ เล่มที่ 103 ตอนที่ 23 ลงวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2529)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน

| | |
|---|---|
| ชื่อ – นามสกุล | นางสาววนิดา ยุรญาติ |
| เกิดวันที่ | 4 กรกฎาคม พ.ศ. 2516 |
| จบการศึกษา | วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมี) มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ปีการศึกษา 2538 |
| เริ่มเข้ารับราชการ | ปีพ.ศ. 2540 ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ 3 งานสารพิษและสาร ปนเปื้อนในอาหาร กองอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ |
| ปัจจุบัน ดำรงตำแหน่ง | นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ 6 ว งานสารพิษจากเชื้อรา สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข |

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้