

ความสัมพันธ์ระหว่างประเภทเมล็ดกับสมบัติทางกายภาพและอฟลาทอกซินในถั่วลิสง
Relationship between seed type with some physical properties and amount of
aflatoxin in peanut kernel

สรคณ สุวรรณมานนท์¹ กิตติชัย บรรจง¹ รวีวรรณ สนรักษา¹ และพิศุทธิณี หอเจริญ¹

บทคัดย่อ

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพกับปริมาณอฟลาทอกซินในถั่วลิสง เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพกับปริมาณอฟลาทอกซิน โดยจำแนกสมบัติทางกายภาพตามลักษณะปรากฏ (appearance) บริเวณพื้นผิวของเมล็ดถั่วลิสง ออกเป็น 4 ประเภทคือ 1.ถั่วลิสงดี เมล็ดเต็ม (GF) 2.ถั่วลิสงดี เมล็ดลีบ (GL) 3.ถั่วลิสงเสีย เมล็ดเต็ม มีตำหนิ (DF) และ 4.ถั่วลิสงเสีย เมล็ดลีบ มีตำหนิ (DL) นำเมล็ดถั่วลิสงทั้ง 4 ประเภทไปหาสมบัติทางกายภาพได้แก่ ความเป็นทรงกลม (Sphericity) พื้นที่ภาพฉาย (Projected area) ความเร็วปลาย (Terminal velocity) GMD (Geometric Mean Diameter) เปอร์เซ็นต์ความชื้น (Moisture content) และปริมาณอฟลาทอกซิน โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 5 ซ้ำ พบว่าปริมาณอฟลาทอกซินที่ตรวจพบในเมล็ดดี และเมล็ดเสียแตกต่างกัน โดยเมล็ดดีมีปริมาณอฟลาทอกซินต่ำกว่าเมล็ดเสีย เมื่อวิเคราะห์ด้วยชุดตรวจอฟลาทอกซินสำเร็จรูป (DOA-aflatoxin ELISA Test Kit) พบว่าเมล็ดดี (GF และ GL) มีอฟลาทอกซินระดับ 0-4 พีพีบี ต่ำกว่าเมล็ดเสียซึ่งมีอฟลาทอกซินระดับ 20-40 พีพีบี (DF) และมากกว่า 40 พีพีบี (DL) พบว่าคุณสมบัติความเร็วปลายในการตกอย่างอิสระของเมล็ดถั่วลิสงในน้ำ สามารถแยกเมล็ดดีและเมล็ดเสียมีตำหนิจากกันได้ และมีความสัมพันธ์กับปริมาณอฟลาทอกซินในเมล็ดถั่วลิสง

คำสำคัญ : สมบัติทางกายภาพ, อฟลาทอกซิน, ถั่วลิสง

Abstract

The study of the relationship between seed type with some physical properties and aflatoxin appearance in peanut kernel was carried out to find the factors affecting aflatoxin level. The peanut seeds were classified according to its physical properties into 4 type, comprise of 1) full normal kernel (GF) 2) lean normal kernel (GL) 3) full defect kernel (DF) and 4) lean defect kernel (DL). The physical property and the amount of aflatoxin of each type were examined. RCBD with 5 replications was used. Aflatoxin levels were analysed by DOA-Aflatoxin ELISA test kit. Aflatoxin in normal kernel (GF and GL) were significantly higher than defect kernel. The aflatoxin amount of GF and GL were 0-4 ppb while DF and DL were 20 – 40 ppb and more than 40 ppb, respectively. Among the physical properties of peanut kernel studied in this report, the terminal velocity was highest associated with the amount of aflatoxin and it can be used for separating as normal and defect of kernel.

Keywords : physical property, aflatoxin, peanut

¹คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

คำนำ

ถั่วลิสง (*Arachis hypogaea* L.) เป็นพืชตระกูลถั่ว (Fabaceae or Leguminosae) ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยชนิดหนึ่ง เป็นพืชล้มลุกพวกไม้เนื้ออ่อน สามารถปลูกได้ในภูมิอากาศเขตร้อน (อานนท์ และคณะ, 2532) ลักษณะทางกายภาพของผลหรือฝักถั่วลิสงประกอบด้วยเปลือก (Shell) และเมล็ด (Kernel) โดยมีเยื่อบางๆ หุ้มเมล็ด (Pericarp) (ธรรมศักดิ์, 2540) ฝักเจริญอยู่ใต้ดิน ทำให้ถั่วลิสงประสบปัญหาการปนเปื้อนเชื้อราในดิน ซึ่งสามารถเจริญได้ดีในดินที่มีอุณหภูมิและความชื้นเหมาะสม (Ceigler et al., 1971) โดยเฉพาะเชื้อรา *Aspergillus flavus* และ *Aspergillus parasiticus* สามารถสร้างสารพิษอฟลาทอกซิน (Aflatoxin) (อรุณศรี, 2540) (อนงค์, 2546) (อุตสาหกรรรม, 2544) ซึ่งทนทานต่อความร้อนได้สูง (Wogan, 1966) การต้ม คั่ว และนึ่ง โดยใช้ความดันไม่มีผลต่อการทำลายอฟลาทอกซิน (Feuell, 1966) ที่มีอันตรายต่อดับ หัวใจ และสมองของมนุษย์ (ธีระยุทธ และคณะ, 2524) ดังนั้นอฟลาทอกซินจึงมีความสำคัญต่อคุณภาพและความปลอดภัยของถั่วลิสงก่อนนำไปใช้ประโยชน์ในระดับพื้นบ้าน จนถึงการผลิตเป็นอุตสาหกรรม การใช้ความร้อนทำลายอฟลาทอกซิน พบว่าต้องใช้ความร้อนสูงถึง 300 องศาเซลเซียส จึงจะสามารถทำลายได้หรือวิธีการฉายรังสี ถ้าใช้รังสีแกมมาพบว่าที่ระดับความเข้มสูง 1Mrad สามารถทำลายสารพิษของอฟลาทอกซินในของเหลวได้ แต่ในอาหารทั่ว ๆ ไป จะต้องใช้ความเข้มสูงกว่านี้ (Temcharoen and Thilly, 1982) การใช้รังสี UV ในการทำลายสารพิษอฟลาทอกซินค่อนข้างมีข้อจำกัด ไม่สามารถนำมาใช้ในระดับอุตสาหกรรมได้ (Samarajeewa et al., 1990) เนื่องจากมีอำนาจในการทะลุทะลวงต่ำ และความยาวคลื่นที่ใช้แคบ (362 นาโนเมตร) การคัดเลือกวัตถุดิบโดยวิธีทางชีวภาพด้วยการตรวจปริมาณอฟลาทอกซินเป็นวิธีที่ได้ผลดี แต่ใช้เวลานาน ไม่สามารถทราบผลได้ทันที การหาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพกับปริมาณอฟลาทอกซินในถั่วลิสง เพื่อสร้างความสัมพันธ์ปริมาณการปนเปื้อนอฟลาทอกซินกับสมบัติทางกายภาพ ด้วยการใช้อุปกรณ์พื้นฐานในการตรวจสอบ (ปานมนัส และคณะ, 2538) และลักษณะปรากฏ (appearance) (อัมพวัน, 2551) เช่น ความเป็นทรงกลม (Sphericity) พื้นที่ภาพฉาย (Projected area) ความหนาแน่น (True density) GMD (Geometric Mean Diameter) ความเร็วปลาย (Terminal velocity) และความชื้น (Moisture content) เป็นสมบัติทางกายภาพที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์กับปริมาณอฟลาทอกซินในถั่วลิสง ซึ่งสมบัติทางกายภาพสามารถนำมาใช้ในการคัดเลือกวัตถุดิบที่มีคุณภาพก่อนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากถั่วลิสง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมวัตถุดิบในการทดลอง

ถั่วลิสงดิบที่ใช้ในการทดลองเป็นถั่วลิสงดิบกระเพาะเปลือก พันธุ์ไทนาน 9 เดือนมีนาคม พ.ศ.2552 จากตลาดขายส่งสินค้าเกษตรกรรม ถนนทรงวาด เขตสัมพันธวงศ์ ที่ยังไม่ผ่านการคัดแยก ทั้งในด้านขนาด การเน่าเสีย เมล็ดลีบเมล็ดฝ่อ และแตกหัก บรรจุในถุงกระสอบละ 25 กิโลกรัม จำนวน 4 กระสอบ รวม 100 กิโลกรัม

2. การเตรียมสารละลาย

การตรวจสอบปริมาณสารพิษอฟลาทอกซิน โดยใช้ชุดตรวจวิเคราะห์ปริมาณอฟลาทอกซินสำเร็จรูป (DOA-Aflatoxin ELISA Test Kit) เตรียมสารละลายที่จะวิเคราะห์ สามารถทำได้โดยเตรียมสารเคมีเพื่อสกัดสารพิษอฟลาทอกซิน โดยใช้เมทานอล (Methanol) เจือจางเป็นความเข้มข้น 70 % จากนั้นเตรียม Washing Buffer เจือจางเป็น 0.01 M สำหรับนำไปใช้ในการเจือจางสารสกัดตัวอย่าง และใช้ล้าง Micro ELISA plate ชุดท้ายเตรียม Enzyme Conjugate โดยเติม Conjugate Buffer 1 ml ลงไปใน Enzyme Conjugate 1 หลอด เขย่าเล็กน้อยให้เป็นเนื้อเดียวกัน

การทดลองในครั้งนี้ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการอ่านผลการวิเคราะห์ปริมาณอฟลาทอกซินเชิงคุณภาพ (Qualitative Result) ซึ่งสามารถอ่านผลได้ด้วยสายตา โดยเปรียบเทียบสีฟ้าของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในหลุมตัวอย่างที่

ต้องการวิเคราะห์กับสีของปฏิภพที่ก่อกำเนิดในหลุมของสารพิษมาตรฐาน ซึ่งค่าที่อ่านได้จะบอกเป็นปริมาณมากกว่าหรือน้อยกว่าค่าที่กำหนดของสารพิษมาตรฐาน ซึ่งจะมีค่าเป็น 0, 4, 10, 20 และ 40 พีพีบี

3. การทดสอบ

การทดสอบสมบัติทางกายภาพ โดยการคัดแยกถั่วลิสงออกเป็น 4 ประเภท ตามลักษณะปรากฏ (appearance) บริเวณพื้นผิวของเมล็ดถั่วลิสง แบ่งออกได้เป็นประเภท 1 ถั่วลิสงดี เมล็ดเต็ม (GF) ประเภท 2 ถั่วลิสงดี เมล็ดลีบ (GL) ประเภท 3 ถั่วลิสงเสีย เมล็ดเต็ม มีตำหนิ (DF) และประเภท 4 ถั่วลิสงเสีย เมล็ดลีบ มีตำหนิ (DL) นำถั่วลิสงที่ได้คัดแยกแล้วมาทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับขนาด รูปร่าง ความเร็วปลาย พื้นที่ภาพฉาย และเปอร์เซ็นต์ความชื้น ใช้ค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ 3 ครั้ง มาวิเคราะห์ผล วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design) จำนวน 5 Block และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ (D214) อาคารเจ้าคุณทหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร

การทดสอบปริมาณอฟลาทอกซินในถั่วลิสง 4 ประเภท และจากการทดลองความเร็วปลาย ตรวจด้วยชุดตรวจวิเคราะห์ปริมาณอฟลาทอกซินสำเร็จรูป (DOA-Aflatoxin ELISA Test Kit) ใช้ค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ 2 ครั้ง มาวิเคราะห์ผล เพื่อหาความสัมพันธ์กับสมบัติทางกายภาพ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างสมบัติทางกายภาพทั้ง 5 ประการ คือความเป็นทรงกลม (Sphericity) พื้นที่ภาพฉาย (Projected area) ความเร็วปลาย (Terminal velocity) GMD (Geometric Mean Diameter) ความชื้น (Moisture content) และความเร็วปลาย (Terminal velocity) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (DMRT) ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ D214 อาคารเจ้าคุณทหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

1. สมบัติทางกายภาพกับประเภทเมล็ด

จากการทดลองสมบัติทางกายภาพของถั่วลิสง เพื่อหาความสัมพันธ์ที่มีต่อปริมาณอฟลาทอกซิน โดยการคัดแยกถั่วลิสงตัวอย่างออกเป็น 4 ประเภท คือ ประเภท 1 ถั่วลิสงดี เมล็ดเต็ม ประเภท 2 ถั่วลิสงดี เมล็ดลีบ ประเภท 3 ถั่วลิสงเสีย เมล็ดเต็ม มีตำหนิ และประเภท 4 ถั่วลิสงเสีย เมล็ดลีบ มีตำหนิ กับสมบัติทางกายภาพ 5 ประการคือความเป็นทรงกลม (Sphericity) พื้นที่ภาพฉาย (Projected area) GMD (Geometric Mean Diameter) ความเร็วปลาย (Terminal velocity) และความชื้น (Moisture content) พบว่า GMD และความเป็นทรงกลม สามารถแยกเมล็ดเต็มและเมล็ดลีบออกจากกันได้ เช่นเดียวกับการใช้ความชื้น และพื้นที่ภาพฉายในการคัดแยก ส่วนความเร็วปลายสามารถคัดแยกเมล็ดดี และเมล็ดเสียออกจากกันได้ (Table 1)

2. สมบัติทางกายภาพของเมล็ดกับปริมาณอฟลาทอกซิน

ประเภทถั่วลิสงที่คัดแยกด้วยความเร็วปลายยังมีความสัมพันธ์กับระดับอฟลาทอกซิน โดยถั่วลิสงเสียมีปริมาณอฟลาทอกซินที่ระดับ 20-40 พีพีบี หรือมากกว่า 40 พีพีบี มากกว่าถั่วลิสงดีที่มีปริมาณอฟลาทอกซินที่ระดับ 0-4 พีพีบี และมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การลอยของถั่วลิสง โดยถั่วลิสงเสีย (DF) และ (DL) มีเปอร์เซ็นต์การลอย 35.649 เปอร์เซ็นต์ และ 29.369 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มากกว่าถั่วลิสงดี (GF) และ (GL) ที่มีเปอร์เซ็นต์การลอยแค่ 9.614 เปอร์เซ็นต์ และ 9.208 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 3) นอกจากนี้ลักษณะถั่วลิสงจมน้ำแบ่งออกเป็นแบบจมน้ำที่และจมน้ำ ซึ่งปริมาณอฟลาทอกซินของทั้งสองประเภทนั้นเท่ากันที่ระดับ 4 - 10 พีพีบี ส่วนเมล็ดที่ลอยพบปริมาณอฟลาทอกซินอยู่ระดับ มากกว่า 40 พีพีบี ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ตามที่กระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดพระราชบัญญัติอนุญาตให้มีการปนเปื้อนสารอฟลาทอกซินในอาหารได้ไม่เกิน 20 พีพีบี (กรมวิชาการเกษตร, 2540)

Table 1 Types of peanut and physical properties

Types of Peanut	Physical properties				
	Moisture Content	Sphericity	GMD (cm.)	Projected area (cm. ²)	Terminal velocity (cm./sec.)
GF	5.354±0.425a	0.760±0.002a	0.871±0.034a	3.517±0.030a	6.287±0.489a
GL	5.797±0.190b	0.678±0.017c	0.744±0.011b	2.660±0.026b	6.394±0.611a
DF	5.340±0.266a	0.766±0.004a	0.865±0.024a	3.465±0.023a	4.074±1.139b
DL	5.794±0.206b	0.718±0.031b	0.756±0.012b	2.678±0.029b	4.637±0.368b

Means within the same column followed by the different letters are significantly different ($p < 0.05$) by DMRT

จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความชื้น (Moisture content) ความเป็นทรงกลม (Sphericity) GMD (Geometric Mean Diameter) พื้นที่ภาพฉาย (Projected area) และ ความเร็วปลาย (Terminal velocity) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง GMD กับความเป็นทรงกลม (Sphericity) มีค่าความสัมพันธ์เชิงบวกที่ค่า $r = 0.574$ และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความชื้น (Moisture content) ที่ค่า $r = -0.519$ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 พื้นที่ภาพฉาย (Projected area) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับความเป็นทรงกลม (Sphericity) และ GMD มีค่า $r = 0.426$ และ $r = 0.877$ ตามลำดับ โดยมีความสัมพันธ์กับความชื้น (Moisture content) เชิงลบที่ค่า $r = -0.511$ และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Table 2)

Table 2 Correlation among physical properties of peanut kernel

Physical Properties	Physical properties				
	Moisture content	Sphericity	GMD (cm.)	Projected area (cm. ²)	Terminal velocity (cm./sec.)
Moisture content	-				
Sphericity	-.328	-			
GMD	-.519*	.574*	-		
Projected area	-.511*	.426*	.877*	-	
Terminal velocity	.260	-.322	-.057	-.023	-

* Correlation is significant ($p < 0.05$)

3. ประเภทของเมล็ดกับปริมาณอฟลาทอกซินและเปอร์เซ็นต์การลอยน้ำ

จากการแบ่งลักษณะรูปร่างของเมล็ดถั่วลิสงดิบในตัวอย่าง โดยอาศัยการสังเกตลักษณะทางภายนอกของถั่วลิสงที่แตกต่าง เพื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างนำมาหาความสัมพันธ์กับความเสียหายที่จะเกิดอฟลาทอกซินในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง โดยการตรวจวิเคราะห์ระดับของอฟลาทอกซินด้วยชุดตรวจสอบอฟลาทอกซินสำเร็จรูป (DOA-Aflatoxin ELISA Test Kit) ลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นจากการคัดแยกถั่วลิสงตัวอย่าง จากผลการวิเคราะห์ใน Table 3 แสดงให้เห็นว่าถั่วลิสงทั้ง 4 ประเภท มีปริมาณอฟลาทอกซินแตกต่างกันคือ GF และ GL มีปริมาณอฟลาทอกซินอยู่ในช่วง

0 – 4 พีพีบี ขณะที่ DF มีปริมาณอฟลาทอกซินอยู่ในช่วง 20 – 40 พีพีบี และ DL มีระดับปริมาณอฟลาทอกซินมากที่สุดคืออยู่ในช่วงมากกว่า 40 พีพีบี เมื่อจัดกลุ่มถั่วลิสงทั้ง 4 ประเภท ตามที่กระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดเป็นพระราชบัญญัติอนุญาตให้มีการปนเปื้อนของสารอฟลาทอกซินในอาหารได้ไม่เกิน 20 พีพีบี (กรมวิชาการเกษตร, 2540) จะแบ่งถั่วลิสงได้เป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่มีปริมาณอฟลาทอกซินน้อยกว่าปริมาณที่อนุญาตให้มีการปนเปื้อนได้ ได้แก่ GF และ GL และกลุ่มที่มีปริมาณเกินกำหนด ได้แก่ DE และ DL ทั้งนี้ถั่วลิสงทั้งสองกลุ่มยังมีเปอร์เซ็นต์การลอยน้ำที่แตกต่างกันด้วย แสดงว่าลักษณะทางกายภาพของเมล็ดถั่วลิสงที่ปรากฏสามารถบอกระดับปริมาณอฟลาทอกซินได้ในเบื้องต้น

Table 3 Levels of aflatoxin and floating seed percentage of different in types of peanut

Types of peanut	Floating seed (%)	Levels of aflatoxin (ppb.)
GF	9.614	0 – 4
GL	9.208	0 – 4
DF	35.649	20 – 40
DL	29.369	> 40

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสมบัติทางกายภาพของถั่วลิสง เพื่อหาความสัมพันธ์ที่มีต่อปริมาณอฟลาทอกซิน สรุปได้ว่าสมบัติทางกายภาพทั้ง 5 ประการคือความเป็นทรงกลม (Sphericity) พื้นที่ภาพฉาย (Projected area) GMD (Geometric Mean Diameter) ความเร็วปลาย (Terminal velocity) และความชื้น (Moisture content) สามารถที่จะใช้เพื่อคัดแยกประเภทถั่วลิสงได้ โดยถ้าต้องการคัดแยกถั่วลิสงเมล็ดเต็ม และเมล็ดลีบออกจากกันสามารถใช้ความเป็นทรงกลม ความชื้น พื้นที่ภาพฉาย และ GMD ในการคัดแยกได้ ซึ่งไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณอฟลาทอกซิน แต่ถ้าต้องการคัดแยกเมล็ดถั่วลิสงดี และเสียออกจากกันต้องใช้ความเร็วปลายในการคัดแยก ซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณอฟลาทอกซินในถั่วลิสง โดยถั่วลิสงเสียนั้นจะมีปริมาณอฟลาทอกซิน ที่ระดับ 20-40 พีพีบี หรือมากกว่า 40 พีพีบี มากกว่าถั่วลิสงดีที่มีปริมาณอฟลาทอกซินที่ระดับ 0-4 พีพีบี และมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การลอยของถั่วลิสง โดยถั่วลิสงเสียนั้นมีเปอร์เซ็นต์การลอยมากกว่าถั่วลิสงดี และพบปริมาณอฟลาทอกซินอยู่ที่ระดับ มากกว่า 40 พีพีบี มากกว่าถั่วลิสงจมน้อยกว่าระดับ 4 – 10 พีพีบี ซึ่งปลอดภัยต่อการบริโภค และการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ

จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง GMD กับความเป็นทรงกลม มีค่าความสัมพันธ์เชิงบวกที่ $r=0.574$ และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความชื้นที่ค่า $r = -0.519$ พื้นที่ภาพฉายมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับความเป็นทรงกลมและ GMD มีค่า $r = 0.426$ และ $r = 0.877$ ตามลำดับ โดยมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความชื้นที่ค่า $r = -0.511$

จากการสำรวจรูปร่างและลักษณะทางกายภาพของถั่วลิสง เพื่อหาความสัมพันธ์ที่มีต่อปริมาณอฟลาทอกซิน สรุปได้ว่าลักษณะทางกายภาพ รูปร่าง ของเมล็ดถั่วลิสงมีผลต่อปริมาณอฟลาทอกซินในถั่วลิสง จากตัวอย่างจำนวน 50 กิโลกรัม และได้แบ่งออกเป็น 4 ประเภทคือประเภท 1 ถั่วลิสงดี เมล็ดเต็ม ประเภท 2 ถั่วลิสงดี เมล็ดลีบ ประเภท 3 ถั่วลิสงเสีย เมล็ดเต็ม มีตำหนิ และประเภท 4 ถั่วลิสงเสีย เมล็ดลีบ มีตำหนิ พบว่าประเภท 1 ถั่วลิสงดี เมล็ดเต็ม และประเภท 2 ถั่วลิสงดี เมล็ดลีบมีปริมาณสารอฟลาทอกซินอยู่ในช่วง 0 – 4 พีพีบี ส่วนประเภท 3 ถั่วลิสงเสีย เมล็ดเต็ม มีตำหนิ พบปริมาณสาร อฟลาทอกซินอยู่ในช่วง 20 – 40 พีพีบี และประเภท 4 ถั่วลิสงเสีย เมล็ดลีบ มีตำหนิมีปริมาณ

อฟลาทอกซินมากที่สุด คืออยู่ในช่วงมากกว่า 40 พีพีบี ซึ่งเป็นระดับที่มากเกินไปเกินมาตรฐานกำหนดคือ 20 พีพีบี แสดงว่าลักษณะของเมล็ดถั่วลิสงสามารถบ่งบอกปริมาณอฟลาทอกซินได้ในเบื้องต้น

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2540. "คู่มือวิชาการ อฟลาทอกซินในถั่วลิสง". กรุงเทพฯ : ม.ป.ท. , 247 น.
- ธรรมศักดิ์ สุมมาตย์. 2540. "โรคถั่วลิสง". กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , 236 น.
- ธีระยุทธ กลินสุคนธ์ และ ชัยวัฒน์ ต่อสกุลแก้ว. 2524. "แอฟลาทอกซิน (สารพิษจากเชื้อราที่ทำให้เกิดมะเร็งในตับ)." ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
- ปานมนัส ศิริสมบุญ และคณะ. 2538. สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของซีวัสตุ. ม.ป.ท. , 271 น.
- อนงค์ บัณฑิตวิหค. 2546. "สารพิษจากเชื้อรา : อฟลาทอกซิน". กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 327 น.
- อานนท์ วาทยานนท์ สงบภัย นามไพศาลสถิต ศรีประไพ ผาบจันดา บุญเพ็ง แลโสโก และมณฑิยา ไสมภีร์. 2532. "การศึกษาการเกิดเมล็ดลีบในถั่วลิสงที่มีสาเหตุมาจากลักษณะทางพฤกษศาสตร์บางประการของถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 และ C5B1" รายงานการสัมมนาเชิงปฏิบัติการงานวิจัยถั่วลิสง ครั้งที่ 6. ณ. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 18-20 มีนาคม
- อรุณศรี วงษ์อุไร. 2540. "คู่มือวิชาการ อฟลาทอกซินในถั่วลิสง". กรุงเทพฯ .กรมวิชาการเกษตร.
- มาลีณี ลิ้มโกคา. 2520. สารพิษอฟลาทอกซิน (Aflatoxin). พิษวิทยาและการวินิจฉัยโรคทางสัตว์แพทย์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์เจริญสหวงศ์
- อัมพันธ์ ต้นสกุล. 2551. "สมบัติทางวิศวกรรมของอาหารและวัสดุชีวภาพ". กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 200 น.
- อุตสาหกรรม. 2544. "มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.2070 เล่ม 1-2544 เรื่องข้อกำหนดวิธีปฏิบัติเพื่อควบคุมการปนเปื้อนของอฟลาทอกซินในถั่วลิสง". กระทรวงอุตสาหกรรม
- Ceigler A., S. Kadis and S.J. Aji. 1971. Microbial Toxins. Vol.6 Fungal Toxins. Academic Press, New York.
- Feuell, A.J. 1966. "Aflatoxin in Groundnuts : IX Problems of Detoxication" Tropical Science 8 : 61-70.
- Samarajeewa, U., Sen, A.C., Cohen, M.D. and Wei, C.I. 1990. Detoxification of aflatoxins in foods and feeds by physical and chemical methods. Journal of Food Protection 53 : 489-501.
- Temcharoen and Thilly, 1982. P. Temcharoen and W.G. Thilly, Removal of aflatoxin B1 toxicity but not mutagenicity by 1 megarad gamma radiation of peanut meal. Journal Food Safety 4 : 199-205.
- Wogan, G.N. 1966. Chemical nature and biological effect of aflatoxins. Bacteriology review 30 : 460-468.