

ผลการทดลอง

1. การศึกษาสภาพโดยทั่วไปของโรงงานกะเทาะเปลือกถั่วลิสงในเขตจังหวัดกาฬสินธุ์ สภาพทั่วไปภายในโรงงาน

โรงงานที่เข้าไปศึกษาดังอยู่ในเขตอำเภอกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์ เริ่มตั้งโรงงานปี 2526 โรงงานมีลักษณะสูงโปร่ง มีการถ่ายเทอากาศดี พื้นและบริเวณรอบ ๆ สะอาด ไม่มีลานสำหรับตากถั่วลิสง พื้นที่ทำงานสามารถแบ่งได้ 4 ส่วน คือ ส่วนแรกสำหรับใช้เก็บรักษา ถั่วลิสงทั้งฝักที่รับซื้อมาจากเกษตรกรหรือพ่อค้าเร่ พื้นที่ส่วนนี้จะโปร่งมุงหลังคาด้วย กระเบื้องใส เพื่อให้แสงแดดส่องมายังกองถั่วลิสงได้ ส่วนที่สองเป็นบริเวณที่ใช้กะเทาะ เปลือกถั่วลิสงมีเครื่องทำความสะอาดคัดแยกฝัก เครื่องกะเทาะเปลือก และตะแกรงคัด ขนาดเมล็ดถั่วลิสง ส่วนที่สามเป็นส่วนที่ใช้คัดแยกสิ่งเจือปนและบรรจุหีบห่อถั่วลิสงที่คัดเกรด แล้ว และส่วนที่สี่เป็นส่วนที่ใช้สำหรับแปรรูปถั่วลิสง โดยมีการแปรรูปถั่วลิสง 2 ลักษณะ คือ การทำน้ำมันถั่วลิสงและการทำถั่วป่น

วิธีการรับซื้อถั่วลิสง

ถั่วลิสงจะเข้าสู่โรงงานจากการรับซื้อถั่วจากเกษตรกรที่นำมาขายที่โรงงานหรือรับซื้อผ่านพ่อค้าเร่ ส่วนใหญ่พ่อค้าเร่จะมีรถยนต์ขนาดเล็กรับซื้อทั้งถั่วแห้งและถั่วสด จากเกษตรกรในจังหวัดกาฬสินธุ์และจังหวัดใกล้เคียง แล้วนำไปตากบนลานมันที่เช่าไว้ประมาณ 2 - 3 แดด ซึ่งสามารถลดความชื้นได้ระดับหนึ่งแต่ยังไม่แห้งสนิท ในอดีตก่อนโรงงานรับซื้อทั้งถั่วสดและถั่วแห้ง เนื่องจากมีลานตากเองและเคยต้มถั่วลิสงทั้งฝักขายส่งให้กับบริษัทรับซื้อที่ อ.ตาศลิ จ.นครสวรรค์ แต่ทำเพียง 2 ปี ก็เลิก เนื่องจากมีปัญหาเรื่องเชื้อรา ในปัจจุบันนี้รับซื้อแต่ถั่วลิสงแห้งเพียงอย่างเดียว เนื่องจากต้องการควบคุมคุณภาพเรื่องอะฟลาทอกซิน และเพื่อไม่ให้มีปัญหาด้านตลาดและราคา จากการสอบถามผู้ประกอบการจะใช้ประสบการณ์ในการวัดความชื้นถั่วลิสง โดยสังเกตจากลักษณะของฝัก ซึ่งฝักที่มีความชื้นต่ำเปลือกจะกรอบ ฝักในขนาดเดียวกันจะเบากว่าฝักที่มีความชื้นสูงสามารถบีบฝักให้แตกได้ง่าย และจากการสังเกตกลิ่นเหินของถั่วที่มีความชื้นสูง เป็นต้น และถั่วฝักแห้งที่โรงงานรับซื้อไว้ดังกล่าวจะมีความชื้นต่ำกว่า 14% ซึ่งถั่วลิสงที่แห้งสนิทเมื่อกะเทาะแล้ว จะได้เมล็ดที่มีคุณภาพดี

สีเยื่อหุ้มเมล็ดสอยสามารถนำส่งโรงงานถั่วเคลือบซึ่งจะมีราคาดีกว่า ถั่วถั่วขึ้นและเป็นราต้องนำไปสกัดน้ำมันทั้งหมดใช้กะเทาะขายในรูปเมล็ดไม่ได้

การเก็บรักษา

สภาพการเก็บรักษาของโรงงานจะเก็บในรูปฝักบรรจุกระสอบวางกองไว้ในโรงงาน ถั่วลิสงที่โรงงานรับซื้อไว้ส่วนใหญ่จะเก็บไว้ไม่เกิน 1 เดือน (ข้อมูลเฉพาะปี 2536-2537) เนื่องจากตลาดมีความต้องการถั่วลิสงในรูปเมล็ดมาก เช่น โรงงานทำถั่วลิสงเคลือบ และถั่วลิสงที่เก็บนานเกิน 1 เดือน เมื่อกะเทาะแล้วสีเยื่อหุ้มเมล็ดจะเปลี่ยนแปลงจากเยื่อหุ้มเมล็ดสีชมพูไปเป็นสีคล้ำมากขึ้น ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของตลาด ดังนั้นจากเหตุผลดังกล่าวเมื่อโรงงานรับซื้อถั่วลิสงมาแล้วจะต้องรีบกะเทาะถั่วและขายส่งทันที

การกะเทาะเปลือกและคัดขนาดถั่วลิสง

กรรมวิธีการผลิตถั่วลิสงกะเทาะเปลือก เริ่มจากนำถั่วลิสงฝักแห้งไปทำความสะอาดโดยคัดแยกสิ่งเจือปนออก ซึ่งจะทำโดยนำถั่วลิสงฝักแห้งไปผ่านตะแกรงที่มีความกว้าง 7/16 นิ้ว แล้วนำถั่วลิสงฝักแห้งที่ได้ไปกะเทาะเมล็ด เมล็ดถั่วลิสงที่ได้จะนำไปผ่านตะแกรงขนาดต่าง ๆ เพื่อคัดขนาด ซึ่งจะได้เมล็ดถั่วลิสง 4 ขนาดคือ ถั่วเกรด 1 เป็นถั่วที่ค้างบนตะแกรงที่มีความกว้างของช่องขนาด 6/18 นิ้ว มีขนาดใหญ่พิเศษ เมล็ดสมบูรณ์ไม่ลีบผิวไม่เหี่ยวย่น ถั่วเกรด 2 เป็นถั่วที่ค้างบนตะแกรงขนาด 5/16 นิ้ว เมล็ดถั่วที่ได้มีขนาดปานกลาง เมล็ดสมบูรณ์ไม่ลีบ ถั่วเกรด 3 เป็นถั่วที่ค้างบนตะแกรงขนาด 4/16 นิ้ว เมล็ดเล็ก และที่เหลือจัดเป็นถั่วเกรด 4 ซึ่งประกอบด้วยฝุ่นผงและถั่วที่ผ่านตะแกรงขนาด 4/16 นิ้ว ได้แก่ถั่วซีก ถั่วเนา ถั่วเมล็ดลีบ ถั่วอ่อน ซึ่งมักมีความชื้นสูง ถั่วเกรด 4 นี้จะมีน้อย ส่วนใหญ่จะคัดทิ้ง ถั่วเกรด 1 จะนำไปทำความสะอาดโดยคัดแยกเมล็ดเสีย เมล็ดเป็นราออกไป แล้วนำไปบรรจุถุงหรือกระสอบเพื่อส่งขายต่อไป ถั่วเกรด 2 จะถูกนำไปทำความสะอาดโดยคัดแยกเมล็ดเสีย เมล็ดเป็นราออกไป เช่นเดียวกับถั่วเกรด 1 แล้วนำไปคั่วให้สุก แยกเปลือกเมล็ดถั่วที่เจือปนออก นำไปเข้าเครื่องตีให้ป่นเพื่อทำถั่วป่น ทำความสะอาด แล้วบรรจุถุงเพื่อส่งจำหน่ายต่อไป ส่วนถั่วเกรด 3 ซึ่งเป็นถั่วเมล็ดเล็ก จะนำไปสกัดน้ำมันโดยการบีบอัดแบบธรรมชาติ สิ่งที่ได้จากการสกัด คือ น้ำมันถั่วลิสง และกากถั่วลิสง โดยน้ำมันถั่วลิสง จะผ่านขั้นตอนการทำให้เป็นกลาง ล้าง ฟอกสี กำจัดกลิ่น และบรรจุขวด ตามลำดับ ส่วนกากถั่วลิสงจะนำไปบรรจุกระสอบเพื่อขายเป็นอาหารสัตว์ต่อไป

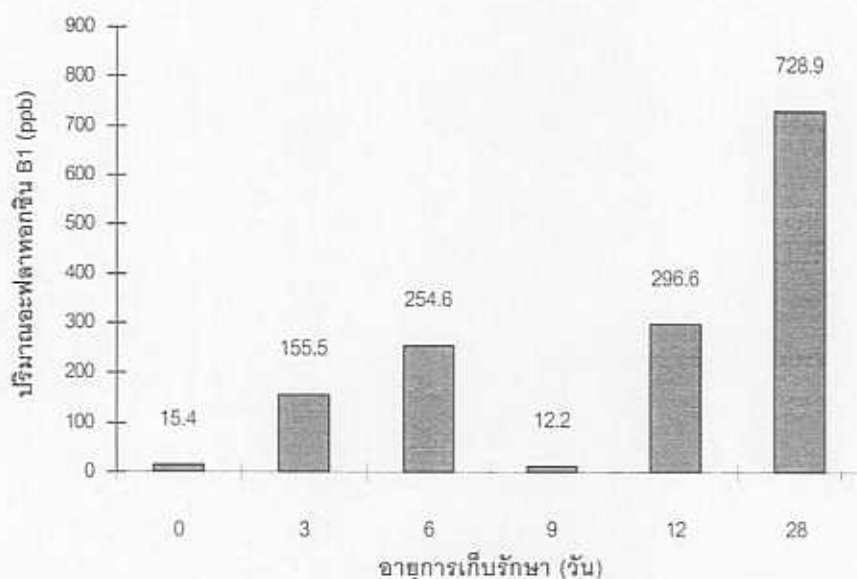
2. การศึกษาการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซินในสภาพการเก็บรักษาของโรงงานก่อนการกะเทาะเปลือกและในถั่วลิสงเกรดต่าง ๆ หลังการกะเทาะเปลือก

ผลการวิเคราะห์ปริมาณอะฟลาทอกซินจากตัวอย่างถั่วลิสงที่ผลิตในฤดูฝนปี 2537 ดังแสดงในตารางที่ 1 ปริมาณอะฟลาทอกซินเริ่มต้นมีค่าเฉลี่ย 15.4 ppb ซึ่งเป็นปริมาณของอะฟลาทอกซินที่ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดให้มีได้ไม่เกิน 20 ppb ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติของปริมาณอะฟลาทอกซิน ปี1 เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 0 , 3 , 6 , 9 , 12 และ 28 วัน โดยมีปริมาณอะฟลาทอกซิน 15.4 , 155.5 , 254.6 , 12.2 , 296.6 และ 728.9 ppb ตามลำดับ (ภาพที่ 5)

ตารางที่ 1 ปริมาณการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซิน ปี1 ในถั่วลิสงฤดูฝนปี 2537 ที่มีอายุการเก็บรักษาต่าง ๆ วิเคราะห์โดยไม่คัดแยกขนาด

อายุการเก็บรักษา (วัน)	Sample (ppb)								เฉลี่ย
	1		2		3		4		
	Sub 1	Sub 2	Sub 1	Sub 2	Sub 1	Sub 2	Sub 1	Sub 2	
0	6.0	0.1	14.6	30.5	12.5	23.2	24.2	12.1	15.4
3	13.6	20.8	201.0	269.5	31.5	57.8	288.5	361.5	155.5
6	31.2	45.0	845.0	912.5	58.0	62.0	38.3	44.5	254.6
9	3.4	0.5	16.6	16.8	21.0	15.8	21.3	2.1	12.2
12	102.3	83.5	800.0	987.5	37.0	34.0	156.5	172.0	296.6
28	10.5	98.5	1271.6	1535.0	-	-	-	-	728.9
F-test									NS
CV (%)									176.7

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



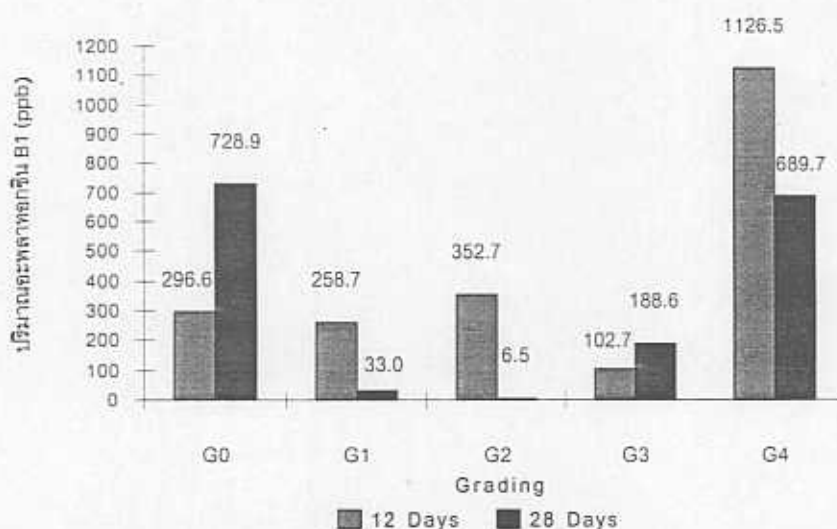
ภาพที่ 5 ปริมาณการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซิน บี 1 ในถั่วลิสงฤดูฝนปี 2537 ที่อายุการเก็บรักษา 0 , 3 , 6 , 9 , 12 และ 28 วัน

สำหรับผลของการคัดคุณภาพเมล็ดของถั่วลิสงที่มีต่อปริมาณอะฟลาทอกซินในถั่วลิสงนั้นพบว่า เมื่อมีการคัดขนาดเมล็ดถั่วลิสง (grading) พบว่า ถั่วลิสงทุกเกรดของทั้ง 2 อายุ (12 และ 28 วันเก็บรักษา) การเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2) โดยถั่วลิสงที่ยังไม่ได้คัดขนาดที่มีระยะเวลาการเก็บรักษา 12 วัน และ 28 วัน มีปริมาณอะฟลาทอกซิน 296.6 ppb และ 728.9 ppb ตามลำดับ ผลวิเคราะห์ของถั่วแยกเกรดดังแสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 6 ซึ่งพบว่าที่อายุการเก็บรักษา 12 วัน ปริมาณอะฟลาทอกซิน บี 1 ของถั่วเกรด 1 , 2 , 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับถั่วที่ยังไม่มีการคัดเกรด โดยมีปริมาณ อะฟลาทอกซินเท่ากับ 296.6 , 258.7 และ 102.7 ppb ในถั่วที่ยังไม่ได้คัดเกรด ถั่วเกรด 1 และ ถั่วเกรด 3 ตามลำดับ ส่วนถั่วเกรด 2 นั้นมีปริมาณอะฟลาทอกซินเพิ่มขึ้นเป็น 352.7 ppb โดยเฉพาะอย่างยิ่งถั่วเกรด 4 หรือถั่วเสียนั้น มีปริมาณอะฟลาทอกซินสูงถึง 1,126.5 ppb

ตารางที่ 2 ปริมาณการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซิน บี1 ในถั่วลิสงฤดูฝนปี 2537 ที่มีการ
คัดคุณภาพเมล็ดขนาดต่าง ๆ

อายุ(วัน) และการ คัดขนาด	Sample (ppb)								เฉลี่ย
	1		2		3		4		
	Sub 1	Sub 2	Sub 1	Sub 2	Sub 1	Sub 2	Sub 1	Sub 2	
12 Grade0	102.3	83.5	800.0	987.5	37.0	34.0	156.5	172.0	296.6
Grade1	252.5	244.0	233.5	270.0	223.0	296.0	266.5	284.0	258.7
Grade2	119.8	75.5	1075.0	1172.5	115.5	89.0	60.5	113.5	352.7
Grade3	51.0	79.0	44.2	87.0	243.5	289.5	22.0	5.1	102.7
Grade4	3850.0	935.0	965.0	1152.5	780.0	739.0	252.5	338.0	1126.5
28 Grade0	10.5	98.5	1271.6	1535.0	-	-	-	-	728.9
Grade1	3.8	42.2	11.5	74.5	-	-	-	-	33.0
Grade2	1.9	12.5	4.0	7.6	-	-	-	-	6.5
Grade3	352.0	295.0	39.8	67.5	-	-	-	-	188.6
Grade4	275.0	292.5	1226.3	965.0	-	-	-	-	689.7
F-test									NS
CV (%)									140.9

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



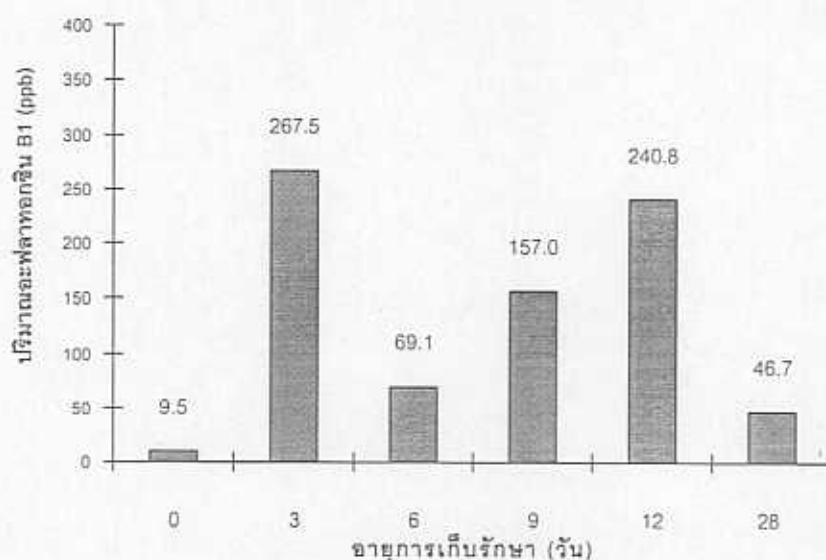
ภาพที่ 6 ปริมาณการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซิน บี1 ในถั่วลิสงฤดูฝนที่มีการคัดขนาด
ปี 2537 ในการเก็บรักษาที่ 12 และ 28 วัน

การวิเคราะห์ปริมาณอะฟลาทอกซิน ปี 1 ของถั่วลิสงฤดูแล้ง ปี 2537 แสดงในตารางที่ 3 ปริมาณอะฟลาทอกซิน ปี 1 เริ่มต้นมีค่าเฉลี่ย 9.5 ppb แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติของปริมาณอะฟลาทอกซิน ปี 1 เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 0 , 3 , 6 , 9 , 12 และ 28 วัน โดยมีปริมาณอะฟลาทอกซิน 9.5 , 267.5 , 69.1 , 157.0 , 240.8 และ 46.7 ppb ตามลำดับ (ภาพที่ 7) สำหรับผลของการคัดขนาดเมล็ดถั่วลิสงที่มีต่อปริมาณอะฟลาทอกซินของถั่วลิสงฤดูแล้งนั้นพบว่า ถั่วลิสงทุกเกรดของทั้ง 2 อายุการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ(ตารางที่ 4 และภาพที่ 8)

ตารางที่ 3 ปริมาณการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซิน ปี 1 ในถั่วลิสงฤดูแล้งปี 2537 ที่มีอายุการเก็บรักษาต่าง ๆ วิเคราะห์โดยไม่คัดแยกขนาด

อายุการเก็บรักษา (วัน)	Sample (ppb)								เฉลี่ย
	1		2		3		4		
	Sub 1	Sub 2	Sub 1	Sub 2	Sub 1	Sub 2	Sub 1	Sub 2	
0	11.5	7.2	8.3	2.2	8.9	10.9	9.7	17.4	9.5
3	12.8	13.7	970.0	885.0	89.0	148.5	12.2	8.3	267.5
6	81.1	91.2	28.5	56.0	131.5	64.0	67.0	33.7	69.1
9	10.1	3.9	11.3	8.3	28.8	13.7	705.0	475.0	157.0
12	84.5	29.2	22.7	19.2	49.0	32.0	840.0	850.0	240.8
28	54.0	36.3	41.5	55.0	-	-	-	-	46.7
F-test									NS
CV (%)									184.6

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

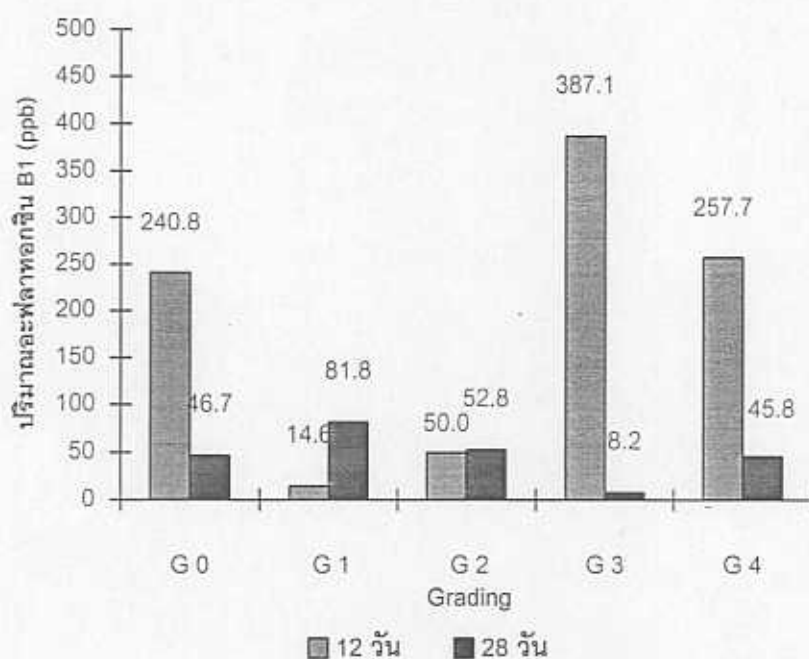


ภาพที่ 7 ปริมาณการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซิน บี1 ในถั่วลิสงฤดูแล้งปี 2537 ที่อายุการเก็บรักษา 0 , 3 , 6 , 9 ,12 และ 28 วัน

ตารางที่ 4 ปริมาณการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซิน บี 1 ในถั่วลิสงฤดูแล้ง ปี 2537 ที่มีการคัดคุณภาพเมล็ดขนาดต่าง ๆ

อายุ(วัน) และการ คัดขนาด	Sample (ppb)								เฉลี่ย
	1		2		3		4		
	Sub 1	Sub 2	Sub 1	Sub 2	Sub 1	Sub 2	Sub 1	Sub 2	
12 Grade0	84.5	29.3	22.8	19.2	49.0	32.0	840.0	850.0	240.8
Grade1	10.1	17.0	9.4	7.0	13.7	32.2	19.6	7.8	14.6
Grade2	29.3	58.5	38.0	45.4	66.0	65.3	33.4	64.2	50.0
Grade3	1012.5	1360.0	209.0	175.0	159.0	176.5	2.55	2.2	387.1
Grade4	7.1	9.9	745.0	815.0	215.0	214.0	21.4	34.2	257.7
28 Grade0	54.0	36.3	41.5	55.0	-	-	-	-	46.7
Grade1	116.2	95.3	57.0	58.5	-	-	-	-	81.8
Grade2	67.5	65.0	40.5	38.0	-	-	-	-	52.8
Grade3	16.8	8.4	0.36	7.2	-	-	-	-	8.2
Grade4	39.0	38.5	32.7	73.0	-	-	-	-	45.8
F-test									NS
CV (%)									181.7

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

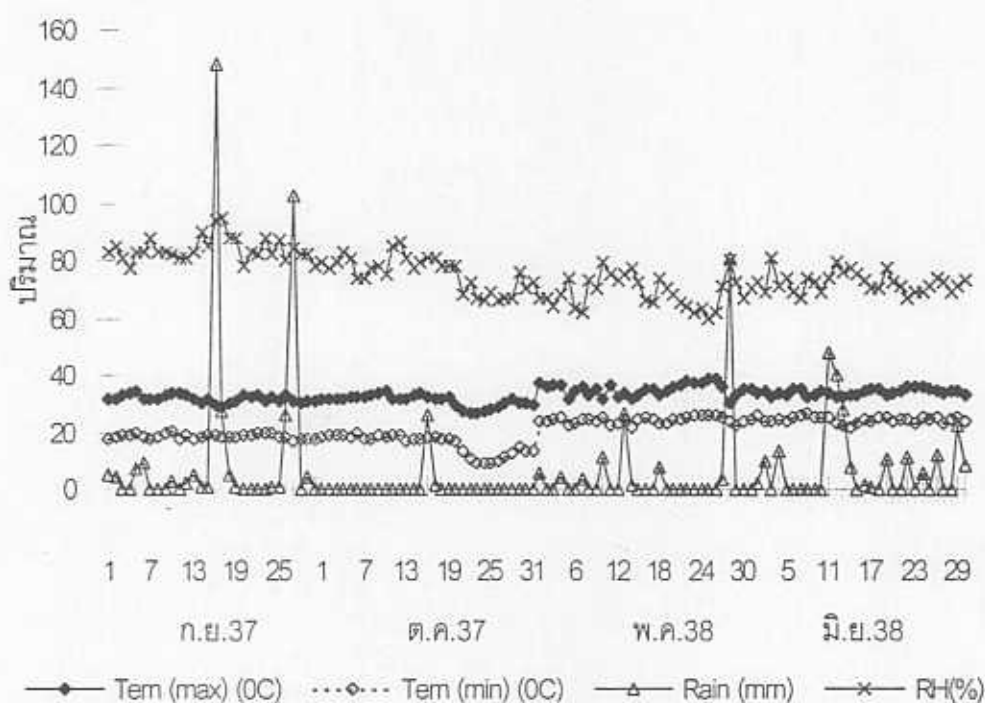


ภาพที่ 8 ปริมาณการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซิน บี1 ในถั่วลิสงฤดูแล้งที่มีการคัดขนาด ปี 2537 ในการเก็บรักษาที่ 12 และ 28 วัน

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณอะฟลาทอกซินระหว่างถั่วฤดูฝนกับถั่วฤดูแล้งพบว่าถั่วฤดูฝนจะมีอะฟลาทอกซินสูงกว่าฤดูแล้ง เริ่มจากปริมาณอะฟลาทอกซิน เริ่มต้นของถั่วที่นำมาเก็บรักษาในฤดูฝน (15.4 ppb) มากกว่าฤดูแล้ง (9.5 ppb) เมื่อเวลาของการเก็บรักษาผ่านไป 12 และ 28 วัน ถั่วฤดูฝนมีปริมาณการสะสมอะฟลาทอกซินสูงกว่าถั่วฤดูแล้งมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งถั่วเกรด 4 ในฤดูฝนมีอะฟลาทอกซินสูงถึง 1126.5 และ 689.7 ppb ในการเก็บรักษา 12 และ 28 วัน ตามลำดับ ซึ่งถั่วเกรด 4 ในฤดูแล้งมีอะฟลาทอกซินเพียง 257.7 และ 45.8 ppb ในการเก็บรักษา 12 และ 28 วัน ตามลำดับ

ปริมาณอะฟลาทอกซินที่วิเคราะห์ได้ในถั่วฤดูฝนและถั่วฤดูแล้ง นอกจากจะมีความแตกต่างกันตามอายุการเก็บรักษาแล้วยังมีความแตกต่างกันในค่าวิเคราะห์ที่ได้จากการสุ่มเก็บตัวอย่างในแต่ละอายุของการเก็บรักษา ซึ่งจะมีการสุ่มเก็บ จำนวน 4 ตัวอย่างในแต่ละอายุ และในการวิเคราะห์อะฟลาทอกซินจะมีการสุ่มตัวอย่างย่อย จำนวน 2 ตัวอย่าง เพื่อนำไปวิเคราะห์ ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างกันในระหว่างการสุ่มเก็บตัวอย่างและการสุ่มตัวอย่างย่อย โดยมีผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงในตารางผนวกที่ 1, 2, 3 และ 4

สำหรับข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกี่ยวกับปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิของสถานที่ทดลองได้จากสถานีตรวจอากาศ หมวดพืชไร่ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งเป็นสถานีตรวจอากาศที่อยู่บริเวณเดียวกับสถานที่ทดลอง ข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตและการสร้างอะฟลาทอกซินของเชื้อราในถั่วลิสงที่เก็บรักษาไว้ ซึ่งพบว่าในช่วงของการเก็บรักษาถั่วลิสงในฤดูฝนระหว่างวันที่ 23 กันยายน ถึง 21 ตุลาคม 2537 มีความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ย 80 % อุณหภูมิสูงสุด 27 - 35 °C อุณหภูมิต่ำสุด 17 - 20 °C แต่ในการเก็บรักษาช่วงฤดูแล้งระหว่างวันที่ 19 พฤษภาคม ถึง 16 มิถุนายน 2538 กลับมีความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ย 70 % ซึ่งลดลงจากช่วงการเก็บรักษาในฤดูฝน และมีอุณหภูมิสูงสุด 30 - 40 °C อุณหภูมิต่ำสุด 22 - 27 °C (ภาพที่ 9)

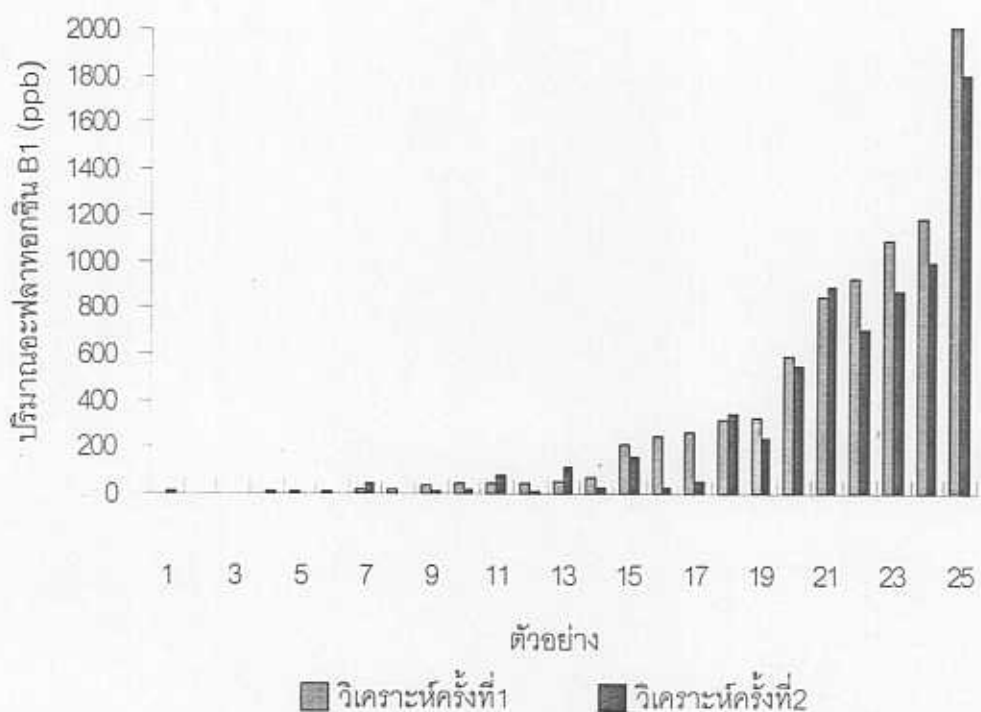


ภาพที่ 9 แสดงปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิ ณ สถานีตรวจอากาศหมวดพืชไร่ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในช่วงที่ทำการทดลองเก็บรักษาถั่วลิสงฤดูฝนระหว่างเดือนกันยายน ถึง ตุลาคม 2537 และในฤดูแล้งระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง มิถุนายน 2538

3. การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการตรวจวัดอะฟลาทอกซินด้วยวิธี ELISA

จากผลการทดสอบความแตกต่างของค่าวิเคราะห์ที่ได้ทั้ง 2 ครั้ง โดยใช้ t - test พบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2 ผลการวิเคราะห์ทั้ง 2 ครั้งแสดงในภาพที่ 10 ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าเส้นกราฟตั้งแต่ตัวอย่างที่ 1 ถึง 15 นั้น ค่อนข้างจะใกล้เคียงกัน โดยค่าอะฟลาทอกซินในช่วงนี้คือ 1.98 ถึง 214.5 ppb สำหรับตัวอย่างที่ 15 ถึง 18 เส้นกราฟ ค่อนข้างจะห่างกัน โดยค่าอะฟลาทอกซินในช่วงนี้คือ 214.5 - 312.25 ppb และช่วงสุดท้ายที่ค่าวิเคราะห์ได้ใกล้เคียงกันคือ 312.25 - 845.0 ppb ส่วนปริมาณอะฟลาทอกซินที่สูงกว่านี้จะได้ค่าวิเคราะห์ที่ห่างกัน ซึ่งค่าวิเคราะห์ทั้ง 2 ครั้งนี้ มีค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์เป็น 0.986 แสดงว่าการวิเคราะห์ทั้ง 2 ครั้งมีสหสัมพันธ์กัน โดยวิธี ELISA นี้สามารถให้ค่าวิเคราะห์ที่แม่นยำ ถูกต้องในช่วงระหว่าง 1 ถึง 200 ppb

เมื่อนำค่าวิเคราะห์ครั้งที่ 2 มาเปรียบเทียบกับครั้งที่ 1 โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ค่าห่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 5 โดยแบ่งเป็นช่วง คือ ค่าวิเคราะห์ครั้งที่ 2 น้อยกว่า 50% ของครั้งที่ 1 มีจำนวน 10 ตัวอย่าง คิดเป็น 40% ของตัวอย่างทั้งหมด ช่วง 50-100% มีจำนวน 8 ตัวอย่าง คิดเป็น 32% ของตัวอย่างทั้งหมด ช่วง 100-150% และ 150-200% มีจำนวนช่วงละ 2 ตัวอย่าง คิดเป็น 8% ของตัวอย่างทั้งหมด สำหรับความแตกต่างที่มากกว่า 200% มีเพียง 3 ตัวอย่าง คิดเป็น 12% ของตัวอย่างทั้งหมด โดยสรุปมีผลการวิเคราะห์มีช่วงที่น้อยกว่า 200% จำนวน 22 ตัวอย่าง หรือ 88% ของการวิเคราะห์แต่ละครั้ง



ภาพที่ 10 แสดงค่าวิเคราะห์อะฟลาทอกซินครั้งที่ 1 เปรียบเทียบกับครั้งที่ 2 ในการทดสอบประสิทธิภาพของวิธี ELISA

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์อะฟลาทอกซินด้วยวิธี ELISA ครั้งที่ 2 โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าวิเคราะห์ครั้งที่ 1

ผลการวิเคราะห์ครั้งที่ 2 (เปอร์เซ็นต์ของครั้งที่ 1)	จำนวนตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างทั้งหมด
< 50	10	40
50 - 100	8	32
100 - 150	2	8
150 - 200	2	8
> 200	3	12

4. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซิน กับปริมาณการติดเชื้อรา *A. flavus*., *A. parasiticus*, และ *A. niger*

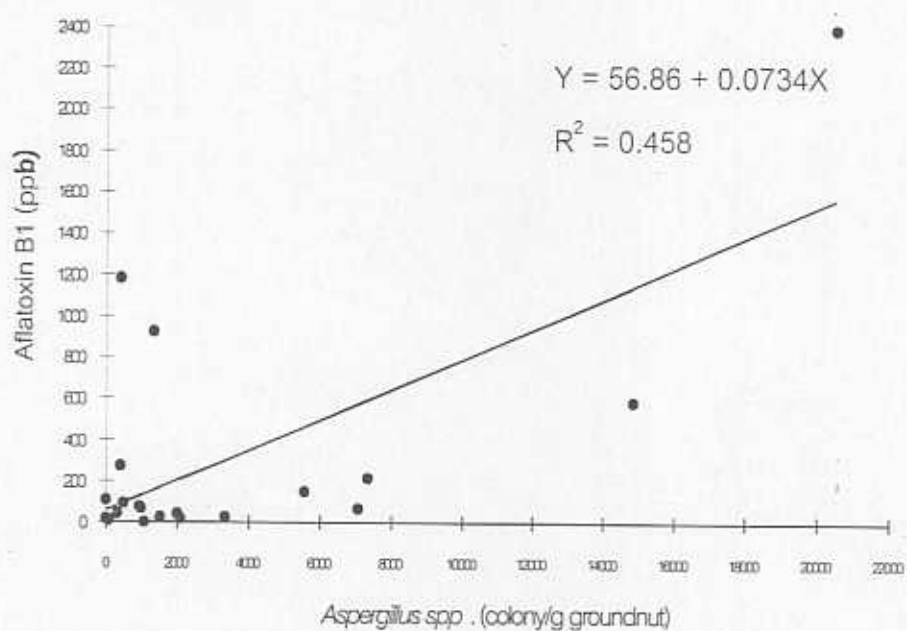
ผลการศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อราแสดงในตารางที่ 6 เมื่อพิจารณาโดยรวมของการติดเชื้อราในกลุ่มของ *Aspergillus spp.* พบว่าทุกระดับการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซิน ปี 1 มีปริมาณการติดเชื้อราแตกต่างกันออกไปตั้งแต่ 0 ถึง 20,500 โคโลนี/กรัม ถั่วลิสง โดยพบเชื้อ *Aspergillus spp.* ในเกือบทุกตัวอย่างที่ตรวจยกเว้น 2 ตัวอย่าง คือที่ระดับการปนเปื้อน 17.9 และ 105.8 ppb ไม่พบเชื้อรา ในกลุ่ม *Aspergillus spp.* สำหรับปริมาณการติดเชื้อรา *Aspergillus spp.* สูงสุด คือ 20,500 โคโลนี/กรัม ถั่วลิสง มีค่าสอดคล้องกับระดับการปนเปื้อนอะฟลาทอกซิน ปี 1 สูงสุด 2,392.5 ppb เมื่อนำปริมาณเชื้อราทั้งหมดใน *Aspergillus spp.* ไปหาสหสัมพันธ์กับปริมาณอะฟลาทอกซินปี 1 พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ $0.677 R^2 0.458$ และมีสมการเส้น รีเกรซัน (Regression) ระหว่างปริมาณอะฟลาทอกซินปี 1 กับปริมาณการติดเชื้อราเป็น $Y = 56.86 + 0.0734X$ เมื่อ Y เป็นปริมาณอะฟลาทอกซินปี 1 ที่วิเคราะห์ได้ และ X เป็นปริมาณการติดเชื้อราในกลุ่ม *Aspergillus spp.* (ภาพที่ 11) ส่วนการติดเชื้อรา *A. flavus* นั้นค่อนข้างจะมีการตรวจพบปริมาณเชื้อต่ำกว่า *A. niger* โดยพบว่า จาก 20 ตัวอย่าง ตรวจพบ *A. flavus* 17 ตัวอย่าง จากตัวอย่างที่ตรวจพบมีค่าต่ำกว่า 100 โคโลนี/กรัม ถึง 23.5% (4 ตัวอย่าง) ตัวอย่างที่มี *A. flavus* มากกว่า 100 แต่ต่ำกว่า 1,000 โคโลนี/กรัม มี 47.1% (8 ตัวอย่าง) ของตัวอย่างที่ตรวจพบเชื้อราและ 29% มี *A. flavus* มากกว่า 1,000 โคโลนี/กรัม และเป็นที่น่าสังเกตว่าการพบ *A. niger* ในตัวอย่างถั่วลิสงเป็นสาเหตุของการพบ *A. flavus* ในปริมาณต่ำ จากตารางที่ 6 พบ *A. niger* มากกว่า *A. flavus* 82.4% ของตัวอย่าง อีก 17.6% พบ *A. flavus* ในปริมาณที่มากกว่า *A. niger* สำหรับ *A. niger* นั้น มีการตรวจพบถึง 18 ตัวอย่าง จาก 20 ตัวอย่าง ที่นำมาตรวจวัดปริมาณเชื้อรา โดยในตัวอย่างที่ตรวจพบนั้นมีปริมาณตั้งแต่ 83.3 ถึง 17,750 ppb ตัวอย่างที่มี *A. niger* ต่ำกว่า 100 โคโลนี/กรัม มีเพียง 5.5% (1 ตัวอย่าง) เท่านั้น ตัวอย่างที่มี *A. niger* 100 - 1,000 โคโลนี/กรัม มี 50% (9 ตัวอย่าง) ส่วนตัวอย่างที่มี *A. niger* 1,000 โคโลนี/กรัม ขึ้นไปมีถึง 44.4% (9 ตัวอย่าง) เมื่อวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ *A. flavus* และ *A. niger* ต่อการสร้างอะฟลาทอกซิน ปี 1 ของเชื้อรา พบว่า ปริมาณ *A. flavus* มีความสัมพันธ์ต่อการสร้างอะฟลาทอกซินปี 1 น้อยกว่า *A. niger* เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ *A. flavus* กับปริมาณ อะฟลาทอกซิน ปี 1 เพียง

0.173 มีค่า $R^2 = 0.03$ เท่านั้น และมีสมการเส้นรีเกรซชันเป็น $Y = 255.85 + 0.0406X$ (ภาพที่ 12) ส่วน *A. niger* ค่อนข้างมีความสัมพันธ์กับปริมาณอะฟลาทอกซิน บี 1 มากกว่า เนื่องจากผลการวิเคราะห์มีค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ *A. niger* กับปริมาณอะฟลาทอกซิน บี 1 ถึง 0.806 มีค่า $R^2 = 0.649$ และสมการเส้นรีเกรซชัน ของ *A. niger* ต่อการสร้าง อะฟลาทอกซินบี 1 เป็น $Y = 72.16 + 0.118X$ (ภาพที่ 13) ส่วน *A. parasiticus* นั้น มีการตรวจพบน้อยมาก จากตัวอย่างทั้งหมด 20 ตัวอย่างพบเพียงตัวอย่างเดียวในปริมาณ 83.3 โคโลนี/กรัม

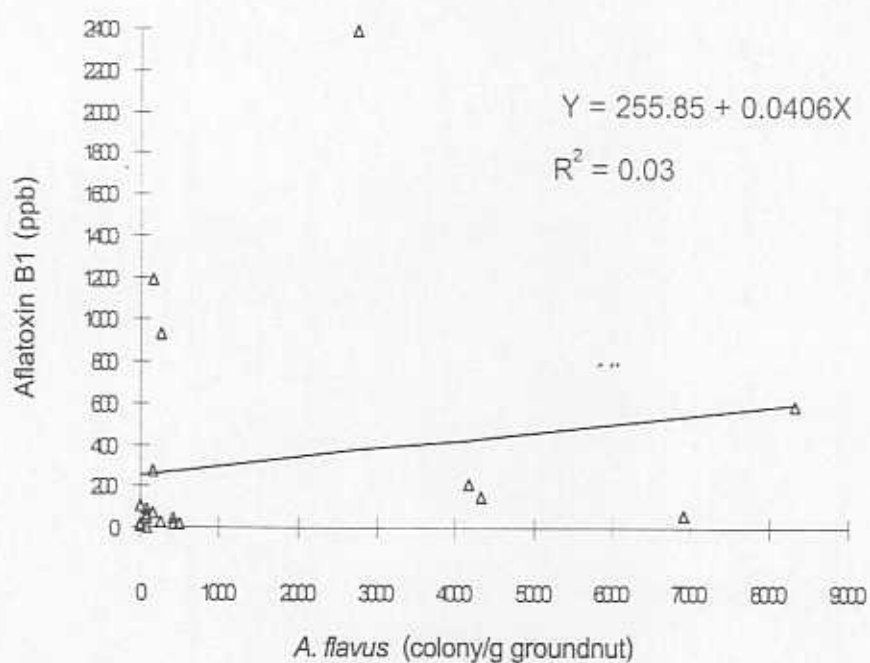
เมื่อนำปริมาณอะฟลาทอกซินในตัวอย่างมาแบ่งเป็นช่วงดังตารางที่ 7 สามารถแบ่งได้ 4 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 ปริมาณอะฟลาทอกซิน 2 - 21 ppb เป็นช่วงที่มีการปนเปื้อนค่อนข้างต่ำซึ่งปริมาณอะฟลาทอกซินที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างจะอยู่ในช่วงของค่ามาตรฐาน (20 ppb) ช่วงที่ 2 ปริมาณอะฟลาทอกซินปานกลาง 23 - 87 ppb ช่วงที่ 3 ปริมาณอะฟลาทอกซินสูง 105 - 275.25 ppb และช่วงที่ 4 ปริมาณอะฟลาทอกซินสูงมาก 590 - 2,392.5 ppb เมื่อปริมาณเชื้อราเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 7) จะมีการสร้างอะฟลาทอกซินเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 6 ปริมาณเชื้อราที่ติดมากับถั่วลิสงที่มีระดับการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซิน ปี 1
ต่างกันแยกตามชนิดของเชื้อ

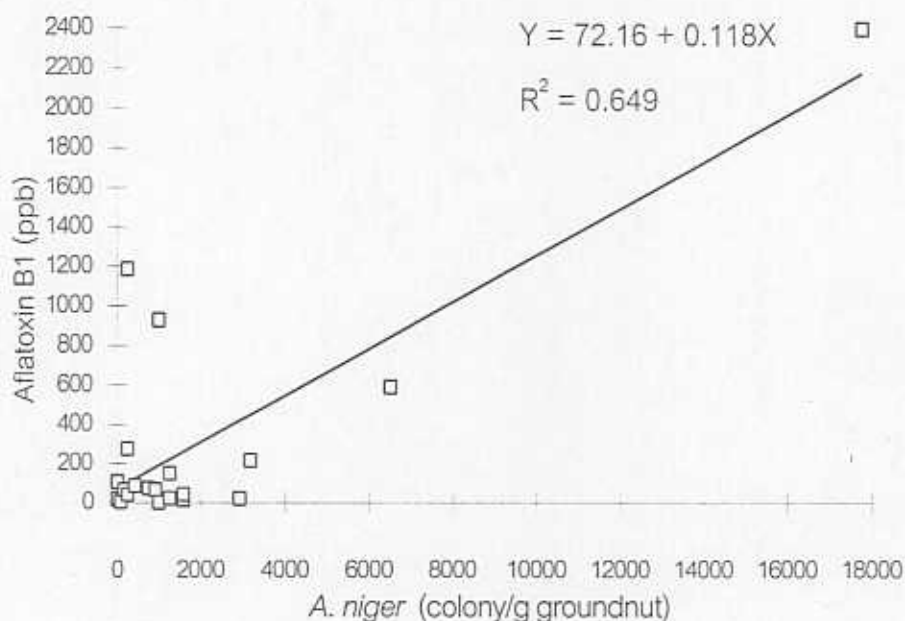
Number	Aflatoxin B1 (ppb)	<i>A. flavus</i> (colony/g)	<i>A. parasiticus</i> (colony/g)	<i>A. niger</i> (colony/g)	<i>Aspergillus spp.</i> รวม (colony/g)
1	2.4	83.3	0	1,000.0	1,083.3
2	5.3	0.0	0	83.3	83.3
3	13.7	500.0	0	1,583.3	2,083.3
4	17.9	0.0	0	0.0	0.0
5	21.0	416.7	0	2,916.7	3,333.3
6	23.0	250.0	0	1,250.0	1,500.0
7	42.3	83.3	0	250.0	333.3
8	43.0	416.7	0	1,583.3	2,000.0
9	65.0	6,916.7	0	166.7	7,083.3
10	65.7	83.3	0	916.7	1,000.0
11	73.5	166.7	0	750.0	916.7
12	87.0	83.3	0	416.7	500.0
13	105.8	0.0	0	0.0	0.0
14	149.5	4,333.3	0	1,250.0	5,583.3
15	214.5	4,166.7	0	3,166.7	7,333.3
16	275.3	166.7	0	250.0	416.7
17	590.0	8,333.3	0	6,500.0	14,833.3
18	927.5	250.0	83.3	1,000.0	1,333.3
19	1,186.3	166.7	0	250.0	416.7
20	2,392.5	2,750.0	0	17,750.0	20,500.0



ภาพที่ 11 แสดงเส้นรีเกรชันระหว่างปริมาณ อะฟลาทอกซิน บี1 และปริมาณ *Aspergillus* spp.



ภาพที่ 12 แสดงเส้นรีเกรชันระหว่างปริมาณ อะฟลาทอกซิน บี1 และปริมาณ *A. flavus*



ภาพที่ 13 แสดงเส้นรีเกรชันระหว่างปริมาณ อะฟลาทอกซิน บี1 และปริมาณ *A. niger*

ตารางที่ 7 ปริมาณการติดเชื้อ *A. flavus* , *A. niger* และ *Aspergillus spp.* แบ่งตามช่วงของปริมาณอะฟลาทอกซิน

Aflatoxin B1 (ppb)	<i>A. flavus</i> (colony/g)	<i>A. niger</i> (colony/g)	<i>Aspergillus spp.</i> (colony/g)
1. ค่อนข้างต่ำ 2 - 21.00	0 - 500	0 - 2,916.7	0 - 3,333.3
2. ปานกลาง 23 - 87.00	83.3 - 6,916.7	250 - 1,583.3	333.3 - 7,083.3
3. สูง 105 - 275.25	0 - 4,333.3	0 - 3,166.7	0 - 7,333.3
4. สูงมาก 590 - 2,392.50	250 - 8,333.3	250 - 17,750.0	416.7 - 20,500.0

เมื่อศึกษาถึงปริมาณการติดเชื้อ *A. flavus* , *A. parasiticus* และ *A. niger* ตามอายุการเก็บรักษา และฤดูปลูก (ตารางที่ 8) พบว่าปริมาณเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดถั่วลิสงก่อนที่จะนำเข้าสู่การเก็บรักษา มีปริมาณเชื้อราน้อยและใกล้เคียงกันทั้งฤดูฝนและฤดูแล้ง แต่ในฤดูแล้งมีการติดเชื้อ *A. niger* มากกว่าฤดูฝน แต่เมื่อเวลาผ่านไป 12 วัน พบเชื้อ *A. flavus* มากกว่า *A. niger* ในช่วงฤดูฝน เนื่องจากการเพิ่มปริมาณ จากตรวจไม่พบเชื้อเป็น

4,333.3 โคโลนี/กรัม ส่วน *A. niger* เพิ่มจากตรวจไม่พบเชื้อเป็น 1,250 โคโลนี/กรัม เท่านั้น และ ปริมาณของเชื้อ *A. flavus* พบมากในถั่วเกรด 3 และ เกรด 4 เนื่องจากพบว่าที่อายุ 12 วัน ถั่วเกรด 3 มี *A. flavus* อยู่ถึง 6,916.7 โคโลนี/กรัม โดยมากกว่าถั่วเกรด 4 ซึ่งมี *A. flavus* อยู่ 2,750 โคโลนี/กรัม ผิดกับปริมาณ *A. niger* ที่พบมากในถั่วเกรด 4 โดยพบ *A. niger* ใน ถั่วเกรด 4 ถึง 17,750 โคโลนี/กรัม และถั่วเกรด 3 มี *A. niger* ต่ำสุด 166.7 โคโลนี/กรัม ซึ่ง ตรงข้ามกับ *A. flavus* และผลการทดลองในถั่วฝืนนี้ตรงข้ามกับในถั่วแล้ง เนื่องจากเมื่ออายุ การเก็บรักษาผ่านไป 12 วัน ในถั่วแล้ง *A. flavus* มีการเจริญเติบโตต่ำกว่า *A. niger* โดย *A. flavus* มีการเพิ่มปริมาณจากตรวจไม่พบเชื้อ เป็น 416.7 โคโลนี/กรัม ส่วน *A. niger* เพิ่มปริมาณจาก 83.3 เป็น 2,916.7 โคโลนี/กรัม แต่ส่วนที่เหมือนกันกับในถั่วฝืนคือถ้าพบ *A. niger* สูง มักจะพบ *A. flavus* ในปริมาณต่ำกว่าเสมอ หรือถ้าพบ *A. flavus* ในปริมาณที่ สูงมาก ๆ ก็จะมี *A. niger* ในปริมาณที่ต่ำกว่า

ตารางที่ 8 ปริมาณการติดเชื้อ *A. flavus* , *A. niger* และ ปริมาณอะฟลาทอกซิน ปี1 ตามอายุการเก็บรักษา

อายุการเก็บ รักษา/การคัด ขนาด(วัน/Grade)	ถั่วฝืน			ถั่วแล้ง		
	<i>A. flavus</i> (colony/g)	<i>A. niger</i> (colony/g)	Aflatoxin B1(ppb)	<i>A. flavus</i> (colony/g)	<i>A. niger</i> (colony/g)	Aflatoxin B1(ppb)
0	ND	ND	15.4	ND	83.3	9.5
12	4,333.3	1,250.0	155.5	416.7	2,916.7	267.5
12 Grade 1	166.7	250.0	254.6	500.0	1,583.3	69.1
12 Grade 2	83.3	416.7	12.2	83.3	916.7	159.0
12 Grade 3	6,916.7	166.7	296.6	83.3	1,000.0	240.8
12 Grade 4	2,750	17,750.0	728.9	4,166.7	3,166.7	46.7
28 Grade 1	416.7	1,583.3	258.7	ND	ND	14.6

หมายเหตุ ND = ตรวจไม่พบ

5. การศึกษาการสร้างอะฟลาทอกซินโดยเชื้อ *A. flavus* , *A. parasiticus* และ *A. niger* จากไอโซเลตที่แยกได้จากตัวอย่างถั่วลิสง

เนื่องจากตรวจพบเชื้อ *A. niger* เป็นจำนวนมากในตัวอย่างถั่วลิสงที่มีปริมาณอะฟลาทอกซิน บี 1 สูงและมีค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์สูง ระหว่างปริมาณอะฟลาทอกซินบี 1 กับปริมาณเชื้อ *A. niger* ในการทดลองที่ 4 จึงทำการแยกไอโซเลต ของเชื้อ *A. flavus* , *A. parasiticus* และ *A. niger* ออกจากอาหารเลี้ยงเชื้อ จำนวนเชื้อละ 1 ไอโซเลต โดยเฉพาะเชื้อ *A. flavus* จะมี 2 ลักษณะ คือ ไอโซเลตเส้นใย และ ไอโซเลต cleistothecium (*A. flavus* cleis) เนื่องจากพบว่า *A. flavus* มีการสร้าง cleistothecium ส่วนอีก 2 เชื้อที่พบไม่ได้สร้าง cleistothecium เมื่อนำ ไอโซเลตของเชื้อ *A. flavus* , *A. flavus* (cleistothecium) , *A. parasiticus* และ *A. niger* ไปปลูกลงบนถั่วลิสง พบว่าถั่วลิสงที่เป็น ทรูทเมนต์เปรียบเทียบ (control ความชื้นเมล็ด 8.55% ไม่มีการปลูกเชื้อ) ไม่มีการปนเปื้อนของสารพิษอะฟลาทอกซิน (ตารางที่ 9) แต่เมื่อมีการเพิ่มความชื้นเมล็ดจาก 8.55% เป็น 27% โดยไม่มีการปลูกเชื้อ พบว่าปริมาณอะฟลาทอกซินเพิ่มขึ้นถึง 1,250 และ 5,000 ppb ในถั่วที่ไม่ทำแผล และทำแผล ตามลำดับ ซึ่งเป็นปริมาณการสร้างอะฟลาทอกซินที่สูงมาก การปลูกเชื้อ *A. flavus* , *A. flavus* (cleis) , *A. parasiticus* และ *A. niger* พบว่าทำให้ถั่วมีปริมาณอะฟลาทอกซินเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยตรวจพบอะฟลาทอกซินได้ 105 , 7,800 , 195 และ 36 ppb ตามลำดับ ในถั่วที่ไม่ทำแผล ส่วนถั่วที่ทำแผลตรวจพบ 220 , 165 , 76 และ 118 ppb ตามลำดับ ในสภาพที่ไม่มีบาดแผล *A. flavus* (cleis) สามารถสร้างอะฟลาทอกซินได้สูงสุด 7,800 ppb ส่วนถั่วที่ปลูกเชื้อ *A. niger* ตรวจพบอะฟลาทอกซินต่ำสุด 36 ppb ในสภาพที่มีบาดแผลการไม่ปลูกเชื้อมีผลการตรวจวัดอะฟลาทอกซินสูงสุดถึง 5,000 ppb แต่การปลูกเชื้อทั้ง 3 ชนิดกลับให้ค่าวิเคราะห์ที่ต่ำกว่าการไม่ปลูกเชื้อ โดยมีปริมาณอะฟลาทอกซินต่ำสุดที่การปลูกเชื้อ *A. parasiticus* (76 ppb)

เมื่อสังเกตการเจริญของเชื้อราบนถั่วลิสงที่ไม่ได้ปลูกเชื้อ โดยใช้สีของโคโลนีของเชื้อราเป็นตัวจำแนก (ภาพที่ 14) พบว่า มีเชื้อราขึ้นอยู่หลายชนิดปะปนกัน โดยไม่พบเส้นใยของเชื้อ แต่มีสปอร์จำนวนมาก เชื้อที่เห็นเด่นชัดและมีปริมาณสปอร์มากกว่าชนิดอื่น ๆ คือ *A. flavus* และ *A. niger* ในถั่วลิสงที่มีบาดแผลซึ่งสอดคล้องกับปริมาณอะฟลาทอกซิน บี 1 ที่วิเคราะห์ได้ในปริมาณสูงถึง 5,000 ppb ในถั่วลิสงที่มีบาดแผลดังกล่าว สำหรับถั่วลิสงที่มีการปลูกเชื้อจะมีเส้นใยสีขาวของเชื้อราชนิดนั้นๆ ขึ้นปกคลุมอยู่มากมายคล้ายลำไส้ โดยสังเกต

เห็นเส้นใยของเชื้อราในถั่วลิสงที่ไม่มีบาดแผลมากกว่าถั่วลิสงที่มีบาดแผล มีการสร้างสปอร์เพียงเล็กน้อยเท่านั้นในถั่วลิสงที่มีการปลูกเชื้อ และพบว่าการสร้าง cleistothecium เฉพาะตัวอย่างที่ปลูก *A. flavus* (cleis) ทั้งในตัวอย่างที่มีและไม่มีบาดแผล (ภาพที่ 15) การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. parasiticus* และ *A. niger* บนถั่วที่มีและไม่มีบาดแผลแสดงในภาพที่ 16

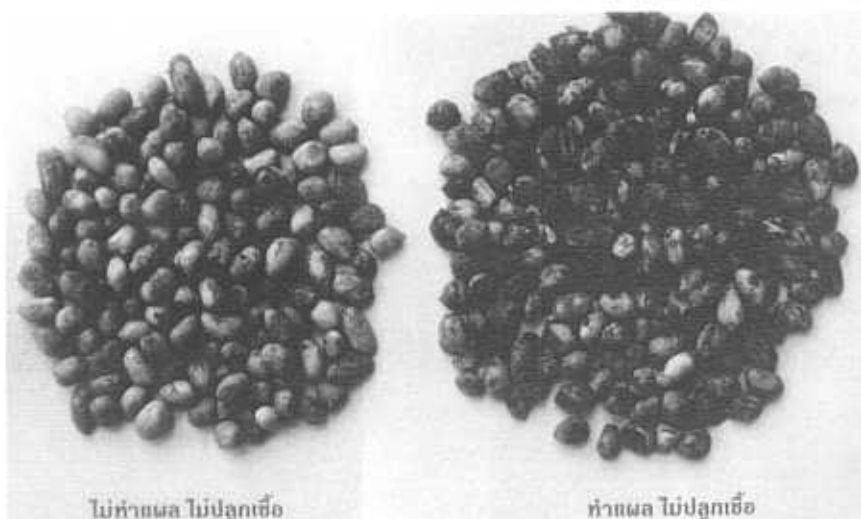
การวิเคราะห์ปริมาณอะฟลาทอกซินในการทดลองนี้ ทำพร้อมกัน 2 plate เพื่อการทดสอบความแม่นยำของวิธีการ ELISA โดยใช้ตัวอย่าง และ อะฟลาทอกซินมาตรฐาน ตัวอย่าง เดียวกัน ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 9 ค่าอะฟลาทอกซิน บี 1 จากการวัดทั้ง 2 plate มีสหสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

ตารางที่ 9 ปริมาณอะฟลาทอกซิน(ppb)ในถั่วลิสงที่มีการเพิ่มความชื้น การทำแผล และ มีการปลูกเชื้อ *A. flavus* , *A. parasiticus* และ *A. niger*

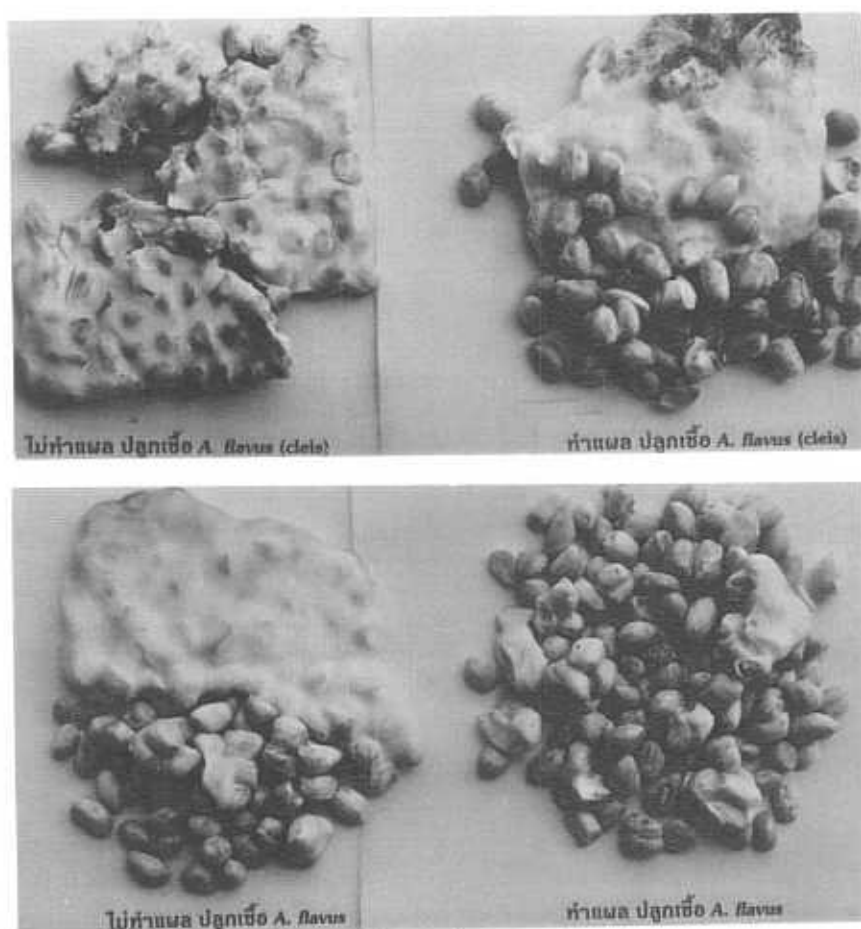
ความชื้นเมล็ด, การทำแผล	ไม่ปลูกเชื้อ	การปลูกเชื้อ			
		<i>A. flavus</i>	<i>A. flavus</i> (cleis)	<i>A. parasiticus</i>	<i>A. niger</i>
plate ที่ 1 (ppb)					
1. ความชื้นเมล็ด 27 %					
ไม่ทำแผล	1,250	105	7,800	195	36
ทำแผล	5,000	220	165	76	118
2. ความชื้นเมล็ด 8.55 %					
	0				
plate ที่ 2 (ppb)					
1. ความชื้นเมล็ด 27 %					
ไม่ทำแผล	1,620	112.5	8,900	135	48
ทำแผล	5,700	108	105	56	140
2. ความชื้นเมล็ด 8.55 %					
	0				
เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่าง plate 1 กับ plate 2					
1. ความชื้นเมล็ด 27 %					
ไม่ทำแผล	29.6	7.1	14.1	30.8	33.3
ทำแผล	14.0	50.9	36.4	26.3	18.6
2. ความชื้นเมล็ด 8.55 %					
	0				

หมายเหตุ : เป็นการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ตัวอย่างเดียวกันแต่ต่าง plate

: สัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ = 1.0 , $R^2=1$, สมการเส้นรีเกรสชั่น $Y = 1.146X - 20.96$

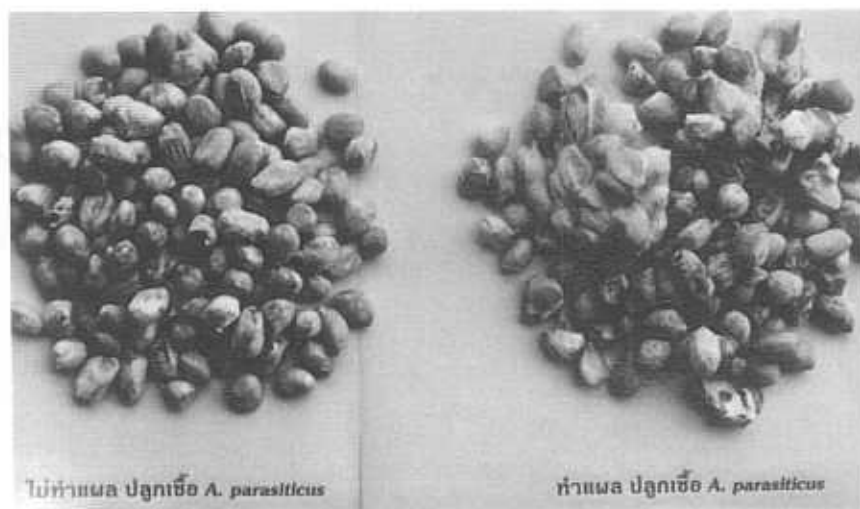


ภาพที่ 14 แสดงการเจริญของเชื้อราบนถั่วลิสง ที่มีความชื้นเมล็ด 27 % และไม่ได้ปลูกเชื้อเปรียบเทียบระหว่างถั่วที่ทำให้เกิดแผลและไม่ได้ทำให้เกิดแผล



ภาพที่ 15 แสดงการเจริญของเชื้อราบนถั่วลิสงที่มีความชื้นเมล็ด 27 % และมีการปลูกเชื้อ *A. flavus* ไอโซเลตที่สร้างและไม่สร้าง cleistothecium เปรียบเทียบระหว่างถั่วที่ทำให้เกิดแผลและถั่วที่ไม่ได้ทำให้เกิดแผล

ก



ข



ภาพที่ 16 แสดงการเจริญของเชื้อราบนถั่วลิสงที่มีความชื้นเมล็ด 27 % และมีการปลูกเชื้อ *A. parasiticus* (ก) และ *A. niger* (ข) เปรียบเทียบระหว่างถั่วที่ทำให้เกิดแผลและถั่วที่ไม่ได้ทำให้เกิดแผล