ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ชีววิทยา)

ปริญญา

ชีววิทยา / สัตววิทยา

สาขา / **ภาควิชา**

เรื่อง ความเป็นพิษและการยับยั้งการกินของแป้งถั่วและโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วที่มีต่อด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae)

Insecticidal and Antifeedant Effects of Whole Bean Flour and Protein Enriched Bean Flour against *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae)

นามผู้วิจัย นางสาวกนกภรณ์ เผ่าวงศ์ษา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์บุญเกื้อ วัชรเสถียร, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรุณี อิงคากุล, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์บุญเกื้อ วัชรเสถียร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ความเป็นพิษและการยับยั้งการกินของแป้งถั่วและโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วที่มีต่อด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae)

Insecticidal and Antifeedant Effects of Whole Bean Flour and Protein Enriched Bean Flour against *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae)

โดย

นางสาวกนกภรณ์ เผ่าวงศ์ษา

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ชีววิทยา)
พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กนกภรณ์ เผ่าวงศ์ษา 2553: ความเป็นพิษและการยับยั้งการกินของแป้งถั่วและโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วที่มีต่อด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae) ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ชีววิทยา) สาขาชีววิทยา ภาควิชาสัตววิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์บุญเกื้อ วัชรเสถียร, Ph. D. 111 หน้า

ความเป็นพิษของแป้งถั่วและโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วที่มีต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่อให้ด้วงงวงข้าวโพดอยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วขาวที่ความเข้มข้นต่างๆนาน 1 และ 2 สัปดาห์พบว่าที่ 1 สัปดาห์แป้งถั่วขาวเท่านั้นที่มีผลต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพด และที่ 2 สัปดาห์ แป้งถั่วแดงหลวง แป้งถั่วขาวและแป้งถั่วเขียวมีผลต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพดที่ความเข้มข้น 1% 10% และ 20% เมื่อนำโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วทั้งสามชนิดคลุกผสมกับข้าวที่ความเข้มข้นต่างๆ นาน 1 และ 2 สัปดาห์ พบว่าไม่มีผลต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพด เมื่อให้ด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วทั้ง 3 ชนิดนาน 1 สัปดาห์พบว่า แป้งถั่วแดงหลวงและแป้งถั่วขาวที่ความเข้มข้นต่างๆ ไม่มีผลต่อจำนวนลูกที่เกิด ในสัปดาห์ที่ 1 จำนวนลูกที่เกิดในสัปดาห์ที่ 2-4 ลดลงเมื่อความเข้มข้นของแป้งถั่วแดงหลวงและแป้งถั่วขาวเพิ่มขึ้น ส่วนแป้งถั่วเขียวมีผลไปลดจำนวนลูกที่เกิดในสัปดาห์ที่ 4 เมื่อให้ด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วทั้ง 3 ชนิดนาน 2 สัปดาห์พบว่าจำนวนลูกที่เกิดมีผลในทำนองเดียวกับสัปดาห์ที่ 1 ยกเว้นแป้งถั่วเขียวที่ความเข้มข้นต่างๆ มีผลไปลดจำนวนลูกที่เกิดในสัปดาห์ 1-4 สำหรับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วทั้ง 3 ชนิดไม่มีผลต่อจำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด จากการทดสอบการกินของด้วงงวงข้าวโพดพบว่าแป้งถั่วทั้ง 3 ชนิดรวมทั้งโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วเขียวและถั่วขาวมีผลทำให้การกินของด้วงงวงข้าวโพดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแดงหลวงไม่มีผลไปลดการกินของด้วงงวงข้าวโพด จากการศึกษากิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ α อะไมเลสที่สกัดจากด้วงงวงข้าวโพดระยะตัวเต็มวัยพบว่า pH และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ α อะไมเลส คือ pH 6 และ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และ พบว่าสารยับยั้งเอนไซม์ที่สกัดจากถั่วทั้ง 3 ชนิดสามารถ ยับยั้งเอนไซม์ α อะไมเลส จากด้วงงวงข้าวโพด โดยสารยับยั้งเอนไซม์จากถั่วเขียวมีประสิทธิภาพในการยับยั้งดีกว่า ถั่วขาวและถั่วแดงหลวงตามลำดับ สารยับยั้งเอนไซม์ที่สกัดจากถั่วทั้ง 3 ชนิดสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ α อะไมเลสจากด้วงงวงข้าวโพดได้ดีขึ้นเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น สารยับยั้งเอนไซม์จากถั่วทั้ง 3 ชนิดน่าจะมีบทบาทสำคัญในการไปลดการกินและทำให้ด้วงงวงข้าวโพดตาย

_____ / _____ / _____

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Kanokporn Phaowongsa 2010: Insecticidal and Antifeedant Effects of Whole Bean Flour and Protein Enriched Bean Flour against *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae): Master of Science (Biology), Major Field: Biology, Department of Zoology. Thesis Advisor: Associate Professor Boongeua Vajarasathira, Ph. D. 111 pages.

The insecticidal effects of whole bean flour on corn weevils (*Sitophilus zeamais*) were studied. The corn weevils were kept in the bean flour-mixed rice at various concentrations for one and two weeks. After one week, only the navy bean flour affected the insect mortality. After two weeks, red kidney bean flour, navy bean flour, and mung bean flour all were responsible for the death of the corn weevils at 1%, 10%, and 20% concentrations. However, when the protein extracted from three beans were mixed with rice at various concentrations for one and two weeks, no effect on the death of the corn weevils was observed. When the parent generation of the insects was kept in rice mixed with the three bean flours for one week, different concentrations of red kidney bean and navy bean flours had no effect on the number of progenies. After 2-4 weeks, the increased concentrations of the two flours had more prominent effect on the progeny number. As for the mung bean flour, only the number of progenies born in the fourth week was affected. The results of the second week were similar to those of the first week, except for the mung bean flour that decreased the number of corn weevil progenies born within 1-4 weeks. Thus, it can be inferred that the enriched proteins extracted from the three beans have no statistically significant effect on the birth of the insect's progeny. On the other hand, experiments on the corn weevil's consumption of the rice mixed with the three bean flours and protein enriched bean flours from mung bean and navy bean reveals that the insects ate less with a statistical significance. Red kidney bean enriched flour, in contrast, had no effect on the insect's consumption. A result from enzyme specificity test of the α amylase extracted from the adult corn weevils reveals that the optimum condition for the enzyme is at pH 6 and at 60^{o}C. Moreover, the enzyme inhibitors from all of the three beans were found to inhibit the corn weevil's α amylases. The inhibitor extracted from the mung bean has the best efficiency, followed by those from navy bean and red kidney bean, respectively. Additionally, the inhibition efficiency of the three bean enzyme inhibitors can be enhanced by increasing the concentration. These inhibitors may play an important role in inhibition of insect feeding and thus leading to reduction of fecundity and mortality.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. บุญเกื้อ วัชรเสถียร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักเป็นอย่างสูงที่ได้อบรมสั่งสอนให้ความรู้และให้คำปรึกษา แนะนำและแก้ไขปัญหาต่างๆ ในการทดลองตลอดจนการเรียบเรียงและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จและสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรุณี อิงคากุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. สุรพล อาจสูงเนิน ประธานการสอบและผศ.ดร. ดวงแข สิทธิเจริญชัย ผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอกที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์พรทิพย์ วิสารทานนท์ ซึ่งได้ให้ความสนับสนุน อำนวยความสะดวกต่างๆ และเอื้อเฟื้อแมลงในการทำการทดลองขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูผลิตผลการเกษตร กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตรที่แนะนำและสอนวิธีการเลี้ยงแมลงและให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ

ขอขอบคุณ อาจารย์และพี่ๆ น้องๆ ภาควิชาสัตววิทยา ภาควิชาชีวเคมี ภาควิชาสถิติ และ ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาแนะนำเรื่องต่างๆ เป็นอย่างดีจนทำให้การทดลองและวิทยานิพนธ์สำเร็จและเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณศาสตราจารย์ ดร. พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ ที่แนะนำสถานที่จัดซื้อเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวและข้อมูลเกี่ยวกับเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวเพื่อนำมาใช้ในการทำการทดลองขอขอบคุณ คุณสุนันท์ ฉินเจริญ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้าวสารสายพันธุ์หอมปทุมธานีในการทำการทดลอง

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่มอบทุนสนับสนุนงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาเพื่อการตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติและระดับนานาชาติ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้องและเพื่อน ที่ให้การสนับสนุนเอื้ออำนวยความสะดวกทุกอย่าง ตลอดจนเป็นกำลังใจอันสำคัญให้บรรลุผลสำเร็จในการศึกษา

กนกภรณ์ เผ่าวงศ์ษา

พฤษภาคม 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(12)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	21
อุปกรณ์	21
วิธีการ	22
ผลการทดลองและวิจารณ์	30
สรุป	72
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	74
ภาคผนวก	83
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	111

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1 เปรียบเทียบอวัยวะสืบพันธุ์ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) และด้วงงวงข้าว (*Sitophilus oryzae* Linneuse) 7

2 การตายของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วชนิดต่างๆเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 32

3 การตายของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วชนิดต่างๆเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 33

4 การตายของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 34

5 การตายของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 34

6 การตายของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วชนิดต่างๆเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 36

7 การตายของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วชนิดต่างๆเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 37

8 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดระหว่างสัปดาห์ที่ 1-4 เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแดงหลวงเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 39

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

9 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดระหว่างสัปดาห์ที่ 1-4 เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วขาวเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 40

10 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดระหว่างสัปดาห์ที่ 1-4 เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วเขียวเป็นเวลา 1 สัปดาห์(N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 41

11 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 1 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 42

12 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 2 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 42

13 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 3 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 43

14 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 4 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 43

15 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดระหว่างสัปดาห์ที่ 1-4 เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแดงหลวงเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 45

16 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดระหว่างสัปดาห์ที่ 1-4 เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วขาวเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 46

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

17 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดระหว่างสัปดาห์ที่ 1-4 เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วเขียวเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 47

18 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 1 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 48

19 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 2 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 48

20 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 3 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 49

21 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 4 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 49

22 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดระหว่างสัปดาห์ที่ 1-4 เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแดงหลวงเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 51

23 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดระหว่างสัปดาห์ที่ 1-4 เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วขาวเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 52

24 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดระหว่างสัปดาห์ที่ 1-4 เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วเขียวเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 53

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

25 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 1 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 54

26 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 2 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 54

27 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 3 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 55

28 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 4 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 55

29 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดระหว่างสัปดาห์ที่ 1-4 เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแดงหลวงเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 57

30 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดระหว่างสัปดาห์ที่ 1-4 เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วขาวเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 58

31 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดระหว่างสัปดาห์ที่ 1-4 เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วเขียวเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 59

32 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 1 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 60

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

33 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 2 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 60

34 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 3 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 61

35 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 4 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 61

36 ผลของความเข้มข้นเม็ดแป้งถั่วแต่ละชนิดที่มีต่อการกินของด้วงงวงข้าวโพด(N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 63

37 ผลของความเข้มข้นโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดที่มีต่อการกินของด้วงงวงข้าวโพด(N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 66

38 ผลของชนิดแป้งถั่วที่มีต่อการกินของด้วงงวงข้าวโพด (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 67

39 ผลของชนิดโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการกินของด้วงงวงข้าวโพด (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance 67

ตารางผนวกที่

1 ผลของความเข้มข้นของแป้งถั่วชนิดต่างๆที่มีต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วชนิดต่างๆเป็นเวลา 1 สัปดาห์และ 2 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table 87

2 ผลของความเข้มข้นของแป้งถั่วขาวที่มีต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับถั่วขาวเป็นเวลา 1 สัปดาห์ 88

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
3	ผลของความเข้มข้นของแป้งทั้งสามชนิดที่มีต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์	88
4	ผลของแป้งถั่วสามชนิดที่มีที่มีต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table	89
5	ผลของแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table	89
6	ผลของความเข้มข้นของโปรตีนที่สกัดจากแป้งถั่วชนิดต่างๆที่มีต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วชนิดต่างๆเป็นเวลา 1 สัปดาห์และ 2 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table	90
7	ผลของความเข้มข้นของแป้งถั่วชนิดต่างๆที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วชนิดต่างๆเป็นเวลา 1 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table	91
8	ผลของความเข้มข้นของแป้งถั่วแดงหลวงที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับถั่วแดงหลวงที่ 1สัปดาห์	92
9	ผลของความเข้มข้นของแป้งถั่วขาวที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับถั่วขาวที่ 1 สัปดาห์	92
10	ผลของความเข้มข้นของแป้งถั่วเขียวที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับถั่วเขียวที่ 1 สัปดาห์	93
11	ผลของแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 1 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table	93

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

12 ผลของแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 2 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table 94

13 ผลของแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 3 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table 94

14 ผลของแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 4 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table 95

15 ผลของความเข้มข้นของแป้วถั่วชนิดต่างๆที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ของรุ่นแม่เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วชนิดต่างๆเป็นเวลา 2 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table 96

16 ผลของความเข้มข้นของแป้งถั่วแดงหลวงที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับถั่วแดงนาน 2 สัปดาห์ 97

17 ผลของความเข้มข้นของแป้งถั่วขาวที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับถั่วขาวนาน 2 สัปดาห์ 97

18 ผลของความเข้มข้นของแป้งถั่วเขียวที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับถั่วเขียวนาน 2 สัปดาห์ 98

19 ผลของแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 1 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table 99

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

20 ผลของแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 2 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table 99

21 ผลของแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 3 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table 100

22 ผลของแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 4 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table 100

23 ผลของความเข้มข้นของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วชนิดต่างๆที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ของรุ่นแม่เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วชนิดต่างๆเป็นเวลา 1 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table 101

24 ผลของความเข้มข้นของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแดงหลวงที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับถั่วแดงนาน 1 สัปดาห์ 102

25 ผลของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 1 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table 102

26 ผลของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 2 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table 103

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

27 ผลของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 3 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table 103

28 ผลของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 4 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table 104

29 ผลของความเข้มข้นของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วชนิดต่างๆที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ของรุ่นแม่เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วชนิดต่างๆเป็นเวลา 2 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table 105

30 ผลของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 1 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table 106

31 ผลของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 2 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table 106

32 ผลของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 3 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table 107

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

33 ผลของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 4 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table 107

34 ผลของเม็ดแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการกินของด้วงงวงข้าวโพดเมื่อนำแป้งถั่วคลุกผสมกับแป้งสาลี: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table 108

35 ผลของความเข้มข้นของแป้งถั่วทั้งสามชนิดที่มีต่อการกินของด้วงงวงข้าวโพด เมื่อนำแป้งถั่วคลุกผสมกับแป้งสาลี 108

36 ผลของแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการกินของด้วงงวงข้าวโพด : Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table 109

37 ผลของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการกินของด้วงงวงข้าวโพดเมื่อนำแป้งถั่วคลุกผสมกับแป้งสาลี: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table 109

38 ผลของความเข้มข้นของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการกินของด้วงงวงข้าวโพดเมื่อนำแป้งถั่วคลุกผสมกับแป้งสาลี 110

39 ผลของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการกินของด้วงงวงข้าวโพด 110

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1 ตัวเต็มวัยด้วงงวงสกุล *Sitophilus* spp. 6
2 การจัดเรียงตัวและจำนวนหลุมบนปล้องอกของด้วงงวง (*Sitophilus* spp.) 6
3 อวัยวะสืบพันธุ์ของด้วงงวงข้าวและด้วงงวงข้าวโพด 8
4 การเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) ระยะต่างๆ 9
5 ถั่วขาว 18
6 ถั่วเขียว 19
7 ถั่วแดงหลวง 20
8 การเลี้ยงด้วงงวงข้าวโพดในขวดขนาด 500 มิลลิลิตร ที่บรรจุข้าว 23
9 การทดสอบ Toxicity 25
10 กิจกรรมจำเพาะ (Mean±SE) ของเอนไซม์ □ อะไมเลสที่สกัดจากตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดใน pH 2-12 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 68
11 กิจกรรมจำเพาะ (Mean±SE) ของเอนไซม์อะไมเลสที่สกัดจากตัวเต็มวัยของด้วงข้าวโพดที่ optimal pHและอุณหภูมิ 30-80 องศาเซลเซียส 69
12 เปอร์เซ็นต์ การยับยั้ง (Mean±SE) ของสารสกัดจากถั่ว 3 ชนิดที่มีต่อเอนไซม์อะไมเลสของด้วงงวงข้าวโพด 71

ภาพผนวกที่

1 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ 750 นาโนเมตรกับความเข้มข้นสารละลายมาตรฐาน BSA (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) 85
2 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนมตรกับความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานน้ำตาลมอลโทส (ไมโครโมลต่อมิลลิลิตร) 86

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความเป็นพิษและการยับยั้งการกินของแป้งถั่วและโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วที่มีต่อด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae)

Insecticidal and Antifeedant Effects of Whole Bean Flour and Protein Enriched Bean Flour against *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae)

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทย ที่มีการผลิตเพื่อการบริโภคภายในประเทศและเพื่อการส่งออก โดยไทยจัดเป็นหนึ่งในผู้จำหน่ายข้าวรายใหญ่ของโลก มีปริมาณข้าวที่ส่งออกร้อยละ 30 กระจายอยู่ในประเทศต่าง ๆ มากกว่า 100 ประเทศ จากการายงานกระทรวงพาณิชย์รายงานว่า ปี 2552ประเทศไทยส่งออกข้าวเปลือก 6.5 ล้านตัน มูลค่า 68,102ล้านบาท และข้าวสาร 6.7 ล้านตัน มูลค่า 72,324 ล้านบาท แสดงว่า ข้าวไทยยังขายได้ในราคาต่ำเนื่องจากตลาดข้าวต่างประเทศต้องการข้าวคุณภาพดี เมล็ดมีความสม่ำเสมอมีการเก็บรักษาที่สะอาด และถูกสุขลักษณะ (งามชื่น, 2545)

การเก็บรักษาข้าวหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อรอการจำหน่าย บริโภค และส่งออก หรือการนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ เช่น แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เป็นต้น หากเก็บรักษาไม่ถูกต้องตามสุขลักษณะที่ดีจะทำให้ข้าวเกิดความสูญเสียทั้งคุณภาพและปริมาณ โดยพบว่าข้าวที่เก็บไว้เป็นเวลา 6 เดือนได้รับความเสียหายสูงถึง 22 - 40 เปอร์เซ็นต์ (ชุมพล, 2533) นอกจากนี้การเก็บข้าวไว้เป็นเวลานานมักประสบปัญหาแมลงศัตรูเข้าทำลาย เช่น ด้วงงวงข้าว (*Sitophilus oryzae* Linnaeus) ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*) (Motchulsky) มอดหัวป้อมหรือมอดข้าวเปลือก (*Rhyzopertha dominica* Fabricius) มอดแป้ง (*Tribolium castaneum* Herbst) มอดสยาม (*Lophocateres pusillus* Klug) และผีเสื้อข้าวเปลือก (*Sitotroga cerealella* Oliver) โดยเฉพาะด้วงงวงข้าวโพด เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของข้าวและเมล็ดธัญพืชอีกหลายชนิด พบแพร่ระบาดมากในยุ้งข้าวของเกษตรกร โรงสีข้าว และโรงเก็บข้าว โดยมีลักษณะการเข้าทำลายคล้ายกับด้วงงวงข้าวด้วยการอาศัยและกัดกินเนื้อในเมล็ด ทำให้ข้าวสูญเสียน้ำหนัก คุณค่าทางโภชนาการลดลง เสื่อมคุณภาพเร็ว เก็บรักษาไว้ได้ไม่นาน และไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ซื้อ และผู้บริโภค ส่งผลต่อราคาซื้อขาย (ไพรจิตร และคณะ, 2528; งามชื่น และคณะ, 2543)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แมลงในโรงเก็บเป็นสาเหตุใหญ่ที่สร้างความเสียหายและสูญเสียให้กับโรงเก็บเกือบทุกแห่งในโลก (Madrid *et al*., 1990) ทำให้คุณภาพของผลผลิตลดลง ซึ่งการป้องกันไม่ให้แมลงเข้าทำลายผลผลิตในโรงเก็บมีหลายวิธี การใช้สารเคมีเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันมากเพราะเป็นวิธีที่สะดวก ประหยัด และเป็นวิธีที่ใช้กันมานาน แต่การใช้สารเคมีทำให้มีสารฆ่าแมลงปนเปื้อนและตกค้างในข้าว รวมทั้งแมลงศัตรูสามารถสร้างความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงได้ หากใช้ติดต่อกันเป็นเวลานาน (กอบเกียรติ, 2532) นอกจากนี้ยังมีผลเสียต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก การใช้สารฆ่าแมลงควบคุมประชากรของแมลงยังเป็นอันตรายกับตัวผู้ใช้โดยตรง

จากผลกระทบดังกล่าว ทำให้ผู้ผลิต และ ผู้บริโภค พยายามเลี่ยงการใช้สารฆ่าแมลงเพื่อลดอัตราเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภค ปัจจุบันการควบคุมแมลงโดยวิธีธรรมชาติเป็นวิธีหนึ่งที่มีบทบาทมากขึ้น ทั้งนี้เพราะไม่มีการตกค้างของสารพิษในอาหารจึงส่งผลดีต่อผู้บริโภคและกับสภาพแวดล้อม การควบคุมแมลงด้วยโปรตีนจากถั่วเป็นอีกวิธีหนึ่งที่มีการทดลองยืนยันในต่างประเทศว่ามีประสิทธิภาพในการป้องกันและสามารถควบคุมประชากรของแมลงได้ (Bell, 1978) แต่ในประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลและยังให้ความสนใจศึกษากันน้อยมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำวิธีดังกล่าวมาทดลองควบคุมประชากรของด้วงงวงข้าวโพดในข้าว ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้คาดว่าจะเป็นประโยชน์กับเกษตรกรและผู้ผลิตที่ต้องเก็บสินค้าไว้นานๆ เพื่อรอจำหน่าย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบผลของแป้งถั่วและโปรตีนที่สกัดจากแป้งถั่ว 3 ชนิดคือ ถั่วแดงหลวง *Phaseolus vulguris* ถั่วเขียว *Vigna radiata* (L.) Walp.subsp. และ ถั่วขาว *Phaseolus vulgaris* ที่มีต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพด **(*S. zeamais*)**

2. เพื่อทดสอบผลของแป้งถั่วและโปรตีนที่สกัดจากแป้งถั่ว 3 ชนิด ที่มีต่อจำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด

3. เพื่อทดสอบผลของแป้งถั่วและโปรตีนที่สกัดจากแป้งถั่ว 3 ชนิด ที่มีต่อการยับยั้งการกินอาหารของด้วงงวงข้าวโพด

4. เพื่อทดสอบผลของความเข้มข้นของโปรตีนสกัดจากถั่วทั้ง 3 ชนิด ในการยับยั้งเอนไซม์อะไมเลสของด้วงงวงข้าวโพด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

ผลิตผลการเกษตรต่าง ๆ เช่น ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่วเขียว ถั่วลิสง มันสำปะหลังแห้ง เนื้อมะพร้าวแห้ง ยาสูบ แป้ง รำ อาหารสำเร็จรูป ผลิตภัณฑ์จากสัตว์ ตลอดจนผลิตภัณฑ์จากไม้ไผ่ มักถูกแมลงในโรงเก็บ (stored product insect) เข้าทำลาย ก่อให้เกิดความเสียหายประมาณ 80% ของผลผลิตคิดเป็น มูลค่าไม่ต่ำกว่า 13,000 ล้านบาทต่อปี จะเห็นได้ว่าแมลงเหล่านี้ก่อให้เกิดผลเสียหายเป็นมูลค่าสูง นอกจากนี้การพบแมลงหรือชิ้นส่วนของแมลง ปนเปื้อนไปกับผลิตผลเกษตรที่ส่งไปขายยังต่างประเทศ จะมีผลต่อการส่งออกอย่างมาก โดยเฉพาะผลต่อการกำหนดราคาผลิตผลเกษตร ฯลฯ (พรทิพย์, 2007) แมลงในโรงเก็บถือเป็นศัตรูผลิตผลการเกษตรและยังเป็นศัตรูผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญโดยเฉพาะแมลงที่สามารถอยู่ได้ในอาหารหลายชนิดเช่น ด้วงงวงข้าวโพดนับว่าเป็นแมลงที่เป็นปัญหาอย่างมากและสร้างความเสียหายมาก

ด้วงงวงข้าวโพด

1. การจัดจำแนกทางอนุกรมวิธาน

Phylum Arthropoda

Subphylum Uniramia

Class Insecta

Order Coleoptera

Suborder Polyphaga

Family Curculionidae

Genus *Sitophilus*

Species *Sitophilus zeamais*

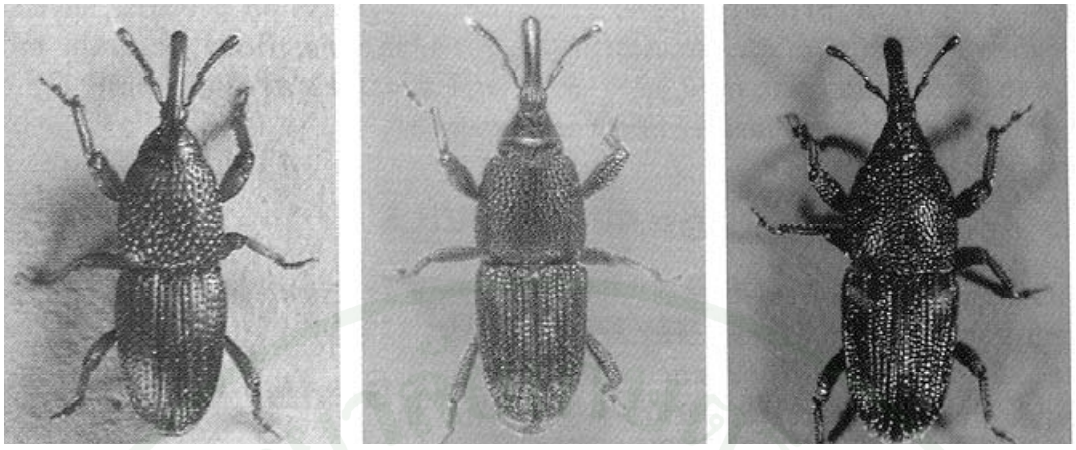
(Motschulsky)

ชื่อสามัญภาษาอังกฤษ	Maize weevil
	Corn weevil
ชื่อสามัญภาษาไทย	ด้วงงวงข้าวโพด
	มอดข้าวโพด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Floyd and Newson (1959) จัดให้ด้วงงวงข้าวโพด (*S. zeamais*) อยู่ในกลุ่มชนิดที่ซับซ้อน (species complex) ร่วมกับด้วงงวง 2 ชนิดคือ ด้วงงวงข้าว (*S. oryzae*) และด้วงงวงข้าวสาลี (*Sitophilus granaries* Linnaeus) (ภาพที่ 1) เนื่องจากแมลงทั้งสามชนิดมีลักษณะรูปร่างโดยทั่วไปและลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายนอกใกล้เคียงกันมาก การแยกด้วงงวงทั้งสามชนิดทำได้โดยสังเกตความแตกต่างทางสัณฐานวิทยาภายนอกและอวัยวะสืบพันธุ์ (genitalia) ของตัวเต็มวัย Floyd and Newson (1959) สรุปว่า การจำแนกด้วงงวงทั้ง 3 ชนิดทำได้โดยดูความแตกต่างทางสัณฐานวิทยาภายนอกได้แก่ ขนาดลำตัว สีลำตัว จำนวนและการเรียงตัวของหลุมลึกเป็นจุด (puncture) บนปล้องอกปล้องแรก (prothorax) (ภาพที่ 1, 2) และจุดประ (patch) บนปีกคู่หน้า ในที่นี้จะกล่าวถึงความแตกต่างเฉพาะด้วงงวงข้าวและด้วงงวงข้าวโพดซึ่งเป็นชนิดที่พบในประเทศไทย โดยด้วงงวงข้าวมีลำตัวสีน้ำตาลเข้มถึงดำ รอยด่างที่ปีกคู่หน้าไม่ชัดเจน หลุมลึกบนปล้องอกมีจำนวนน้อยและจุดประบนปีกคู่หน้าเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ ส่วนด้วงงวงข้าวโพดลำตัวมีรอยด่างสีเหลืองอมแดง (reddish-yellow) จำนวน 4 รอยบนปีกคู่หน้า หลุมลึกบนปล้องอกมีจำนวนมากและจุดประบนปีกคู่หน้าจัดเรียงตัวอย่างกระจัดกระจายไม่เป็นระเบียบ ด้วงงวงข้าวโพดมีขนาดลำตัวใหญ่กว่าด้วงงวงข้าวแม้เติบโตจากการเลี้ยงในอาหารชนิดเดียวกัน กุสุมา (2544) เห็นว่าการตรวจดูลักษณะอวัยวะสืบพันธุ์ของตัวเต็มวัย เป็นวิธีการที่นิยมใช้และเป็นที่ยอมรับ ความแตกต่างของอวัยวะสืบพันธุ์ของด้วงงวงข้าวกับด้วงงวงข้าวโพด แสดงไว้ใน ตารางที่ 1 และภาพที่ 3 (อุดม, 2521; ชุมพล, 2533; เบญจมาภรณ์, 2545)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



(ก) (ข) (ค)

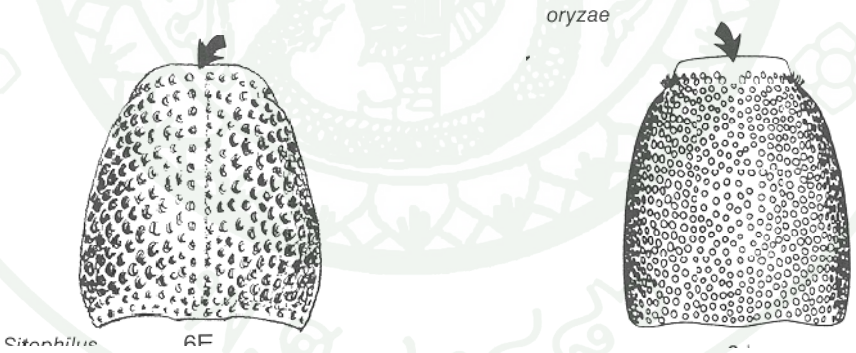
ภาพที่ 1 ตัวเต็มวัยด้วงงวงสกุล Sitophilus spp.

(ก) ด้วงงวงข้าวสาสี (Sitophilus granarius)

(ข) ด้วงงวงข้าว (Sitophilus oryzae)

(ค) ด้วงงวงข้าวโพด (Sitophilus zeamais)

ที่มา: Floyd and Newson (1959)



(ก) (ข)

ภาพที่ 2 การจัดเรียงตัวและจำนวนหลุมบนปล้องอกของด้วงงวง (*Sitophilus* spp.)

(ก) ด้วงงวงข้าว (*S. oryzae*) (ข) ด้วงงวงข้าวโพด (*S. zeamais*)

ที่มา: Floyd and Newson (1959)

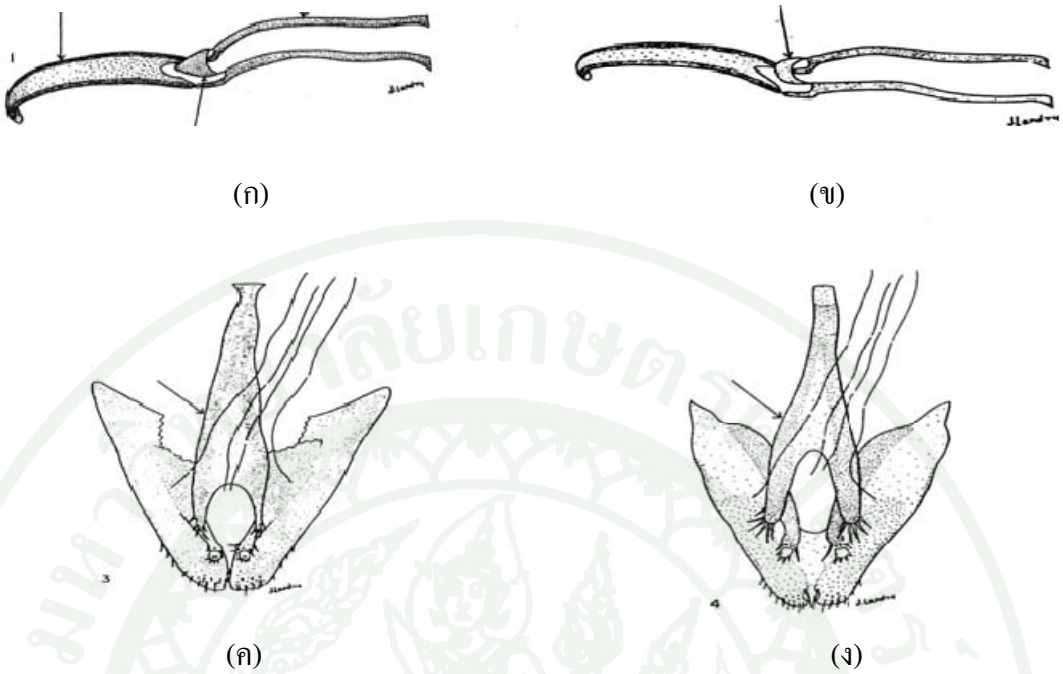
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบอวัยวะสืบพันธุ์ด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky)และด้วง
งวงข้าว (*Sitophilus oryzae* Linneuse)

ชนิดแมลง	ลักษณะโพรงฐานของอวัยวะสืบพันธุ์	
	เพศผู้	เพศเมีย
ด้วงงวงข้าว	โพรงฐานของอวัยวะสืบพันธุ์มีลักษณะรูปร่างคล้ายรูปกรวย ไม่มีร่อง (groove) และมีส่วนปลายโค้งงอเล็กน้อย	บริเวณแผ่นแข็งของอวัยวะสืบพันธุ์ส่วนปลาย มีลักษณะโค้งเว้ารูปร่างคล้ายตัวยู (U-shaped of sclerite) ส่วนปลายยอดเรียวแหลม
ด้วงงวงข้าวโพด	โพรงฐานของอวัยวะสืบพันธุ์มีรูปร่างคล้ายพระจันทร์ครึ่งเสี้ยว มีร่องและมีส่วนปลายโค้งงอคล้ายตะขอ	บริเวณแผ่นแข็งของอวัยวะสืบพันธุ์ ส่วนปลายมีลักษณะโค้งเว้าลึกลงไปมากกว่าด้วงงวงข้าว และมีรูปร่างคล้ายตัววาย (Y-shaped of sclerite) ส่วนปลายยอดมนและทู่

ที่มา: Floyd and Newson (1959)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



(ก) (ข)

(ค) (ง)

ภาพที่ 3 อวัยวะสืบพันธุ์ของด้วงงวงข้าวและด้วงงวงข้าวโพด
(ก) อวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ด้วงงวงข้าว (ข) อวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ด้วงงวงข้าวโพด
(ค) อวัยวะสืบพันธุ์เพศเมียด้วงงวงข้าว (ง) อวัยวะสืบพันธุ์เพศเมียด้วงงวงข้าวโพด

ที่มา: Floyd and Newson (1959)

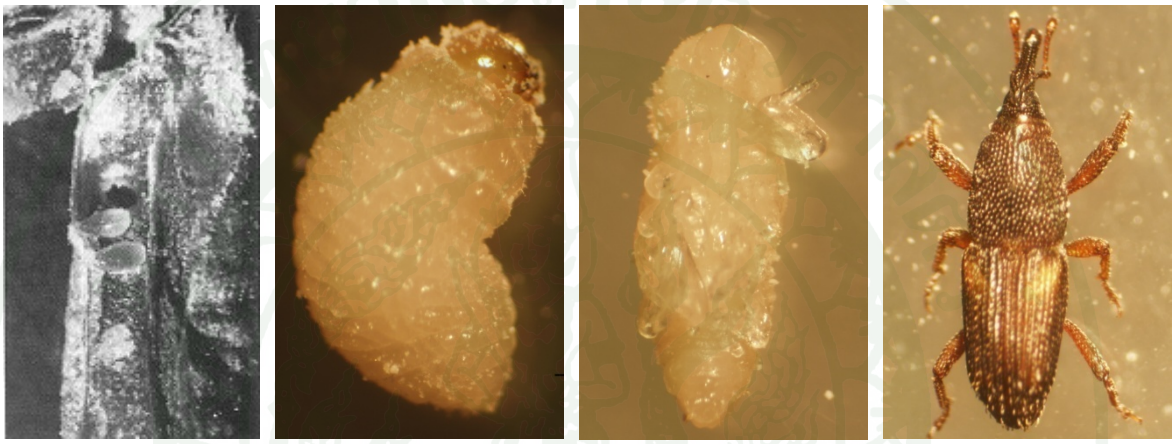
ด้วงงวงข้าวโพดเพศผู้และเพศเมีย สามารถจำแนกโดยดูที่ ส่วนหัวที่ยื่นออกเป็นงวง (snout) โดยสามารถจำแนกได้ดังนี้ (Subramanyan and Hagstrum, 1996)

- ด้วงงวงข้าวโพดเพศผู้ งวงมีขนาดใหญ่ ป้อม และสั้น ที่ผิวของงวงมีลักษณะขรุขระ ไม่เรียบ
- ด้วงงวงข้าวโพดเพศเมีย งวงมีขนาดเล็ก และยาว เรียว ที่ผิวของงวงมีลักษณะค่อนข้างเรียบกว่าเพศผู้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชีวประวัติและลักษณะทางชีววิทยา

ด้วงงวงข้าวโพดมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแบบสมบูรณ์ (holometabolous or complete metamorphosis) แบ่งได้ 4 ระยะคือ ระยะไข่ (egg) ตัวหนอน (larva) ดักแด้ (pupa) และตัวเต็มวัย (adult) (ภาพที่ 4)



(ก) (ข) (ค) (ง)

ภาพที่ 4 การเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) ระยะต่างๆ (ภาพ ข-ง กำลังขยาย 10x)
(ก) ระยะไข่ (ข) ระยะตัวหนอน (ค) ระยะดักแด้ (ง) ระยะตัวเต็มวัย

ที่มา: ภาพที่ 4 (ก) Floyd and Newson (1959)

ระยะไข่ ด้วงงวงข้าวโพดวางไข่ที่บริเวณจุดงอกของข้าวเปลือกและทุกส่วนของข้าวสาร (กุสุมา, 2544) โดยตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดเพศเมียใช้กรามที่บริเวณส่วนปลายของปากที่ยื่นยาวเจาะลงไปที่เมล็ดข้าวให้เป็นหลุมก่อนแล้วจึงวางไข่เป็นฟองเดี่ยว ๆ หรือ 2-3 ฟองต่อเมล็ด (ในกรณีที่พบจำนวนประชากรมีความหนาแน่นสูงในเมล็ด) และขับสารเหนียว (plug) สีครีมอ่อนออกมาปิดปากรูดังกล่าว (Dobie, 1974) โดยไข่มีขนาดเล็ก รูปร่างยาวรี สีขาว ลักษณะอ่อนยืดหยุ่นได้ ยาวประมาณ 0.5 มิลลิเมตร กว้าง 0.3 มิลลิเมตร ใช้เวลา 3-7 วัน จึงจะฟักออกเป็นตัวหนอน (อุดม, 2521; ชุมพล; 2533 กุสุมา; 2544 Subramanyam and Hagstrum, 1996)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระยะหนอน ตัวหนอนเมื่อแรกฟักมีสีครีม ขนาดลำตัวยาวประมาณ 0.5-0.7 มิลลิเมตร แผ่นหลังสีน้ำตาลเข้ม หัวสีน้ำตาลปนเหลือง กราม (mandible) มีลักษณะคล้ายเขี้ยวสีน้ำตาลเข้มจนเกือบดำ รูปร่างอ้วนป้อม ไม่มีขา ผิวหนังย่น มักงอลำตัวเป็นรูปตัวซี (C) อาศัยและกัดกินเนื้อเมล็ดอยู่ภายในเมล็ดตลอดระยะเจริญเติบโต เมื่อตัวหนอนเจริญเติบโตเต็มที่ลำตัวและแผ่นหลังสีเข้มขึ้น ผิวหนังย่นหยักมากขึ้น ลำตัวยาวประมาณ 3.0 มิลลิเมตร กว้าง 1.5 มิลลิเมตร ก่อนเข้าดักแด้ตัวหนอนมักยืดลำตัวออกและหยุดนิ่งไม่กินอาหาร 1-2 วัน โดยตัวหนอนมีระยะการเจริญเติบโต ทั้งหมด 4 วัย และใช้เวลาประมาณ 17-30 วัน (อุดม, 2521; วิเชียร, 2525; ชุมพล, 2533; Subramanyam and Hagstrum, 1996)

ระยะดักแด้ ดักแด้เป็นแบบ exarate กล่าวคือ อวัยวะส่วนปาก หนวด ขาและปีกจะไม่แนบติดกับลำตัว และยื่นออกจากลำตัวเห็นได้ชัดเจน มีสีขาวครีม รูปร่างคล้ายกับตัวเต็มวัย ระยะดักแด้ใช้เวลา 3-6 วันจึงพัฒนาเป็นตัวเต็มวัย (อุดม, 2521)

ระยะตัวเต็มวัย มีขนาดเล็ก ยาวประมาณ 3.0-3.8 มิลลิเมตร หัวมีส่วนที่ยื่นยาวออกมาคล้ายงวง (snout หรือ rostrum) ยาวประมาณ 1 มิลลิเมตร หรือ 1 ใน 3 ของความยาวลำตัว (Charles, 2001) มีกรามอยู่ที่ปลายงวง 1 คู่ หนวดแบบข้อศอก (elbow) ซึ่งมีส่วนปลายหนวด (flagellum) ปล้องที่ 2 ยาวใกล้เคียงกับปล้องที่ 3 (Schmidt, 1925 อ้างโดย Floyd and Newson, 1959) ลำตัวสีน้ำตาลปนแดงจนถึงสีน้ำตาลแก่เกือบดำปีกคู่หน้ามีลักษณะแข็ง (elytra) มีรอยด่างสีเหลืองอมแดงจำนวน 4 รอยบนบริเวณขอบด้านนอกของโคนปีกและขอบด้านล่างปลายปีกข้างละรอย ปีกคู่ที่ 2 เป็นแผ่นบางใหญ่ และเจริญดีพับอยู่ใต้คู่หน้า ปล้องอกมีหลุมลึกเป็นจุดกระจายอยู่ทั่วไป ตัวเต็มวัยมีชีวิตอยู่ได้ 4-5 เดือนหรือมากกว่า แต่ละปีสามารถผลิตลูกหลานได้ 6-7 รุ่น เพศเมียสามารถวางไข่ได้ประมาณ 200-400 ฟอง ขึ้นกับสภาพแวดล้อม (วิเชียร, 2525; ชุมพล, 2533; Jumruang, 1992; Subramanyam and Hagstrum, 1996) ชีพจักรหรือวงจรชีวิตด้วงงวงข้าวโพดตั้งแต่ระยะไข่จนถึงตัวเต็มวัยใช้เวลา 30-45 วัน แต่ในสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสมจะใช้เวลาในการเจริญเติบโตนานขึ้นและนานที่สุดถึง 110 วัน (Edward and Heath, 1964; Dobie, 1974; Davidson and Lyon, 1979)

พืชอาหาร

ด้วงงวงข้าวโพดกินเมล็ดพืชได้หลายชนิด ชุมพล (2533) กล่าวถึงธัญพืชที่ด้วงงวงข้าวโพดเข้าทำลายได้แก่ ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต ข้าวบาเลย์ และเมล็ดพืชอื่นๆ โดยเฉพาะเมล็ดพืชที่มีความชื้นภายในเมล็ดสูงแต่ไม่มีรายงานการเข้าทำลายในแป้ง เนื่องจากตัวหนอนไม่สามารถเจริญเติบโตในสภาพอาหารที่เป็นแป้งได้ Floyd และ Newson (1959) ทดลองให้ด้วงงวง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้าว และด้วงงวงข้าวโพดเลือกกินอาหาร พบว่า ด้วงงวงข้าวโพดชอบกินข้าวกล้องมากที่สุด โดยด้วงงวงข้าวโพด 40% กินข้าวกล้อง 32% กินข้าวฟ่าง 10% กินข้าวโพด และ6% กินข้าวสาลี ส่วนด้วงงวงข้าว 35% กินข้าวฟ่าง 28% กินข้าวกล้อง 18% กินข้าวสาลีและ 2% กินข้าวเปลือก

แมลงศัตรูธรรมชาติ

ด้วงงวงข้าวโพดมีศัตรูธรรมชาติที่สำคัญได้แก่ แตนเบียนด้วง (*Anisopteromalus calandrae* Howard) เป็นแตนเบียนที่สำคัญของด้วงงวงข้าวและด้วงงวงข้าวโพด แตนเบียน (*Lariophagus distinguendus* Forster) แตนเบียนมอด (*Cerocephala dinoderi* Gahna) และ แตนเบียนหนอน (*Theocolax elegans* Westwood) โดยแตนเบียนทั้ง 4 ชนิดจัดอยู่ในอันดับ Hymenoptera วงศ์ Pteromalidae พบเป็นจำนวนมากในประเทศไทยโดยเฉพาะแตนเบียนหนอน (กุสุมา, 2544; Dobie, 1977; Hayashi *et al*., 2004)

ความสำคัญและลักษณะการทำลาย

ปัญหาของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรเป็นปัญหาสำคัญที่พบอยู่ทั่วโลกแม้ว่าแต่ละแห่งจะพบศัตรูที่สำคัญเพียง 2-3 ชนิดเท่านั้น เนื่องจากแมลงพวกนี้สามารถแพร่กระจายไปได้ทั่วโลกซึ่งเป็นลักษณะที่พิเศษกว่าแมลงชนิดอื่นๆ ทำให้มีการเคลื่อนย้ายและแพร่กระจายไปได้อย่างกว้างขวาง โดยติดไปกับผลผลิตที่เป็นสิ่งบริโภคที่มีการซื้อขายแลกเปลี่ยนกันทั่วโลก และยังแพร่กระจายไปได้อย่างรวดเร็วตามระบบการค้าและการขนส่งที่ทันสมัยในยุคปัจจุบัน ชูวิทย์ และคณะ (2539) พบว่าแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรมีการแพร่ระบาดไปทั่วโลกตลอดปี ความเสียหายของผลิตผลเกษตรที่เกิดจากแมลงจะอยู่ในระหว่าง 5-10 % ซึ่งเป็นการประมาณความเสียหายโดยเฉลี่ยของ FAO จากการสำรวจทั่วโลกความเสียหายของผลิตผลการเกษตรที่เกิดจากแมลงในบางประเทศสูงถึง 50 % การเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวโพดต่อผลิตผลทางการเกษตรจัดเป็นพวกที่อาศัยและกัดกินภายในเมล็ด (internal feeder) แมลงจะอาศัยและทำลายอยู่ในเมล็ดโดยตัวเต็มวัยของแมลงจะเจาะเมล็ดและวางไข่ไว้ภายในเมล็ด ตั้งแต่ระยะไข่ ตัวหนอน ดักแด้ จนกระทั่งเป็นตัวเต็มวัยจะเจาะผ่านผิวเมล็ดออกมา ทำให้ข้าวสารที่ถูกอาศัยและกัดกินอยู่ภายในเกิดความเสียหายและหมดคุณค่าทางอาหาร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การแพร่กระจายและปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจาย

ด้วงงวงข้าวโพดมีการแพร่กระจายในเกือบทุกประเทศทั่วโลก (Taylor, 1970) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น ในทวีปเอเชียและอัฟริกา รวมทั้งประเทศไทย (ชูวิทย์, 2525; ชุมพล, 2533 วันชัย; 2542) กุสุมา (2544) รายงานว่า พบด้วงงวงข้าวโพดเข้าทำลายปะปนร่วมกับด้วงงวงข้าวในข้าวเปลือกและข้าวสาร โดยพบระบาดมากในแปลงปลูกข้าวของเกษตรกร ช่วงระยะก่อนการเก็บเกี่ยวและในโรงสีข้าว จันทรา (2545) รายงานว่าด้วงงวงข้าวโพดมีการระบาดตลอดปี เนื่องจากกินอาหารได้หลายชนิด เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญที่สุดที่ทำลายพืชในโรงเก็บ โดยเฉพาะข้าว ถ้ามีการทำลายสูงเมล็ดจะเหลือแต่เปลือกหรือผิวนอกนำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ แมลงชนิดนี้มีปีกคู่ที่สองเจริญดีสามารถบินได้ไกลๆ ทำให้ระบาดไปได้อย่างกว้างขวาง เพศเมียจะวางไข่บนเมล็ดธัญพืชในระยะใกล้เก็บเกี่ยว ดั้งนั้นข้าวโพดหรือข้าวที่เก็บเกี่ยวมาแล้วอาจมีแมลงชนิดนี้เข้าอาศัยกัดกินอยู่ก่อน จากนั้นแมลงจะขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็ว ทำความเสียหายให้กับเมล็ดพืชที่เก็บไว้ แมลงชนิดนี้ระบาดมากในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน

ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายด้วงงวงข้าวโพด

สภาพอากาศ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่แตกต่างกันจะทำให้เกิดสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงช่วงอุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียสเป็น optimal range ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของด้วงงวงข้าวโพด Okelane and Osuji (1984) และ Throne (1994) รายงานว่า ด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงด้วยเมล็ดข้าวโพด อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 75 เปอร์เซ็นต์ เป็นสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตเนื่องจากด้วงงวงข้าวโพดมีอัตราการขยายพันธุ์สูงที่สุด Hong และ Ryoo (1991) รายงานว่าด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงด้วยข้าวสาลีที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 85 เปอร์เซ็นต์เจริญเติบโตได้ดีที่สุดแสดงว่า ด้วงงวงข้าวโพดที่เลี้ยงในอาหารที่แตกต่างกันจะเจริญเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมแตกต่างกันด้วย ส่วนการตอบสนองต่อช่วงอุณหภูมิ ที่เป็น sublethal range ซึ่งมีระดับอุณหภูมิ 13-25 องศาเซลเซียส และ 33-35 องศาเซลเซียส Throne (1994) ระบุว่า ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส หรือมากกว่า ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 43 เปอร์เซ็นต์ ด้วงงวงข้าวโพดมีอัตราการเจริญเติบโตและการรอดชีวิตต่ำ มีพัฒนาการไม่สมบูรณ์ พิมพา (2530) และ Hong และ Ryoo (1991) พบว่า ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศระหว่าง 60-75 เปอร์เซ็นต์ ด้วงงวงข้าวโพดสามารถเจริญเติบโตได้ถึงระยะตัวหนอนวัยที่ 2 เท่านั้นและไม่สามารถเจริญเป็นตัวเต็มวัย นอกจากนี้ระดับอุณหภูมิสูงหรือต่ำซึ่งอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่เรียกว่า lethal range ระหว่าง 5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

องศาเซลเซียส ถึง -25 องศาเซลเซียสและสูงกว่า 45 องศาเซลเซียสขึ้นไป มีผลต่อการรอดชีวิตและทำให้ด้วงงวงข้าวโพดตายได้ ดังนั้นผลของอุณหภูมิ รวมทั้งปัจจัยอื่นๆ เช่น ความชื้นภายในเมล็ด และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีอิทธิพลต่ออัตราการรอดชีวิตของด้วงงวงข้าวโพดโดยตรง ซึ่งการตอบสนองต่อช่วงอุณหภูมิและความชื้นมีความแตกต่างกันไปตามชนิดแมลง เนื่องจากแมลงมีความต้านทานต่ออุณหภูมิไม่เท่ากัน

ปัจจัยทางชีวภาพ ได้แก่ สิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่อาศัยอยู่ภายในโรงสี และโรงเก็บผลผลิตรวมทั้งการอพยพเคลื่อนย้ายเข้าออกของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ภายในโรงเก็บ เช่น แมลง ไร นก หนู และเชื้อจุลินทรีย์ ตลอดจนปัจจัยอื่นๆ เช่น แบบหรือลักษณะโครงสร้างของโรงเก็บข้าว การจัดการทำความสะอาดภายในโรงสี โรงเก็บรักษาผลผลิต และบริเวณรอบนอกเป็นปัจจัยหนึ่งที่กำหนดระดับประชากร เช่น การเพิ่มและลดประชากร ความหลากหลายของชนิดแมลง

การป้องกันกำจัดด้วงงวงข้าวโพด

การป้องกันกำจัดด้วงงวงข้าวโพด เพื่อยืดระยะเวลาการเก็บรักษาและชะลอความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวโพดในข้าว แบ่งเป็น 2 วิธี คือการป้องกันกำจัดโดยใช้สารเคมี และไม่ใช้สารเคมี

การป้องกันกำจัดโดยใช้สารเคมี

สารฆ่าแมลงที่ใช้ในการป้องกันกำจัดด้วงงวงข้าวโพด ได้แก่ สารฆ่าแมลงชนิดถูกตัวตายหรือสัมผัสตาย และสารรมพิษ โดยสารฆ่าแมลงบางชนิดมีความเป็นพิษต่อระบบประสาท ทำให้แมลงเป็นอัมพาตหรือทำให้แมลงตาย การใช้สารฆ่าแมลงมีความนิยมเนื่องจากสามารถกำจัดแมลงศัตรูได้เป็นจำนวนมากและหลายชนิดในเวลาอันรวดเร็ว แต่วิธีนี้มีผลกระทบต่อผู้บริโภค ผู้ใช้ สิ่งแวดล้อม และแมลงศัตรูธรรมชาติ รวมทั้งแมลงสามารถสร้างความต้านทานได้ ในอดีตสารฆ่าแมลงที่ใช้กำจัดด้วงงวงข้าวโพดคือ กลุ่มออร์กาโนคลอรีน ได้แก่ ดีดีที (DDT) เอลดรีน (Endrin) และออลดริน (Aldrin)แต่ปัจจุบันได้ยกเลิกการใช้แล้ว เนื่องจาก มีความเป็นพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมสูงมาก สลายตัวในธรรมชาติช้า และตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อมนาน มีผลให้สัตว์หลายชนิดสูญพันธุ์ ปัจจุบันสารเหล่านี้ไม่แนะนำให้ใช้กับข้าวและผลผลิตเกษตร สารฆ่าแมลงที่ใช้ในปัจจุบันได้แก่กลุ่มออร์แกโนฟอสเฟต เช่น มาลาไธออน (Malathion) พิริมิฟอส เมธิล (Pirimiphos Methyl) คลอร์ไพริฟอส เมธิล (Chlorpyrifos methyl) โบร โมฟอส (Bromophos) ไดคลอวอส (Dichlorvos) เอ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ททริมิฟอส (Etrimiphos) และโฟซิม (Phoxim) ซึ่งมีพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมต่ำ การใช้ทำโดยการคลุกเมล็ดในอัตราต่ำ สามารถป้องกันการเข้าทำลายจากด้วงงวงข้าวโพดได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังมีสารรมพิษที่นิยมใช้ในการป้องกันกำจัดด้วงงวงข้าวโพด ได้แก่ ฟอสฟีนและเมทธิลโบรไมด์ เนื่องจากเป็นสารเคมีที่อยู่ในสภาพของแก๊สภายใต้อุณหภูมิและความดันธรรมดา และถ้ารักษาระดับความเข้มข้นของสารรมไว้ระดับหนึ่งจะสามารถฆ่าแมลงหรือสิ่งมีชีวิตได้ สมบัติที่ดีของสารรมคือ สามารถแทรกซึมได้ดีในที่ว่างระหว่างเมล็ดข้าว แต่ปัจจุบันพบว่าด้วงงวงข้าวโพดสามารถต้านทานต่อฟอสฟีน และออร์แกนโนฟอสเฟตบางชนิด (พรทิพย์, 2540; บุษรา และคณะ, 2544; วสกร, 2545)

การป้องกันกำจัดโดยไม่ใช้สารเคมี

วิธีการป้องกันกำจัดด้วงงวงข้าวโพดโดยไม่ใช้สารเคมีคือ การนำเอาวิธีการต่าง ๆ ที่ไม่ใช้สารฆ่าแมลงมาใช้ป้องกันและลดการทำลายของด้วงงวงข้าวโพด มีหลายวิธีเช่น การใช้วิธีกล การใช้เครื่อง Entoleters ในโรงสีแป้งสามารถร่อนด้วงงวงข้าวโพดและด้วงงวงในสกุลเดียวกัน (*Sitophilus* spp.) วิธีดังกล่าวสามารถแยกด้วงงวงข้าวโพดระยะตัวเต็มวัยได้ดีกว่าระยะอื่น การใช้อุณหภูมิสูงและต่ำ การใช้พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า การใช้ภาชนะบรรจุ การใช้พืชธรรมชาติและพืชสมุนไพร การใช้กับดักแสงไฟ และการควบคุมโดยชีววิธี (ภาวิณี , 2548)

พืชป้องกันอันตรายจากสัตว์โดยการสร้างกลไกต่างๆ ทั้งทางกายภาพและเคมี การปรับตัวทางกายภาพ (Physical adaptation) ได้แก่ สร้างหนามแหลม (thorn) ขนแข็ง (spine) หรือขนที่มีพิษ (prickle) เพื่อป้องกันสัตว์มากัดกิน การสร้างสาร secondary compound (allelochemicals) ซึ่งเป็นสารเคมีที่สิ่งมีชีวิตสร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นสื่อในการติดต่อกับสิ่งมีชีวิตประเภทอื่นหรือเป็นสารพิษที่พืชสร้างขึ้นเพื่อป้องกันตัวเองจากการทำลายของสัตว์ เช่น caffeine จากต้นกาแฟ จะไปรบกวนระบบในร่างกาย เช่นทำให้สัตว์ไม่เกิดการลอกคราบ ไม่สามารถแพร่ขยายพันธุ์ได้ (Harborne *et al*., 1971)

พืชวงศ์ถั่วก็เป็นพืชประเภทหนึ่งที่เมล็ดสร้างสาร secondary compound ที่เป็นพิษและขับไล่แมลงศัตรูพืชได้ (Bell, 1978) Coombs *et al*. (1977) และ Holloway (1986) รายงานว่า แป้งจาก Yellow split pea *(Pisum sativum* L.)(Fabaceae) เมื่อผสมกับข้าวสาลีจะมีผลไปลด อัตราการอยู่รอด และ การสืบพันธุ์ ของ *S. oryzae* (L.) Field (2001) พบว่า protein-rich pea flour จาก *P. sativum* สามารถขับไล่แมลงศัตรูในโรงเก็บ *เป็นพิษและสามารถลดอัตราการสืบพันธุ์ของแมลงศัตรูในโรง*

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เก็บหลายชนิดได้ Bodnaryk et al. (1997) รายงานว่า protein-rich pea flour ที่สกัดจาก *P. sativum* จะมีผลดีก็ต่อเมื่อสกัดภายในเวลา 20-100 ชั่วโมง Delobel *et al*. (1998) *และ Louis et al. (2004) พบว่า พืชในวงศ์ถั่ว (Fabaceae) มีสาร leginsulin ที่มีสมบัติเป็นสารฆ่าแมลง*

ในเมล็ดพืชวงศ์ถั่วและธัญพืชมีการค้นพบโปรตีนและเปปไทด์ที่มีบทบาทป้องกันโรคและแมลงที่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่เมล็ดพืช เช่น lectin, axcetin, chitinase, beta-1,3-glucanase,defensin และโปรตีนที่ทำหน้าที่ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ 2 ชนิดคือ α amylase inhibitor และ proteinase inhibitor (Dayler *et al.,* 2005) α amylase เป็นกลุ่มเอนไซม์ที่ตัวอ่อนของแมลงใช้ในการสลายพันธะไกลโคซิติก (glycosidic) ที่เชื่อมระหว่างกลูโคสภายในโมเลกุลของแป้งเพื่อนำน้ำตาลกลูโคสไปใช้เป็นแหล่งพลังงานในการเจริญเติบโตและการพัฒนาเป็นตัวเต็มวัย ดังนั้น α amylase inhibitor จึงเป็นกลุ่มโปรตีนที่นักวิจัยให้ความสนใจศึกษาการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ α amylase จากแมลง ซึ่งมีรายงานการวิจัยแสดงให้เห็นว่า amylase inhibitor จากพืชสามารถยับยั้งการเติบโตและการพัฒนาเป็นตัวเต็มวัยของ *Bruchus pisorum* (Iulek *et al*., 2000) ด้วงถั่ว (*Callosobruchus maculatus* และ *C. chinensis*) (Ishimoto and Kitamura, 1989) และแมลงที่วางไข่ในข้าวสาลี (Franco *et al*., 2002) ข้าวบาเลย์ และข้าวไรย์ (rye) (Iulek *et al*., 2000) Engkagul *et al.* (2004) ศึกษาผลของ α amylase inhibitor จากถั่วเขียวสายพันธุ์พื้นเมือง 2 สายพันธุ์คือ KPS1 และ CN 36 ต่อการยับยั้งการทำงานของ α amylase ที่สกัดจากระบบทางเดินอาหารของด้วงถั่ว (*C. maculatus*) พบว่าสารสกัดอย่างหยาบจากถั่วเขียว ซึ่งมี α amylase inhibitor อยู่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ α amylase จากด้วงถั่วได้ จากการทำการทดลองเบื้องต้นพบว่าสารสกัดอย่างหยาบในถั่วที่มี α amylase inhibitor อยู่นั้นไม่ยับยั้ง α amylase จากน้ำลายมนุษย์ จึงทำให้ α amylase inhibitor จากถั่วนั้นมีความน่าสนใจอย่างมากที่จะนำมาใช้เป็นสารควบคุมแมลง

Kumar (2003) ศึกษาการขับไล่แมลงโดยใช้ถั่วสายพันธุ์จาก pea (*Pisum sativam* L.) ในการ ทดสอบกับ *S. oryzae*, *T. castaneum* และ *R. dominica* จากการทดลองพบว่า เมล็ดข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจาก pea var. Bonneville ที่ความเข้มข้น 1% สามารถขับไล่ตัวเต็มวัยของ *T. castaneum* ได้มากที่สุดตามด้วย *S. oryzae* และ *R. dominica*

Hou (2003) ศึกษาโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วเพื่อทดสอบความเป็นพิษกับแมลงในโรงเก็บ พบว่าตัวเต็มวัยของ *S. oryzae* จะมีความรู้สึกไวต่อโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วมากกว่า *Cryptolestes ferrugineus* โปรตีนที่สกัดจากแป้งถั่วไม่สามารถลดอัตราการตายของตัวเต็มวัยของ *T. castaneum*

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อย่างไรก็ตามโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วก็สามารถลดจำนวนของแมลงทั้ง 3 ชนิดได้ โปรตีนสกัดจากแป้งถั่วที่ผสมกับแป้งสาลีและข้าวบาร์เลย์จะมีความเป็นพิษมากกว่าที่ผสมกับข้าวโพด

Kumar (2004) ศึกษาผลของโปรตีนที่สกัดจาก *P. sativum* var. Bonneville ที่มีต่อ *S. oryzae* โดย Kumar (2004) ตรวจสอบ การขับไล่ ความเป็นพิษ ผลกระทบต่อการออกลูก ความเสถียรของแป้งถั่ว และ คุณสมบัติที่มีต่อประสาทรับความรู้สึก พบว่าข้าวที่ผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วที่ความเข้มข้น 1% สามารถขับไล่ *S. oryzae* อย่างมีนัยสำคัญ ความเป็นพิษของโปรตีนที่สกัดจากแป้งถั่ว ทำให้อัตราการตายของ *S. oryzae* เพิ่มขึ้น และ ทำให้อัตราการออกลูกลดลง

Hou (2006) รายงานว่าโปรตีนจากแป้งถั่วมีคุณสมบัติเป็นตัวยับยั้งการกิน เป็นสารขับไล่แมลง และมีความเป็นพิษต่อ *S. oryzae* เมื่อให้โปรตีนสัดจากแป้งถั่วและแป้งสาลี *S. oryzae* กิน และเมื่อใช้พู่กันจุ่มโปรตีนที่สกัดจากแป้งถั่วและแป้งสาลี ทาที่ส่วนท้องพบว่า แมลงที่ถูกทาด้วยโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วมีอายุขัยเฉลี่ย 9.6 วัน ซึ่งสั้นกว่าแมลงชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ จากการทดลองนี้ Hou (2006) เสนอแนะว่าพิษของแป้งโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วอาจแพร่เข้าสู่ cuticle ของแมลง ส่วนกระเพาะของแมลงที่กินโปรตีนจากแป้งถั่วและแป้งถั่วสกัดจากแป้งถั่ว หรือการผสม pea peptide พบว่ามีฟองอากาศจำนวนมากในเนื้อเยื่อกระเพาะแมลง โดยปริมาณของฟองอากาศจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อแมลงกินโปรตีนแป้งถั่ว หรือ โปรตีนสกัดจากแป้งถั่ว แต่จะไม่พบฟองอากาศในกระเพาะของ *S. oryzae* ที่กิน เมล็ดแป้งสาลี หรือ แป้งสาลีเพียงอย่างเดียว

อนุสสรณ์ (2551) รายงานว่าการเก็บถั่วเขียวมักจะมีด้วงถั่วเข้าทำลาย ทำให้เกิดความเสียหายแก่เมล็ดถั่วและทำให้ผลผลิตมีคุณภาพลดลง การใช้ α amylase inhibitor เป็นทางเลือกหนึ่งที่ใช้ในการควบคุมการเจริญเติบโตของด้วงถั่วเขียว การศึกษาผลของ α amylase inhibitor ต่อการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะไมเลสที่สกัดจากด้วงถั่วเขียว พบว่า α amylase inhibitor ที่สกัดจากถั่วเขียวฉายรังสีแกมมา (M5-16) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะไมเลสสูงกว่า α amylase inhibitor ที่ได้จากถั่วเขียวพันธุ์พื้นเมือง (KPS1)

Engkagul *et al.* (2004) รายงานว่าเมื่อใช้ โปรตีโอมิกศึกษาความแตกต่างของโปรตีนที่ได้จากถั่วเขียวสายพันธุ์พื้นเมืองและถั่วเขียวฉายรังสี และศึกษาคุณลักษณะของ α amylase inhibitor ที่ทำให้บริสุทธิ์จากถั่วเขียวฉายรังสี พบว่า α amylase inhibitor มีโครงสร้างแบบโมโนเมอร์ และมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 27 kDa สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะไมเลสในด้วงถั่วเขียว (*C.*

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

maculatus alpha-amylase) แต่ไม่ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะไมเลสในน้ำลายคน เมื่อตรวจสอบความแตกต่างของโปรตีนด้วย 2D gel electrophoresis พบว่ารังสีแกมมาทำให้การสังเคราะห์ α amylase inhibitor และโปรตีนชนิดอื่นน้อยลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ถั่วขาวพันธุ์ ปางดะ 1

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Phaseolus vulgaris*

ชื่อสามัญ Navy bean

ลักษณะประจำพันธุ์

ภาพที่ 5 ถั่วขาว

ที่มา: สุมินทร์ (2544.) (วันพุธที่ 3 มีนาคม พ.ศ. 2553)

ฤดูที่เหมาะสมต่อการปลูกคือช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนธันวาคม ลำต้น จำนวนข้อ/ต้นเฉลี่ย 7.7 ข้อ จำนวนกิ่ง/ต้นเฉลี่ย 5.3 กิ่ง ความสูง 77.3 ซม. ดอกมีสีขาว เริ่มออกดอกเมื่ออายุประมาณ 34-38 วันหลังปลูก อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 60-90 วัน จำนวนฝัก/ต้นเฉลี่ย 11.7 ฝัก เมล็ดมีสีขาว ขนาดใกล้เคียงกับพันธุปางดะ 2 และปางดะ 3 ผลผลิตของพันธุ์ปางดะ 1 ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์อื่นเฉลี่ย 199 กิโลกรัม/ไร่ น้ำหนักเฉลี่ย 16 กรัม /100เมล็ด คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่เป็นเมล็ดดีค่อนข้างสูงประมาณ 65 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ถั่วเขียวพันธุ์ กำแพงแสน 2 KPS 2

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Vigna radiata* (L.) Walp.subsp.

ชื่อสามัญ Green Bean

ลักษณะประจำพันธุ์

ภาพที่ 6 ถั่วเขียว

ที่มา: สุมินทร์ (2544.) (วันพุธที่ 3 มีนาคม พ.ศ. 2553)

ถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 มีต้นกำเนิดมาจากสายพันธุ์ VC 2778 A สายพันธุ์นี้ได้มาจาก The 10th International Mungbean Nursery ซึ่งส่งเข้ามาทดสอบในประเทศไทยครั้งแรกเมื่อปี 2525 การทดลองนี้ประกอบด้วยพันธุ์ผลผลิตสูงจากหลายประเทศ 9 พันธุ์ และสายพันธุ์ผลผลิตสูงของ AVRDC 11 สายพันธุ์ ที่มาและพันธุ์ประวัติของพันธุ์และสายพันธุ์กลุ่มนี้แสดงไว้โดย ศรีนิเวศน์ และคณะ (2527) และ Srinives *et al.* (1988) สายพันธุ์ทั้งสองได้รับการผสมพันธุ์ที่ AVRDC ประเทศไต้หวัน และได้รับการคัดเลือกมาบ้างแล้ว อย่างไรก็ตาม ยังมีต้นที่แสดงลักษณะทรงต้นและการติดฝักแตกต่างออกไป จึงได้ปลูกคัดเลือกแบบหมู่ (mass selection) ที่แปลงของโครงการสาขา (outreach program) ของ AVRDC ที่วิทยาเขตกำแพงแสน เพื่อคัดต้นที่มีลักษณะทรงต้นดีและเหมือนๆ กันไว้ทดสอบในครั้งต่อๆ มา พ่อแม่ของสายพันธุ์นี้ คือCV 2778 A = BPT glab. 3//CES44/ML-3///CES1D-21/PHLV18 ซึ่งจะเห็นได้ว่าสายพันธุ์มีพ่อแม่พันธุ์เป็นถั่วเขียวผลผลิตสูงของประเทศฟิลิปปินส์เกือบทั้งสิ้น ยกเว้นเพียงพันธุ์ ML 3 ซึ่งเป็นพันธุ์ต้านทานโรคราแป้ง และใบจุดจากประเทศอินเดีย ซึ่งข้อดีของพันธุ์ถั่วเขียวจากประเทศฟิลิปปินส์ คือ ให้ผลผลผิตสูงทรงพุ่มดี เมล็ดมีขนาดใหญ่ และอายุเก็บเกี่ยวสั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ถั่วแดงหลวงพันธุ์ หมอกจ๋าม

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Phaseolus vulgaris*

ชื่อสามัญ Red kidney bean

ลักษณะประจำพันธุ์

ภาพที่ 7 ถั่วแดงหลวง

ที่มา: สุมินทร์ (2544.) (วันพุธที่ 3 มีนาคม พ.ศ. 2553)

ลักษณะประจำพันธุ์

ฤดูที่เหมาะสมต่อการปลูกคือช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนธันวาคม มีความสูงต้น 50-60 ซม. จำนวนกิ่ง/ต้นเฉลี่ย 2.4 กิ่ง จำนวนข้อ/ต้น 4.7 ข้อ ดอกมีสีม่วง จำนวนฝัก/ต้นเฉลี่ย 7.4 ฝัก เมล็ดมีสีแดงให้น้ำหนัก 100 เมล็ด 47 กรัม เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี 77.6 %

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์

1.1. ด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) จากกรมวิชาการเกษตร

1.2. ข้าวหอมปทุมธานี 1 จากศูนย์วิจัยข้าวกรมวิชาการเกษตร

1.3. ถั่วแดงหลวง *Glycine max* (L.) merr. จากโครงการหลวง

1.4.ถั่วขาว *Phaseolus vulgaris* จากโครงการหลวง

1.5.ถั่วเขียว *Vigna radiata* (L.) Walp.subsp. **จาก สถาบันพืชไร่ชัยนาท**

1.6. เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้าอย่างละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Satorius รุ่น AC 210S)

1.7. กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (stereomicroscope)

1.8. เครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge)

1.9. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer**)**

1.10. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath)

1.11. ไมโครปิเปตต์ (micropipette)

1.12. หลอดหยด (dropper)

1.13. กระดาษซับ

1.14. ขวดแก้วขนาด 8 ออนซ์

1.15. หลอดทดลอง

1.16. แป้งสาลี

2. สารเคมี

2.1. แอมโมเนียมซัลเฟต (ammonium sulfate)

2.2. 20 mM Phosphate buffer pH7 (PBS)

2.3. 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.4. แคลเซียมคลอไรด์ (Calcium chloride $CaCl_2$)

2.5. น้ำแป้ง 1%

วิธีการ

1. การเลี้ยงด้วงงวงข้าวโพด

การเตรียมอาหารเลี้ยงแมลงทำโดยนำข้าวหอมปทุมธานี1 แช่เย็นที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อทำลายไข่และแมลงชนิดอื่นที่ปะปนในข้าว จากนั้นเก็บข้าวไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะใช้ในการเลี้ยงแมลง ก่อนการเตรียมข้าวเพื่อใช้ในการเลี้ยงแมลง นำข้าวมาวางไว้ในอุณหภูมิห้อง 1 วัน

การเลี้ยงด้วงงวงข้าวโพดทำโดยใส่ข้าว 100 กรัมลงในขวดแก้วขนาด 250 มิลลิลิตร เพื่อเป็นอาหารและเพื่อให้ด้วงงวงข้าวโพดวางไข่ จากนั้นใส่ตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดคละเพศ อายุ 7 วันจำนวน 100 ตัวในขวดเลี้ยงแมลงเพื่อให้ผสมพันธุ์กัน แล้วปิดปากขวดด้วยกระดาษซับเพื่อป้องกันแมลงหนีและป้องกันศัตรูธรรมชาติภายนอก หลังจากนั้น 7 วัน ด้วงงวงข้าวโพดจะเริ่มวางไข่ เปลี่ยนข้าวให้ใหม่ทุกวันเป็นเวลา 7-14 วันไข่ที่ได้ในแต่ละวันนำไปเลี้ยงต่อจนเจริญเป็นตัวเต็มวัยรุ่นใหม่ ด้วงงวงข้าวโพดที่นำไปใช้ในการทดลองเป็นแมลงที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการอย่างน้อยสุด 3 รุ่นก่อนนำมาทำการทดลอง (ภาพที่ 8) การเลี้ยงด้วงงวงข้าวโพดทำที่อุณหภูมิ 25-28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60-70%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 8 การเลี้ยงด้วงงวงข้าวโพดในขวดขนาด 500 มิลลิลิตร ที่บรรจุข้าว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การเตรียม แป้งถั่ว (Whole bean flour) และ โปรตีนสกัดจากแป้งถั่ (Proteinenrichd bean flour extract)

2.1 การเตรียม แป้งถั่ว

นำถั่วทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ถั่วแดงหลวง *P. vulguris* ถั่วเขียว *V. radiata* (L.) Walp.subsp. และ ถั่วขาว *P. vulgaris* แช่เย็นที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 สัปดาห์เพื่อกำจัดแมลงหรือสิ่งแปลกปลอมที่ติดมา จากนั้นเก็บถั่วไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 1 คืน นำถั่วแต่ละชนิดไปปั่นด้วยเครื่อง Fitzmill Comminutor (Fitzpatrick Elhurst, Illinois 60125, USA) ขนาด 250 ไมครอน ตามด้วยเครื่อง Alpine pinmill (Augsburg, Germany) ขนาด 150 ไมครอน แล้วเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำผงถั่วมาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 ชั่วโมงก่อนใช้ในการทดลอง

2.2 การเตรียม โปรตีนสกัดจากแป้งถั่ว

นำผงถั่วแต่ละชนิดมาสกัดด้วย 20 mM Phosphate buffer pH7 (PBS) โดยการกวนด้วย Magnetic stirrer ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 4 องศาเซลเซียส ที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อ 20 นาที นำส่วนใสที่ได้ (supernatant) มาตกตะกอนใน 80 % อิ่มตัวแอมโมเนียมซัลเฟต หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงอีกครั้งหนึ่งที่ 10,000 รอบต่อ 20 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะได้ตะกอนและส่วนใส ทิ้งส่วนใสนำตะกอนที่ได้มาละลายใน PBS pH 7 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ผสมกันจนกว่าตะกอนจะละลายหมด แล้วนำไป dialyzed ด้วยน้ำกลั่น เปลี่ยนน้ำกลั่นทุก 1 ชั่วโมง ทำซ้ำ 3 ครั้ง เก็บสารสกัดโปรตีนที่ได้ในตู้แช่แข็งที่ -80 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็ง (freeze-dryer) และเก็บไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส ก่อนทำการทดลองและวิเคราะห์โปรตีนโดยวิธีของ Lowry *et al.* (1951)

3. การทดสอบความเป็นพิษ (Toxicity)

ศึกษาผลของ แป้งถั่ว ที่มีต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพด ที่ระดับความเข้มข้น 0%,0.1%,1%,10 และ 20% (w/w) (น้ำหนักของข้าวต่อน้ำหนักของแป้งถั่ว) โดยนำ แป้งถั่วมาคลุกผสมกับข้าวที่เตรียมไว้แล้วบรรจุใส่ขวดแก้วขนาด 8 ออนซ์ ขวดละ 40 กรัม ใส่ตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดคละเพศอายุ 7-14 วัน โดยการสุ่ม 20 ตัว ปิดด้วยกระดาษซับ หลังจากนั้นบันทึกอัตราการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตาย ที่ 7, 14 วัน ถ้าตัวเต็มวัยไม่เคลื่อนไหวเมื่อใช้เข็มเขี่ยแตะถือว่าตาย และนับจำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด เปรียบเทียบผลระหว่างความเข้มข้นต่างๆ ของแป้งถั่ว ทำการทดลอง 3 ซ้ำ (ภาพที่9)

การศึกษาผลของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วที่มีต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพดที่ระดับความเข้มข้น 0%, 0.001%, 0.01, 0.1 และ 1% (W/W) (น้ำหนักข้าวต่อน้ำหนักของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่ว) โดยทำการทดลองเช่นเดียวกับอธิบายมาแล้วข้างต้น

ภาพที่ 9 การทดสอบ Toxicity

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. การเตรียม เม็ดแป้งถั่ว และ เม็ดโปรตีนสกัดจากแป้งถั่ว

เตรียม เม็ดแป้งถั่ว โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Xie *el al.* (1996) ดังนี้ นำแป้งสาลี 10 กรัม น้ำกลั่น15 มิลลิลิตรและผงถั่วที่ความเข้มข้น 0%, 0.1%, 1%, 10% และ 20% (w/w) (น้ำหนักของแป้งถั่วต่อน้ำหนักของแป้งสาลี) ตามลำดับ**ผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันจากนั้นนำมาหยดลงบนถุงพลาสติก โดยใช้หลอดหยด ทิ้งไว้ให้แห้งเป็นเวลา 1 คืนที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นเก็บใส่ถุงซิบและเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสก่อนใช้ในการทดลองส่วนเม็ด**โปรตีนสกัดจากแป้งถั่วเตรียมโดยวิธีการเดียวกันแต่ให้มีความเข้มข้นของ โปรตีนสกัดจากแป้งถั่ว เป็น 0%, 0.001%, 0.01%, 0.1% และ 1% (w/w) (น้ำหนักของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วต่อน้ำหนักของแป้งสาลี) ตามลำดับ

5. การทดสอบการยับยั้งการกิน (Antifeedant)

ศึกษาผลของ เม็ดแป้งถั่ว และ เม็ดโปรตีนที่สกัดจากแป้งถั่ว ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆมีต่อการยับยั้งกินของด้วงงวงข้าวโพด โดยการนำ เม็ดแป้งถั่ว และ เม็ดโปรตีนสกัดจากแป้งถั่ว ชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกผลก่อนนำไปใส่ในจานแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร จำนวน 2 เม็ดต่อ 1 จานแก้วใส่ตัวเต็มวัยด้วงงวงข้าวโพดอายุ 7-14 วันโดยการสุ่ม 20 ตัว ปิดฝา สังเกตและบันทึกผลอัตราการกินของแมลง 3 วัน หลังจากนั้นนำ เม็ดแป้งถั่ว และ เม็ดโปรตีนสกัดจากแป้งถั่ว มาชั่งน้ำหนัก เปรียบเทียบน้ำหนักก่อนและหลังการกิน และเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (control) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

6. การสกัดสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะไมเลสจากด้วงงวงข้าวโพดและการเตรียมโปรตีนจากแป้งถั่ว

6.1 การสกัดเอนไซม์จากด้วงงวงข้าวโพดระยะตัวเต็มวัย

นำด้วงงวงข้าวโพดทั้งตัวมาบดละเอียดด้วย homogenizer ในสารละลาย PBS pH 7 ขณะที่บด homogenizer จะแช่ในอ่างน้ำแข็ง หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 รอบต่อ 20 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แล้วแบ่งเก็บส่วนใสในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส เพื่อใช้เป็น crude enzyme extract สำหรับตรวจสอบสภาวะที่เหมาะสมต่อการแสดงกิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ โดยใช้ DNS ตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก Bernfeld (1955)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.2 การเตรียมสารสกัดสารโปรตีนจากถั่ว

นำถั่วแดงหลวง ถั่วขาว และถั่วเขียว ที่บดแล้ว 30 กรัมมาสกัดด้วย 20 mM PBS pH7 200 มิลลิลิตร กวนด้วย magnetic stirrer ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 รอบต่อ 20 นาที ที่ 4 องศาเซลเซียส นำส่วนใสที่ได้แบ่งเก็บที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส เพื่อใช้เป็น crude protein extract สำหรับตรวจสอบความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะไมเลส โดยใช้ DNS ตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก Bernfeld (1955)

7. การศึกษาคุณลักษณะของเอนไซม์อะไมเลส

7.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการแสดงกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส

ศึกษากิจกรรมและสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการแสดงกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส ใน pH 2-12 และที่อุณหภูมิ 30 40 50 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส ตามวิธีของ Bernfeld (1955)

7.1.1 วิธีวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสในสภาวะเปลี่ยนแปลง pH

เตรียมสารละลายสับสเตรทซึ่งประกอบด้วย น้ำแป้งความเข้มข้น 1 % (เจือจางจากน้ำแป้งเข้มข้น 10% โดยละลาย starch soluble ในน้ำกลั่น ต้มในน้ำเดือด 5 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น) ผสมกับสารละลายบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 200 มิลลิโมลาร์ ที่มีสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ (บัฟเฟอร์ที่ใช้แต่ละ pH มีดังนี้ pH 2 ไกลซีน-กรดไฮโดรคลอริกบัฟเฟอร์ pH 3-5 กรดซิตริก-ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 6-8 ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 9-10 โซเดียมคาร์บอเนต-โซเดียมไบคาร์บอเนตบัฟเฟอร์ pH 11 ฟอสเฟต-โซเดียมไฮดรอกไซด์บัฟเฟอร์ และ pH 12 โพแทสเซียมคลอไรด์-โซเดียมไฮดรอกไซด์บัฟเฟอร์) เติมให้ได้ปริมาตร 200ไมโครลิตร แล้วเติม crude enzyme extracts ปริมาตร 50 ไมโครลิตรในหลอดทดลอง ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที หยุดปฏิกิริยาโดยเติมสารละลาย DNS เข้มข้น 1 % ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ต้มในน้ำเดือด 5 นาที ทำให้เย็น เติมน้ำกลั่นปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของน้ำตาลมอลโทส (ภาพผนวกที่ 1) แบลงค์ประกอบด้วยสับสเตรทปริมาตร 450 ไมโครลิตร โดยไม่เติม crude enzyme extracts

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7.1.2 วิธีวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลสในสภาวะเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการทำงานของเอนไซม์อะไมเลสทำได้โดยอุ่นสารละลายสับสเตรท pH 6 ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน(30-80 องศาเซลเซียส) นาน 5 นาที เติม crude enzyme extracts ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ในหลอดทดลอง ผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิ 30-80 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที หยุดปฏิกิริยาโดยเติมสารละลาย DNS 1 % ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ต้มในน้ำเดือด 5 นาที แล้วทำให้เย็น เติมน้ำกลั่นปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของน้ำตาลมอลโทส (ภาพผนวกที่ 1) แบลงค์ประกอบด้วยสารละลายสับสเตรทปริมาตร 450 ไมโครลิตร โดยไม่เติม crude enzyme extracts

8. การทดสอบการยับยั้งเอนไซม์อะไมเลส

เตรียมโปรตีนสกัดจากถั่วแดงหลวง ถั่วขาว ถั่วเขียว ที่ความเข้มข้น 10 20 30 40 และ 50 mg/ml ตามลำดับ ทดสอบการยับยั้งเอนไซม์อะไมเลส ตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก Bernfeld (1955) โดยนำเอนไซม์จากด้วงงวงข้าวโพด 50 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารสกัดจากถั่วที่เตรียมไว้ที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที เติม 200 ไมโครลิตรของน้ำแป้ง 1% ใน 200 มิลลิโมลาร์ ฟอสเฟสบัฟเฟอร์pH 6 และแคลเซียมคลอไรด์ 0.5 โมลาร์ ที่อุ่นไว้ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ผสมให้เข้ากันนำไปบ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 10 นาที หยุดปฏิกิริยาโดยเติมสารละลาย DNS 1 % ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ต้มในน้ำเดือด 5 นาที ทำให้เย็น เติมน้ำกลั่นปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

9. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ผลของความเข้มข้นของแป้งถั่วแต่ละชนิดและผลของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วชนิดต่างๆที่มีต่อการตาย จำนวนลูก และการกิน ของด้วงงวงข้าวโพดด้วย Kruskal-Wallis one-way analysis of variance ถ้าพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จึงวิเคราะห์ความแตกต่างของการตายที่ความเข้มข้นต่างๆของแป้งถั่วแต่ละชนิดและของโปรตีนสกัดแป้งถั่วชนิดต่างๆโดยใช้ Multiple comparison test (Conover, 1980)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

10. สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการภาควิชาสัตววิทยา และ ภาควิชาชีวเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

11. ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2550 สิ้นสุด เดือนตุลาคม 2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ความเป็นพิษของแป้งถั่วและโปรตีนสกัดจากแป้งถั่ว

จากการศึกษาความเป็นพิษของแป้งถั่วและโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วทำให้ด้วงงวงข้าวโพดตายน้อยมาก (ส่วนมากต่ำกว่า 50%) ดังนั้นจึงไม่สามารถหาค่า LC_{50} ได้

เมื่อให้ด้วงงวงข้าวโพดอยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแดงหลวง แป้งถั่วขาวและแป้งถั่วเขียว ที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 1 สัปดาห์ พบว่าแป้งถั่วขาวที่ความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อให้ด้วงงวงข้าวโพดอยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วทั้ง 3 ชนิด นาน 2 สัปดาห์พบว่าความเข้มข้นของแป้งถั่วแต่ละชนิดมีผลต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 2และ 3) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Holloway (1986) รายงานว่า Yellow split pea (*Pisum sativum* L.) คลุกผสมกับข้าวสาลีทำให้อัตราการอยู่รอดของแมลงในโรงเก็บลดลง

ด้วงงวงข้าวโพดมีการตายเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาที่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วชนิดต่างๆ เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2และ 3)

แป้งถั่วแดงหลวง ถั่วขาว และถั่วเขียว เมื่อนำมาคลุกผสมกับข้าวทำให้การตายของด้วงงวงข้าวโพดเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่ได้คลุกผสมด้วยแป้งถั่ว จากการศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบว่าแป้งถั่วแต่ละชนิดมีความเป็นพิษต่อแมลง โดยความเป็นพิษของแป้งถั่วขึ้นกับ 3 ปัจจัย ได้แก่ ชนิดของแป้งถั่ว ความเข้มข้นของแป้งถั่ว และระยะเวลา แป้งถั่วทั้งสามชนิดทำให้ด้วงงวงข้าวโพดตายเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของแป้งถั่วเพิ่มขึ้น และความเป็นพิษของแป้งถั่วแต่ละชนิดไม่เท่ากัน โดยกับแป้งถั่วเขียวมีความเป็นพิษมากกว่าแป้งถั่วขาว และแป้งถั่วแดงหลวง ตามลำดับ แต่ถ้าทิ้งไว้นานกว่านี้ประสิทธิภาพของแป้งถั่วอาจจะลดลง Holloway (1986) รายงานว่า Yellow split pea (*Pisum sativum* L.) คลุกผสมกับข้าวสาลีทำให้อัตราการอยู่รอดของแมลงในโรงเก็บลดลง

ที่ความเข้มข้นเดียวกัน เมื่อให้ด้วงงวงข้าวโพดอยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ และ 2 สัปดาห์ การตายของด้วงงวงข้าวโพดในแป้งถั่วแต่ละชนิดไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4และ 5)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 การตายของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วชนิดต่างๆเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

	เปอร์เซ็นต์การตายของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)						
ถั่ว / % ความเข้มข้น	0	0.1	1	10	20	χ^2	*P*
ถั่วแดงหลวง	0.00	0.00	8.33±8.3	13.33±7.27	16.67±08.82	5.235	0.264
ถั่วขาว	0.00a	1.67±1.67a	8.33±1.67b	10.00±2.89b	15.00±07.64b	12.177	0.016*
ถั่วเขียว	0.00	1.67±1.67	3.33±1.67	20.00±5.00	13.33±13.33	7.144	0.128

หมายเหตุ เปอร์เซ็นต์การตายของด้วงงวงข้าวโพดที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันภายในแถวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*P*=0.05)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 การตายของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วชนิดต่างๆเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

	เปอร์เซ็นต์การตายของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)						
ถั่ว / % ความเข้มข้น	0	0.1	1	10	20	χ^2	*P*
ถั่วแดงหลวง	0.00a	0.00a	18.33±10.93b	28.33±07.27b	28.33±13.64b	11.279	0.024*
ถั่วขาว	0.00a	0.00a	25.00±07.64b	26.67±04.41b	33.33±04.41b	11.599	0.021*
ถั่วเขียว	0.00a	0.00a	10.00±07.64a	51.67±13.33b	56.67±03.33b	12.081	0.017*

หมายเหตุ เปอร์เซ็นต์การตายของด้วงงวงข้าวโพดที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันภายในแถวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*P* =0.05)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 การตายของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

ความเข้มข้น (%)	เปอร์เซ็นต์การตายของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)				
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว	χ^2	*P*
0	00.00	00.00	00.00	NaN	NA
0.1	00.00	01.67±01.67	01.67±01.67	NaN	NA
1	08.33±08.33	08.33±01.67	03.33±01.67	1.825	0.401
10	13.33±07.27	10.00±02.89	20.00±05.00	1.553	0.459
20	16.67±08.82	15.00±07.64	13.33±13.33	0.491	0.782

NaN= no a number, NA = not available

ตารางที่ 5 การตายของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

ความเข้มข้น (%)	เปอร์เซ็นต์การตายของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)				
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว	χ^2	*P*
0	00.00	00.00	00.00	NaN	NA
0.1	00.00	00.00	00.00	NaN	NA
1	18.33±10.93	25.00±07.64	10.00±07.64	1.830	0.400
10	28.33±07.27	26.67±04.41	51.67±13.33	2.531	0.282
20	28.33±13.64	33.33±04.41	56.67±03.33	4.392	0.111

NaN= no a number, NA = not available

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อนำโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแดงหลวง ถั่วขาว และถั่วเขียว คลุกผสมกับข้าวที่ความเข้มข้นต่างๆกันพบว่าไม่มีผลต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพดเมื่อทิ้งไว้นาน 1 และ 2 สัปดาห์ (ตารางที่ 6 และ 7) แต่จากการทดลองของ Pretheep-Kumar และคณะ (2004) พบว่า Bonneville pea flour extract ที่คลุกผสมกับข้าวที่ความเข้มข้น 1% สามารถทำให้ *S. oryzae.* ตาย 100% ภายในสัปดาห์ที่ 3 และเมื่อเก็บไว้ที่ อุณหภูมิที่ 28 องศาเซลเซียส ความชื้น 75 % เป็นเวลา 6 เดือนมีประสิทธิภาพทางชีวภาพลดลง เนื่องจากใน protein enriched pea flour มี เอนไซม์เป็นส่วนประกอบ การเก็บไว้เป็นเวลานานทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ลดลงมีผลทำให้ความเป็นพิษลดน้อยลงด้วย การทดลองนี้ไม่สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Pretheep-Kumar และคณะ(2004) เนื่องจาก Pretheep-Kumar และคณะ(2004) ใช้วิธีสกัดโปรตีนของ Wright และคณะ (1984) โดยใช้เครื่อง air classification ในการแยกส่วนของโปรตีนที่มี ขนาด 53 ไมครอนซึ่งมีขนาดเล็กแล้วจึงค่อยนำมาสกัดโปรตีนอีกครั้งด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต ซึ่งวิธีการสกัดโปรตีนของผู้วิจัยไม่ได้ใช้เครื่อง air classification ในการแยก โดยถั่วที่ได้เมื่อปั่นแล้วมีขนาด 100 mesh หรือ 150 ไมครอนซึ่งใหญ่กว่าหลายเท่า เมื่อนำมาสกัดด้วยแอมโนเนียมซัลเฟตโปรตีนที่สกัดได้จึงเป็นโปรตีนรวมที่มีหลากหลายขนาดและน่าจะเป็นโปรตีนคนละชนิดกันกับของ Pretheep-Kumar และคณะ(2004) ทำให้โปรตีนที่ใช้ในการทดลองนี้ไม่สามารถทำให้ด้วงงวงข้าวโพดตายได้ จากการศึกษาของ Samson (1988) พบว่าประสิทธิภาพการเป็นสารฆ่าแมลงของโปรตีนสกัดจากถั่วแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อุณหภูมิ ความชื้น สภาพอากาศ ฤดูกาล และการเก็บรักษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 การตายของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วชนิดต่างๆเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one- way analysis of variance

	เปอร์เซ็นต์การตายของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)						
ถั่ว / % ความเข้มข้น	0	0.1	1	10	20	χ^2	*P*
ถั่วแดงหลวง	0.00	0.00	1.67±1.67	0.00	0.00	4	0.406
ถั่วขาว	0.00	0.00	0.00	0.00	3.33±3.33	4	0.406
ถั่วเขียว	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NaN	NA

NaN= no a number, NA = not available

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 การตายของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วชนิดต่างๆเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

	เปอร์เซ็นต์การตายของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)						
ถั่ว / % ความเข้มข้น	0	0.1	1	10	20	χ^2	*P*
ถั่วแดงหลวง	0.00	1.67±1.67	1.67±1.67	0.00	0.00	4	0.406
ถั่วขาว	0.00	1.67±1.67	5.00±5.00	1.67±1.67	0.00	3.2381	0.519
ถั่วเขียว	0.00	3.33±1.67	1.67±1.67	0.00	1.67±1.67	6.2222	0.183

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด

2.1 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพดที่เกิดจากรุ่นแม่ที่อยู่ในข้าวคลุกผสมกับแป้งถั่วแดงหลวง ถั่วขาวและ ถั่วเขียวนาน 1 สัปดาห์

เมื่อให้ด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแดงหลวงนาน 1 สัปดาห์ พบว่าความเข้มข้นของแป้งถั่วแดงหลวงไม่มีผลต่อจำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพดที่เกิดในสัปดาห์ที่ 1 สำหรับ จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพดที่เกิดในสัปดาห์ที่ 2-4 พบว่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อความเข้มข้นของแป้งถั่วแดงหลวงเพิ่มขึ้น โดยผลของแป้งถั่วขาวเป็นไปในทำนองเดียวกับแป้งถั่วแดงหลวง สำหรับแป้งถั่วเขียว พบว่าลูกของด้วงงวงข้าวโพดที่เกิดในสัปดาห์ 4 เท่านั้นที่มีจำนวนลดลงเมื่อความเข้มข้นของแป้งถั่วเขียวเพิ่มขึ้น(ตารางที่ 8-10)

เมื่อให้ด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแดงหลวงนาน 1 สัปดาห์ พบว่าลูกที่เกิดในสัปดาห์ที่ 2 ที่ความเข้มข้น 20% น้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนลูกที่เกิดในสัปดาห์ที่ 3และสัปดาห์ที่ 4 ที่ความเข้มข้น 1% 10% และ 20% พบว่าจำนวนลูกที่เกิดน้อยกว่าชุดควบคุม ในทำนองเดียวกันเมื่อให้ด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วขาวนาน 1 สัปดาห์ที่ความเข้มข้น 20% พบว่าลูกที่เกิดในสัปดาห์ที่ 2 น้อยกว่าชุดควบคุม ส่วนลูกที่เกิดในสัปดาห์ที่ 3 ที่ความเข้มข้น 10% และ 20 % พบว่าจำนวนลูกที่เกิดน้อยกว่าชุดควบคุม ลูกที่เกิดในสัปดาห์ที่ 4 พบว่าจำนวนลูกที่เกิดน้อยกว่าชุดควบคุมที่ความเข้มข้น 1% 10% และ 20% อย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 9 และ ตารางที่ 10) สำหรับข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วเขียวลูกที่เกิดใน 4 สัปดาห์เท่านั้นที่จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพดน้อยกว่าชุดควบคุมที่ความเข้มข้น 10% และ 20% (ตารางที่ 11) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Holloway (1986) พบว่า pea flour extract ที่คลุกผสมกับข้าวที่ความเข้มข้น 1% ทำให้การสืบพันธุ์ของ *S. oryzae* ลดลงและจำนวนลูกก็ลดลง Pretheep-Kumar และคณะ (2004) พบว่าข้าวที่คลุกผสมกับ pea flour extract ทำให้จำนวนการออกลูกหลานลดลงเมื่อผสมกับ pea flour extract ที่ความเข้มข้น 1% และที่ความเข้มข้นเดียวกันพบว่า pea flour extract มีผลทำให้จำนวนการออกลูกลดลงเมื่อเก็บข้าวที่คลุกผสมกับ pea flour extract ไว้นาน 7 สัปดาห์ Pretheep-Kumar and Mohan (2004) พบว่า pea flour extract ที่คลุกผสมกับข้าวมีผลทำให้จำนวนของประชากรของ *S. oryzae* ลดลงได้ต้องเป็น pea flour extract ที่ใหม่และคลุกผสมกับข้าวไม่นานจนเกินไป เมื่อเปรียบเทียบชนิดของแป้งถั่วต่างๆ ที่ความเข้มข้นเดียวกันพบว่าชนิดของแป้งถั่วไม่มีผลต่อจำนวนลูกที่เกิดในสัปดาห์ที่ 1-4 (ตารางที่ 11-14)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดระหว่างสัปดาห์ที่ 1-4 เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแดงหลวงเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

	จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)						
	% ความเข้มข้น						
สัปดาห์ที่	0	0.1	1	10	20	χ^2	*P*
1	02.00±01.53	05.00±02.08	07.67±04.67	02.33±1.00	00.00±00.33	7.318	0.120
2	29.33±08.69a	48.67±06.64a	36.33±10.41a	15.00±4.58b	06.00±02.00b	9.984	0.041*
3	46.00±13.65a	48.00±08.72a	17.00±03.51b	13.00±6.00b	04.00±01.76b	11.952	0.018*
4	16.67±01.67a	15.67±02.73a	08.67±01.33b	04.67±1.20b	03.33±01.67b	11.897	0.018*

หมายเหตุ จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพดที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันภายในแถวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P =0.05)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดระหว่างสัปดาห์ที่ 1-4 เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วขาวเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)							
	% ความเข้มข้น						
สัปดาห์ที่	0	0.1	1	10	20	χ^2	*P*
1	02.00±01.53	05.00±01.15	01.33±01.33	00.67±00.33	0.33±0.33	6.391	0.171
2	29.33±08.69a	84.33±26.03a	30.33±13.38a	08.67±03.53a	1.33±0.67b	10.978	0.027*
3	46.00±13.65a	60.00±17.50a	18.33±09.40a	07.00±04.16b	4.33±2.60b	10.566	0.031*
4	16.67±01.67a	14.33±03.18a	05.00±02.00b	02.67±01.45b	2.00±1.15b	10.995	0.027*

หมายเหตุ จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพดที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันภายในแถวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*P* =0.05)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดระหว่างสัปดาห์ที่ 1-4 เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วเขียวเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)							
	% ความเข้มข้น						
สัปดาห์ที่	0	0.1	1	10	20	χ^2	*P*
1	02.00±01.53	05.33±02.40	07.33±05.04	02.33±01.33	0.00	6.140	0.189
2	29.33±08.69	53.00±17.79	49.00±21.50	17.00±12.06	10.67±10.67	4.725	0.317
3	46.00±13.65	53.00±13.28	40.33±18.85	15.67±10.27	10.00±3.46	7.555	0.109
4	16.67±01.67a	20.67±02.91a	11.33±04.67a	05.00±02.08b	4.33±2.85b	9.544	0.049*

หมายเหตุ จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพดที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันภายในแถวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P =0.05)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 1 เมื่อด้วงงวง

ข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์(N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

ความเข้มข้น (%)	จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)			χ^2	*P*
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	2.00±1.53	2.00±1.53	2.00±1.53	0.000	1.000
0.1	5.00±2.08	5.00±1.15	5.33±2.40	0.090	0.955
1	7.67±4.67	1.33±1.33	7.33±5.04	1.754	0.415
10	2.33±1.00	0.67±0.33	2.33±1.33	1.911	0.384
20	0.00±0.33	0.33±0.33	0.00	1.142	0.564

ตารางที่ 12 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 2 เมื่อด้วงงวง ข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์(N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

ความเข้มข้น (%)	จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)			χ^2	*P*
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	29.33±08.69	29.33±08.69	29.33±08.69	0.000	1.000
0.1	48.67±06.64	84.33±26.03	53.00±17.79	1.866	0.393
1	36.33±10.41	30.33±13.38	49.00±21.50	0.700	0.704
10	15.00±04.58	08.67±03.53	17.00±12.06	0.800	0.670
20	06.00±02.00	01.33±00.60	10.67±10.67	1.825	0.401

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 3 เมื่อด้วงงวงฯ

ข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์(N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

ความเข้มข้น (%)	จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)			χ^2	*P*
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	46.00±13.65	46.00±13.65	46.00±13.65	0.000	1.000
0.1	48.00±08.72	60.00±17.50	53.00±13.28	0.088	0.956
1	17.00±03.51	18.33±09.40	40.33±18.85	2.039	0.360
10	13.00±06.00	07.00±04.16	15.67±10.27	1.075	0.584
20	04.00±01.76	04.33±02.60	10.00±03.46	2.084	0.352

ตารางที่ 14 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 4 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์(N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

ความเข้มข้น (%)	จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)			χ^2	*P*
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	16.67±01.67	16.67±01.67	16.67±01.67	0.000	1.000
0.1	15.67±02.73	14.33±03.18	20.67±02.91	2.192	0.334
1	08.67±01.33	05.00±02.00	11.33±04.67	1.762	0.414
10	04.67±01.20	02.67±01.45	05.00±02.08	1.411	0.493
20	03.33±01.67	02.00±01.15	04.33±02.85	0.615	0.735

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพดที่เกิดจากรุ่นแม่ที่อยู่ในข้าวคลุกผสมกับแป้งถั่วแดงหลวง ถั่วขาวและ ถั่วเขียวนาน 2 สัปดาห์

เมื่อให้ด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแดงหลวงนาน 2 สัปดาห์ พบว่าแป้งถั่วแดงหลวงที่ความเข้มข้นต่างๆ กันไม่มีผลต่อจำนวนลูกที่เกิดในสัปดาห์ที่ 1 เมื่อความเข้มข้นของแป้งถั่วแดงหลวงเพิ่มขึ้นพบว่า มีผลทำให้ลูกของด้วงงวงข้าวโพดที่เกิดขึ้นในสัปดาห์ที่ 2-4 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ผลของแป้งถั่วขาวเป็นไปในทำนองเดียวกับแป้งถั่วแดงหลวง และเมื่อให้ด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วเขียวนาน 2 สัปดาห์ พบว่าเมื่อความเข้มข้นของแป้งถั่วเขียวเพิ่มขึ้นมีผลทำให้จำนวนลูกของด้วงงวงโพดที่เกิดในสัปดาห์ 1-4 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 15-17)

เมื่อเปรียบเทียบชนิดของแป้งถั่วแดงหลวง แป้งถั่วขาว และแป้งถั่วเขียวที่ความเข้มข้นเดียวกันพบว่าชนิดของแป้งถั่วไม่มีผลต่อจำนวนลูกที่เกิดในสัปดาห์ที่ 1-4 (ตารางที่ 18-21)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดระหว่างสัปดาห์ที่ 1-4 เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแดงหลวงเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

	จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)						
	% ความเข้มข้น						
สัปดาห์ที่	0	0.1	1	10	20	χ^2	*P*
1	003.00±01.00	003.00±02.08	01.33±00.88	00.67±00.33	00.00	6.482	0.166
2	075.00±24.22a	079.33±03.18a	48.00±14.84a	13.00±09.00b	07.67±03.67b	10.317	0.035*
3	129.67±30.02a	145.33±18.21a	74.33±14.19a	18.67±08.69b	13.00±04.00b	11.788	0.019*
4	052.67±07.17a	048.33±08.97a	40.33±01.20a	09.00±03.00b	06.00±00.00b	11.334	0.023*

หมายเหตุ จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพดที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันภายในแถวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*P* =0.05)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 16 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดระหว่างสัปดาห์ที่ 1-4 เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วขาวเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)							
	% ความเข้มข้น						
สัปดาห์ที่	0	0.1	1	10	20	χ^2	*P*
1	003.00±01.00	002.00±00.58	01.33±01.33	01.33±01.33	00.00	6.039	0.196
2	075.00±24.22a	072.67±29.69a	27.67±08.67a	08.67±03.67a	03.00±01.00b	11.502	0.021*
3	129.67±30.02a	148.33±49.99a	47.33±08.67a	11.00±03.06b	04.67±01.67b	12.612	0.013*
4	052.67±07.17a	063.00±06.11a	18.67±07.75a	07.67±03.76b	01.67±00.88b	12.079	0.017*

หมายเหตุ จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพดที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันภายในแถวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*P* =0.05)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดระหว่างสัปดาห์ที่ 1-4 เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วเขียวเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)							
	% ความเข้มข้น						
สัปดาห์ที่	0	0.1	1	10	20	χ^2	*P*
1	003.00±01.00a	005.33±01.45a	01.00±00.58a	00.33±00.33b	00.00b	10.886	0.028*
2	075.00±24.22a	065.00±02.52a	44.00±16.04a	09.67±06.89b	05.33±03.93b	10.872	0.028*
3	129.67±30.02a	151.67±12.25a	94.67±25.78a	10.33±05.84b	07.33±02.40b	10.844	0.028*
4	052.67±07.17a	061.67±09.39a	46.33±11.70a	04.67±02.19b	02.00±00.00b	11.056	0.025*

หมายเหตุ จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพดที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันภายในแถวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*P* =0.05)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 18 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 1 เมื่อด้วงงวง

ข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์(N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

ความเข้มข้น (%)	จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)			χ^2	*P*
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	3.00±1.00	3.00±1.00	3.00±1.00	0.000	1.000
0.1	3.00±2.08	2.00±0.58	5.33±1.45	2.915	0.232
1	1.33±0.88	1.33±1.33	1.00±0.58	0.097	0.952
10	0.67±0.33	1.33±1.33	0.33±0.33	0.444	0.800
20	0.00	0.00	0.00	NaN	NA

NaN= no a number, NA = not available

ตารางที่ 19 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 2 เมื่อด้วงงวง ข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์(N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

ความเข้มข้น (%)	จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)			χ^2	*P*
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	75.00±24.22	75.00±24.22	75.00±24.22	0.000	1.000
0.1	79.33±03.18	72.67±29.69	65.00±02.52	2.400	0.301
1	48.00±14.84	27.67±08.67	44.00±16.04	1.066	0.586
10	13.00±09.00	08.67±03.6	09.67±06.89	0.090	0.955
20	07.67±03.67	03.00±01.00	05.33±03.93	1.717	0.423

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 20 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 3 เมื่อด้วงงวง

ข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์(N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

ความเข้มข้น (%)	จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)			χ^2	*P*
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	129.67±30.02	129.67±30.02	129.67±30.02	0.000	1.000
0.1	145.33±18.21	148.33±49.99	151.67±12.25	0.355	0.837
1	074.33±14.19	047.33±08.67	094.67±25.78	1.703	0.426
10	018.67±08.69	011.00±03.06	010.33±05.84	1.635	0.441
20	013.00±04.00	004.67±1.67	007.33±02.40	3.254	0.196

ตารางที่ 21 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 4 เมื่อด้วงงวง

ข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์(N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

ความเข้มข้น (%)	จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)			χ^2	*P*
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	52.67±07.17	52.67±07.17	52.67±07.17	0.000	1.000
0.1	48.33±08.97	63.00±06.11	61.67±09.39	1.688	0.429
1	40.33±01.20	18.67±07.75	46.33±11.70	4.355	0.113
10	09.00±03.00	07.67±03.76	04.67±02.19	1.107	0.574
20	06.00±00.00	01.67±00.88	02.00±00.00	6.113	0.065

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพดที่เกิดจากรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแดงหลวง ถั่วขาวและ ถั่วเขียวนาน 1 สัปดาห์

เมื่อให้ด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแดงหลวงนาน 1 สัปดาห์พบว่าแป้งถั่วแดงหลวงที่ความเข้มข้นต่างๆ กันไม่มีผลทำให้จำนวนลูกที่เกิดในสัปดาห์ที่ 1-3 ลดลง ส่วนลูกที่เกิดในสัปดาห์ที่ 4 ลูกลดลงเมื่อความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น สำหรับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วขาวและโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วเขียว ไม่มีผลต่อจำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพดที่เกิดในสัปดาห์ที่ 1-4 (ตารางที่ 22-24)

เมื่อเปรียบเทียบชนิดของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแดงหลวง โปรตีนสกัดจากแป้งถั่วขาวและโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วเขียวที่ความเข้มข้นเดียวกันพบว่าชนิดของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วไม่มีผลต่อจำนวนลูกที่เกิดในสัปดาห์ที่ 1-4 (ตารางที่ 25-28)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 22 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดระหว่างสัปดาห์ที่ 1-4 เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแดงหลวงเป็นเวลา 1 สัปดาห์(N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

	จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)						
	% ความเข้มข้น						
สัปดาห์ที่	0	0.1	1	10	20	χ^2	*P*
1	18.00±03.61	07.00±02.89	21.33±07.31	27.00±05.20	20.67±02.73	6.453	0.168
2	58.67±17.98	24.33±08.11	43.00±13.32	87.67±10.41	90.67±20.02	9.000	0.061
3	42.67±11.26	18.33±01.33	24.00±10.54	54.67±25.89	76.67±26.46	5.977	0.201
4	06.67±00.88a	04.00±03.06a	06.00±1.53a	14.33±04.67a	20.00±06.66b	10.423	0.033*

หมายเหตุ จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพดที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันภายในแถวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*P* =0.05)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 23 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดระหว่างสัปดาห์ที่ 1-4 เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วขาวเป็นเวลา 1 สัปดาห์(N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

	จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)						
	% ความเข้มข้น						
สัปดาห์ที่	0	0.1	1	10	20	χ^2	*P*
1	18.00±03.61	29.67±08.25	15.00±10.15	17.33±09.40	20.33±00.67	2.505	0.644
2	58.67±17.98	99.67±29.48	30.33±10.17	35.67±04.41	69.00±22.37	5.433	0.246
3	42.67±11.26	66.67±33.49	22.00±03.46	26.00±06.81	47.67±17.34	1.862	0.761
4	06.67±00.88	12.00±02.52	05.00±01.53	07.33±00.88	17.00±02.08	8.400	0.078

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 24 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดระหว่างสัปดาห์ที่ 1-4 เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วเขียวเป็นเวลา 1 สัปดาห์(N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)							
	% ความเข้มข้น						
สัปดาห์ที่	0	0.1	1	10	20	χ^2	*P*
1	18.00±3.61	14.33±3.18	20.33±5.33	30.67±5.24	13.67±1.33	6.842	0.144
2	58.67±17.98	22.33±4.63	43.00±26.18	87.67±15.01	90.67±9.35	5.502	0.239
3	42.67±11.26	30.67±7.67	58.33±28.99	49.00±13.75	32.67±14.05	1.377	0.848
4	6.67±0.88	13.67±2.73	15.67±4.41	7.67±4.26	9.67±2.19	6.043	0.196

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 25 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 1 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

ความเข้มข้น (%)	จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)			χ^2	*P*
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	18.00±03.61	18.00±03.61	18.00±03.61	0.000	1.000
0.001	07.00±02.89	29.67±08.25	14.33±03.18	5.066	0.079
0.01	21.33±07.31	15.00±10.15	20.33±05.33	0.881	0.643
0.1	27.00±05.20	17.33±09.40	30.67±05.24	1.635	0.441
1	20.67±02.73	20.33±00.67	13.67±01.33	5.629	0.059

ตารางที่ 26 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 2 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

ความเข้มข้น (%)	จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)			χ^2	*P*
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	58.67±17.98	58.67±17.98	58.67±17.98	0	1
0.001	24.33±08.11	99.67±29.48	22.33±04.63	5.445	0.065
0.01	43.00±13.32	30.33±10.17	43.00±26.18	1.422	0.491
0.1	87.67±10.41	35.67±04.41	87.67±15.01	5.955	0.050
1	90.67±20.02	69.00±22.37	32.67±14.05	3.466	0.176

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 27 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 3 เมื่อด้วงงวง

ข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

ความเข้มข้น (%)	จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)			χ^2	*P*
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	42.67±11.26	42.67±11.26	42.67±11.26	0.000	1.000
0.001	18.33±01.33	66.67±33.49	30.67±07.67	1.947	0.377
0.01	24.00±10.54	24.00±10.54	58.33±28.99	0.800	0.670
0.1	54.67±25.89	26.00±06.81	49.00±13.75	1.688	0.429
1	76.67±26.46	47.67±17.34	32.67±14.05	2.711	0.257

ตารางที่ 28 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 4 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

ความเข้มข้น (%)	จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)			χ^2	*P*
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	06.67±00.88	06.67±00.88	06.67±00.88	0.000	1.000
0.001	04.00±03.06	12.00±02.52	13.67±02.73	3.831	0.147
0.01	06.00±01.53	05.00±01.53	15.67±04.41	5.803	0.054
0.1	14.33±04.67	07.33±00.88	07.67±04.26	1.830	0.400
1	20.00±06.66	17.00±02.08	09.67±02.19	3.288	0.193

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.4 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพดที่เกิดจากรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแดงหลวง ถั่วขาวและ ถั่วเขียวนาน 2 สัปดาห์

เมื่อให้ด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนที่สกัดจากแป้งถั่วแดงหลวง โปรตีนที่สกัดจากแป้งถั่วขาวและโปรตีนที่สกัดจากแป้งถั่วเขียวที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน พบว่าความเข้มข้นต่างๆกันของโปรตีนที่สกัดจากแป้งถั่วทั้งสามชนิดไม่มีผลต่อจำนวนลูกที่เกิดในสัปดาห์ที่ 1-4 (ตารางที่ 29-31)

เมื่อเปรียบเทียบชนิดของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแดงหลวง โปรตีนสกัดจากแป้งถั่วขาวและโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วเขียวที่ความเข้มข้นเดียวกันพบว่าชนิดของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วไม่มีผลต่อจำนวนลูกที่เกิดในสัปดาห์ที่ 1-4 (ตารางที่ 32-35)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 29 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดระหว่างสัปดาห์ที่ 1-4 เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแดงหลวงเป็นเวลา 2 สัปดาห์(N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)							
	% ความเข้มข้น						
สัปดาห์ที่	0	0.1	1	10	20	χ^2	*P*
1	017.33±03.48	015.67±03.18	020.67±04.41	016.67±06.17	14.00±02.08	1.857	0.762
2	107.33±35.16	102.33±23.56	106.67±22.70	129.67±24.55	95.00±12.70	1.315	0.859
3	105.00±21.94	115.33±25.17	140.00±48.88	120.00±34.30	92.67±17.80	0.967	0.915
4	030.00±06.03	049.33±12.00	049.00±24.06	057.33±17.90	38.00±10.41	1.979	0.739

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 30 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดระหว่างสัปดาห์ที่ 1-4 เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วขาวเป็นเวลา 2 สัปดาห์(N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

	จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)						
	% ความเข้มข้น						
สัปดาห์ที่	0	0.1	1	10	20	χ^2	*P*
1	017.33±03.48	09.67±02.33	14.33±01.67	16.33±05.33	012.67±02.85	4.042	0.400
2	107.33±35.16	88.33±07.69	92.00±07.23	85.00±15.95	097.33±32.21	1.745	0.783
3	105.00±21.94	99.00±07.21	94.33±02.85	87.67±14.24	110.33±41.03	1.067	0.899
4	030.00±06.03	42.33±02.33	28.33±08.21	46.00±10.21	048.33±18.10	4.851	0.303

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 31 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดระหว่างสัปดาห์ที่ 1-4 เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วเขียวเป็นเวลา 2 สัปดาห์(N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)							
	% ความเข้มข้น						
สัปดาห์ที่	0	0.1	1	10	20	χ^2	*P*
1	017.33±03.48	011.67±02.40	14.67±04.26	023.00±06.25	13.67±05.67	3.242	0.519
2	107.33±35.16	122.67±23.38	85.33±16.50	153.33±38.49	79.00±13.61	4.784	0.310
3	105.00±21.94	130.33±31.20	80.00±23.52	156.00±28.55	91.33±32.33	5.243	0.263
4	030.00±06.03	040.67±03.93	31.67±17.70	049.00±11.59	50.00±15.13	2.446	0.654

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 32 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 1 เมื่อด้วงงวง ข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

ความเข้มข้น (%)	จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)			χ^2	*P*
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	17.33±3.48	17.33±3.48	17.33±3.48	0.000	1.000
0.001	15.67±3.18	09.67±2.33	11.67±2.40	2.755	0.252
0.01	20.67±4.41	14.33±1.67	14.67±4.26	1.703	0.426
0.1	16.67±6.17	16.33±5.33	23.00±6.25	0.904	0.636
1	14.00±2.08	12.67±2.85	13.67±5.67	0.429	0.806

ตารางที่ 33 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 2 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

ความเข้มข้น (%)	จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)			χ^2	*P*
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	107.33±35.16	107.33±35.16	107.33±35.16	0.000	1.000
0.001	102.33±23.56	088.33±07.69	122.67±23.38	1.155	0.561
0.01	106.67±22.70	092.00±07.23	085.33±16.50	0.355	0.837
0.1	129.67±24.55	085.00±15.95	153.33±38.49	3.466	0.176
1	095.00±12.70	097.33±32.21	079.00±13.61	0.560	0.755

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 34 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 3 เมื่อด้วงงวง ข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

ความเข้มข้น (%)	จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)			χ^2	*P*
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	105.00±21.94	105.00±21.94	105.00±21.94	0.000	1.000
0.001	115.33±25.17	099.00±07.21	130.33±31.20	1.155	0.561
0.01	140.00±48.88	094.33±02.85	080.00±23.52	1.422	0.491
0.1	120.00±34.30	087.67±14.24	156.00±28.55	2.222	0.329
1	092.67±17.80	110.33±41.03	091.33±32.33	0.000	1.000

ตารางที่ 35 จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่เกิดในสัปดาห์ที่ 4 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

ความเข้มข้น (%)	จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด (mean ± S.E.)			χ^2	*P*
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	30.00±06.03	30.00±06.03	30.00±06.03	0.000	1.000
0.001	49.33±12.00	42.33±02.33	40.67±03.93	0.090	0.955
0.01	49.00±24.06	28.33±08.21	31.67±17.70	0.694	0.706
0.1	57.33±17.90	46.00±10.21	49.00±11.59	0.068	0.966
1	38.00±10.41	48.33±18.10	50.00±15.13	0.291	0.864

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การยับยั้งการกินของด้วงงวงข้าวโพด

3.1 การยับยั้งการกินโดยเม็ดแป้งถั่วแดงหลวง ถั่วขาวและ ถั่วเขียว

จากการทดสอบการยับยั้งการกินโดยให้ด้วงงวงข้าวโพดกินเม็ดแป้งถั่วแดงหลวง ถั่วขาว และถั่วเขียว ที่ความเข้มข้นต่างๆกันพบว่า ความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของเม็ดแป้งถั่วทั้งสามชนิดมีผลทำให้การกินของด้วงงวงข้าวโพดลดลง (ตารางที่ 36) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Nardon และ Grenier (1989) ซึ่งรายงานว่าเมื่อให้ *S. oryzae* กินเม็ดแป้งถั่วพบว่ามีผลทำให้เกิดแก๊สในลำไส้และลำไส้ของ *S. oryzae* เกิดการขยายตัวทำให้ไม่สามารถกินอาหารต่อไปได้

จากการศึกษาการยับยั้งการกินของด้วงงวงข้าวโพดเมื่อให้ด้วงงวงข้าวโพดกินเม็ดแป้งสาลีที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแดงหลวง ถั่วขาว และ ถั่วเขียว ที่คลุกผสมกับแป้งสาลีที่ความเข้มข้นเดียวกัน พบว่า ชนิดของแป้งถั่วไม่มีผลต่อการกินของด้วงงวงข้าวโพด ยกเว้นแป้งถั่วทั้งสามชนิดที่ความเข้มข้น 0.1% มีความแตกต่างกันระหว่างชนิดของแป้งถั่ว (ตารางที่ 38)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 36 ผลของความเข้มข้นเม็ดแป้งถั่วแต่ละชนิดที่มีต่อการยับยั้งการกินของด้วงงวงข้าวโพด(N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

	น้ำหนักของเม็ดแป้งถั่วที่ถูกด้วงงวงข้าวโพดกิน (mean ± S.E.)						
ถั่ว / % ความเข้มข้น	0	0.1	1	10	20	χ^2	*P*
ถั่วแดงหลวง	0.0243±0.0007a	0.0223±0.0012b	0.0213±0.0013a	0.0070±0.0012a	0.0060±0.0010b	11.534	0.021*
ถั่วขาว	0.0243±0.0007a	0.0247±0.0009b	0.0207±0.0017a	0.0130±0.0050a	0.0077±0.0015b	10.781	0.029*
ถั่วเขียว	0.0243±0.0007a	0.0150±0.0036b	0.0193±0.0057a	0.0067±0.0018a	0.0040±0.0006b	10.781	0.029*

หมายเหตุ น้ำหนักของเม็ดแป้งถั่วที่ถูกด้วงงวงข้าวโพดกินที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันภายในแถวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*P*=0.05)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 การยับยั้งการกินโดยเม็ดโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแดงหลวง ถั่วขาวและ ถั่วเขียว

จากการทดสอบการยับยั้งการกินโดยให้ด้วงงวงข้าวโพดกินเม็ดโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแดงหลวง ถั่วขาว และถั่วเขียว ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน พบว่าความเข้มข้นของเม็ดโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วขาว และถั่วเขียว มีผลทำให้การกินของด้วงงวงข้าวโพดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนเม็ดโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแดงหลวงไม่มีผลต่อการกินของด้วงงวงข้าวโพด (ตารางที่ 37) ผลทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Hou and Taylor (2006) ที่พบว่าเมื่อให้ *S. oryzae* กิน protein rich pea flour และ pea flour extract หรือ pea peptides ทำให้การกินของ *S. oryzae* ลดลง เนื่องจากเมื่อกิน protein rich pea flour และ pea flour extract หรือ pea peptides ทำให้เกิดแก๊สในลำไส้ของ *S. oryzae* เกิดการขยายตัวของผนังลำไส้ทำให้ *S. oryzae* ไม่สามารถกินได้ มีความเป็นไปได้สูงว่าเม็ดแป้งที่ผสมกับ Protein rich pea flour และ pea flour extract หรือ pea peptides ที่ให้ *S. oryzae* กิน 3 วันนั้นมีผลไปกระตุ้นตัวรับของผนังลำไส้ของ *S. oryzae* ทำให้เกิดเป็นฟองอากาศเป็นสาเหตุให้ยับยั้งการกิน (Bernays and Simpson, 1982) Hou and Taylor (2006) กล่าวอีกว่า protein rich pea flour และ pea flour extract หรือ pea peptides เป็นสาเหตุทำให้เนื้อเยื่อลำไส้ของ *S. oryzae* ตาย และเนื้อเยื่อที่ตายนั้นเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดฟองอากาศทำให้ระบบการทำงานของเซลล์เสียหาย จากการเฝ้าสังเกตุ ทางเดินอาหารของ *S. oryzae* หลังจากที่ทิ้ง *S. oryzae* ไว้ 4 วัน พบว่า *S. oryzae* ตาย Hou และ Taylor (2006) จึงได้นำแมลงที่ตายมาผ่าดูมีความเป็นไปได้สูงว่า pea peptides มีความเป็นพิษโดยตรงต่อ peritrophic membrane หรือ microvilli ของ midgut epithelium cells Taylor *et al.* (2004c) กล่าวว่าใน pea flour extract มีสารหลากหลายชนิดประกอบอยู่เช่น soyasaponins และ lysolecthins ซึ่งสารสองชนิดนี้เป็นสาเหตุทำให้เกิดฟองอากาศในสำไส้ของแมลงซึ่งมีความเป็นพิษและมีผลไปยับยั้งการกินของแมลง

เมื่อเปรียบเทียบเม็ดโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วทั้งสามชนิดกับชุดควบคุม (เม็ดแป้งสาลีที่ไม่ผสมกับแป้งถั่ว) โดยให้ด้วงงวงข้าวโพดกินเม็ดแป้งโปรตีนถั่วแดงหลวงที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่าน้ำหนักที่ถูกด้วงงวงข้าวโพดกินไม่แตกต่างกันระหว่างความเข้มข้นในทำนองเดียวกันเมื่อให้ด้วงงวงข้าวโพดกินเม็ดโปรตีนที่สกัดจากแป้งถั่วขาว และเม็ดโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วเขียวที่ความเข้มข้น ต่างๆ พบว่า น้ำหนักที่ถูกด้วงงวงข้าวโพดกินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 37)

จากการศึกษาการกินเม็ดโปรตีนที่สกัดจากแป้งถั่วแดงหลวง ถั่วขาว และ ถั่วเขียว ที่คลุกผสมกับแป้งสาลีที่ความเข้มข้นเดียวกันพบว่า เม็ดแป้งถั่วทั้งสามชนิดไม่มีผลต่อน้ำหนักที่ถูกด้วง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

งวงข้าวโพดกิน ยกเว้นเม็ดแป้งถั่วทั้งสามชนิดที่ความเข้มข้น 1% มีความแตกต่างกัน ระหว่างชนิดของเม็ดแป้งถั่ว (ตารางที่ 39)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 37 ผลของความเข้มข้นโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดที่มีต่อการกินของด้วงงวงข้าวโพด(N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

	น้ำหนักของเม็ดแป้งถั่วที่ถูกด้วงงวงข้าวโพดกิน (mean ± S.E.)						
ถั่ว / % ความเข้มข้น	0	0.1	1	10	20	χ^2	*P*
ถั่วแดงหลวง	0.0089±0.0011	0.0148±0.0002	0.0156±0.0013	0.0184±0.0026	0.0086±0.0004	6.900	0.1413
ถั่วขาว	0.0089±0.0011a	0.0120±0.0013a	0.0177±0.0005b	0.0131±0.0023a	0.0063±0.0005a	11.307	0.0233*
ถั่วเขียว	0.0089±0.0011a	0.0105±0.0009b	0.0154±0.0023a	0.0121±0.0013b	0.0089±0.0011b	9.333	0.0532*

หมายเหตุ น้ำหนักของเม็ดแป้งถั่วที่ถูกด้วงงวงข้าวโพดกินที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันภายในแถวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*P* =0.05)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 38 ผลของชนิดแป้งถั่วที่มีต่อการยับยั้งการกินของด้วงงวงข้าวโพด (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

ความเข้มข้น (%)	น้ำหนักของเม็ดแป้งถั่วที่ถูกด้วงงวงข้าวโพดกิน (mean ± S.E.)			χ^2	*P*
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	0.0243±0.0007	0.0243±0.0007	0.0243±0.0007	NaN	NA
0.1	0.0223±0.0012	0.0247±0.0009	0.0150±0.0036	6.330	0.042*
1	0.0213±0.0013	0.0207±0.0017	0.0193±0.0057	0.988	0.61
10	0.0070±0.0012	0.0130±0.0050	0.0067±0.0018	1.717	0.423
20	0.0060±0.0010	0.0077±0.0015	0.0040±0.0006	4.170	0.124

หมายเหตุ น้ำหนักของเม็ดแป้งถั่วที่ถูกด้วงงวงข้าวโพดกินที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันภายในแถวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*P* =0.05)

NaN= no a number, NA = not available

ตารางที่ 39 ผลของชนิดโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการยับยั้งการกินของด้วงงวงข้าวโพด (N=3): Kruskal-Wallis one-way analysis of variance

ความเข้มข้น (%)	น้ำหนักของเม็ดแป้งโปรตีนถั่วที่ถูกด้วงงวงข้าวโพดกิน (mean ± S.E.)			χ^2	*P*
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	0.0089±0.0011	0.0089±0.0011	0.0089±0.0011	NaN	NA
0.001	0.0148±0.0002	0.0120±0.0013	0.0105±0.0009	3.501	0.173
0.01	0.0156±0.0013	0.0177±0.0005	0.0154±0.0023	0.022	0.988
0.1	0.0184±0.0026	0.0131±0.0023	0.0121±0.0013	2.890	0.235
1	0.0086±0.0004	0.0063±0.0005	0.0089±0.0011	7.322	0.025*

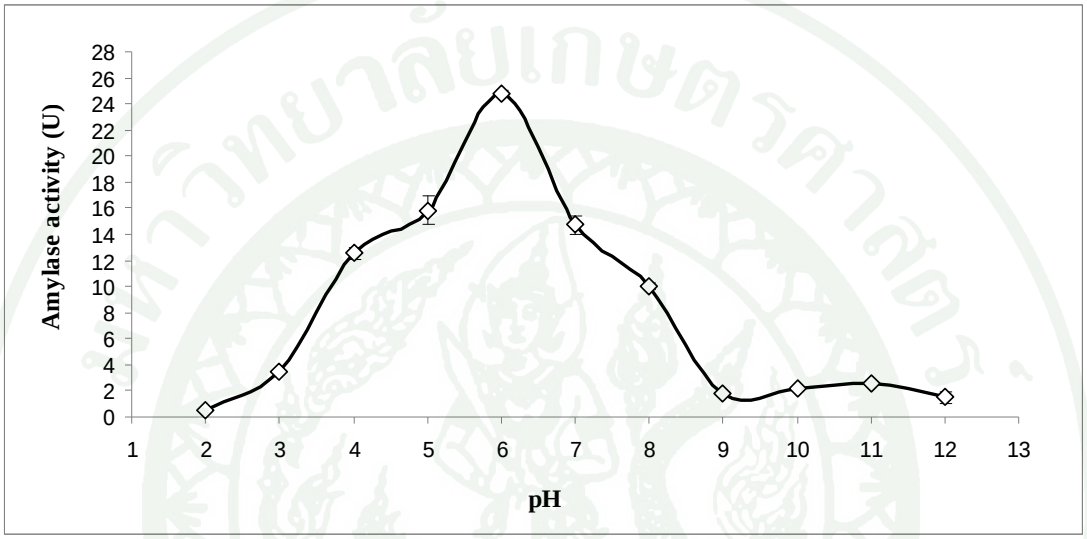
หมายเหตุ น้ำหนักของเม็ดแป้งถั่วที่ถูกด้วงงวงข้าวโพดกินที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันภายในแถวเดียวกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*P* =0.05)

NaN= no a number, NA = not available

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ศึกษาคุณลักษณะของเอนไซม์ □ อะไมเลส

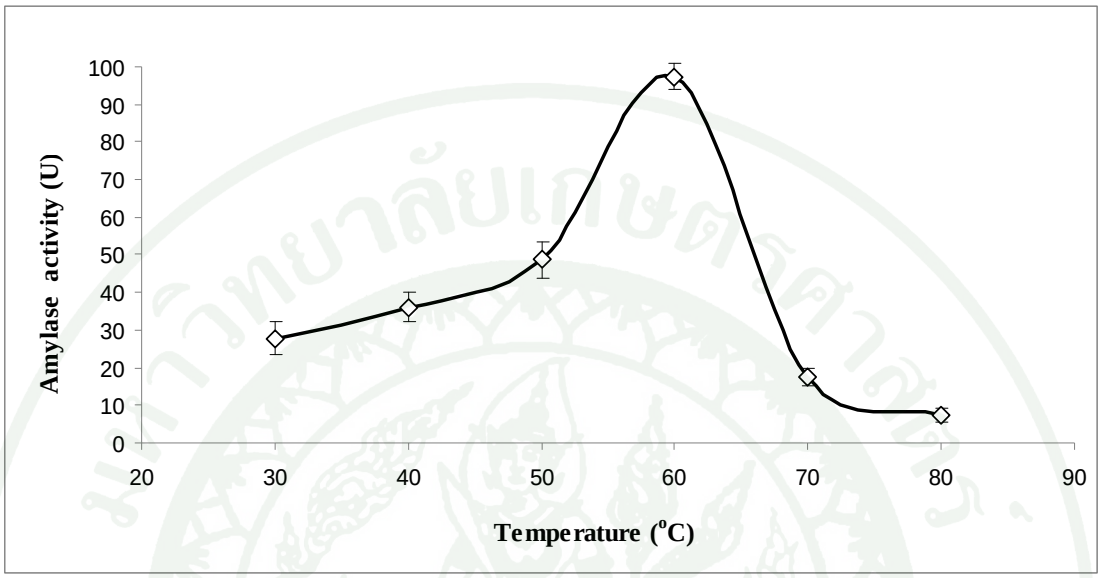
จากการศึกษากิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ □ อะไมเลสที่สกัดจากด้วงงวงข้าวโพดระยะตัวเต็มวัยในสภาวะเปลี่ยนแปลง pH 2-12 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่า pH ที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์□ อะไมเลสที่ได้จากด้วงงวงข้าวโพดมีค่าเท่ากับ 6 (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 10 กิจกรรมจำเพาะ (Mean±SE) ของเอนไซม์ □ อะไมเลสที่สกัดจากตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพดใน pH 2-12 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อศึกษากิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ □ อะไมเลสที่สกัดจากด้วงงวงข้าวโพดระยะตัวเต็มวัยที่ optimal pH ที่อุณหภูมิ 30-80 องศาเซลเซียส พบว่าเอนไซม์มีกิจกรรมจำเพาะดีที่สุดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 11)



ภาพที่ 11 กิจกรรมจำเพาะ (Mean±SE) ของเอนไซม์อะไมเลสที่สกัดจากตัวเต็มวัยของด้วงข้าวโพดที่ optimal pH และ ที่อุณหภูมิ 30-80 องศาเซลเซียส

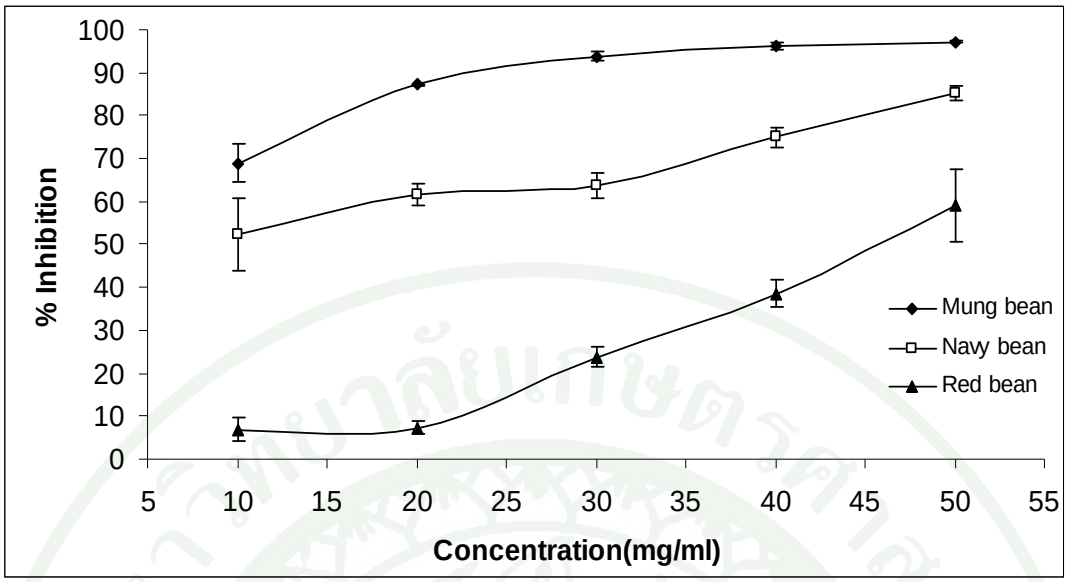
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การศึกษาผลของสารสกัดจากถั่วทั้ง 3 ชนิดต่อการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ α อะไมเลสที่สกัดจากด้วงงวงข้าวโพดพบว่าสารยับยั้งเอนไซม์ที่สกัดจากถั่วเขียวมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์จากด้วงงวงข้าวโพดมากกว่าสารยับยั้งเอนไซม์ที่สกัดจากถั่วขาวและถั่วแดงหลวงตามลำดับ การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์จะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารยับยั้งเอนไซม์ที่สกัดจากถั่วเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 12)

Ittipon (2007) รายงานว่าสารยับยั้งเอนไซม์ที่สกัดจากถั่วเขียว 4 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ KPS1, CN36, M5-16 และ M5-29 พบว่าสารยับยั้งเอนไซม์ที่สกัดจากถั่วเขียว 4 สายพันธุ์สามารถยับยั้ง α อะไมเลสที่สกัดจาก *C. maculatus* ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์จะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารยับยั้งเอนไซม์ที่สกัดจากถั่วเพิ่มขึ้น

สารยับยั้งเอนไซม์ที่สกัดจากถั่วทั้ง 3 ชนิดน่าจะมีบทบาทในการไปยับยั้งการกินของด้วงงวงข้าวโพด เนื่องจากสารยับยั้งเอนไซม์ที่สกัดจากถั่วทั้ง 3 ชนิดไปยับยั้งการทำงานของ α อะไมเลสของด้วงงวงข้าวโพด ทำให้ด้วงงวงข้าวโพดไม่สามารถย่อยอาหารได้ ทำให้กินอาหารลดลง ส่งผลให้การออกลูกลดลงและตายในที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 12 เปอร์เซ็นต์ การยับยั้ง (Mean±SE) ของโปรตีนสกัดจากถั่ว 3 ชนิดที่มีต่อเอนไซม์อะไมเลสของด้วงงวงข้าวโพด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

1. การทดสอบความเป็นพิษของแป้งถั่วและโปรตีนที่สกัดจากแป้งถั่ว 3 ชนิด

จากการศึกษาความเป็นพิษของแป้งถั่วที่มีต่อด้วงงวงข้าวโพด พบว่าแป้งถั่วเป็นสาเหตุให้ด้วงงวงข้าวโพดมีการตายเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น และด้วงงวงข้าวโพดที่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วนาน 2 สัปดาห์มีการตายมากกว่าที่ 1 สัปดาห์

เมื่อนำโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแดงหลวง ถั่วขาว และถั่วเขียวมาคลุกผสมกับข้าวที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่าไม่ทำให้ด้วงงวงข้าวโพดตายน้อยและไม่แตกต่างจากชุดควบคุมเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่ได้ผสมโปรตีนสกัดจากแป้งถั่ว

2. ผลของแป้งถั่วและโปรตีนสกัดจากแป้งถั่ว 3 ชนิดที่มีต่อจำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด

จากการติดตามการออกลูกด้วงงวงข้าวโพดหลังจากที่ให้ด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแดงหลวง ถั่วขาว และถั่วเขียวนาน 1 และ 2 สัปดาห์ พบว่าข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วทั้งสามชนิดนั้นมีผลทำให้จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพดลดลงเมื่อความเข้มข้นของแป้งถั่วเพิ่มขึ้น ทั้งที่ 1 และ 2 สัปดาห์

เมื่อให้ด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนที่สกัดจากแป้งถั่วแดงหลวง ถั่วขาว และถั่วเขียว พบว่า ความเข้มข้นของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดไม่มีผลต่อ จำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด ทั้งที่ 1 และ 2 สัปดาห์

3. การยับยั้งการกินของด้วงงวงข้าวโพด

จากการศึกษาการยับยั้งการกินของด้วงงวงข้าวโพดโดยให้ด้วงงวงข้าวโพดกินเม็ดแป้งสาลีที่ผสมแป้งถั่วแดงหลวง ถั่วขาว และถั่วเขียวที่ความเข้มข้นต่างๆกัน เป็นเวลา 3 วัน พบว่าแป้งถั่วทั้งสามชนิดทำให้การกินของด้วงงวงข้าวโพดลดลงเมื่อความเข้มข้นของแป้งถั่วแต่ละชนิดเพิ่มขึ้น

เมื่อนำเม็ดแป้งสาลีที่ผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแดงหลวง ถั่วขาว และถั่วเขียว ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน ให้ด้วงงวงข้าวโพดกินเป็นเวลา 3 วัน พบว่าโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วขาว และถั่ว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เขียว มีผลทำให้การกินของด้วงงวงข้าวโพดลดลง ส่วนโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแดงหลวงไม่ทำให้การกินของด้วงงวงข้าวโพดลดลง

4. คุณลักษณะของเอนไซม์ α อะไมเลสจากด้วงงวงข้าวโพด

จากการศึกษากิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ที่สกัดจากด้วงงวงข้าวโพดระยะตัวเต็มวัย พบว่า pH และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ α อะไมเลส คือ pH 6 และอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

จากการศึกษาการยับยั้งเอนไซม์อะไมเลสที่สกัดจากด้วงงวงข้าวโพดพบว่าสารยับยั้งเอนไซม์ที่สกัดจากถั่วเขียวมีประสิทธิภาพในการยับยั้งดีกว่า สารยับยั้งเอนไซม์จาก ถั่วขาวและถั่วแดงหลวง ตามลำดับ และสารยับยั้งเอนไซม์ที่สกัดจากถั่วสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์จากด้วงงวงข้าวโพดได้ดีขึ้นเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น

โปรตีนสกัดจากถั่วทั้ง 3 ชนิดน่าจะมีผลต่อการยับยั้งเอนไซม์ α อะไมเลสที่สกัดจากด้วงงวงข้าวโพดซึ่งโปรตีนสกัดจากถั่วทั้งสามชนิดอาจจะไม่มีผลต่อการตายด้วงงวงข้าวโพดโดยตรง แต่มีผลไปยับยั้งการย่อยอาหารของด้วงงวงข้าวโพดทำให้ด้วงงวงข้าวโพดกินอาหารได้น้อยลงและมีผลทำให้ด้วงงวงข้าวโพดออกลูกลดลงและอาจตายในที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาความเป็นพิษของแป้งถั่ว ในขณะนี้ยังไม่ทราบว่าในแป้งถั่วมีส่วนประกอบอะไรบ้าง จึงควรศึกษาต่อไปว่าในแป้งถั่วมีส่วนประกอบใดที่ทำให้เกิดการตายของด้วงงวงข้าวโพด

2. จากการวิจัยในครั้งนี้พบว่าแป้งถั่วมีผลทำให้ด้วงงวงข้าวโพดตายได้ น่าจะเป็นแนวทางให้ผู้ประกอบการทางด้านโรงเก็บนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมประชากรของแมลงได้โดยที่ไม่มีสารพิษตกค้างเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

3. ควรจะมีการศึกษาต่อไปถึงกลไกที่ไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์จากด้วงงวงข้าวโพดและศึกษาว่าสารยับยั้งชนิดใดที่ทำให้ด้วงงวงข้าวโพดตาย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กอบเกียรติ บันสิทธิ์. 2532. สารรมพิษการเกษตรบ้านเรา. **วารสารเคหะการเกษตร** 13(4): 101-105.

กุสุมา นวลวัฒน์. 2544. การทำลายและความเสียหายเนื่องมาจากแมลงศัตรูผลผลิตเกษตร. **วารสารกีฏและสัตววิทยา** 23(2): 115-119.

_____2544. การป้องกันกำจัดโดยการใช้สารเคมี, น. 53-74. *ใน* กุสุมา นวลวัฒน์ (ผู้รวบรวม), เอกสารประกอบการบรรยายการฝึกอบรมหลักสูตร. **แมลงศัตรูผลผลิตเกษตรและการป้องกันกำจัด.** 5-7 มิถุนายน 2544. กองกีฏและสัตววิทยา. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

งามชื่น คงเสรี, สุนันทา วงศ์ปิยชน, พูลศรี สว่างจิตร และ ประนอม มงคลบรรจง. 2543. การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ เพื่อรักษาคุณภาพข้าวสาร เพื่อการส่งออก. **วารสารวิชาการเกษตร** 17 (3): 239-253.

_____2544. แมลงศัตรูผลิตผลเกษตร, น. 1-45. *ใน* กุสุมา นวลวัฒน์, ผู้รวบรวม. **เอกสารประกอบการบรรยายการฝึกอบรมหลักสูตรแมลงศัตรูผลผลิตเกษตรและการป้องกันกำจัด.** 5-7 มิถุนายน 2544. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.

_____2545. คุณภาพข้าวสวย, น. 11-30. *ใน* กุสุมา นวลวัฒน์, ผู้รวบรวม. **คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย.** กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จันทรา เป็นสุข. 2545. ผลของการใช้สารสกัดจากพริกขี้หนู (*Capsicum frutescens* L.) ต่อความเป็นพิษและการทำงานของเอนไซม์ เอสเทอเรส และ กลูตาไทโอน เอส-ทรานเฟอเรส ในด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชุมพล กันทะ. 2533. **หลักการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ.** มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชูวิทย์ ศุขปราการ. 2519. แมลงศัตรูผลผลิตในโรงเก็บที่สำรวจพบในประเทศไทย. **วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร** 9: 501-504.

_____2525. แมลงศัตรูผลผลิตเกษตรในโรงเก็บ. เอกสารประกอบการบรรยาย **การฝึกอบรมเรื่องแมลง-ศัตรูพืชและการป้องกัน.** 9-10 มีนาคม 2525. กองกีฏและสัตววิทยา. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

บุษรา จันทร์แก้วมณี. 2544. เทคนิคการใช้สารรมในการกำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร, น. 85-110. *ใน*1/ กุสุมา นวลวัฒน์, ผู้รวบรวม. **เอกสารประกอบการบรรยายการฝึกอบรมหลักสูตรแมลงศัตรูผลผลิตเกษตรและการป้องกัน.** 5-7 มิถุนายน 2544. กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.

เบญจมาภรณ์ ฤทธิ์ไชสง. 2545. **ผลของน้ำมันหอมระเหยผกากรอง (*Lantana camera* Linn.) กระทือ (*Zingiber zerumbet* (Linn) Smith) ที่มีผลต่อด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus* Fabricius) และด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zaemais* Motschulsky).** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พรทิพย์ วิสารทานนท์. 2540. **เอกสารประกอบการบรรยายในการฝึกอบรมหลักสูตรแมลง-ศัตรูพืช ครั้งที่ 9.** 3 เมษายน. กองกีฏและสัตววิทยา. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

พรทิพย์ วิสารทานนท์. 2007. **มุมสาระ.** ที่มา : ศูนย์สารสนเทศ กรมวิชาการเกษตร. แหล่งที่มา: http://www.nrru.ac.th/knowledge/agr003.asp, 13 สิงหาคม 2550.

พิมพา ศิลาวัชนาไนย. 2530. ผลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zaemais* Motschulsky.). **วารสารวิทยาศาสตร์** 41 (2): 75-78.

ไพรจิตร จันทร์วงศ์, วีรศักดิ์ อนัมบุตร และ วิไลศรี ลิมปพยอม. 2528. การเก็บรักษาข้าวสารและข้าวกล้องระยะยาว. **วารสารวิชาการเกษตร** 3 (8): 85-88.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาวิณี อาสน์สุวรรณ. 2548. **ผลของอุณหภูมิที่มีต่อวงจรชีวิต อัตราการขยายพันธุ์ของด้วงงวงข้าวโพด(*Sitophilus zeamais* Motschulsky) และประสิทธิภาพของแตนเบียนหนอน (*Theocolax elegans* Westwood).** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิเชียร เฮงสวัสดิ์. 2525. แมลงที่สำคัญทางเศรษฐกิจของผลผลิตเกษตรในโรงเก็บของประเทศไทย. ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2542**. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืชไร่**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2536. อาหารปลา. โอเดียนสโตร์ พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานครฯ.

วสกร บัลลังก์โพธิ์, จันทรา เป็นสุข, พรทิพย์ วิสารทานนท์, พิณทิพย์ กรรณสูตร และ สุรพล วิเศษสรรค์. 2545. สารสกัดจากพริกขี้หนู (*Capsicum frutescens* L.) ในการควบคุมด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* Motschulsky). **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร** 33 (6): 300-304

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์, รังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ และ ไสว พงษ์เก่า. 2527. โครงการเพิ่มผลผลิตถั่วเขียวโดยการปรับปรุงวิธีการปลูก, น. 25-28 *ใน* **รายงานค้นคว้าวิจัยประจำปี**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ.

สุมินทร์ สมุทคุปติ์. 2544. **เมล็ดที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์โดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.** ธนาคารเมล็ดพันธุ์พืช 50 ปี. แหล่งที่มา: http:// www.rdi.ku.ac.th/seed/Kps2.html, 15 มีนาคม 2544

สุมินทร์ สมุทคุปติ์. 2546. **เมล็ดที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์โดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.** ธนาคารเมล็ดพันธุ์พืช 50 ปี. แหล่งที่มา: http://www.rdi.ku.ac.th/seed/Pangda1.html, 14 สิงหาคม 2546

อนุสรณ์ วิเศษสิงห์, อรุณี อิงคากุล, อรุณี วงค์ปิยะสถิต และ เกียรติทวี ชูวงค์โกมล. 2551. การศึกษาคุณลักษณะของเอนไซม์อะไมเลสจากด้วงถั่วเขียว, น. 412-417 (709 หน้า) *ใน* **เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์** ครั้งที่ 46 (สาขาวิทยาศาสตร์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุดม อริธชาติ. 2521. **แมลงศัตรูผลผลิตการเกษตรในโรงเก็บของประเทศไทย**. ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Bannakan, I., P. Hormchan, A. Wongpiyasatid and A. Engkakul. 2007. Effects of α – amylase inhibitor on mung bean weevil, *Callosobruchus maculatus*, *in vivo* and *in vitro* and on barley malt α-amylase *in vitro*. **Kasetsart J. (Nat. Sci.)**. 38: 207-215.

Bell, E.A. 1978. Toxins in seeds, pp. 143–161. *In* J.B. Harborne, eds. **Biochemical Aspects of Plant and Animal Coevolution.** Academic Press Inc., New York.

Bernfeld, P. 1955. Amylase α- and β-, pp 1: 149-158. *In* S.P. Colowich and N.O. Kaplan, eds. **Method in Enzymology**. Academic Press, New York, Vol.

Bernays, E.A. and S.J. Simpson. 1982. Control of food intake. **Advan. in Insect. Phys**. 16:59-118

Bodnaryk, R.P., P.G. Fields, Y.S. Xie and K.A. Fulcher. 1997. **Insecticidal Factor from Peas**. USA Patent 5,955,082.

Coombs, C.W., C.J. Billings and J.E. Porter. 1997. The effect of yellow split-peas (*Pisum sativum* L.) and other pulses on the productivity of certain of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and the ability of other strains to breed thereon. **J. Stored Prod. Res.** 13: 53-58.

Conover, W.J. 1980. **Practical Nonparametric Statistics**. John Wiley & Sons, Inc., Canada.

Davidson, R.H. and W. F. Lyon. 1979. **Insect Pests of Farm, Garden and Orchard.** 7 th ed. John Wiley & Sons, Inc, New York.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Dayler, C.S.A., P.A.M. Mendes, M.V. Prates, C. Bloch, Jr., O.L. Franco and M.F. Grossi de Sá. 2005. Identification of a novel bean α -amylase inhibitor with chitinolytic activity. **FEBS Letter**. 579(25): 5616-5620.

Delobel, B., A. Grenier, J. Gueguen, E. Ferrasson and M. Mbailao. 1998. **Use of a Polypeptide Derived from a PA1b Legume Albumen as Insecticide**. Patent No. WO 99/58695.

Dobie, P. 1974. The laboratory assessment of the inherent susceptibility of maize varieties to postharvest infestion by *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera : Curculionidae). **J. Stored Prod. Res.** 10: 183-197.

Edwards, C.A. and G.W. Heath. 1964. **The Principle of Agriculture Entomology.** Chapman &Hall, Inc., London.

Engkagul, A., P. Hormchan and A. Wongpiyasatid. 2004. Gamma-irradiation induced alteration in mungbean α -amylase inhibitory activities: effect on α -amylase and development of mungbean weevil (*Callosobruchus maculatus*). **Kasetsart J. Nat. Sci.** 38: 207–215.

Fields, P.G., Y.S. Xie and X. Hou. 2001. Repellent effect of pea (*Pisum sativum*) fraction against stroed-product insect. **J. Stored Prod. Res.** 37: 359-370

Floyd, E.H. and L.D. Newsom. 1959. Biological study of the rice weevil complex. **J. Ann. Entomol. Soc. Amer.** 52: 687-694.

Franco, O.L., D.J. Rigden, F.R.Melo1, C.Jr. Bloch, C.P. Silva and M.F. Grossi de Sá. 2000. Activity of wheat R-amylase inhibitors towards bruchid R-amylases and structural explanation of observed specificities. **Eur. J. Biochem.** 267: 2166–2173.

Franco, O. L., D.J.Rigden, F.R. Melol and M.F. Grossi de Sá. 2002. Plant R-amylase inhibitors and their interaction with insect R-amylase. **Eur. J. Biochem.** 269 2: 397–412.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Harborne J.B., D. Boulter and B.L. Turner. 1971. **Chemotaxonomy of the Leguminosae.** Academic Press Inc**.**, London.

Hayashi,T., S. Nakamura, P. Visarathanonth, J. Uraichuen, and R. Kengkanpanich. 2004. Stored product insect pest and their natural enemies in Thailand, p. 79 *In* **JIRCAS International Agriculture Series 13**.

Holloway, G.J. 1986. The potency and effect of phytotoxins within yellow split-pea (*Pisum sativum*)and adzuki bean (*Vigna angularis*) on survival and reproductive potential of *Sitophilus oryzae* (L.)(Coleoptera: Curculionidae). **Bull. Entomol. Res.** 76: 287-295.

Hong, Y.S. and M.I. Ryoo. 1991. Effect of temperature on the function and numerical response of *Lariophagus distinguendus* (Hymenoptera: Pteromalidae) to various densities of the host, *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). **J. Econ. Entomol.** 84(3): 837-840.

Hou, X. and P.G. Fields. 2003a. Granary trial of protein-enriched pea flour for the control of three stored-product insects in barley. **J. Econ. Entomol.** 96: 1005-15.

Hou, X. and W. Taylor. 2006. Effect of pea flour extract on *Sitophilus oryzae.* **Can. Entomol**. 138: 95-103.

Ishimoto, M. and K. Kitamura. 1989. Growth inhibitory effects of an - α amylase inhibitor from kidney bean, *Phaseolus vulgaris* (L.) on three species of bruchids (Coleoptera: Bruchidae). **Appl. Ent. Zool.** 24: 281-286

Ishimoto, M. and M.J. Chrispeels. 1996. Protective mechanism of the Mexican bean weevil against high levels of R-amylase inhibitor in the common bean (*Phaseolus vulgaris*). **Plant Phys.** 111: 393–401.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Iulek, J., O.L. Franco, M. Silva, T. Silvinski, C.Jr. Bloch, J. Rigden and M. F. Grossi de Sá.2000. Purification, biochemical characterization and partial primary structure of a new R-amylase inhibitor from *Secale cereale* (rye). **Int. J. Biochem. Cell Biol.** 32: 1195–1204.

Jomruang, K. 1992. **Corn weevil (*Sitophilus zaemais* Motschulsky) and the effect of some organophosphate insecticides as post – harvest grain and seed protectant in field corn.** M.S. Thesis, Kasetsart University.

Kumar P.P., S. Mohan and G. Balasubramanian. 2003. Effect of whole-pea flour and a protein-rich fraction as repellents against stored-product insects, **J. Stored Prod. Res.** 40: 547-552.

Kumar P.P., S. Mohan and K. Ramaraju. 2004. Protein-enriched pea flour extract protects stored milled rice against the rice weevil, *Sitophilus oryzae.* **J. Insect Sci.** 4: 26.

Louis, S., B. Delobel, F. Gressent, I. Rahioui, L. Quillien, A. Vallier and Y. Rahbe. 2004. Molecular and biological screening for insect-toxic seed albumins from four legume species. **Plant Sci.** 167(4): 705-714.

Lowry, O.H., N.J. Rosebrough, A.L. Farr and R.J. Randell. 1951. Protein measurement with Folin phenol reagent. **J. Biol. Chem.** 193: 265-275.

Madrid, F.J., N.D.G. White and S.R. Loschiavo. 1990. Insect in stored cereals and their association with farming practices in Southern Manitoba. **Canada Entomol**. 122: 515-523.

Nardon. P. and A.M. Grenier. 1989. Endocytobiosis in Coleoptera: biological, biochemical, and genetic aspect, pp. 175-216 *In* W. Schwemmler and G. Gassner. eds. **Insect endocytobiosis: morphology, physiology, genetics, evolution.** CRC Press Inc., Boca Raton, Florida

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Okelana, F.A., and C. N. Osuji. 1984. Influence of relative humidity at 30 °C on the oviposition, development and mortality of *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae) in maize kernels. **J. Stored Prod. Res.** 21: 13-19.

Subramanyam, B. and D.W. Hagstrum. 1996. **Integrated Management of Insects in Stored Products.** Marcel Dekker, Inc.: New York.

Sadasivam, S. and A. Manickam. 1996. Ammonium sulphate fractionation of proteins, p. 96–97. *In* S. Sadasivam and A. Manickam, eds. **Biochemical Methods**. New Age Publishers, New Delhi.

Samson, P.R., R.J. Parker and A.L. Jones. 1988. Comparative effect of grain moisture on the biological activity of protectants on stored corn. **J. Econ. Entomol.** 81: 949–954.

Schmidt, J**.** 1925. The breeding places of the eel. **Rep. Smithson. Inst**. 1924: 279-316.

Srinives, P., A. N.A Lampang, T. Teekachunhatean and N. Nagara. 1988. **Manual for Mungbean Seed Product.** Seed Div., Dept. of Agr. Ext., Min. of Agric. & coop., Bangkok, Thailand.

Subramanyam, B. and D.W. Hagstrum. 1996. **Integrated Management of Insects in Stored Products.** Marcel Dekker, Inc., New York.

Taylor, T.A. 1970. On the flight activity of *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera, Curculionidae). and some other grain infesting beetles in the field and a store. **J. Stored Prod.Res.** 6: 295-306

Taylor, W.G., P.G. Fields and D.H. Sutherland. 2004a. Insecticidal components from field pea extracts: soyasaponins and lysolecithins. **J. Agr. Food Chem.** 52: 7484–7490.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

_____ , and J.L. Elder. 2004b. Insecticidal components from field pea extracts: isolation and separationof peptide mixtures related to pea albumin 1b. **J. Agr. Food Chem.** 52: 7491–7498.

——— , D.H. Sutherland, D.J.H. Olson, A.R.S. Ross, and P.G. Fields. 2004c. Insecticidal components from field pea extracts: sequences of some variants of pea albumin 1b. **J. Agr. Food Chem.** 52: 7499–7506.

Throne, J. E. 1994. Life history of immature maize weevils (Coleoptera : Curculionidae) on corn stored at constant temperatures and relative humitdities in the laboratory. **Environ. Entomol.** 23(6): 1459–1471.

Wong, D.W.S. 1995. **Food Enzyme.** : **Structure and Mechanism**. Chapman and Hall, New York.

Xie, Y.S., R. Bodnaryk and P.G. Fields. 1996. A rapid and simple flour disk bioassay for testing substances active against stored product insects. **Canadian. Entomol.** 128: 865-875.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(ก) การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนใน crude enzyme extract โดยวิธีการของ Lowry *et al.* (1951)

สารเคมี: 1. สารละลายมาตรฐานโปรตีน ได้แก่ สารละลาย bovine serum albumin (BSA) เข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

2. สารละลาย A ประกอบด้วย - คอปเปอร์ (II) ซัลเฟต 0.5 กรัม
- โซเดียมซิเตต 1.0 กรัม
- น้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

3. สารละลาย B ประกอยด้วย -โซเดียมคาร์บอเนต 20 กรัม
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 กรัม ปริมาตร 35 มิลลิลิตร
- เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร

เตรียม reagent C โดยผสมสารละลาย A:B = 2:100

4. Folin-Ciocalteau (ผสมกับน้ำอัตราส่วน 1:1 ก่อนใช้)

วิธีการ: 1. การเตรียมสารละลายมาตรฐาน BSA

เตรียมสารละลาย BSA เข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เจือจางให้ได้ความเข้มข้น 0.1-1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปิเปตต์มาความเข้มข้นละ 100 ไมโครลิตร เติม reagent ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เติมสารละลาย Folin-Ciocalteau ปริมาตร 300 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร เขียนกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น BSA (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) กับค่าการดูดกลืนแสงที่ 750 นาโนเมตร

2. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนใน crude enzyme extract

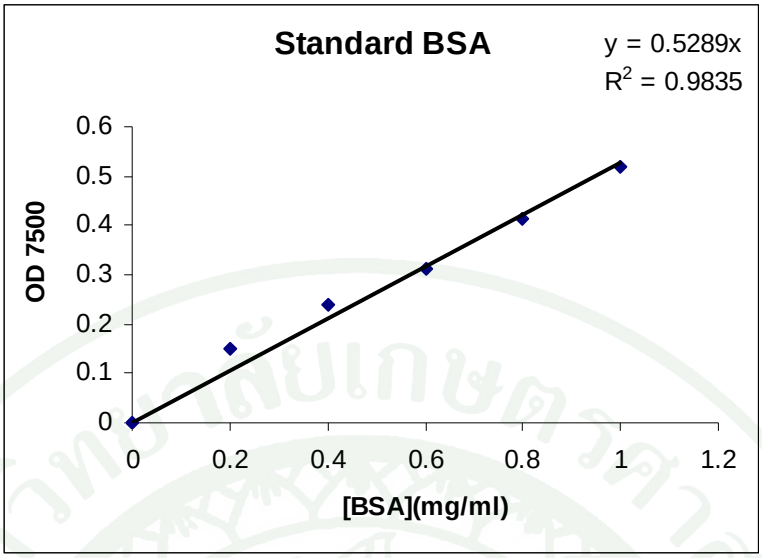
2.1 ปิเปตต์ crude enzyme extract ปริมาตร 100 ไมโครลิตร (เจือจาง 100 เท่า) ผสมกับ reagent ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที

2.2 เติมสารละลาย Folin-Ciocalteau ปริมาตร 300 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 30 นาที

2.3 วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร

2.4 เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน BSA

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ 1 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ 750 นาโนเมตรกับความเข้มข้นสารละลายมาตรฐาน BSA (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(ข) การเตรียมกราฟมาตรฐานน้ำตาลมอลโทส

สารเคมี: 1. สารละลายมาตรฐานน้ำตาลมอลโทสเข้มข้น 10 ไมโครโมลต่อมิลลิลิตร

2. สารละลาย 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS) เข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์

วิธีการ: 1. เจือจางสารละลายมาตรฐานน้ำตาลมอลโทสให้ได้ความเข้มข้น 0.2-3.0 ไมโครโมลต่อมิลลิลิตร

2. ปิเปตสารละลายมาตรฐานน้ำตาลมอลโทสแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 125 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลอง

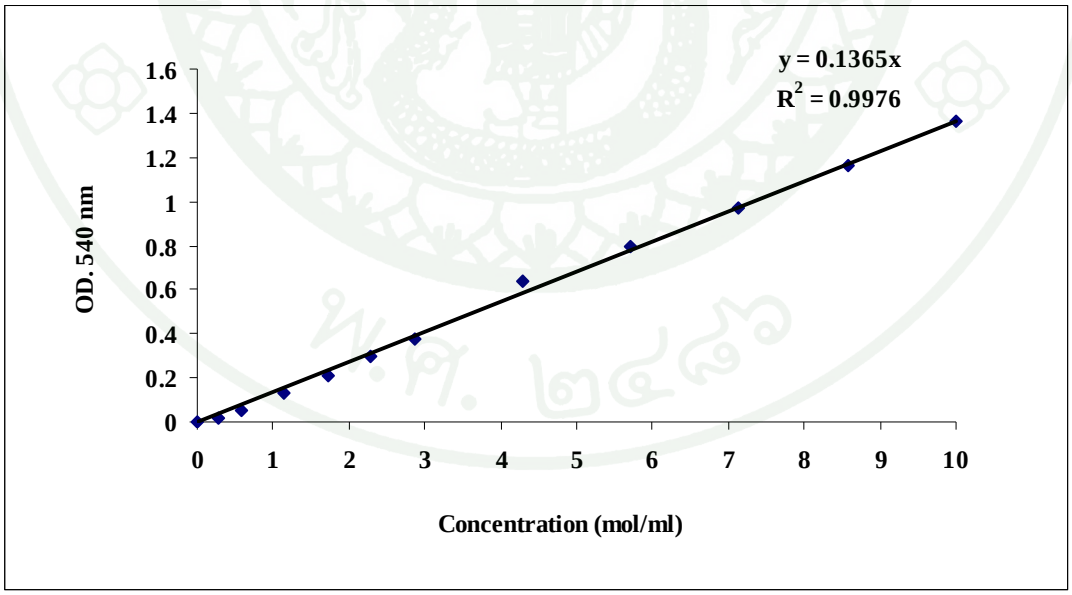
3. เติมสารละลาย DNS เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 250 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน

4. ต้มในน้ำเดือดนาน 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

5. เติมน้ำกลั่นปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

6. วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

7. นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้มาเขียนกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของน้ำตาลมอลโทส (ไมโครโมลต่อมิลลิลิตร) กับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร



ภาพผนวกที่ 2 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตรกับความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานน้ำตาลมอลโทส (ไมโครโมลต่อมิลลิลิตร)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. ความเป็นพิษของแป้งถั่วและโปรตีนสกัดจากแป้งถั่ว

ตารางผนวกที่ 1 ผลของความเข้มข้นของแป้งถั่วชนิดต่างๆที่มีต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วชนิดต่างๆเป็นเวลา 1 สัปดาห์และ 2 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table

มัธยฐานของจำนวนด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่ตาย (N=20)							
ถั่ว	% ความเข้มข้น						
สัปดาห์	0	0.1	1	10	20	χ^2	P
ถั่วแดงหลวง							
1 สัปดาห์	0	0	0	3	4	5.235	0.264(NS)
2 สัปดาห์	0	0	2	6	4	11.2785	0.024*
ถั่วขาว							
1 สัปดาห์	0	0	2	2	4	12.177	0.016*
2 สัปดาห์	0	0	4	5	7	11.599	0.021*
ถั่วเขียว							
1 สัปดาห์	0	0	1	5	0	7.144	0.128(NS)
2 สัปดาห์	0	0	1	13	12	12.081	0.017*

* Significant difference at p=0.05, NS= not significant difference.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ผลของความเข้มข้นของแป้งถั่วขาวที่มีต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับถั่วขาวเป็นเวลา 1 สัปดาห์

	Observed different values			
	ความเข้มข้น (%)			
ความเข้มข้น (%)	0.1	1	10	20
0	1.33 (NS)	6.00*	6.83*	10.83*

Multiple comparison test after Kruskal-Wallis test

Critical difference = 4.679

Significant differente (observed differen value> critical difference at p=0.05)

NS= not significant difference

ตารางผนวกที่ 3 ผลของความเข้มข้นของแป้งทั้งสามชนิดที่มีต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์

		Observed different values			
		ความเข้มข้น (%)			
แป้งถั่ว	ความเข้มข้น (%)	0.1	1	10	20
แดงหลวง	0	0.00(NS)	6.16*	8.33*	8.00*
ขาว	0	0.00(NS)	6.67*	6.67*	9.16*
เขียว	0	0.00(NS)	4.16(NS)	8.33*	8.00*

Multiple comparison test after Kruskal-Wallis test

Critical difference = 4.679

Significant differente (observed differen value> critical difference at p=0.05)

NS= not significant differenc

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 ผลของแป้งถั่วสามชนิดที่มีที่มีต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table

ความเข้มข้น (%)	มัธยฐานของจำนวนด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่ตาย (N=20)			χ^2	P
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	0	0	0	NaN	NA
0.1	0	0	0	NaN	NA
1	0	2	1	1.825(NS)	0.401(NS)
10	3	2	5	1.553(NS)	0.459(NS)
20	4	4	0	0.491(NS)	0.782(NS)

* Significant difference at p=0.05, NS= not significant difference.

NaN= no a number, NA = not available

ตารางผนวกที่ 5 ผลของแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table

ความเข้มข้น (%)	มัธยฐานของจำนวนด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่ตาย (N=20)			χ^2	P
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	0	0	0	NaN	NA
0.1	0	0	0	NaN	NA
1	2	4	1	1.830(NS)	0.400(NS)
10	6	5	13	2.531(NS)	0.282(NS)
20	4	7	12	4.392(NS)	0.111(NS)

* Significant difference at p=0.05, NS= not significant difference.

NaN= no a number, NA = not available

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 ผลของความเข้มข้นของโปรตีนที่สกัดจากแป้งถั่วชนิดต่างๆที่มีต่อการตายของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วชนิดต่างๆเป็นเวลา 1 สัปดาห์และ 2 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table

มัธยฐานของจำนวนด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ที่ตาย (N=20)

ถั่ว	% ความเข้มข้น						
สัปดาห์	0	0.001	0.01	0.1	1	χ^2	P
ถั่วแดงหลวง							
1 สัปดาห์	0	0	0	0	0	4	0.406(NS)
2 สัปดาห์	0	0	0	0	0	4	0.406(NS)
ถั่วขาว							
1 สัปดาห์	0	0	0	0	0	4	0.406(NS)
2 สัปดาห์	0	0	0	0	0	3.2381	0.519(NS)
ถั่วเขียว							
1 สัปดาห์	0	0	0	0	0	NaN	NA
2 สัปดาห์	0	1	0	0	0	6.2222	0.183(NS)

* Significant difference at p=0.05, NS= not significant difference.

NaN= no a number, NA = not available

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 ผลของความเข้มข้นของแป้งถั่วชนิดต่างๆที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วชนิดต่างๆเป็นเวลา 1 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table

มัธยฐานของจำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais*							
ถั่ว	% ความเข้มข้น						
สัปดาห์	0	0.1	1	10	20	χ^2	P
ถั่วแดงหลวง							
1 สัปดาห์	1	4	3	0	0	7.318	0.120(NS)
2 สัปดาห์	28	49	35	18	8	9.984	0.041*
3 สัปดาห์	36	50	20	7	5	11.952	0.018*
4 สัปดาห์	15	14	10	4	5	11.897	0.018*
ถั่วขาว							
1 สัปดาห์	1	5	0	1	0	6.391	0.171(NS)
2 สัปดาห์	28	81	27	10	2	10.978	0.027*
3 สัปดาห์	36	43	11	5	4	10.566	0.031*
4 สัปดาห์	15	14	7	3	2	10.995	0.027*
ถั่วเขียว							
1 สัปดาห์	1	4	5	1	0	6.140	0.189(NS)
2 สัปดาห์	28	65	28	7	0	4.725	0.317(NS)
3 สัปดาห์	36	53	23	8	10	7.555	0.109(NS)
4 สัปดาห์	15	20	10	6	2	9.544	0.049*

* Significant difference at p=0.05, NS= not significant difference.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 ผลของความเข้มข้นของแป้งถั่วแดงหลวงที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับถั่วแดงหลวงที่ 1 สัปดาห์

สัปดาห์	ความเข้มข้น (%)	Observed different values ความเข้มข้น (%) 0.1	1	10	20
2	0	4.33 (NS)	1.66 (NS)	3.33 (NS)	6.00*
3	0	0.33 (NS)	5.33*	6.66*	10.00*
4	0	1.00 (NS)	5.33*	9.00*	9.66*

Multiple comparison test after Kruskal-Wallis test

Critical difference = 4.679

Significant differente (observed differen value> critical difference at p=0.05)

NS= not significant difference

ตารางผนวกที่ 9 ผลของความเข้มข้นของแป้งถั่วขาวที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับถั่วขาวที่ 1 สัปดาห์

สัปดาห์	ความเข้มข้น (%)	Observed different values ความเข้มข้น (%) 0.1	1	10	20
2	0	3.33 (NS)	1.00 (NS)	4.66 (NS)	7.66*
3	0	2.33 (NS)	3.33 (NS)	6.33*	7.66*
4	0	1.33 (NS)	6.50*	8.66*	9.33*

Multiple comparison test after Kruskal-Wallis test

Critical difference = 4.679

Significant differente (observed differen value> critical difference at p=0.05)

NS= not significant difference

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 10 ผลของความเข้มข้นของแป้งถั่วเขียวที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่อรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับถั่วเขียวที่ 1 สัปดาห์

สัปดาห์	ความเข้มข้น (%)	Observed different values: ความเข้มข้น (%) 0.1	1	10	20
4	0	2.33 (NS)	2.50 (NS)	6.50*	6.66*

Multiple comparison test after Kruskal-Wallis test

Critical difference = 4.679

Significant differente (observed differen value> critical difference at p=0.05)

NS= not significant difference

ตารางผนวกที่ 11 ผลของแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 1 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table

ความเข้มข้น (%)	มัธยฐานจำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว	χ^2	P
0	1	1	1	0.000	1.000(NS)
0.1	4	5	4	0.090	0.955(NS)
1	3	0	5	1.754	0.415(NS)
10	0	1	1	1.911	0.384(NS)
20	0	0	0	1.142	0.564(NS)

* Significant difference at p=0.05, NS= not significant difference., NA = not available

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 12 ผลของแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 2 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table

ความเข้มข้น (%)	มัธยฐานของจำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais*			χ^2	P
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	28	28	28	0.000	1.000(NS)
0.1	49	81	65	1.866	0.393(NS)
1	35	27	28	0.700	0.704(NS)
10	18	10	7	0.800	0.670(NS)
20	8	2	0	1.825	0.401(NS)

* Significant difference at p=0.05, NS= not significant difference., NA = not available

ตารางผนวกที่ 13 ผลของแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 3 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table

ความเข้มข้น (%)	มัธยฐานของจำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais*			χ^2	P
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	36	36	36	0.000	1.000(NS)
0.1	50	43	55	0.088	0.956(NS)
1	20	11	23	2.039	0.360(NS)
10	7	5	8	1.075	0.584(NS)
20	5	4	10	2.084	0.352(NS)

* Significant difference at p=0.05, NS= not significant difference., NA = not available

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 14 ผลของแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 4 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table

ความเข้มข้น (%)	มัธยฐานของจำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais*			χ^2	P
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	15	15	15	0.000	1.000(NS)
0.1	14	14	20	2.192	0.334(NS)
1	10	7	10	1.762	0.414(NS)
10	4	3	6	1.411	0.493(NS)
20	5	2	2	0.615	0.735(NS)

* Significant difference at p=0.05, NS= not significant difference., NA = not available

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 15 ผลของความเข้มข้นของแป้งถั่วชนิดต่างๆที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงลข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ของรุ่นแม่เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วชนิดต่างๆเป็น เวลา 2 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table

มัธยฐานของจำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais*							
ถั่ว	% ความเข้มข้น						
สัปดาห์	0	0.1	1	10	20	χ^2	P
ถั่วแดงหลวง							
1 สัปดาห์	4	2	1	1	0	6.482	0.166(NS)
2 สัปดาห์	82	79	57	4	4	10.317	0.035*
3 สัปดาห์	129	152	66	11	17	11.788	0.019*
4 สัปดาห์	46	53	41	12	6	11.334	0.023*
ถั่วขาว							
1 สัปดาห์	4	2	0	0	0	6.039	0.196(NS)
2 สัปดาห์	82	45	27	5	2	11.502	0.021*
3 สัปดาห์	129	118	56	9	3	12.612	0.013*
4 สัปดาห์	46	45	27	5	2	12.079	0.017*
ถั่วเขียว							
1 สัปดาห์	4	5	1	0	0	10.886	0.028*
2 สัปดาห์	82	63	30	6	3	10.872	0.028*
3 สัปดาห์	129	158	99	5	6	10.844	0.028*
4 สัปดาห์	46	67	13	8	2	11.056	0.025*

* Significant difference at p=0.05, NS= not significant difference.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 16 ผลของความเข้มข้นของแป้งถั่วแดงหลวงที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับถั่วแดง นาน 2 สัปดาห์

สัปดาห์	ความเข้มข้น (%)	Observed different values ความเข้มข้น (%)			
		0.1	1	10	20
2	0	0.66 (NS)	3.33 (NS)	7.33*	8.33*
3	0	0.66 (NS)	3.66 (NS)	8.33*	8.66*
4	0	1.33 (NS)	3.66 (NS)	8.66*	9.66*

Multiple comparison test after Kruskal-Wallis test

Critical difference = 4.679

Significant differente (observed differen value> critical difference at p=0.05)

NS= not significant difference

ตารางผนวกที่ 17 ผลของความเข้มข้นของแป้งถั่วขาวที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับถั่วขาว นาน 2 สัปดาห์

สัปดาห์	ความเข้มข้น (%)	Observed different values ความเข้มข้น (%)			
		0.1	1	10	20
2	0	0.33 (NS)	3.66 (NS)	7.00 (NS)	9.66*
3	0	0.33 (NS)	4.33 (NS)	7.66*	10.00*
4	0	2.00 (NS)	4.16 (NS)	6.50*	8.83*

Multiple comparison test after Kruskal-Wallis test

Critical difference = 4.679

Significant differente (observed differen value> critical difference at p=0.05)

NS= not significant difference

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 18 ผลของความเข้มข้นของแป้งถั่วเขียวที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับถั่วเขียว นาน 2 สัปดาห์

สัปดาห์	ความเข้มข้น (%)	Observed different values ความเข้มข้น (%)			
		0.1	1	10	20
1	0	2.33 (NS)	3.83 (NS)	6.00*	7.50*
2	0	1.50 (NS)	3.00 (NS)	8.66*	9.33*
3	0	1.00 (NS)	2.00 (NS)	7.83*	7.83*
4	0	0.66 (NS)	1.66 (NS)	6.83*	8.83*

Multiple comparison test after Kruskal-Wallis test

Critical difference = 4.679

Significant differente (observed differen value> critical difference at p=0.05)

NS= not significant difference

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 19 ผลของแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 1 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็น เวลา 2 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table

ความเข้มข้น(%)	มัธยฐานของจำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais*			χ^2	P
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	4	4	4	0.000	1.000(NS)
0.1	2	2	5	2.915	0.232(NS)
1	1	0	1	0.097	0.952(NS)
10	1	0	0	0.444	0.800(NS)
20	0	0	0	NaN	NA

* Significant difference at p=0.05, NS= not significant difference.

NaN= no a number, NA = not available

ตารางผนวกที่ 20 ผลของแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 2 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table

ความเข้มข้น (%)	มัธยฐานของจำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais*			χ^2	P
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	82	82	82	0.000	1.000(NS)
0.1	79	45	63	2.400	0.301(NS)
1	57	27	30	1.066	0.586(NS)
10	4	5	6	0.090	0.955(NS)
20	4	2	3	1.717	0.423(NS)

* Significant difference at p=0.05, NS= not significant difference.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 21 ผลของแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 3 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table

ความเข้มข้น(%)	มัธยฐานของจำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais*			χ^2	P
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	129	129	129	0.000	1.000(NS)
0.1	152	118	158	0.355	0.837(NS)
1	66	56	99	1.703	0.426(NS)
10	11	9	5	1.635	0.441(NS)
20	17	3	6	3.254	0.196(NS)

* Significant difference at p=0.05, NS= not significant difference.

ตารางผนวกที่ 22 ผลของแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 4 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็น เวลา 2 สัปดาห์Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table

ความเข้มข้น (%)	มัธยฐานของจำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais*			χ^2	P
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	46	46	46	0.000	1.000(NS)
0.1	53	67	65	1.688	0.429(NS)
1	41	13	40	4.355	0.113(NS)
10	12	8	3	1.107	0.574(NS)
20	6	2	2	6.113	0.065(NS)

* Significant difference at p=0.05, NS= not significant difference.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 23 ผลของความเข้มข้นของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วชนิดต่างๆที่มีต่อการออกลูกของ ด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ของรุ่นแม่เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วชนิดต่างๆเป็นเวลา 1 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table

มัธยฐานของจำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais*							
ถั่ว	% ความเข้มข้น						
สัปดาห์	0	0.001	0.01	0.1	1	χ^2	P
ถั่วแดงหลวง							
1 สัปดาห์	20	7	19	27	19	6.453	0.168(NS)
2 สัปดาห์	62	23	45	89	101	9.000	0.061(NS)
3 สัปดาห์	43	8	15	40	83	5.977	0.201(NS)
4 สัปดาห์	7	2	7	19	19	10.423	0.033*
ถั่วขาว							
1 สัปดาห์	20	33	8	10	21	2.505	0.644(NS)
2 สัปดาห์	62	124	28	34	64	5.433	0.246(NS)
3 สัปดาห์	43	68	22	29	64	1.862	0.761(NS)
4 สัปดาห์	7	14	6	7	18	8.400	0.078(NS)
ถั่วเขียว							
1 สัปดาห์	20	17	15	32	15	6.842	0.144(NS)
2 สัปดาห์	62	23	78	60	32	5.502	0.239(NS)
3 สัปดาห์	43	23	68	58	28	1.377	0.848(NS)
4 สัปดาห์	7	12	14	5	8	6.043	0.196(NS)

* Significant difference at p=0.05, NS= not significant difference.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 24 ผลของความเข้มข้นของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแดงหลวงที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุก ผสมกับถั่วแดงหลวงนาน 1 สัปดาห์

	Observed different values			
	ความเข้มข้น (%)			
ความเข้มข้น (%)	0.001	0.01	0.1	1
0	5.50*	0.50 (NS)	3.00 (NS)	5.50*

Multiple comparison test after Kruskal-Wallis test

Critical difference = 4.679

Significant differente (observed differen value> critical difference at p=0.05)

NS= not significant difference

ตารางผนวกที่ 25 ผลของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 1 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table

ความเข้มข้น(%)	มัธยฐานของจำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais*			χ^2	P
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	20	20	20	0.000	1.000(NS)
0.001	7	8	17	5.066	0.079(NS)
0.01	19	10	15	0.881	0.643(NS)
0.1	27	21	32	1.635	0.441(NS)
1	19	20	15	5.629	0.059(NS)

* Significant difference at p=0.05, NS= not significant difference.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 26 ผลของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 2 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุก ผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ Kruskal Wallis one-way analysis of variance table

ความเข้มข้น (%)	มัธยฐานของจำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais*			χ^2	P
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	62	62	62	0	1(NS)
0.001	23	124	23	5.445	0.065(NS)
0.01	45	28	78	1.422	0.491(NS)
0.1	89	34	60	5.955	0.050(NS)
1	101	64	32	3.466	0.176(NS)

* Significant difference at p=0.05, NS= not significant difference.

ตารางผนวกที่ 27 ผลของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 3 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุก ผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table

ความเข้มข้น(%)	มัธยฐานของจำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais*			χ^2	P
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	43	43	43	0.000	1.000(NS)
0.001	8	68	23	1.947	0.377(NS)
0.01	15	22	68	0.800	0.670(NS)
0.1	40	29	58	1.688	0.429(NS)
1	83	64	28	2.711	0.257(NS)

* Significant difference at p=0.05, NS= not significant difference.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 28 ผลของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด*Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 4 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุก ผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table

ความเข้มข้น (%)	มัธยฐานของจำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais*			χ^2	P
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	7	7	7	0.000	1.000(NS)
0.001	2	14	12	3.831	0.147(NS)
0.01	7	6	14	5.803	0.054(NS)
0.1	19	7	5	1.830	0.400(NS)
1	19	18	8	3.288	0.193(NS)

* Significant difference at p=0.05, NS= not significant difference.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 29 ผลของความเข้มข้นของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วชนิดต่างๆที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ของรุ่นแม่เมื่ออยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วชนิดต่างๆเป็นเวลา 2 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table

มัธยฐานจำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais*							
ถั่ว	% ความเข้มข้น						
สัปดาห์	0	0.001	0.01	0.1	1	χ^2	P
ถั่วแดงหลวง							
1 สัปดาห์	18	16	19	19	15	1.857	0.762(NS)
2 สัปดาห์	95	93	93	128	95	1.315	0.859(NS)
3 สัปดาห์	95	140	108	128	103	0.967	0.915(NS)
4 สัปดาห์	35	41	28	58	33	1.979	0.739(NS)
ถั่วขาว							
1 สัปดาห์	18	9	16	11	15	4.042	0.400(NS)
2 สัปดาห์	95	85	91	76	74	1.745	0.783(NS)
3 สัปดาห์	95	103	92	76	83	1.067	0.899(NS)
4 สัปดาห์	35	43	35	47	43	4.851	0.303(NS)
ถั่วเขียว							
1 สัปดาห์	18	13	12	26	8	3.242	0.519(NS)
2 สัปดาห์	95	130	83	139	73	4.784	0.310(NS)
3 สัปดาห์	95	159	58	149	59	5.243	0.263(NS)
4 สัปดาห์	35	43	16	58	43	2.446	0.654(NS)

* Significant difference at p=0.05, NS= not significant difference.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 30 ผลของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 1 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table

ความเข้มข้น (%)	มัธยฐานจำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais*			χ^2	P
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	18	18	18	0.000	1.000(NS)
0.001	16	9	13	2.755	0.252(NS)
0.01	19	16	12	1.703	0.426(NS)
0.1	19	11	26	0.904	0.636(NS)
1	15	15	8	0.429	0.806(NS)

* Significant difference at p=0.05, NS= not significant difference.

ตารางผนวกที่ 31 ผลของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 2 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table

ความเข้มข้น (%)	มัธยฐานจำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais*			χ^2	P
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	95	95	95	0.000	1.000(NS)
0.001	93	85	130	1.155	0.561(NS)
0.01	93	91	83	0.355	0.837(NS)
0.1	128	76	139	3.466	0.176(NS)
1	95	74	73	0.560	0.755(NS)

* Significant difference at p=0.05, NS= not significant difference.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 32 ผลของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 3 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table

ความเข้มข้น (%)	มัธยฐานของจำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais*			χ^2	P
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	95	95	95	0.000	1.000(NS)
0.001	140	103	159	1.155	0.561(NS)
0.01	108	92	58	1.422	0.491(NS)
0.1	128	76	149	2.222	0.329(NS)
1	103	83	59	0.000	1.000(NS)

* Significant difference at p=0.05, NS= not significant difference.

ตารางผนวกที่ 33 ผลของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการออกลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* ในสัปดาห์ที่ 4 เมื่อด้วงงวงข้าวโพดรุ่นแม่อยู่ในข้าวที่คลุกผสมกับโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 สัปดาห์: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table

ความเข้มข้น (%)	มัธยฐานจำนวนลูกของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais*			χ^2	P
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	35	35	35	0.000	1.000(NS)
0.001	41	43	43	0.090	0.955(NS)
0.01	28	35	16	0.694	0.706(NS)
0.1	58	47	58	0.068	0.966(NS)
1	33	43	43	0.291	0.864(NS)

* Significant difference at p=0.05, NS= not significant difference.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 34 ผลของเม็ดแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการยับยั้งการกินของด้วงงวงข้าวโพดเมื่อนำแป้งถั่วคลุกผสมกับแป้งสาลี: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table

มัธยฐานของปริมาณการกินของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais*							
	% ความเข้มข้น						
ชนิดของแป้งถั่ว	0	0.1	1	10	20	χ^2	P
ถั่วแดงหลวง	0.025	0.023	0.02	0.007	0.007	11.534	0.021*
ถั่วขาว	0.025	0.025	0.019	0.009	0.008	10.781	0.029*
ถั่วเขียว	0.025	0.017	0.025	0.006	0.004	10.781	0.029*

* Significant difference at p=0.05, NS= not significant difference.

ตารางผนวกที่ 35 ผลของความเข้มข้นของแป้งถั่วทั้งสามชนิดที่มีต่อการยับยั้งการกินของด้วงงวงข้าวโพดเมื่อนำ แป้งถั่วคลุกผสมกับแป้งสาลี

		Observed different values			
		ความเข้มข้น (%)			
ถั่ว	ความเข้มข้น (%)	0.1	1	10	20
ถั่วแดงหลวง	0	10.17*	2.83(NS)	3.67(NS)	9.17*
ถั่วขาว	0	8.67*	0.67(NS)	3.67(NS)	6.67*
ถั่วเขียว	0	10.17*	4.17(NS)	1.50(NS)	7.50*

Multiple comparison test after Kruskal-Wallis test

Critical difference = 4.679

Significant differente (observed differen value> critical difference at p=0.05)

NS= not significant difference

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 36 ผลของแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการยับยั้งกินของด้วงงวงข้าวโพด : Kruskal- Wallis one-way analysis of variance table

ความเข้มข้น (%)	มัธยฐานปริมาณการกินของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais*			χ^2	P
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	0.025	0.025	0.025	NaN	NA
0.1	0.023	0.025	0.017	6.330	0.042*
1	0.02	0.019	0.025	0.988	0.61(NS)
10	0.007	0.008	0.006	1.717	0.423(NS)
20	0.007	0.008	0.004	4.170	0.124(NS)

* Significant difference at p=0.05, NS= not significant difference.

NaN= no a number, NA = not available

ตารางผนวกที่ 37 ผลของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการยับยั้งกินของด้วงงวงข้าวโพดเมื่อนำแป้งถั่วคลุกผสมกับแป้งสาลี: Kruskal-Wallis one-way analysis of variance table

ชนิดของแป้งถั่ว	มัธยฐานปริมาณการกินของด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais*						
	% ความเข้มข้น					χ^2	P
	0	0.001	0.01	0.1	1		
ถั่วแดงหลวง	0.009	0.014	0.015	0.019	0.008	6.900	0.1413(NA)
ถั่วขาว	0.009	0.011	0.018	0.013	0.006	11.307	0.0233*
ถั่วเขียว	0.009	0.009	0.013	0.011	0.012	9.333	0.0532*

* Significant difference at p=0.05, NS= not significant difference., NA = not available

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 38 ผลของความเข้มข้นของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการยับยั้งการกิน
ของด้วงงวงข้าวโพดเมื่อนำแป้งถั่วคลุกผสมกับแป้งสาลี

		Observe different values			
		ความเข้มข้น (%)			
ถั่ว	ความเข้มข้น (%)	0.001	0.01	0.1	1
ถั่วแดงหลวง	0	1.00(NS)	6.00*	6.67*	8.33*
ถั่วขาว	0	3.67(NS)	8.33*	3.67(NS)	3.167(NS)
ถั่วเขียว	0	8.00*	2.00(NS)	9.33*	5.67*

Multiple comparison test after Kruskal-Wallis test

Critical difference = 4.679

Significant differente (observed differen value> critical difference at p=0.05)

NS= not significant difference

ตารางผนวกที่ 39 ผลของโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วสามชนิดที่มีต่อการยับยั้งการกินของด้วงงวงข้าวโพด

ความเข้มข้น (%)	มัธยฐานน้ำหนักเม็ดโปรตีนที่ถูกกินโดยด้วงงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais*			χ^2	P
	ถั่วแดงหลวง	ถั่วขาว	ถั่วเขียว		
0	0.009	0.009	0.009	NaN	NA
0.001	0.014	0.011	0.009	3.501	0.173(NS)
0.01	0.015	0.018	0.013	0.022	0.988(NS)
0.1	0.019	0.013	0.011	2.890	0.235(NS)
1	0.008	0.006	0.012	7.322	0.025*

* Significant difference at p=0.05, NS= not significant difference.

NaN= no a number, NA = not available

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวกนกภรณ์ เผ่าวงศ์ษา
วัน เดือน ปี ที่เกิด	16 สิงหาคม 2525
สถานที่เกิด	จังหวัดสกลนคร
ประวัติการศึกษา	จบการศึกษาปริญญาตรีจากภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นิสิตปริญญาโท ภาควิชาสัตววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ภาควิชาสัตววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผลงานทางวิชาการ	การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ครั้งที่ 11 พ.ศ. 2553
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนสนับสนุนงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปี 2550

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์