

ผลของความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบดระดับห้องปฏิบัติการ
ต่อด้วงวงข้าวโพด มอดแป้ง และคุณภาพการสีของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

Effects of Laboratory Scale Fluidized Bed Heat Treatment on Maize Weevil, (*Sitophilus zeamais*),
Red Flour Beetle (*Tribolium castaneum*) and Milling Quality of Rice cv. Khao Dawk Mali 105

กัลยา บุญสง่า¹ ตามร บันฑูร์ตัน^{1,2,3} วิบูลย์ ช่างเรือ^{1,2,3} และ เยาวลักษณ์ จันทร์บาง^{1,3,4}
Kunlayaa Boonsa-nga¹, Damom Bunturat^{1,2,3}, Viboon Changrue^{1,2,3} and Yaowaluk Chanbang^{1,3,4}

Abstract

The efficacy of heat fluidized bed (FDB) was studied for controlling stored product insects on rough rice using laboratorial heat fluidized bed equipment and the milling quality of rice later was examined. Rough rice cv. Khao Dawk Mali 105 (13% mc wet basis) infested with insects were treated with FDB. The results showed that maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (internal feeders) performed higher tolerance for heat than red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst). At the velocity speed 3.7 m/s, 50°C for 90 seconds, the mortality of maize weevil treated by FDB was significant different ($P<0.01$). Pulpal stage as an FDB tolerant stage of maize weevil was treated with 50, 55, 60 and 65 °C for 60, 90, 120, 150, 180 and 240 seconds. FDB heat treatment at 55 °C for 150 seconds, 60 °C for 90 seconds and 65°C for 60 seconds caused 100% mortality. At the velocity speed 3.7 m/s, 40°C for 120 seconds, the mortality of red flour beetle was significant different ($P<0.01$). Egg stage as an FDB tolerant stage of red flour beetle was treated with 40, 45 and 50 °C for 120, 150, 180 and 240 seconds. The result showed that FDB heat treatment at 40 °C for 180 seconds, 45 °C for 180 seconds and 50 °C for 120 seconds caused 100% mortality. The percentage of whole kernels and head rice was not difference compared with control. In case of the milling quality, the percentage of whole kernels and head rice was similar to control. However, milled rice was yellow color with the increased of b* value, and the decreased of L* value and whiteness index. The moisture content and amylose content were decreased.

Keywords: heat treatment, fluidized bed, paddy

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบด ในการควบคุมแมลงศัตรูโรงเก็บข้าวเปลือก ด้วยเครื่องมือที่ทำให้เกิดสภาวะฟลูอิดไดซ์เบดในระดับห้องปฏิบัติการ รวมถึงคุณภาพการสี โดยนำข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ความชื้น 13 เปอร์เซ็นต์ (ฐานเปียก) ที่มีแมลงเข้าทำลาย นำมาผ่านความร้อนด้วยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด พบว่า ด้วงวงข้าวโพด (กลุ่มกัดกินภายในเมล็ด) มีความทนทานต่อความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบดมากกว่ามอดแป้ง (กลุ่มกัดกินภายนอกเมล็ด) โดยด้วงวงข้าวโพดระยะไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย มีอัตราการตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ที่ความเร็วลม 3.7 m/s อุณหภูมิ 50°C ระยะเวลา 90 วินาที เมื่อใช้ระยะดักแด้ซึ่งเป็นระยะที่ทนทานต่อความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบด ไปผ่านความร้อนที่ 50, 55, 60 และ 65°C ระยะเวลา 60, 90, 120, 150, 180 และ 240 วินาที พบว่า ดักแด้มีอัตราการตายอย่างสมบูรณ์ ที่อุณหภูมิ 55°C 150 วินาที, 60°C 90 วินาที และ 65°C 60 วินาที ตามลำดับ สำหรับมอดแป้งพบอัตราการตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ที่ความเร็วลม 3.7 m/s อุณหภูมิ 40 °C 120 วินาที พบอัตราการตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เมื่อนำระยะไข่ซึ่งเป็นระยะที่ทนทานต่อความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบด ไปผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 40, 45, และ 50 °C ระยะเวลา 120, 150, 180 และ 240 วินาที พบว่าไข่มีอัตราการตายอย่างสมบูรณ์ที่ 40 °C 180 วินาที, 45°C 180 วินาที และ 50°C 120 วินาที ตามลำดับ คุณภาพการสี พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวไม่แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างไรก็ตาม พบว่า ข้าวสารมีสีเหลืองมากขึ้น สอดคล้องกับค่า b* ที่เพิ่มขึ้น ค่า L* และดัชนีความขาวลดลง ส่วนความชื้นและอะมิโลส ลดลงด้วย

คำสำคัญ: ความร้อน ฟลูอิดไดซ์เบด ข้าวเปลือก

¹ ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

¹ Postharvest Technology Research Institute, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

² ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

² Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

³ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพฯ 10400

³ Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400, Thailand

⁴ ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

⁴ Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

คำนำ

การทดลองนี้ได้นำเทคนิคการให้ความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบด ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีอยู่แล้วในโรงสีข้าว ปกติใช้ลดความชื้นข้าวเปลือก มาทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้ง ซึ่งเทคนิคนี้เป็นวิธีการอบเมล็ดพืชโดยใช้กระแสลมมีผลทำให้เมล็ดข้าวเปลือกลอยอยู่ในอากาศ มีลักษณะคล้ายกับของไหล มีผลให้น้ำระเหยจากผิวเมล็ดได้อย่างรวดเร็วภายใน 1-2 นาที นอกจากนั้นความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบดสามารถควบคุมและกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ โดย Evans and Dermott (1979) และ Abd El-Aziz (2011) พบว่าเมล็ดข้าวสาลีที่มีตัวอ่อนของด้วงงวงข้าว (*Sitophilus oryzae* (L.)) มอดข้าวเปลือก (*Rhizopertha dominica* (Fabricius)) และเชื้อข้าวเปลือก (*Sitotroga cerealella* (Oliv.)) เมื่อผ่านความร้อนจากระบบฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 °C เวลา 12, 6 และ 4 นาที ที่ผิวของเมล็ดข้าวสาลีมีอุณหภูมิ 59, 62 และ 65 °C ทำให้แมลงตายทั้งหมด เช่นเดียวกับ Pande and Mishra (2013) พบว่า ความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิ 80 °C เวลา 60 วินาที ทำให้ด้วงตัวเต็มวัยมีอัตราการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ในการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาประสิทธิภาพของระบบความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบดที่มีใช้ในโรงสีเพื่อใช้ในการลดความชื้นอยู่แล้ว อาจนำมาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูโรงเก็บระหว่างการเก็บรักษาข้าวเปลือก ด้วยการจัดสภาพของความร้อนจากเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดที่ให้ความร้อนต่ำสุด ระยะเวลา น้อยที่สุด แต่มีผลในการกำจัดแมลงและรักษาคุณภาพผลผลิตไว้ได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาระยะการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้ง ที่มีความทนทานต่อความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบด

การเลี้ยงเพิ่มปริมาณแมลงระยะต่าง ๆ

ด้วงงวงข้าวโพด เลี้ยงเพิ่มปริมาณในห้องปฏิบัติการ ที่อุณหภูมิ 28 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 75 % ปรับความชื้นข้าวเปลือกเท่ากับ 15-18 % ปล่อยแมลงตัวเต็มวัย (คณะแพศ) ประมาณ 200 ตัว ใส่ลงในขวดพลาสติกที่บรรจุข้าวเปลือก 3/4 ของขวด ปล่อยให้แมลงผสมพันธุ์และวางไข่ 3 วัน แยกตัวเต็มวัยออก (เจนวิทย์ และคณะ, 2554) สำหรับมอดแป้ง เลี้ยงด้วยแป้งสาลี น้ำหนัก 200 กรัมต่อขวด ปล่อยแมลงตัวเต็มวัย (คณะแพศ) ประมาณ 100-200 ตัว ปล่อยให้แมลงผสมพันธุ์และวางไข่ 5 วัน แยกตัวเต็มวัยออกและเลี้ยงแมลงให้ได้ระยะไข่ หนอน ดักแด่ และตัวเต็มวัย (เนตรนภา และคณะ, 2554)

การศึกษาระยะการเจริญเติบโตของแมลง ที่มีความทนทานต่อความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบด

ข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ความชื้น 13 % น้ำหนัก 200 กรัม นำมาผ่านความร้อนด้วยเครื่องมือที่ทำให้เกิดสภาวะฟลูอิดไดซ์เบดในระดับห้องปฏิบัติการ (Christison Scientific, UK) ใส่แมลงระยะไข่ หนอน ดักแด่ และตัวเต็มวัย ในถุงผ้า จำนวน 100 ตัวต่อระยะ ด้วงงวงข้าวโพด ทดสอบที่ระดับความเร็วลม 3.7 m/s อุณหภูมิ 50 °C เวลา 90 วินาที และมอดแป้ง ทดสอบที่ระดับความเร็วลม 3.7 m/s ที่อุณหภูมิ 40 °C เวลา 120 วินาที บันทึกอัตราการตายของแมลง หลังจากการทดลอง 5-6 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับข้าวเปลือกชุดควบคุมที่ไม่ได้ผ่านความร้อน นำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การตายโดยใช้ Abbott's formula (Abbott, 1925) วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย least significant difference (LSD)

การศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมที่ทำให้ด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้งตายอย่างสมบูรณ์

นำด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้งระยะทนทาน (ผลจากการทดลองข้างต้น) มาทดสอบผ่านความร้อนจากฟลูอิดไดซ์เบด ในช่วงเวลา 60-240 วินาที ปรับระดับความร้อน ตั้งแต่ 50-65°C เพื่อหาระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการกำจัดด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้งในระยะที่ทนทานที่สุด จำนวนแมลงที่ทดสอบ 100 ตัวต่อซ้ำ จำนวน 4 ซ้ำ ดำเนินการทดลอง เช่นเดียวกับการทดลองข้างต้น

นำข้าวเปลือกที่ผ่านความร้อนจากฟลูอิดไดซ์เบดในระดับห้องปฏิบัติการไปตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพการสี และคุณภาพทางเคมี บางประการ ได้แก่ ความชื้น อุณหภูมิเมล็ด สีข้าวสาร ดัชนีความขาว ต้นข้าว และปริมาณอะไมโลส แล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย least significant difference (LSD)

ผล

การศึกษาระยะการเจริญเติบโตของด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้ง ที่มีความทนทานต่อความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบด

อัตราการตายของด้วงงวงข้าวโพดระยะไข่ หนอน ดักแด่ และตัวเต็มวัย เมื่อผ่านความร้อนที่ระดับความเร็วลม 3.7m/s อุณหภูมิ 50 °C ระยะเวลา 90 วินาที มีอัตราการตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) เท่ากับ

36.75 ± 7.63 และ 100 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับมอดแบ่ง ที่อุณหภูมิ 40 °C ระยะเวลา 120 วินาที มีอัตราการตายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) เท่ากับ 7.25 ± 3.59, 32.25 ± 14.57, 100.00 ± 0.00 และ 12.75 ± 7.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นด้วงงวงข้าวโพด ระยะดักแด้ และมอดแบ่งระยะไข่เป็นระยะที่ทนต่อความร้อนจากฟลูอิดไดซ์เบดมากที่สุด

การศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมที่ทำให้ด้วงงวงข้าวโพด และมอดแบ่งตายอย่างสมบูรณ์

ด้วงงวงข้าวโพดระยะดักแด้ (ระยะหนาน) มีอัตราการตายอย่างสมบูรณ์ ที่ 55 °C 150 วินาที, 60 °C 90 วินาที และ 65 °C 60 วินาที ตามลำดับ และมอดแบ่งระยะไข่ (ระยะหนาน) มีอัตราการตายอย่างสมบูรณ์ ที่ 40 °C 180 วินาที, 45 °C 180 วินาที และ 50 °C 120 วินาที ตามลำดับ (Table 1-2)

Table 1 Average mortality of pupal maize weevils after exposed to fluidized bed heat treatment at combination of temperature (50, 55, 60 and 65 °C) and exposure time (60, 90, 120, 150, 180 and 240 seconds)

Time (seconds)	Mortality of pupal maize weevil (%) ± SE* at various temperature (°C)			
	50	55	60	65
Control	4.50 ± 1.73 c	9.00 ± 3.56 c	7.75 ± 3.10 b	7.75 ± 3.30 b
60	0.00 ± 0.00 c	0.00 ± 0.00 d	0.50 ± 0.58 c	100.00 ± 0.00 a
90	0.00 ± 0.00 c	96.00 ± 4.76 b	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a
120	0.00 ± 0.00 c	99.00 ± 1.41 ab	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a
150	58.75 ± 13.15 b	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a
180	68.50 ± 12.45 b	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a
240	85.50 ± 5.45 a	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a
CV (%)	23.13	3.21	1.64	1.44

* Means followed by the same letter within column are not significantly different from each other at $P < 0.01$ according to least significant difference (LSD) Test

Table 2 Average mortality of egg red flour beetle after exposed to fluidized bed heat treatment at combination of temperature (40, 45 and 50 °C) and exposure time (120, 150, 180 and 240 seconds)

Time (seconds)	Mortality of egg red flour beetle (%) ± SE* at various temperature (°C)		
	40	45	50
Control	3.00 ± 1.63 c	8.00 ± 4.55 c	8.00 ± 2.16 b
120	6.50 ± 4.65 c	95.00 ± 2.58 b	100.00 ± 0.00 a
150	84.75 ± 10.63 b	98.50 ± 1.29 a	100.00 ± 0.00 a
180	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a
240	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a
CV (%)	8.90	3.00	1.18

* Means followed by the same letter within column are not significantly different from each other at $P < 0.01$ according to least significant difference (LSD) Test

คุณภาพของข้าวเปลือกที่ผ่านความร้อนโดยเครื่องมือที่ทำให้เกิดสภาวะฟลูอิดไดซ์เบดในระดับห้องปฏิบัติการ

ข้าวเปลือกที่ผ่านความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบดที่อุณหภูมิระหว่าง 40-50 องศาเซลเซียส มีความชื้นไม่แตกต่างกับชุดควบคุม แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นความชื้นข้าวเปลือกจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) เมื่อสีเป็นข้าวสาร พบว่าข้าวสารมีสีเหลืองมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่า L* (ความสว่าง) และดัชนีความขาว ที่ลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ในขณะที่ค่า b* (สีเหลือง) เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น ส่วนปริมาณอมิโลสลดลง เมื่อพิจารณาคุณภาพการสีพบว่า เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าระหว่างร้อยละ 41-44 ซึ่งอยู่ในระดับดี (Table 3)

Table 3 Moisture content, grain temperature, color values (L^* , b^*), whiteness index, whole kernels and head rice and amylose content of rice cv. Khao Dawk Mali 105 when exposed to fluidized bed heat treatment at various temperatures and exposure times for completely killing pupal maize weevil and egg red flour beetle.

Treatment	Moisture content (%)	grain temperature (°C)	Color values**		Whiteness index	Whole kernels and Head rice (%)	Amylose (%)
			L^*	B^*			
40C180S	11.90 abc	35.33 d	69.50 a	10.49 bc	67.72 a	43.14 ^{ns}	14.45 c
45C180S	12.00 ab	41.67 c	68.81 a	10.93 b	66.92 a	42.28 ^{ns}	14.53 c
50C120S	11.83 bc	46.67 b	69.49 a	10.27 bc	67.78 a	42.65 ^{ns}	14.92 b
55C150S	11.70 c	53.67 a	65.63 c	13.43 a	62.85 bc	42.02 ^{ns}	14.78 bc
60C90S	11.73 c	54.67 a	65.26 c	12.98 a	62.69 c	42.62 ^{ns}	14.45 c
65C60S	11.83 bc	56.67 a	67.14 b	13.52 a	64.20 b	41.51 ^{ns}	15.02 b
Control	12.07 a	29.67 e	68.83 a	9.64 c	67.35 a	44.07 ^{ns}	15.39 a
CV (%)	1.02	3.03	1.25	4.62	1.26	2.29	1.39

* Means followed by the same letter within column are not significantly different from each other at $P < 0.01$ according to least significant difference (LSD) Test

วิจารณ์ผล

ด้วงวงข้าวโพดระยะดักแด้ และมอดแป้งระยะไข่ เป็นระยะที่ทนทานต่อความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบด เนื่องจากระยะไข่และดักแด้ของแมลงเป็นระยะที่มีกิจกรรมและการหายใจต่ำกว่าระยะอื่น ดังนั้นการสูญเสียน้ำจึงลดลง (Chapman, 1998) ผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของ ใจทิพย์ และคณะ (2553) ที่พบว่าระยะตัวเต็มวัยของด้วงวงข้าวโพดอ่อนแอต่อความร้อนมากกว่าระยะอื่น ความร้อนจากระบบฟลูอิดไดซ์เบดในการอบข้าวเปลือกเมื่อแรกเข้าโรงสีเป็นความร้อนที่ 42-65°C ระยะเวลาประมาณ 5-10 นาที สามารถกำจัดด้วงวงข้าวโพด หรือมีผลในการกำจัดแมลงที่ติดมาจากแปลงผลิตผลภายหลังการเก็บเกี่ยวได้

สรุป

ด้วงวงข้าวโพดในระยะดักแด้ และมอดแป้งในระยะไข่ ทนทานต่อความร้อนแบบฟลูอิดไดซ์เบดมากที่สุด มีอัตราการตายอย่างสมบูรณ์ ที่ 55 °C 150 วินาที, 60 °C 90 วินาที และ 65 °C 60 วินาที และ 40 °C 180 วินาที, 45 °C 180 วินาที และ 50 °C 120 วินาที ตามลำดับ และส่งผลให้คุณภาพข้าวเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

คำขอขอบคุณ

ขอขอบคุณ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำหรับการสนับสนุนทุนศึกษาวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- เจนวิทย์ ทาแกง, เขียวลักษณะณ์ จันทร์บาง และไสว บุรณพานิชพันธุ์. 2554. ประสิทธิภาพของก๊าซไอโซนในการควบคุมด้วงวงข้าวในข้าวสาร. วารสาร วิทยาศาสตร์เกษตร 42 (1 พิเศษ): 410-413.
- ใจทิพย์ อุไรชื่น, อัจฉรา เพชรโชติ และพรทิพย์ วิสารทานนท์. 2553. การควบคุมด้วงวงข้าวโพด *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) ศัตรูข้าวหลังเก็บเกี่ยวด้วยการใช้ความร้อน. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48. หน้า 54-64.
- เนตรนา ศรีสองสม, เขียวลักษณะณ์ จันทร์บาง และไสว บุรณพานิชพันธุ์. 2554. ประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงบางชนิดและการใช้ร่วมกับดินเบาในการกำจัดมอดแป้งจากโรงเก็บข้าวโพด. วารสารเกษตร 27 (2): 155-164.
- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265-267.
- Abd El-Aziz, S. E. 2011. Control strategies of stored product pests. *Journal of Entomology* 8(2): 101-122.
- Chapman, R. F. 1998. Reproductive system: male. pp. 268-294. In: R. F. Chapman (ed.). *The insects: Structure and Function*. Cambridge University, Cambridge.
- Evans, D. E. and T. Dermott. 1979. The potential of fluidized-bed techniques in insect control. p: 222-229.
- Pande, R. and H. N. Mishra. 2013. Effect of fluidized bed heat treatment on insect mortality, proximate composition and antinutritional content of stored green gram (*Vigna radiata*) seeds. *Journal of Food Chemistry and Nutrition* 01 (02): 94-99.