

การสำรวจการกำจัดแมลงในข้าวสารหอมมะลิ
ในอุตสาหกรรมโรงสีข้าวของประเทศไทย : กรณีศึกษาโรงสีข้าวจังหวัดสุรินทร์
The Survey of the Hom Mali Rice Disinfestations Method in Thailand Rice
Milling Industry : Case Study of Rice Milling in Surin Province

วิทยา อินทร์สอน* สุขอังคณา ลี นลิน เพียรทอง สุริยา โชคสวัสดิ์ เจริญ ชุมมวล
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

Withaya Insorn* Sukangkana Lee Nalin Pianthong Suriya Choksawatdee Charoen Chummuel
Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University,
Warinchamrap, Ubonratchathani 34190
Tel: 0-4535-3307 E-mail: With_14@chaiyo.com

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอผลการสำรวจ ชนิดของแมลงที่ทำลายคุณภาพข้าวสารหอมมะลิ ในระหว่างการเก็บรักษานาน ตลอดจนผลสำรวจวิธีการป้องกัน และการกำจัดแมลงในข้าวสารในอุตสาหกรรมโรงสีข้าวที่มีใช้ในปัจจุบัน โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะเป็นแนวทางในการศึกษาวิธีการกำจัดแมลงที่เหมาะสม ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ศัตรูข้าวสารหอมมะลิในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลานานที่มีการสำรวจพบในประเทศไทยมีหลายชนิดแต่ที่พบมาก คือด้วงงวงข้าวและด้วงงวงข้าวโพด ด้วงทั้งสองชนิดมีขนาดเล็ก ตัวเต็มวัยจะกัดกินเมล็ดข้าวสาร ทำให้เกิดความเสียหาย และไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค จากการสำรวจวิธีป้องกันและกำจัดแมลงในข้าวสารหอมมะลิแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ การใช้สารเคมี และการใช้สารเคมี พบว่าการใช้สารเคมี จะมีผลทำให้เกิดพิษตกค้าง ซึ่งจะมีอันตรายต่อผู้บริโภค และเกิดการกีดกันด้านการค้าได้ วิธีที่ไม่ใช้สารเคมีจะปลอดภัยต่อผู้บริโภค แต่ยังไม่เป็นที่แพร่หลาย จากการรายงานเมื่อไม่นานมานี้ได้มีการทดลองนำรังสีอินฟราเรดเข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อกำจัดแมลงในข้าวสารและมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาพัฒนาต่อยอด เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมโรงสีข้าวได้

คำหลัก: การสำรวจ วิธีกำจัดแมลง ข้าวสารหอมมะลิ

Abstract

This article is a survey reporting the insects that deteriorate rice quality, the protection and disinfestations of Hom mali rice in the milling industry. The quality of Hom Mali rice destroyed by insect during storage was usually reported. There are many types of insect involved but only 2 main types that mainly found were the Rice Weevil and the Maize Weevil. Both types are small, quick growth by eating rice. The protection and disinfestations of Hom mali rice found are mainly 2 types either the non-chemical or the chemical method. However, the chemical and insecticides could leave residual and toxic, which is harmful for user and consumer. The non-chemical method is more environmental friendly but has low efficiency and small application. Recently, there is a report of using an infrared radiation heating to kill insect in rice. This may lead to a new and effective way in disinfestations that need further study in feasibility in applying in the rice milling industry.

Keywords: Survey, disinfestations, hom mali rice

1. บทนำ

ข้าว (Rice : *Oryzae Sativa L.*) เป็นพืชที่มีความสำคัญต่อมนุษย์มานานนับพันปี ประชากรกว่าครึ่งหนึ่งของประชากรโลกบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก ทวีปเอเชียมีประชากรส่วนใหญ่บริโภคข้าว และมีพื้นที่ปลูกข้าวประมาณร้อยละ 90 ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมด สำหรับประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวนาปีทั้งประเทศประมาณ 56.852 ล้านไร่ [1] ให้ผลผลิตข้าวนาปี 20.732 ล้านตันข้าวเปลือก และนาปรังประมาณ 9 ล้านตันข้าวเปลือก และมีอัตราผลผลิตข้าวเปลือกเฉลี่ย 365 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นที่ทราบกันดีว่า ข้าวหอมมะลิเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญในอันดับหนึ่งของประเทศไทย มีการผลิตเพื่อบริโภคทั้งภายในประเทศ และส่งเป็นสินค้าออกไปต่างประเทศ โดยไทยจัดเป็นหนึ่งในประเทศผู้จำหน่ายข้าวรายใหญ่ของโลก จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กรมศุลกากร [2] ประเทศไทยมีปริมาณและมูลค่าการส่งออกข้าวหอมมะลิ ปี พ.ศ. 2550 กว่า 1.8 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่าการส่งออกกว่า 34,800 ล้านบาท โดยมีมูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2549 คิดเป็นร้อยละ 12.6 ดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ปริมาณการส่งออกข้าวหอมมะลิชนิดต่างๆ ปี 2549 – 2550 [2]

ประเภทข้าว	ปริมาณ (ตัน)	
	พ.ศ. 2549	พ.ศ. 2550
ข้าวหอมมะลิ ร้อยละ 100 ชั้น 1	163,135.56	250,203.26
ข้าวหอมมะลิ ร้อยละ 100 ชั้น 2	1,320,494.62	1,420,257.22
ข้าวหอมมะลิ ร้อยละ 100 ชั้น 3	126,559.25	124,309.19
ข้าวหอมมะลิ ร้อยละ 5-15	29,442.96	59,447.49
รวม	1,639,632.39	1,854,217.15

แหล่งผลิตข้าวที่สำคัญของประเทศไทย อยู่ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ [3] โดยเฉพาะข้าวหอมมะลิซึ่งเป็นที่ยอมรับกันมาก เนื่องจากทนต่อสภาพอากาศแห้งแล้ง ผลผลิตได้ราคาดี และเป็นที่ยอมรับของตลาดพันธุ์ที่นิยมปลูกมาก คือ ข้าวพันธุ์ดอกมะลิ 105 (hom

mali rice 105) เป็นข้าวที่มีคุณภาพดี มีกลิ่นหอม แหล่งปลูกข้าวหอมมะลิที่สำคัญ ได้แก่ จังหวัดมหาสารคาม ยโสธร สุรินทร์ ศรีสะเกษ และร้อยเอ็ด

ตารางที่ 2 มูลค่าการส่งออกข้าวขาวหอมมะลิชนิดต่างๆ ปี 2549 – 2550 [2]

ประเภทข้าว	มูลค่า (ล้านบาท)	
	พ.ศ. 2549	พ.ศ. 2550
ข้าวหอมมะลิ ร้อยละ 100 ชั้น 1	3,118.56	4,533.84
ข้าวหอมมะลิ ร้อยละ 100 ชั้น 2	25,037.76	27,095.82
ข้าวหอมมะลิ ร้อยละ 100 ชั้น 3	2,297.48	2,310.22
ข้าวหอมมะลิ ร้อยละ 5-15	483.13	905.92
รวม	30,936.93	34,845.81

อุตสาหกรรมโรงสีข้าว นั้นถือได้ว่ามีความสำคัญมากต่อระบบตลาดข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพราะนอกจากทำหน้าที่หลักในการแปรรูปข้าวเปลือกเป็นข้าวสารแล้ว ยังมีหน้าที่เป็นคนกลางค้าข้าวเปลือกที่มีอำนาจในการกำหนดราคาซื้อขายข้าวเปลือกได้เสมอ ส่งผลให้ธุรกิจโรงสีข้าวกระจายอยู่ในท้องที่ หรือในภาคต่างๆ จากข้อมูลของกรมโรงงานอุตสาหกรรมในปี พ.ศ.2548 [4] โรงสีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีจำนวนมากที่สุด เท่ากับ 29,258 โรง คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 74.3 รองลงมาภาคเหนือเท่ากับ 5,884 โรง คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 14.9 และเมื่อรวมจำนวนโรงสีทั้งประเทศเท่ากับ 39,834 โรง การขยายตัวของอุตสาหกรรมโรงสีข้าว ได้ขยายตัวเพิ่มขึ้นตามความต้องการของตลาด ดังนั้นในการเก็บรักษาข้าวสารทั้งในระดับเกษตรกรพ่อค้า และโรงสีข้าว เพื่อให้ข้าวสารสามารถเก็บรักษาได้อย่างเหมาะสม มีอายุที่ยาวนานขึ้น อย่างไรก็ตามศัตรูหรือแมลงของข้าวสารที่สำคัญ ได้แก่ มอดหัวป้อม มอดสยาม ผีเสื้อข้าวเปลือก ตัวงวงข้าว ตัวงวงข้าวโพด และมอดแป้ง เป็นต้น [5] นอกจากนี้จากนโยบายของรัฐบาลที่ให้มีมาตรการประกันราคาข้าว ทำให้เกษตรกรต้องการขายข้าวกับโรงสีมากขึ้น ดังนั้นโรงสีต้องเพิ่มพื้นที่โกดังในการเก็บรักษาข้าวมากขึ้น ในปัจจุบันการป้องกัน และการกำจัด สามารถทำได้หลาย

วิธี อาทิ การลดความชื้นในเมล็ด ควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ความร้อนและความเย็นจัดเพื่อหยุดการเจริญเติบโตของแมลงหรือทำให้แมลงบางชนิดตาย การเก็บในสุญญากาศ และการใช้สารเคมีฆ่าแมลง เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีนั้นมีข้อดี ข้อเสียแตกต่างกันออกไป โดยเฉพาะปัญหาของการใช้สารเคมีในการกำจัดแมลงที่ปะปนในข้าวสาร อาจทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สารเคมีก่อให้เกิดปัญหาต่อการส่งออก สารเคมีก่อให้เกิดสารก่อมะเร็ง เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค คุณค่าทางอาหารไม่สมบูรณ์ [6] นอกจากนี้แมลงที่เข้าทำลายข้าวสาร จะทำให้เกิดความสูญเสียหลายอย่าง เช่น น้ำหนัก คุณค่าทางอาหาร ความสวยงาม คุณภาพ เงินและชื่อเสียง เป็นต้น การลดความชื้น และการควบคุมอุณหภูมิ เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ แต่จะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิ และระยะเวลาให้เหมาะสม มิเช่นนั้นโครงสร้างข้าวอาจเกิดการเสียหายได้

ดังนั้น โรงสีข้าวที่ส่งออก จะต้องมีการปรับปรุงและเก็บรักษาที่ดี ได้รับการรับรองมาตรฐาน ความบริสุทธิ์ปลอดภัยจากสารเคมีอย่างแท้จริงจากหน่วยงานตรวจสอบผลิตภัณฑ์อินทรีย์สากล (international standard) จาก Bioagricert ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์อินทรีย์ จากประเทศอิตาลี หนึ่งในสมาชิก IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movement) และจากสำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (มกท.) ในทุกฤดูกาลเก็บเกี่ยว หรือทุกครั้งที่เกิด เพื่อให้มั่นใจว่าเป็นข้าวบริสุทธิ์ ปลอดภัยจากสารเคมีตกค้างอย่างแท้จริง [7] นอกจากนี้ภาครัฐยังกำหนดนโยบายควบคุมโรงสีข้าวอย่างเข้มงวด เพื่อป้องกันการปลอมปนข้าวและเข้มงวดให้โรงสีข้าวปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ได้มาตรฐาน GMP และ HACCP [8]

2. ผลการสำรวจ

2.1 ผลสำรวจสถานการณ์ส่งออกข้าวหอมมะลิ ในปัจจุบันในภาพรวมของประเทศไทย

โดยมีการส่งออกปริมาณ 213,553 ตัน มูลค่า 5,504.6 ล้านบาท ระหว่างเดือนธันวาคม 2551 เนื่องจากว่าเป็นช่วงที่ทางโรงสีจะตัดบัญชี สรุปรวมค่าใช้จ่ายต่างๆ และเช็คยอดจำนวนข้าวทั้งหมด พบว่า

ตลาดข้าวสารหอมมะลิที่ส่งออก สามารถแยกตามกลุ่มราคาได้ 4 กลุ่ม [9]

2.1.1 กลุ่มราคาสูง (คิดเป็น ร้อยละ 63)

- ข้าวหอมมะลิ ประเทศที่ส่งออก ได้แก่ สหรัฐอเมริกา ฮองกง จีน สิงคโปร์ และอียู เป็นต้น
- ข้าวขาว ร้อยละ 100 , ร้อยละ 5 ประเทศที่ส่งออก ได้แก่ อิหร่าน อิรัก และมาเลเซีย เป็นต้น

2.1.2 กลุ่มราคาปานกลาง (คิดเป็นร้อยละ 5)

- ข้าวขาว ร้อยละ 10 , ร้อยละ 5 ประเทศที่ส่งออก ได้แก่ อินโดนีเซีย และมาเลเซีย เป็นต้น

2.1.3 กลุ่มราคาถูก (คิดเป็น ร้อยละ 10)

- ข้าวคุณภาพต่ำ แบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ
 - (1) ข้าว ร้อยละ 25 - ร้อยละ 45 ประเทศที่ส่งออก ได้แก่ ฟิลิปปินส์ และ อินโดนีเซีย เป็นต้น
 - (2) ข้าวท่อน - หอมมะลิ ประเทศที่ส่งออก ได้แก่ เซเนกัล และไอเวอรี่โคสต์ เป็นต้น
 - (3) ข้าวท่อน - ปลายข้าว ประเทศที่ส่งออก ได้แก่ เซเนกัล และอินโดนีเซีย เป็นต้น
 - (4) กลุ่มข้าวหนึ่ง (คิดเป็นร้อยละ 22)

- ข้าวหนึ่ง ประเทศที่ส่งออก ได้แก่ ไนจีเรีย แอฟริกา และเยเมน เป็นต้น

นอกจากนี้จากการสำรวจการส่งออก และประเทศนำเข้าข้าวหอมมะลิ ร้อยละ 100 ชั้น 2 ของสมาคมผู้ส่งออกข้าวของไทยปี พ.ศ.2549-2551 มีดังแสดงในตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3 การส่งออกข้าวหอมมะลิ ร้อยละ 100 ชั้น 2 [9]

รายการ	พ.ศ. 2549	พ.ศ. 2550	พ.ศ. 2551
ปริมาณการส่งออก (ล้านตัน)	1.32	1.42	1.20
มูลค่ารวม (ล้านบาท)	25,038	27,056	33,298
มูลค่าเฉลี่ย/ตัน (บาท/ตัน)	18,961	19,077	27,710

จากปริมาณการส่งออกข้าวหอมมะลิ ร้อยละ 100 ชั้น 2 ใน ปี 2549 - 2551 ปริมาณการส่งออก ในปี 2551 คิดเป็น 1.20 ล้านตัน มูลค่ารวม 33,298 ล้านบาท และมูลค่า เฉลี่ย/ตัน เท่ากับ 27,710 บาท/ตัน

ตารางที่ 4 ประเทศผู้นำเข้าข้าวหอมมะลิ ร้อยละ 100 ชั้น 2 [9]

หน่วย : ตัน

ประเทศ	พ.ศ. 2549	พ.ศ. 2550	พ.ศ. 2551
สหรัฐฯ	299,732	298,326	274,400
จีน	270,125	185,316	83,309
ฮ่องกง	105,173	110,535	100,810
โกตดิวัวร์	51,327	110,294	62,691
สิงคโปร์	115,701	85,946	81,875
อื่นๆ	478,436	627,832	598,591
รวม	1,320,495	1,418,251	1,201,676

ประเทศผู้นำเข้าข้าวหอมมะลิ ร้อยละ 100 ชั้น 2 ในปีพ.ศ.2548 - 2551 ประเทศผู้นำเข้าในปริมาณมากที่สุด ในปีพ.ศ.2551 คือ สหรัฐอเมริกา จำนวน 274,400 ตัน และจีน จำนวน 83,309 ตัน ตามลำดับ

2.2 ผลสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ จังหวัดสุรินทร์

จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการโรงสีข้าวรูปที่ 1 จำนวน 10 ราย ทั้งเอกชน และสหกรณ์ในเขตจังหวัดอีสานใต้ ซึ่งเป็นแหล่งปลูกข้าวที่สำคัญ เช่น โรงสีข้าวอินทรีย์กองทุนข้าว โรงสีข้าวสหกรณ์ปราสาท โรงสีข้าวเกียรติอาภาเดช และโรงสีข้าวเจริญผล จังหวัดสุรินทร์ เป็นต้น พบว่า โรงสีข้าวในจังหวัดได้มีการรวมกลุ่มก่อตั้งเป็นสมาคมผู้ส่งออกข้าว ผู้ประกอบการค้าข้าว ในเขตจังหวัดสุรินทร์



รูปที่ 1 สัมภาษณ์ผู้ประกอบการโรงสีข้าวส่งออกข้าวหอมมะลิ ในจังหวัดสุรินทร์ที่ผู้วิจัยได้ไปสำรวจ และสัมภาษณ์

ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์โดยการใช้แบบสอบถามสามารถสรุปแยกประเด็นได้ดังนี้

1) ลักษณะธุรกิจ คือ โรงสีจะประกอบธุรกิจในรูปแบบ ห้างหุ้นส่วนจำกัด ร้อยละ 70 ในรูปแบบบริษัท ร้อยละ 20 และอีกร้อยละ 10 มีการจัดการแบบธุรกิจครอบครัว

2) ลักษณะการจำหน่าย คือ มีการจำหน่ายต่างประเทศคิดเป็นร้อยละ 80 และขายส่งในประเทศ ร้อยละ 20

3) ประสบการณ์ในการดำเนินธุรกิจโรงสีข้าว คือโรงสีขนาดเล็ก มีการดำเนินกิจการมาแล้ว ประมาณ 10 ถึง 15 ปี โรงสีขนาดกลาง 15 - 25 ปี และโรงสีขนาดใหญ่มากกว่า 25 ปี ขึ้นไป

4) มูลค่าทรัพย์สินและอุปกรณ์ในการดำเนิน กิจการโรงสีขนาดเล็ก เฉลี่ย 2,590,990 บาท โรงสีขนาดกลาง เฉลี่ย 17,795,649 บาท และโรงสีขนาดใหญ่ เฉลี่ย 29,326,080 บาท

5) กำลังการผลิต โรงสีขนาดเล็ก ต่ำกว่า 10 ตันต่อวัน โรงสีขนาดกลางประมาณ 11-29 ตันต่อวัน และโรงสีขนาดใหญ่ สามารถผลิตได้มากกว่า 30 ตันต่อวันขึ้นไป

6) การลดความชื้นข้าวเปลือกของโรงสีข้าว มี 2 ลักษณะ คือ ใช้เครื่องอบลดความชื้นคิดเป็น ร้อยละ 80 และใช้การตากที่ลานตากข้าว ร้อยละ 20

7) พลังงานที่ใช้ในการสีข้าว คือ พลังงานไฟฟ้าร้อยละ 80 แกลบร้อยละ 20

นอกจากนี้ ข้าวสารสำหรับส่งออกทางโรงสีข้าวจะผลิตตามที่ถูกค้าต้องการ ในการขนส่งส่วนใหญ่นิยมขนส่งทางรถบรรทุก และรถไฟ

2.3 การสำรวจศัตรูของข้าวสารหอมมะลิที่ทำให้คุณภาพข้าวสารลดลง เมื่อมีการเก็บไว้เป็นระยะเวลา

แมลงและศัตรูข้าวมีอยู่หลายชนิด เช่น มอดหัวป้อม มอดสยาม ผีเสื้อข้าวเปลือก ตัวงวงข้าว ตัวงวงข้าวโพด และมอดแป้ง เป็นต้น [5] โดยทั่วไปมีขนาดเล็กกินอาหารน้อย แต่ขยายพันธุ์ได้ง่าย ทำให้ประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แมลงดังกล่าวจะกัดกินข้าวเป็นอาหาร หรือแทะเล็มภายนอก (external feeder) และแมลงที่ชอบกัดกินภายในเมล็ด (internal feeder) จะก่อความเสียหายต่อข้าวสารในลักษณะต่างๆ เช่น ทำให้ข้าวสารเป็นรูแห้ว หรือ มีฝุ่นผง นอกจากนี้ ยังพบว่าแมลงยังสามารถกัดทำลายภาชนะบรรจุ ดังรูปที่ 2 [10]



รูปที่ 2 ลักษณะการกัดทำลายภาชนะบรรจุ โรงสีสหกรณ์ปราสาท จังหวัดสุรินทร์

นอกจากนี้ข้อมูลสำรวจจากผู้ประกอบการโรงสี ในจังหวัด สุรินทร์ ยังพบว่าเมื่อเก็บข้าวสารไว้เป็นเวลานาน จะทำให้ข้าวมีกลิ่นหืนหรือเหม็น เนื่องจากมีสิ่งปฏิกลจากแมลง ที่มากัดทำลายข้าวสารทำให้ข้าวสารสกปรก และมีฝุ่นผง ขาดคุณภาพหรือรสชาติ ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

2.4 ชนิดแมลงที่ทำการสำรวจพบ

แมลงที่พบมาก คือ ตัวงวงข้าว หรือมอดข้าวสาร (rice weevil) และตัวงวงข้าวโพด (maize weevil) ดังนี้คือ [11]

1) ตัวงวงข้าว หรือมอดข้าวสาร (rice weevil)

ตัวงวงข้าว รูปที่ 3 เป็นแมลงศัตรูผลิตผลเกษตรที่สำคัญทำลายเมล็ดธัญพืชหลายชนิด โดยเฉพาะข้าวเปลือก ข้าวสาร ข้าวสาลี ทั้งตัวเต็มวัย และตัวหอน ร่วมกันทำลายเมล็ดพืช เมล็ดที่ถูกทำลายจะเป็นรู และข้างในเป็นโพรง ถ้ามีการทำลายสูงเมล็ดจะเหลือแต่เปลือกนำมาบริโภคไม่ได้ [12]



ตัวเต็มวัย

รูปที่ 3 ตัวงวงข้าว [12]

2) ตัวงวงข้าวโพด (maize weevil)

ตัวงวงข้าวโพด รูปที่ 4 เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของเมล็ดธัญพืช โดยจะอาศัยและกัดกินภายในเมล็ด ซึ่งจะทำลายร่วมกับ ตัวงวงข้าว เมล็ดพันธุ์ที่เก็บไว้เป็นเวลา 6 เดือน จะได้รับความเสียหายถึง ร้อยละ 22 ทำให้นำไปใช้ประโยชน์ต่อไปไม่ได้ [12]



รูปที่ 4 ตัวงวงข้าวโพด [12]

2.5 ผลการสำรวจปริมาณ และมูลค่าการนำเข้าสารเคมี ในประเทศไทย

ปริมาณ และมูลค่าการนำเข้าสารเคมีเกษตร ในประเทศไทยปี 2550 แบ่งออกได้ 4 ชนิด คือ

1) สารกำจัดวัชพืช (herbicide) คิดเป็นร้อยละ 63 มีปริมาณการนำเข้า 51,535 ตัน คิดเป็นมูลค่า 6,141 ล้านบาท

2) สารกำจัดแมลง (insecticide) คิดเป็นร้อยละ 19 มีปริมาณการนำเข้า 15,228 ตัน คิดเป็นมูลค่า 3,158 ล้านบาท

3) สารป้องกันโรคพืช (plant growth regulator) คิดเป็นร้อยละ 13 มีปริมาณการนำเข้า 10,206 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1,681 ล้านบาท

4) สารอื่นๆ (other) คิดเป็นร้อยละ 5 มีปริมาณการนำเข้า 3,632 ตัน คิดเป็นมูลค่า 424 ล้านบาท

2.6 วิธีการป้องกัน และกำจัดแมลง ในข้าวสารหอมมะลิ

มี 2 ประเภทคือ

2.6.1 การป้องกันและกำจัดโดยใช้สารเคมี

เป็นการนำเอาสารเคมี เช่น สารฆ่าแมลง ฮอร์โมน และสารไล่ เป็นต้น มาใช้ในการป้องกัน และกำจัดแมลง ผลของการใช้สารฆ่าแมลงต่อผลผลิตเกษตร จะทำให้เกิดพิษตกค้าง จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณชนิดของสารฆ่าแมลง โดยสารฆ่าแมลง แบ่งได้ 2 ชนิด คือ

2.6.1.1 สารฆ่าแมลงชนิดถูกตัวตาย (contact insecticides)

เป็นสารฆ่าแมลงทำให้แมลงตาย เมื่อสัมผัสกับสารฆ่าแมลง จากข้อมูล Fumigant and Insecticides use Training Notes คศ. 1985 ของ Tropical Development and research Institute ประเทศอังกฤษ สามารถแบ่งได้ 5 กลุ่ม [13]

(1) กลุ่มออร์กาโนคลอรีน เป็นสารฆ่าแมลงที่จัดว่าสลายตัวช้า มีพิษตกค้างยาวนานในสิ่งแวดล้อม และพิษของสารฆ่าแมลงมีผลให้สัตว์หลายชนิด สูญพันธุ์ เช่น DDT Endrin Aldrin และ Dieldrin เป็นต้น ไม่นำมาใช้กับผลผลิตการเกษตร

(2) กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส เป็นสารฆ่าแมลงที่มีพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมสูง แต่บางชนิดมีพิษต่ำ เช่น

Malathion Pirimiphos methyl Chlorpyrifos methyl Bromophos Dichlorvos Etrimphos และ Phoxim เป็นต้น (3) กลุ่มไพรีทรอยด์ เป็นสารที่สกัดจากธรรมชาติซึ่งสกัดจากดอกไพรีทรัมโดยสารสกัดธรรมชาติสลายตัวได้รวดเร็วเมื่อถูกแสงแดด และบางชนิดอาจไม่สลายตัวเมื่อถูกแสง จะเป็นพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมต่ำ แต่บางชนิดมีพิษสูง เช่น Permethrin Cypermethrin Deltamethrin และ Fenvalerate เป็นต้น

(4) กลุ่มคาร์บาเมท เป็นสารฆ่าแมลงที่มีพิษสูงมากต่อคนและสัตว์ คาร์บาเมทส่วนใหญ่จะผลิตในรูปผงละลายน้ำได้ สำหรับใช้บนพื้นผิวดินโกดัง หรือโรงเก็บ เช่น Bendiocarb Propoxur และ Dioxocarb เป็นต้น สารฆ่าแมลงทั้ง 3 ชนิดนี้ ก่อนใช้งานอยู่ในสภาพแวดล้อมได้นาน มีพิษต่อคน และสัตว์สูง สารพวกนี้เหมาะสำหรับพื้นที่พื้นหรือฝา และต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ

(5) กลุ่มคละ เป็นกลุ่มสารฆ่าแมลงชนิดใหม่ ซึ่งทำปฏิกิริยากับแมลง โดยการก่อวิน ทำให้แมลงอ่อนแอต่อสารฆ่าแมลง เช่น Diffubenzuron เป็นต้น

2.6.1.2 สารรม (fumigant)

เป็นสารเคมีที่อยู่ในรูปของก๊าซภายใต้อุณหภูมิและความดันปกติ แต่ต้องรักษาระดับความเข้มข้นของสารรมไว้ระดับหนึ่งก็จะสามารถฆ่าแมลงหรือสิ่งมีชีวิตชนิดที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ [14]

(1) Methyl bromide (CH_3Br) เป็นสารรมที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่ติดไฟ ทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้ ปัจจุบันมีจำหน่ายเป็นของเหลวบรรจุอยู่ใน กระป๋อง และถังเหล็ก ปัจจุบันนี้มีการใช้ลดน้อยลง เนื่องจากว่าเป็นสารที่ทำลาย Ozone ในชั้นบรรยากาศ แต่ก็ยังมีใช้อยู่บ้าง เพราะว่ามีประสิทธิภาพในการแทรกซึมสูง และกระจายตัวได้เร็ว ใช้เวลารวมประมาณ 24-48 ชั่วโมง

(2) Phosphine (PH_3) เป็นสารรม ที่นิยมใช้กันมาก วิธีการใช้ค่อนข้างง่าย มีอุปกรณ์ ไม่ค่อยยุ่งยาก สะดวกในการใช้ ฟอสฟีน มีคุณสมบัติหนักกว่าอากาศ สามารถติดไฟ และระเบิดได้ในอากาศ แต่สิ่งที่เหลือจากการรรมยา คือ ผงฟอสฟีนเหลืออยู่ ดังนั้นเวลาเอาผงที่เหลือออก จะต้องทำด้วยความระมัดระวัง ซึ่งอาจนำฝังได้ ดินลึก ½ เมตร

ปัญหาที่พบ ได้แก่ สารพิษตกค้างในร่างกาย และการกักกินของแมลงในข้าวสาร เมล็ดข้าวเป็นรู เป็นฝุ่นผง

การปนเปื้อนของมูลและเศษแมลง สูญเสียน้ำหนัก คุณค่าทางอาหาร ความสวยงาม เงิน และชื่อเสียง เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การป้องกันการเกิดของแมลงและการเสื่อมคุณภาพของข้าว เป็นสิ่งที่ช่วยสร้างความเชื่อถือให้แก่ผู้บริโภคต่างประเทศ โดยตั้งแต่องค์การการค้าโลก (World Trade Organization : WTO) ประกาศใช้ในการค้าบางประเทศได้คำนึงถึง ความปลอดภัย จากการใช้สารเคมี ภาครัฐจึงมีนโยบายควบคุมโรงสีข้าวอย่างเข้มงวด เพื่อป้องกันการปลอมปนข้าว และเข้มงวด ให้โรงสีข้าวปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ได้มาตรฐาน Good Manufacturing Practice (GMP) และ Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) [8] ดังนั้นการสำรวจวิธีการกำจัดแมลง ในข้าวสารหอมมะลิ ในอุตสาหกรรมโรงสีข้าว เพื่อป้องกันการแพร่หรือการเกิดของแมลง และหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีก่อนการบรรจุ

2.6.2 การป้องกันและกำจัดโดยไม่ใช้สารเคมี

เป็นการนำเอาวิธีการต่างๆที่ไม่ใช้สารเคมี เช่น การรักษาความสะอาด การใช้ความร้อนและความเย็น การใช้กับดักแสงไฟ การใช้พลังงานคลื่นไฟฟ้า การใช้ภาชนะบรรจุที่สามารถป้องกันแมลงได้ การใช้น้ำมันพืช และการใช้ส่วนต่างๆของพืชมาใช้ในการป้องกัน และกำจัดแมลง ซึ่งมีข้อควรปฏิบัติคือ

(1) การรักษาความสะอาด ดังรูปที่ 5 คือควรเตรียมความพร้อมของสภาพโรงเก็บ ทำความสะอาดพื้น ส่วนต่างๆของโรงเก็บ ทั้งภายใน และภายนอก ก่อนที่จะนำข้าวเข้าเก็บรักษา ต้องดูแลทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา โดยจะทำให้การแพร่ระบาดของแมลงน้อยลงนอกจากภาชนะที่บรรจุ เช่น ถุง กระสอบ และไซโล เป็นต้น อาจถูกละเลยและไม่ได้ทำความสะอาด อาจมีแมลงหลบซ่อน หรือตกค้างอยู่ เนื่องจากแมลงมีขนาดเล็กประมาณ 2-3 มิลลิเมตร ดังนั้นเมื่อนำไปบรรจุข้าวสาร แมลงที่หลบซ่อนอยู่ก็จะเข้าไปทำลาย ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายต่อมา



รูปที่ 5 โรงเก็บข้าวสาร (โรงสีข้าวสินอุดมสุรินทร์)

(2) การใช้ความเย็น คือ แผลงศัตรูผลผลิตการเกษตรส่วนใหญ่ จะไม่มีความต้านทานต่ออุณหภูมิต่ำ ทำให้แมลงหยุดชะงักการกินอาหาร และอาจตายได้ อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส แมลงมักจะไม่วางไข่ แต่ถ้าต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส การวางไข่ และการเจริญเติบโตจะหยุดชะงัก ดังนั้นการเก็บรักษาข้าวเปลือกไว้ที่อุณหภูมิที่ระหว่าง 5-10 องศาเซลเซียส จะช่วยป้องกันแมลงได้ และที่ความเย็น - 2 ถึง - 5 องศาเซลเซียส แมลง จะตายได้ [15]

(3) การใช้ความร้อน เป็นการให้ความร้อนในการกำจัดแมลง แต่ที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ดังตารางที่ 5 ระยะเวลาในการอบ การเจริญเติบโตของแมลง และระดับความชื้นสัมพัทธ์ โดยแมลงไม่สามารถทนทานต่อความร้อนเกิน 60 องศาเซลเซียส ได้ ดังนั้นจะถ้าอบเมล็ด 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที จะสามารถกำจัดแมลงได้ทุกชนิด ซึ่งอุณหภูมิระดับนี้ไม่เป็นอันตรายต่อความงอกของข้าวเปลือก [16] แต่แมลงที่ความทนทานต่อความร้อนที่อุณหภูมิ 49 องศาเซลเซียส โดยเรียงจากมากไปหาน้อยดังนี้คือ มอดยาสูบ มอดหนวดยาว มอดข้าวเปลือก ตัวงวงข้าว มอดแป้ง ตัวงออิฐ ตัวงวงข้าวสาลี มอดพื้นเลื้อยใหญ่ และมอดพื้นเลื้อย ตามลำดับ

(4) การใช้พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นการใช้พลังงานต่างๆ เช่น พลังงานรังสีกำจัดแมลง เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถกำจัดได้ แมลงจะดูดพลังงานเร็วกว่า เมล็ดพืช ดังนั้นแมลงจึงตายได้อย่างรวดเร็ว โดยที่เมล็ดไม่ถูกทำ

ตารางที่ 5 ระดับอุณหภูมิที่มีผลต่อแมลงศัตรูข้าว [17]

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ผลต่อแมลงศัตรูข้าว
50 - 60	ตายภายใน 1 นาที
45 - 50	ตายภายใน 1 ชั่วโมง
35	การเจริญเติบโตหยุดชะงัก
33 - 35	การเจริญเติบโตชะลอลง
25 - 33	การเจริญเติบโตสูงที่สุด
13 - 25	การเจริญเติบโตชะลอลง
5	ตายภายใน 1 สัปดาห์ - 1 เดือน และหยุดการเคลื่อนไหว
- 10 ถึง 5	ตายภายใน 1 วัน
- 25 ถึง -15	ตายภายใน 1 นาที

ลาย ตัวงวงข้าวและตัวงวงข้าวสาลี ที่อยู่ในเมล็ดข้าวสาลีจะตายภายใน 2-3 นาที เมื่อนำผ่านพลังคลื่นไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 23-41 องศาเซลเซียส โดยปกติอุณหภูมิ 41 องศาเซลเซียส ไม่สามารถฆ่าแมลงได้ แต่ถ้าอุณหภูมินั้นถูกการชักนำ โดยพลังงานไฟฟ้า จะทำให้แมลงได้รับอุณหภูมิที่สูงกว่า และทำให้แมลงตายได้ [18] นอกจากนี้ยังได้มีงานวิจัยประยุกต์ใช้ รังสีแกมมาในการกำจัดแมลง ดังงานวิจัยของ [19] ผลพบว่า ผลจากการฉายรังสีแกมมา ^{60}Co 2 K Gy สามารถนำไปประยุกต์ใช้ ในการควบคุมแมลงยาสูบ ในโรงเก็บยาสูบ โดยสามารถกำจัดแมลงทั้งตัวอ่อน และตัวเต็มวัยได้ และทำให้มันแมลงไม่ปรากฏ หลังจากการฉายรังสี 18 วัน อย่างไรก็ตามหากจะนำมาใช้ในการฉายรังสีกับอาหารจะต้องมีกฎหมายคุ้มครอง หรือรองรับ โดยกรมอนามัยสาธารณสุขจีน (ไต้หวัน) เสียก่อนและจะต้องมีการทำสัญญาข้อตกลงกัน และควรมีการเตรียมการ ที่จะนำเทคโนโลยีมาใช้ในระดับเวทีการค้าต่อไป

(5) การใช้ภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ เป็นภาชนะที่ช่วยป้องกันการทำลายของแมลง เช่น กระสอบป่อ ถุงพลาสติก ถุงปุ๋ย ถุงปูน และถุงผ้าดิบ เป็นต้น จากศึกษาการเจาะภาชนะบรรจุของแมลงศัตรูข้าวเปลือกหลายชนิดพบว่า ตัวงวงข้าวจะสามารถเจาะถุงพลาสติกที่มีความหนา 0.02 มม. ได้ และเจาะกระดาษหนา 0.1 มม. ได้ มอดหัวป้อมมีความสามารถในการเจาะกระดาษหนา 0.16 มม. ทบ 3 ชั้นได้ จะกัดถุง พลาสติกหนา 0.06 มม. และชอบเจาะทางด้านใต้ของถุงที่วางแบนราบกับพื้น ส่วนมอดแป้งมีความสามารถในการเจาะถุงพลาสติกสูงที่มีความหนา 0.06 และ 0.08 มม. ได้ [20]

(6) การใช้น้ำมันพืช น้ำมันพืชหลายชนิด มีคุณสมบัติเป็นสารไล่ และเป็นสารต้านการกิน น้ำมันขมิ้นและน้ำมันสะเดามีประสิทธิภาพ เป็นสารไล่ [21] พบว่าน้ำมันขมิ้นกับน้ำมันสะเดาสามารถ ไล่มอดป้อมได้มากกว่าร้อยละ 50 ในระยะ 8 สัปดาห์ และเมื่อหยอดน้ำมันชนิดต่างๆ ลงบนกระดาษ ปรากฏว่ามอดหัวป้อมเจาะได้น้อยลง [22] สารสกัดสะเดาเป็นสารออกฤทธิ์ในการป้องกันกำจัดแมลง จะไม่เหมือนกัน ไม่สามารถป้องกันแมลงได้ทุกชนิด เพราะ ว่าสารสกัดสะเดาทำลายตัวค่อนข้างเร็ว

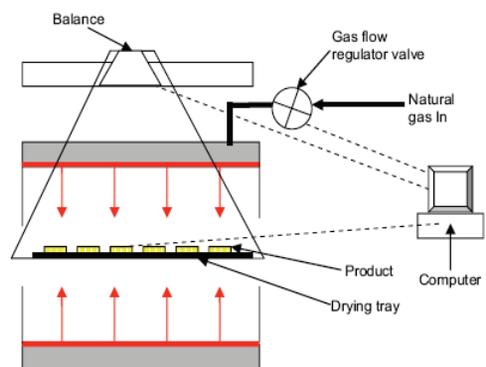
(7) การใช้กับดักแสงไฟ เป็นเครื่องมือที่ใช้พลังงาน แสง ในการควบคุมแมลง จากการวิจัยพบว่า แสงที่

แมลงมีปฏิกิริยาโต้ตอบมากที่สุด ได้แก่ แสงแบล็คไลท์ (black light) เพื่อใช้ควบคุมแมลงในไร่นาก่อน [18] ต่อมาได้มีการนำกับดักแสงไฟมาใช้ แต่ก็ไม่สามารถควบคุมแมลงได้ทั้งหมด [23] และ [24] ใช้กับดักแสงไฟชนิดมีพัดลมดูด และมีถุงเก็บแมลงใช้แสงแบล็คไลท์และแบล็คไลท์บลู หลอดยาวขนาด 6 วัตต์ ตอนกลางคืนเวลา 18.00 - 8.00 น. พบว่า สามารถดึงดูดแมลงศัตรูข้าวเปลือก เช่น ด้วงข้าวเปลือก มอดหัวป้อม มอดแป้ง แมลงเหล่านี้ จะบินตกในถุงเก็บแมลง ส่วนด้วงวงข้าวโพดจะไม่เข้าไปอยู่ในถุงดักแมลง เพราะว่าเวลากลางคืนจะบินน้อยมาก แต่จะคลานไปสู่แสงไฟ ดังนั้นการนำกับดักแสงไฟมาใช้ในการควบคุมแมลง อาจไม่สามารถกำจัดหรือดักจับแมลงได้ทั้งหมดในครั้งเดียว

2.7 การประยุกต์รังสีอินฟราเรดในการอบแห้งและกำจัดแมลง

จากเหตุผลเบื้องต้นดังกล่าว ทำให้มีผู้พยายาม ในการกำจัดแมลงโดยไม่ใช้สารเคมีด้วยวิธีอื่นๆ วิธีหนึ่งซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ แต่ใช้พลังงานต่ำ คือ การใช้รังสีอินฟราเรด นอกจากจะนำความร้อนที่ได้จากรังสีอินฟราเรด มาใช้ในการประกอบอาหารแล้ว [25] ปัจจุบันได้มีการประยุกต์ใช้รังสีอินฟราเรด ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรมากมาย อาทิ เนื้อสัตว์ [26] ข้าวเปลือก [27] ถั่วลิสง [28-29] ข้าวเหนียวหนึ่ง [30] มะละกอแผ่น [31] แครอท [32] เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ [33] พบว่ามีประสิทธิภาพสูง แต่ใช้พลังงานต่ำ ดังนั้น จึงได้มีแนวคิดที่จะนำมาใช้ในการอบลดความชื้นและกำจัดแมลงในข้าวเปลือก เช่น [34] ได้ทำการ ศึกษาวิธีการกำจัดแมลงศัตรูของข้าวเปลือก โดยการใช้รังสีอินฟราเรด พบว่า (1) การใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียส อัตราการไหลเท่ากับ 0.54, 1.23 และ 1.92 ลบ.ม./นาที โดยใช้เวลา 0.5 - 6 นาที สามารถกำจัดแมลงได้ ร้อยละ 100 (2) การกำจัดแมลงในชั้นข้าวเปลือกหนา 10 ซม. ใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส อัตราการไหลอยู่ในช่วง 0.54-1.92 ลบ.ม./นาที ใช้เวลา 7- 27 นาที กำจัดแมลงได้ทั้งหมด ลมร้อนในช่วงดังกล่าว ทำให้ความชื้นของข้าวลดลง ร้อยละ 0.7- 1.3 ร้อยละต้นข้าวลดลง ร้อยละ 1.2-3.5 ร้อยละข้าวหักเพิ่มขึ้น ร้อยละ 1.5 - 4.5 และทำให้ดัชนีความขาวข้าว สาร เพิ่มสูงขึ้น ร้อยละ 2.2-3.6 (3) การกำจัดแมลงในชั้นข้าว เปลือกหนา

10 ซม. อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 0.54 1.23 และ 1.92 ลบ.ม./นาที โดยใช้เวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งสามารถกำจัดแมลงได้ ร้อยละ 100 (4) ชุดทดสอบการใช้รังสีอินฟราเรด กำจัดแมลงศัตรูข้าวเปลือก มีรูปทรงกล่องขนาด 30 x 30 x 100 ซม. ด้านหลังติดตั้งชุดกำเนิดความร้อนรังสีอินฟราเรด ขนาด 1,400 วัตต์ ภายในเป็นห้องรับความร้อน แบบวางตะแกรง จะวางเอียงสลับไปมา ด้านบนติดตั้งถังบรรจุข้าว และอุปกรณ์ปล่อยข้าวแบบลิ้นโรตารี และ (5) ระบบการหมุนเวียนอากาศกลับกำจัดแมลงได้ ร้อยละ 100 ที่อัตราป้อน 80 กก./ชม. การใช้รังสีอินฟราเรดกำจัดแมลงได้ จะทำให้อุณหภูมิของข้าวเพิ่มขึ้น 8 -15 องศาเซลเซียส ความชื้นข้าวลดลง ร้อยละ 0.1-0.5 โดยไม่ทำให้คุณภาพข้าวภายหลังการเปลี่ยนแปลง และไม่มีเกิดการแตกหักแต่อย่างใด และได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการอบแห้งข้าวเปลือก และการกำจัดแมลง [35] โดย การใช้รังสีความร้อนอินฟราเรด โดยมีลักษณะ แบบจำลองการทำงานของระบบอินฟราเรดดังรูปที่ 6 และคุณภาพข้าวสารพบว่า เมื่อใช้รังสีอินฟราเรดส่งไปยังข้าวที่วางเรียงชั้นเดียวในถาด โดยใช้เวลา 60 วินาที ทำให้เมล็ดข้าวมีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะสามารถช่วยลดความชื้นได้ ร้อยละ 1.7-1.8 ทำให้แมลงภายในเมล็ดข้าวตายหมด และเมื่อปล่อยให้เย็นลงโดยวิธีธรรมชาติคุณภาพของข้าวก็ยังคงมีสภาพดี และไม่มีเกิดการแตกหัก ดังนั้น การให้ความร้อนด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรด นับเป็นทางเลือกทางหนึ่งที่จะช่วยทดแทนการรมสารเคมีซึ่งสามารถทำให้ข้าวสารมีความชื้นลดลง และการเพิ่มอุณหภูมิ จนกระทั่งแมลงต่างๆที่ซ่อนตัวอยู่ในเมล็ดข้าวสารตายได้ โดยที่คุณสมบัติของรังสีอินฟราเรด



รูปที่ 6 แบบจำลองการทำงานรังสีอินฟราเรด [35]

สามารถที่จะแผ่รังสีไปถึงยังเมล็ดข้าวได้ ภายในระยะเวลาอันสั้น เมื่อเทียบกับความร้อนด้วยวิธีอื่นๆ ทำให้โครงสร้างของเมล็ดข้าวไม่เกิดการร้าวหรือแตกหัก

2.7.1. กลไกการทำงานของแท่งรังสีอินฟราเรด

กลไกการทำงานของแท่งรังสีอินฟราเรด คือเกิดจากออกไซด์ของการเผาโลหะชนิดหนึ่ง ตัวแท่งรังสีทำจากเซรามิกชนิดพิเศษ เกิดเป็นแท่งความร้อน ในการทำงานเมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน เข้าไปในแท่งความร้อน ออกไซด์จะดูดซับพลังงานความร้อน จากตัวทำความร้อนไว้และทำหน้าที่เป็นตัวเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นรังสีอินฟราเรด

2.7.2 คุณสมบัติพิเศษของรังสีอินฟราเรดชนิดแท่ง

มี ดังนี้คือ [36]

(1) แท่งกำเนิดรังสีอินฟราเรด สร้างขึ้นจากออกไซด์ของการเผาโลหะชนิดหนึ่ง เมื่อปล่อยกระแส ไฟฟ้าไหลผ่านเข้าไปในแท่งความร้อนออกไซด์ จะดูดซับพลังงานความร้อนไว้ และทำหน้าที่เป็นตัวเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นรังสีอินฟราเรดในช่วงความยาวคลื่นต่างๆ กัน

(2) วัสดุที่ใช้ทำแท่งรังสีอินฟราเรด มีคุณสมบัติทนความร้อนได้ดี แข็งแกร่งไฟฟ้าไม่รั่ว มีความสามารถในการกระจายความร้อนสูง ควบคุมอุณหภูมิได้ง่ายและถ่ายเทความร้อนได้เร็ว

(3) การกระจายความร้อนสม่ำเสมอ จะใช้เวลาทำงานน้อย และประหยัดไฟฟ้าได้ถึง 30 – 50 %

(4) ปลายแท่งทำความร้อน มีวัสดุหุ้มกันการสัมผัสกับอากาศ ดังนั้นแม้จะนำไปใช้ในที่มีความชื้น หรือมีการสะท้อนรุนแรงการทำงานก็ยังคงเป็นปกติ

(5) สามารถตั้งอุณหภูมิได้ และใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิตามที่ต้องการได้

(6) ช่วยลดปัญหาหมอกพิษ แก๊สพิษ เนื่องจากใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งกำเนิดพลังงาน

(7) ใช้งานง่าย สามารถใช้เครื่องตั้งเวลาอัตโนมัติที่เครื่องได้ และไม่มีเปลวไฟ

(8) สามารถเปลี่ยนใหม่ แทนของเดิมที่ชำรุดได้ง่าย และสะดวก

3. สรุปผลการสำรวจ

ในภาพรวมของประเทศไทย เฉพาะในเดือน ธันวาคม พ.ศ.2551 ซึ่งเป็นช่วงที่โรงสีจะตั้งบัญชี สรุป

รวมค่าใช้จ่ายต่างๆ และเช็ดยอดจำนวนข้าวทั้งหมด มีการส่งออกข้าวหอมมะลิถึง 213,553 ตัน คิดเป็นมูลค่า 5,504.6 ล้านบาท ตลาดข้าวสารหอมมะลิที่ส่งออก แบ่งออกได้ 4 กลุ่ม (1) กลุ่มราคาสูง ได้แก่ สหรัฐอเมริกา และจีน เป็นต้น (2) กลุ่มราคา ปานกลาง ได้แก่ อินโดนีเซีย และมาเลเซีย เป็นต้น (3) กลุ่มราคาถูก ได้แก่ ฟิลิปปินส์ และอินโดนีเซีย เป็นต้น และ (4) กลุ่มข้าวหนึ่ง ได้แก่ ไนจีเรีย และแอฟริกา เป็นต้น

ศัตรูของข้าวสารหอมมะลิที่สำคัญ คือ ตัววงวงข้าวหรือมอดข้าวสาร (rice weevil) และตัววงวงข้าวโพด (thai weevil) แมลงทั้งสองมักจะกัดกินหรือแทะเล็มภายนอก (external feeder) และแมลงที่ชอบกัดกินภายในเมล็ด (internal feeder) จะทำให้เมล็ดข้าวเกิดความเสียหายและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ปัจจุบัน การกำจัดแมลงยังคงนิยมใช้สารเคมีเนื่องจากมีความสะดวก และราคาไม่แพง แต่อย่างไรก็ตาม อาจจะมีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมได้ เมื่อไม่นานมานี้ได้มีการประยุกต์ใช้รังสีอินฟราเรดเข้ามาเพื่อใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์เกษตร รวมถึงการลดความชื้นข้าวเปลือก รวมทั้งความพยายามในการใช้กำจัดแมลงในข้าวสาร ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยของ [35] ที่ใช้รังสีอินฟราเรดส่องไปยังข้าวที่วางเรียงชั้นเดียวในถาด โดยใช้เวลา 60 วินาที ทำให้เมล็ดข้าวมีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะสามารถช่วยลดความชื้นได้ ร้อยละ 1.7-1.8 และทำให้แมลงภายในเมล็ดข้าวตายหมด และเมื่อปล่อยให้เย็นลง โดยวิธีธรรมชาติ คุณภาพของข้าวก็ยังคงมีสภาพดี และไม่มีมีการแตกหัก ซึ่งคุณลักษณะพิเศษของรังสีอินฟราเรดชนิดแท่ง คือ มีคุณสมบัติทนความร้อน กระจายความร้อนได้สูง ควบคุมอุณหภูมิได้ง่าย ใช้งานง่าย และสามารถเปลี่ยนใหม่ได้เมื่อชำรุด เป็นต้น ดังนั้น ถ้าหากมีการศึกษาด้าน เศรษฐศาสตร์ และต้นทุนที่จะเกิดขึ้น เช่น ต้นทุนคงที่ (fixed cost) และต้นทุนผันแปร (variable cost) เป็นต้น เพื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้น ว่ามีความเหมาะสมกับการนำไปใช้ในงานจริงในอุตสาหกรรมโรงสีข้าวหรือไม่ และถ้าหากนำมาใช้ได้จริงก็จะช่วยลดการนำการนำเข้าสารฆ่าแมลงเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้บริโภค ไม่มีพิษตกค้างรักษาสิ่งแวดล้อม สามารถสู้คู่แข่งชั้นทางการค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ของชาติ ในการเป็นศูนย์กลางการค้าข้าวหอมมะลิโลก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา กรรมการที่ปรึกษา ตลอดจนบุคลากรที่เกี่ยวข้องที่ได้นำทฤษฎี และข้อมูลมาใช้ในการอ้างอิง จนทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลผลิตเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2549. แผลงที่พบในผลผลิตการเกษตรและการป้องกันกำจัด. กรุงเทพฯ. ม.ป.ท.
- [2] กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์. 2547. สถานการณ์ข้าว. กรุงเทพฯ. กรมการค้า.
- [3] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2550. การส่งออกข้าวหอมมะลิ ปี 50 . กรมศุลกากร กรุงเทพฯ.
- [4] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2548. อุตสาหกรรมโรงสีข้าว. กระทรวงอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพฯ.
- [5] ชูวิทย์ ศุขปรการ และคณะ. 2543. แผลงศัตรูผลผลิตและการป้องกันกำจัด . กลุ่มงานวิจัยแผลงศัตรูผลผลิตเกษตร. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.
- [6] Batta, Y.A. 2004. Management of insects in stored products. Marcel Dekker. Inc. New york.
- [7] กรมวิชาการเกษตร กรมการค้าข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2549. กรุงเทพฯ. ม.ป.ท.
- [8] อุบลวรรณ เลิศนอก. 2550. ประสิทธิภาพการผลิตของโรงสีข้าวในจังหวัดนครราชสีมา.วิทยานิพนธ์ เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจมหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.
- [9] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร โดยความร่วมมือของกรมศุลกากร. 2550. สัดส่วนมูลค่าการส่งออกข้าวหอมมะลิของไทย ปี 2545 – 2550 (เปรียบเทียบกับข้าวรวมทั้งหมด). กรุงเทพฯ.
- [10] ภัทรพร ธัญญวินิชกุล. 2540. ผลของภาชนะบรรจุและสภาพการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าว. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- [11] พรทิพย์ วิสารทานนท์, กุสุมา นวลวัฒน์, บุษรา จันทร์แก้วมณี, ใจทิพย์ อุไรชื่น, รังสิมา เก่งการพานิช, กรรณิการ์ เฟ็งคุ่ม, จิราภรณ์ ทองพันธ์, ดวงสมร สุทธิสุทธิ์, ลักขณา ร่มเย็น และ ภาวีนี หนูชนะชัย. 2548. แผลงที่พบในผลผลิตเกษตรและการป้องกันกำจัด. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.
- [12] กรมวิชาการเกษตร แผลงที่พบในผลผลิตเกษตรและการป้องกันกำจัด. 2548. กรมการค้าข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- [13] Fumigant and Insecticides use Training Notes. 1985. Tropical Development and research Institute. Storage Department. London Road. Slough SL3 7HL. UK.
- [14] บริษัท นีโอเทค อินสเปคชั่น แอนด์ เคมิคอล จำกัด. กรุงเทพฯ. ประเทศไทย.
- [15] ชูวิทย์ ศุขปรการ, กุสุมา นวลวัฒน์, พินิจ นิลพานิชย์, พรทิพย์ วิสารทานนท์, บุษรา จันทร์แก้วมณี, ใจทิพย์ อุไรชื่น และ รังสิมา เก่งการพานิช. 2539. แผลงศัตรูผลผลิตและการป้องกันกำจัด. กลุ่มงานวิจัยแผลงศัตรูผลผลิตเกษตร. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.
- [16] Cotton, R.T. 1963. Pests of Stored Grain and Grain Products. Burgess Publ. Co. Minneapolis. MN.
- [17] Fields, P.G. and Muri, W.E. 1996. Physical control. Intregated Management of Insects in stored Products. Marcel Dekker, Inc. New York.
- [18] Insect Pest Management and Control. Principle of Plant and Animal Pest Control. 1969. Vol. 3. National Academy of Science. Washington D.C. USA.
- [19] Ying-Kai Fu, Ming-Shia Chang and Tsan Hu. 2002. The Studies and Legislation on Radiation Disinfestation. Taiwan. Institute of Nuclear Energy Research. Lung-Tan. Taiwan.
- [20] กุสุมา นวลวัฒน์, เสาวนีย์ พิสิฎพัณธ์, พรทิพย์ วิสารทานนท์ และ โสภารวรรณ เศวตนาถ. 2529. แผลงศัตรูข้าวเปลือก และการป้องกันกำจัด. กลุ่มงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว

- และแปรรูปผลผลิตเกษตร กรมวิชาการเกษตร.
- [21] กองกึ่งภูมิและสัตววิทยา. 2545. คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและศัตรูศัตรูพืช ปี 2545. กรุงเทพฯ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- [22] ขวัญชัย สมบัติศิริ. 2542. หลักการและวิธีการใช้สะเดาป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืช. ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- [23] Cotton. 1963. R.T.Pests of Stored Grain and Products. Burgess Publ.Co.. Minneapolis. MN.
- [24] กุสุมา นวลวัฒน์, พรทิพย์ วิสารทานนท์, บุษรา จันทร์แก้วมณี, ใจทิพย์ อุไรชื่น, รังสิมา เก่งการพานิช, กรรณิการ์ เฟิงคุ่ม และ จิราภรณ์ ทองพันธ์. 2548. แมลงศัตรูข้าวเปลือกและการป้องกันกำจัด. กลุ่มงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวสำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลผลิตเกษตร กรมวิชาการเกษตร.
- [25] Afzal, T. M. and Abe, T. 1998. Diffusion in Potato During Far Infrared Radiation Drying. laboratory of Agricultural Process Engineering. The United Graduate School of Agricultural Sciences. Ehime University. Tarumi 3-5-7. Matsuyama 790. Japan.1998.
- [26] อ่ำไพศักดิ์ ทัพญญา, ธนภัทร สุวรรณภู และ สมชาติ โสภณธนฤทธิ์. 2006. การอบแห้งเนื้อด้วยรังสีอินฟราเรด. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ.
- [27] นเรศ มีโส. 2547. การประยุกต์ใช้รังสีอินฟราเรดไกล ในกระบวนการอบแห้งข้าวเปลือก. ศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ.
- [28] Zhongli Pan, Connie Shih, Tara H. McHugh, Edward Hirschberg. 2008. Study of banana dehydration using sequential infrared radiation heating and freeze drying. Processed Foods Research Unit. USDA-ARS-WRRC. Buchanan Street. Albany. USA. Department of Biological and Agricultural USA. Engineering. University of California. One Shields Avenue. Davis. USA. Innovative Foods Inc. South Spruce Street. South San Francisco. CA. USA.
- [29] Sharma, G.P. and Prasad, S. 2001. Drying of garlic (*Allium Sativum*) cloves by microwave – hot air combination. Journal of food engineering.
- [30] Das, I. and Prasad, S.B. 2004. Specific energy and aspects of infrared (IR) dried parboiled rice. Journal of food engineering.
- [31] Soponronarit , S. et.al. 1992. Optimum strategies for drying papaya glace. ASEN food journal.
- [32] ฉัตรชัย นิยมมล. 2547. การอบแห้งแครอทด้วยรังสีอินฟราเรดไกล. ศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ.
- [33] Umesk , H.H. and Rastogi , N.K. 2001. Mass transfer during infrared drying of cashew kernel. Journal of food engineering.
- [34] ประดิษฐ์ รามาชิมาชูวิทย์ และ ธวัชชัย ทิวาวรรณวงศ์. 2551. ผลของการให้ความร้อนกำจัดแมลงในข้าวเปลือกและคุณภาพการสีข้าว. ศึกษาดุษฎีบัณฑิต วิศวกรรมเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [35] Zhongli Pan Ragab Khir and Larry D. 2007. Feasibility of simultaneous rough rice drying and disinfestations by infrared radiation heating and rice milling quality. Processed Foods Research Unit. USDA-ARS-WRRC, Buchanan St. Albany. CA 94710. USA. Biological and Agricultural Engineering Department, University of California. Davis. One Shields Avenue. Davis. CA 95616. USA.
- [36] รุ่งศิริ อรุณพานิชเลิศ. 2549. การประยุกต์ใช้การแผ่รังสีอินฟราเรดสำหรับกรอบแห้งเนื้อ. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีพลังงาน. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

รูปแบบบทความในการตีพิมพ์วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ. Manuscript Preparation Guidelines for Publication in UBU Engineering Journal

ชิติกานต์ บุญแข็ง*¹ สุรพงษ์ บางพาน²

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

²คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

Thitikan Boonkang*¹ Surapong Bangphan²

¹Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University, Warinchamrap, Ubonratchathani 34190

Tel : 0-4535-3319 E-mail: thitikan@ubu.ac.th

²Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Amphur Muang, Chiangmai 50300

Tel : 0-5389-2780 E-mail: Pong_Pang49@yahoo.com

บทคัดย่อ

ตัวอย่างการจัดพิมพ์เอกสารต้นฉบับ ควรปฏิบัติ โดยเคร่งครัด ในกรณีบทความภาษาไทยต้องมีบทคัดย่อ ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ บทคัดย่อแต่ละภาษาควรมีเพียงย่อหน้าเดียวไม่ควรเกิน 20 บรรทัด และควรจบกล่าวถึงวัตถุประสงค์และสรุปผลที่ได้จากงานวิจัยนั้นๆ ทั้งนี้ คำหลักที่เป็นภาษาไทยไม่มีสัญลักษณ์คอมมา (,) และคำหลักที่เป็นภาษาอังกฤษให้ตัวอักษรของคำแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่ คำในลำดับถัดไปเป็นตัวพิมพ์เล็ก คำหลัก จำนวน 3-5 คำ ตัวอักษร Browsers New 14

Abstract

This is an instruction for manuscript preparation for Publication UBU Engineering Journal. Please follow this guideline strictly. For Thai article, an abstract in English must accompany the Thai version. It should contain a single paragraph and its length should not exceed 20 lines. It should include a concise statement of objectives and a summary of important results. The first keywords must be capital letter and the next keywords must be lower case.

Keywords: 3-5 words, Browsers New 14 point size

1. บทนำ

เพื่ออธิบายถึงความสำคัญของปัญหาและวัตถุประสงค์ของการวิจัย รวมถึงการตรวจเอกสาร

2. รูปแบบ

บทความประกอบด้วยชื่อเรื่อง ที่ทำงาน และ e-mail ของผู้เขียนหลัก และผู้เขียนร่วม บทคัดย่อ เนื้อหาของบทความ และเอกสารอ้างอิง ซึ่งทั้งหมดรวมกันแล้วจะต้องมีความยาวไม่ต่ำกว่า 8 หน้า แต่ไม่เกิน 15 หน้า

2.1 ชื่อเรื่องและชื่อผู้เขียน

ชื่อเรื่อง ควรกะทัดรัด ไม่ยาวจนเกินไป ถ้าบทความเป็นภาษาไทย ชื่อเรื่องต้องมีทั้งภาษาไทยและอังกฤษ สำหรับ ชื่อผู้เขียน (Authors) ให้ใส่ชื่อเต็ม-นามสกุลเต็มของผู้เขียนครบทุกคนทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ สำหรับชื่อผู้เขียน ที่เป็นภาษาอังกฤษให้ใส่ หมายเลขโทรศัพท์ / โทรสาร โดยใช้หมายเลขติดต่อเรียงกัน 4 ตัวตามแบบข้างต้น และ E-mail address ที่สามารถติดต่อได้ โดยผู้เขียนที่ให้การติดต่อ (Corresponding author) ให้ใส่สัญลักษณ์ * กำกับด้วย

2.2 ขนาดกระดาษและการจัดหน้า

ใช้กระดาษขนาด A4 (21.0 ซม. x 29.7 ซม.) ให้จัดหน้าเป็นแบบ 2 คอลัมน์ ให้ความกว้างแต่ละคอลัมน์เป็น 77 มม. ระยะห่างระหว่างคอลัมน์เป็น 6 มม. ระยะห่างระหว่างบรรทัดของเนื้อหาเป็น 1 เท่า(single space)

ระยะห่างจากขอบซ้ายและขวาเป็น 25 มม. ขอบบนและล่างเป็น 25 มม. ตั้งย่อหน้าไว้ที่ 7.5 มม. ให้เว้น 1 บรรทัดระหว่างหัวเรื่อง (Section heading) ทุกครั้ง ส่วนระหว่างหัวเรื่องย่อย (Subsection heading) ไม่ต้องเว้นบรรทัด

2.3 ชนิดตัวอักษร

ในบทความฉบับภาษาไทยจะต้องใช้ตัวอักษร Browallia New ทั้งหมด โดยชื่อบทความใช้ตัวหนาขนาด 18 ชื่อผู้แต่ง สถาบันและข้อมูลติดต่อของผู้แต่งใช้ตัวธรรมดาขนาด 14 หัวเรื่อง (Section heading) ใช้ตัวหนาขนาด 14 และหัวเรื่องย่อย (Subsection heading) ใช้ตัวหนาขนาด 14 และการบรรยายเนื้อหาใช้ตัวอักษรธรรมดาขนาด 14 โดยคำในวงเล็บที่เป็นภาษาอังกฤษให้เป็นตัวเล็กทั้งหมด สำหรับการลำดับหัวข้อย่อยลำดับที่ 3 และ 4 ให้ใช้เขียนตามตัวอย่าง ดังนี้

2.3.1 ให้ใช้ตัวอักษรธรรมดา 14 ไม่เอียงและไม่ย่อหน้า

2.3.1.1 ให้ใช้ตัวอักษรธรรมดา 14 ไม่เอียง แต่ให้ย่อหน้าไว้ที่ 7.5 มม.

3. ผลการวิจัย

เสนอผลการวิจัยอย่างชัดเจน ตรงประเด็น ครบมีรูปภาพ และ / หรือ ตารางประกอบ ซึ่งเมื่อมีรูป / ตารางประกอบต้องระบุเชื่อมโยงในเนื้อหาบทความ การอธิบายผลในตารางและรูปภาพต้องไม่ซ้ำซ้อนกัน สำหรับการระบุหน่วยต่าง ๆ ให้ใช้ภาษาไทยและให้ใช้การอธิบายเปอร์เซ็นต์ด้วยคำว่า ร้อยละ

3.1 การลำดับเลข

การลำดับเลขเพื่ออ้างอิง รูปภาพ ตาราง และสมการจะต้องเป็นเลขอาราบิก ทุกสมการจะต้องมีลำดับหมายเลขกำกับโดยเขียนอยู่ในวงเล็บวงไว้ชิดขอบขวา โดยเขียนในรูปแบบ MS Eq (Microsoft Equation) ตัวอย่างต่อไปนี้

$$\bar{\lambda}_g = \frac{\mu}{p} \left(\frac{2kT}{m} \right)^{1/2} \quad (1)$$

โดยที่ μ คือค่าความหนืด p คือความดัน k คือค่าคงที่โบลทซ์มาน T คืออุณหภูมิ และ m คือมวลของแก๊ส

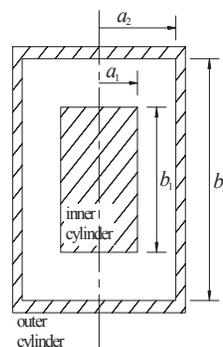
ตัวอักษรในสมการให้ใช้ Times New Roman ขนาด 10 ตัวสัญลักษณ์ให้ใช้ Symbol ขนาด 10 ให้ใช้ MathType หรือ Equation Editor ในการเขียนสมการ

การอ้างอิงเอกสารอ้างอิงจะใช้หมายเลขอาราบิกที่อยู่ในวงเล็บสี่เหลี่ยม (Square brackets) ดังแสดงในหัวข้อ เอกสารอ้างอิง โดยเรียงลำดับ ตามตัวอย่าง คือ [1] หรือ กรณีอ้างอิงผลงานหลายผลงานพร้อมกัน ให้เขียนเป็น [1, 2] รายการอ้างอิงทั้งหมดที่ปรากฏในเนื้อหาจะต้องแสดงรายละเอียดไว้ในเอกสารอ้างอิง

3.2 รูปภาพและตาราง

รูปภาพจะต้องมีความกว้างเพียงพอที่จะลงในหนึ่งคอลัมน์ได้ หรือในกรณีจำเป็นจริง ๆ เพื่อรักษารายละเอียดในภาพอาจยอมให้มีความกว้างได้เต็มหน้ากระดาษ ผู้เขียนบทความจะต้องรับผิดชอบจัดรูปภาพให้อยู่ในขนาดที่กำหนดนี้ โดยสามารถมองเห็นรายละเอียดและอ่านตัวหนังสือในภาพได้ชัดเจน โดยตัวอักษรที่อธิบายรูปต้องใช้ตัวอักษรธรรมดาขนาดไม่ต่ำกว่าขนาด 10 รูปภาพลายเส้นจะต้องใช้เส้นหมึกสีดำวาดด้วยโปรแกรมเช่น Visio, Adobe Illustrator, Macromedia Freehand หรือโปรแกรมวาดรูปอื่น ๆ ส่วนภาพถ่ายควรจะเป็นภาพขาวดำที่มีความคมชัด

รูปภาพควรมีรายละเอียดเท่าที่จำเป็นจริง ๆ เท่านั้น รูปภาพทุกรูปจะต้องมีหมายเลขและคำบรรยายภาพกำกับใต้ภาพ โดยให้เรียงตามลำดับที่ปรากฏ จาก 1, 2, 3,.... รูปภาพจะต้องกำหนดให้อยู่ตรงกลางเอกสาร (center) ให้เว้นช่องว่าง 1 บรรทัด ก่อนรูป และหลังคำบรรยายรูป รูปภาพทุกรูป และตารางทุกตารางที่ปรากฏในบทความจะต้องมีการอ้างอิงในเนื้อหา



รูปที่ 1 การหมุนของวัตถุทรงกระบอกในวัตถุทรงกระบอกอีกชิ้นหนึ่ง (Browallia New 12)

ในกรณีที่เป็นตารางจะต้องมีคำบรรยายกำกับตารางไว้เหนือตารางโดยให้เรียงตามลำดับที่ปรากฏ จาก 1, 2,

3.... ตารางจะต้องกำหนดให้ขีดขอบซ้ายของเอกสาร ให้เว้นช่องว่าง 1 บรรทัด ก่อนคำบรรยายตาราง และหลังตาราง ตามตัวอย่างตารางด้านล่างนี้

ตารางที่ 1 ตัวอย่างการเขียนตาราง (Browallia New 12)

x	a_r / m_r	$2\zeta_r \omega_r$
0.1	2.7470e+01	2.7483e+01
0.5	3.5352e+01	3.5360e+01

4. การอภิปรายผล

การอภิปรายผลการวิจัย เพื่อให้ผู้อ่านมีความเห็นคล้อยตามเพื่อเปรียบเทียบกับผลการวิจัยของผู้อื่น เพื่อเสนอแนะแนวทางที่จะใช้ประโยชน์ หาข้อยุติในการวิจัยบางอย่าง ฯลฯ ผลการวิจัยและการอภิปรายผล อาจนำมาเขียนรวมไว้ในตอนเดียวกัน

5. สรุป

สรุปประเด็นและสาระสำคัญของงานวิจัย ไม่ควรมีความยาวมากเกินไป โดยบทความของท่านควรได้รับการตรวจสอบจากผู้ร่วมเขียนทุกท่านก่อนทำการส่งบทความ

กิตติกรรมประกาศ

ควรจะมีเพื่อแสดงความขอบคุณแก่ผู้ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิจัยและเตรียมเอกสาร

เอกสารอ้างอิง

ให้เรียงลำดับตามที่ปรากฏในเนื้อเรื่อง และให้เคร่งครัดกับแบบฟอร์มดังแสดงในตัวอย่างข้างล่างนี้

- [1] จำเป็น อ่อนทอง, สุรชาติ เพชรแก้ว, จรัสศรี นวลศรี, มงคล แซ่หลิม และ สายใจ กิมสงวน. 2547. วิธีมาตรฐานในการเก็บตัวอย่างใบลองกองสำหรับประเมินสถานะธาตุอาหารพืช. วารสารสงขลานครินทร์ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 26: 357-368.
- [2] วชร กาลาสี, ยุทธภูมิ พงศ์ปรีญาที, วชิรพันธ์ ตันตพประภา, สุทธิรัตน์ สุวรรณจรัส, ไพโรจน์ ศิริรัตน์ และ พีระพงศ์ ทีฆสกุล. 2546. การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงจากไม้พื้ในกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควันของสหกรณ์สวนยางภาคใต้. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย

ครั้งที่ 17, ปราจีนบุรี, ประเทศไทย, 15-17 ตุลาคม 2546: 560-564.

- [3] กัญญา ตระกูลกู. 2533. เทคโนโลยีโพลีเมอร์. สำนักพิมพ์เอ็กซ์เพรส มีเดีย, กรุงเทพฯ, หน้า 91-114.
- [4] Barrat, J.L. and Bocquet, L. 1999. Large Slip Effect at Nonwetting Fluid-Solid Interface. Physical Review Letters, 82: 4671-4674.
- [5] Kalasee, W., Tekasakul, S., Otani, Y. and Tekasakul, P. 2003. Characteristics of soot particles produced from rubberwood combustion. Proceedings of the Second Asian Particle Technology Symposium, Penang, Malaysia, Dec. 17-19, 2003: 103-108.
- [6] Landau, L.D. and Lifshitz, E.M. 1987. Fluid Mechanics, Butterworth-Heinemann, Oxford, U.K.