

รายงานผลการทดลองที่สิ้นสุด ปีงบประมาณ 2557

1. ชื่อชุดโครงการวิจัยวิจัย : วิจัยและพัฒนาถั่วลิสง
2. ชื่อโครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตถั่วลิสง
ชื่อกิจกรรม : การวิจัยและพัฒนาด้านเมล็ดพันธุ์ วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว และการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่า
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : การศึกษาและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบกระบะสลับทิศทางลมร้อนสำหรับลดความชื้นฝักถั่วลิสง
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : The improvement and Development of Batch type Dryer Alternate with Hot air flow for Peanuts Drying

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง	นายวุฒิพล จันทร์สระคู	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
ผู้ร่วมงาน	นายศักดิ์ชัย อาษาวิง	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
	นายกลวัชร ทิมินกุล	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
	นายธนภฤต โยธาทูล	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
	นายประยูร จันทองอ่อน	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
	นายสนอง อมฤกษ์	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่

5. บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อปรับปรุงและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบกระบะสลับทิศทางลมร้อนสำหรับลดความชื้นฝักถั่วลิสง และเพื่อแก้ปัญหาคาบการเกิดสารพิษอะฟลาทอกซินในถั่วลิสงหลังการเก็บเกี่ยวโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน เป็นการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องจักรกลต้นแบบให้สามารถใช้ในการลดความชื้นฝักถั่วลิสงให้มีประสิทธิภาพศึกษาและทดสอบกับถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 หาอุณหภูมิ และระยะเวลาที่ใช้ในการอบ และความหนาของชั้นถั่วลิสงในขณะทำการลดความชื้นที่เหมาะสม ผลการทดสอบพบว่า การใช้เครื่องอบแห้งแบบกระบะสลับทิศทางลมร้อนสำหรับการลดความชื้นฝักถั่วลิสง โดยใช้พลังงานจากแก๊สแอลพีจี ให้อุณหภูมิลมร้อน 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง เปิดสลับทิศทางลมร้อนบนและล่างทุก 2 ชั่วโมง ที่ความหนาชั้นถั่วลิสง 20 เซนติเมตร สามารถลดความชื้นฝักถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 จากความชื้น 25.9 % wb ลดความชื้นลงเหลือ 6.7% wb มีเปอร์เซ็นต์ความงอกต้นอ่อนปกติ 80.00% ต้นอ่อนผิดปกติ 8.00% และ เมล็ดตาย 12.00% ซึ่งกรรมวิธีนี้เหมาะสำหรับการจัดการเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงในช่วงฤดูฝน เพื่อลดความเสียหายของเมล็ดจากสารพิษอะฟลาทอกซิน ในกรณีที่เกษตรกรไม่สามารถนำผลผลิตไปตากแดดและเก็บฝัองลมในที่ร่มได้

6. คำนำ

ถั่วลิสงเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยพืชหนึ่ง ที่มีแหล่งกำเนิดแถบอเมริกาใต้ ซึ่งปัจจุบันเป็นภาคตะวันออกของประเทศโบลิเวีย และปลูกกันทั่วไปในเขตร้อนและกึ่งร้อน ถั่วลิสงมีลักษณะที่แตกต่างจากพืชวงศ์เดียวกันคือ ออกดอกเหนือดินแต่ติดฝักใต้ดิน ประโยชน์ของถั่วลิสงที่สำคัญคือให้เมล็ดเป็นอาหารและสกัดน้ำมันแล้วกากที่เหลือยังใช้เป็นอาหารสัตว์และวัตถุดิบในอุตสาหกรรมหลายชนิด เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูงคือเป็นแหล่งอาหารโปรตีนและไขมัน ซึ่งในเมล็ดถั่วลิสงแห้งประกอบด้วยน้ำมันร้อยละ 45-55 ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าพืชตระกูลถั่วชนิดอื่นๆ และมีโปรตีนร้อยละ 25-26 ถั่วลิสงมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Arachis hypogea*. ซึ่งมาจากภาษากรีก หมายถึง พืชตระกูลถั่วที่สร้างฝักในดิน ในประเทศไทย ถั่วลิสงปลูกมากในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น, 2542) เมล็ดถั่วลิสงมีคุณค่าทางอาหารสูงเช่นโปรตีน ไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว คาร์โบไฮเดรต แคลเซียม (ทักษิณา, 2541) หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต ถ้าเก็บถั่วลิสงไว้ในบริเวณที่มีความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* จะมีผลทำให้เกิดสารพิษที่มีชื่อว่า สารอะฟลาทอกซิน (Aflatoxins) ที่มีความสำคัญที่ทำให้เกิดอันตรายหากมีการนำถั่วลิสงมาใช้ประโยชน์ (นิลกุล, 2545)

ปัญหาค่าจ้างแรงงานในช่วงเก็บเกี่ยว และหลังเก็บเกี่ยวค่อนข้างสูง ทำให้ต้นทุนการผลิตถั่วลิสงสูง โดยเฉพาะค่าแรงงาน คิดเป็น 60-70% ของต้นทุนทั้งหมดโดยเฉพาะแรงงานในช่วงเก็บเกี่ยวและหลังเก็บเกี่ยว ถั่วลิสงที่ผลิตออกสู่ตลาดในแต่ละปีจะมีมากเป็น 2 ระยะ คือ ช่วงฤดูฝนและช่วงฤดูแล้ง โดยประมาณร้อยละ 60-70 ของการผลิตทั้งปี เป็นการผลิตถั่วลิสงในฤดูฝน และประสบปัญหาสำคัญ คือ ในช่วงเก็บเกี่ยวถั่วลิสงจะมีฝนตกชุก ความชื้นของอากาศค่อนข้างสูง การลดความชื้นเมล็ดซึ่งต้องใช้เวลานาน และสภาพเช่นนี้เหมาะสมต่อการเจริญและผลิตสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อรา เป็นเหตุให้ถั่วลิสงมีคุณภาพต่ำไม่เหมาะที่จะนำไปบริโภคและใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ ทั้งนี้การปนเปื้อนของสารพิษอะฟลาทอกซินในถั่วลิสงส่วนใหญ่มักเกิดช่วงหลังการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะไม่สามารถลดความชื้นของฝักถั่วลิสงได้ทัน (นิลกุล, 2545)

คุณภาพของถั่วลิสงเกี่ยวข้องกับทุกขั้นตอนตั้งแต่การผลิตกระทั่งการแปรรูปในระบบอุตสาหกรรม การจัดการที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพที่ลดลงอย่างชัดเจน ส่งผลเสียต่อทั้งเกษตรกรและผู้แปรรูปถั่วลิสง การอบแห้งเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งโดยเฉพาะขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยว Ertas and et al (2000) การอบแห้งฝักถั่วลิสงเพื่อลดความชื้นช่วยให้สามารถเก็บฝักถั่วลิสงไว้นาน ช่วยลดการเกิดสารพิษอะฟลาทอกซิน ซึ่งมีกรรมวิธีในการอบแห้งหลายวิธี เช่น การตากแดด การผึ่งลม และการอบแห้งด้วยลมร้อน การตาก และการผึ่งลมเป็นวิธีปฏิบัติของเกษตรกรทั่วไป แต่ใช้เวลาในการลดความชื้นมาก และเหมาะกับการเก็บเกี่ยวในฤดูแล้ว ดังนั้นในกรณีต้องการความรวดเร็วในการลดความชื้น ต้องการความสม่ำเสมอของการลดความชื้น หรือมีข้อจำกัดเรื่องการตากเช่นการเก็บเกี่ยวในฤดูฝน การอบแห้งด้วยลมร้อนด้วยเครื่องอบจึงมีความจำเป็นเพื่อลดการสูญเสีย และเสียหายจากการเน่าเสียและการเกิดสารอะฟลาทอกซินที่เป็นพิษ แต่เนื่องจากปัจจุบันยังไม่มีเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการอบลดความชื้น โดยเฉพาะภายหลังการเก็บเกี่ยวในฤดูฝน ดังนั้นการศึกษาเพื่อปรับปรุง และพัฒนาเครื่องอบแห้งผลผลิตที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันเพื่อให้สามารถนำมาปรับใช้เพื่อการอบแห้งฝักถั่วลิสง หรือพัฒนาใหม่ให้เหมาะสมกับระดับเกษตรกร กลุ่มเกษตรกรหรือชุมชน ควรได้รับการวิจัยและพัฒนา

ช่วงที่มีปัญหาฝนตกชุก ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงและแสงแดดไม่เพียงพอ ทำให้ต้องใช้เวลานานในการลดความชื้น มีความเสี่ยงต่อการได้ถั่วลิสงที่มีคุณภาพต่ำ ไม่เหมาะต่อการนำไปเป็นเมล็ดพันธุ์และการบริโภค แนวทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวคือ การใช้เครื่องอบลมร้อนซึ่งสามารถลดความชื้นถั่วลิสงได้รวดเร็วและไม่จำกัดเวลา ประหยัดแรงงานและพื้นที่ (นิลุบล, 2548)

Harrington (1972) ได้กล่าวว่า การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ให้ปลอดภัยควรใช้อุณหภูมิสูงไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส โดยการอบเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นสูงควรใช้อุณหภูมิต่ำ ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นต่ำสามารถใช้อุณหภูมิสูงขึ้นได้ (ตารางที่ 1) การใช้อุณหภูมิที่ต่ำเกินไปจะลดความชื้นได้ช้า ทำให้เมล็ดเสียหายจากกระบวนการทางชีวเคมีของเมล็ด เช่น การหายใจ และกิจกรรมต่างๆ ของจุลินทรีย์ แต่การใช้อุณหภูมิที่สูงเกินไปจะทำให้เซลล์ในเมล็ดพันธุ์เสียหายจากความร้อน หรือการสูญเสียน้ำที่เร็วเกินไป (heat or desiccation damage)

ตารางที่ 1 อุณหภูมิที่ปลอดภัยในการอบเมล็ดพันธุ์ที่ระดับความชื้นเมล็ดต่างๆ

ความชื้นของเมล็ด (%)	อุณหภูมิที่ควรใช้ในการอบ (°C)
มากกว่า 20	32
18 – 20	34
14 – 17	37
11 – 13	40
9 – 10	42
ต่ำกว่า 10	43

ที่มา : Harrington (1972)

นิลุบล และคณะ (2545) ได้ทำการศึกษาในถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 5 หลังเก็บเกี่ยวที่มีความชื้นเริ่มต้น 43 – 45 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เครื่องอบขนาดเล็กที่มีถึงอบขนาด 1.2x1.2x1.4 เมตร จำนวน 12 ถัง เครื่องอบนี้ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง มีพัดลมเป่าลมร้อนผ่านท่อสี่เหลี่ยมขนาด 0.6x0.6x7.2 เมตร ไปยังถังอบที่ตั้งอยู่ด้านซ้ายและขวาของท่อนี้ข้างละ 6 ถัง โดยมีท่อแยกให้ลมจากท่อดังกล่าว ผ่านเข้าทางด้านล่างของแต่ละถัง ซึ่งแต่ละถังสามารถถอดออกได้อย่างอิสระ ใช้อุณหภูมิในการอบ 45 °C ซึ่งให้อุณหภูมิในถังอบ 38-43 °C ทั้งฤดูแล้งและฝนใช้เวลาในการอบ 52-56 ชั่วโมง โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพด้านความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ และพบการปนเปื้อนของเชื้อรา *A.flavus* เพียง 4-6 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการตากเมล็ดพันธุ์ในแดดและในร่ม พบความแปรปรวนของเวลาในการลดความชื้นและคุณภาพของถั่วลิสง ซึ่งขึ้นกับสภาพแวดล้อม และภาวะหรือวัสดุตาก

ทวีชัย (2545) กล่าวว่า เครื่องลดความชื้นสามารถแบ่งออกตามลักษณะการให้ความร้อนได้เป็น 2 ชนิด คือ Solid Surface Transfer Dryer และ Adiabatic Dryer ชนิดแรกจะมีการถ่ายเทความร้อนแบบการนำ (Conduction) โดยวัสดุที่ต้องการลดความชื้นจะถูกวางแผ่บนพื้นผิวที่ได้รับความร้อน ได้แก่ เครื่องลดความชื้น

แบบลูกกลิ้ง (Drum dryer) สำหรับชนิดที่สอง จะอาศัยอากาศทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนให้กับวัสดุด้วยวิธีการพา (Convection) ได้แก่ เครื่องลดความชื้นแบบถาด (Tray dryer) เครื่องลดความชื้นแบบอุโมงค์ (Tunnel dryer) และเครื่องลดความชื้นแบบกระบะ (Flat-bed dryer) เครื่องลดความชื้นแบบกระบะประกอบด้วยเตาเผาเชื้อเพลิง พัดลม และกระบะบรรจุวัตถุดิบ อากาศร้อนจากการเผาไหม้จะถูกพัดลมขับเข้าสู่ช่องซึ่งอยู่ส่วนล่างของกระบะ ลอดผ่านตะแกรง และแทรกไปตามกองวัสดุ จากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบนการอบแห้งลำไยด้วยเครื่องชนิดนี้ พบว่า ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ เกิดการสูญเสีย และมีความยุ่งยากในการปฏิบัติงาน ลำไยที่อยู่ชั้นล่างของ กระบะจะเริ่มคายความชื้นก่อน มีการเปลี่ยนสภาพอย่างเห็นได้ชัดเมื่ออบไปได้ 12 ชั่วโมง เนื้อของลำไยเริ่มหดตัว และเกิดช่องว่างขึ้นภายใน ทำให้ถูลำไยชั้นบนซึ่งมีน้ำหนักมากกว่ากดทับจนแตกหรือเสียรูปทรง เกษตรกร และผู้ประกอบการอบแห้งลำไยจึงแก้ไขปัญหาโดยแบ่งลำไยสดที่นำเข้าอบออกเป็น 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นล่าง ชั้นกลาง และ ชั้นบน แต่ละชั้นมีตาข่ายคั่น และระหว่างการอบจะมีการสลับชั้นลำไย 2 ถึง 3 ครั้ง ทุกๆ 12-15 ชั่วโมง เพื่อให้ ลำไยในแต่ละชั้นแห้งสม่ำเสมอโดยย้ายลำไยชั้นบนลงไปชั้นล่าง และย้ายลำไยจากชั้นล่างขึ้นไปไว้ชั้นบน ในขณะที่ลำไยชั้นกลางถูกจัดวางในตำแหน่งเดิม การอบครั้งหนึ่งจะใช้เวลาประมาณ 42-52 ชั่วโมง นับว่ามีความ ยุ่งยากในการทำงานเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ระหว่างการขนย้าย ยังทำให้เปลือกของลำไยแตกหรือบวม เกิดการ สูญเสียของผลผลิตไปบางส่วน

ทวีชัย (2545) ได้ปรับปรุงระบบการทำงานเครื่องลดความชื้นแบบกระบะโดยให้มีการเคลื่อนที่ของอากาศ ร้อนไหลแทรกผ่านชั้นผลผลิตจากด้านบนลงสู่ด้านล่าง โดยหลักการนี้ผลผลิตที่อยู่ด้านบนของกระบะจะทยอยแห้ง ก่อนด้านล่าง และสามารถขนย้ายไปเก็บรักษาไว้ แล้วจึงทำการอบผลผลิตที่เหลือต่อไปโดยไม่ต้องทำการสลับชั้น หรือเปลี่ยนตำแหน่งของผลผลิตจากการทดลองอบพริกใหญ่จำนวน 216 กิโลกรัม โดยแบ่งการบรรจุออกเป็น 3 ชั้นๆ ละ 72 กิโลกรัม พบว่าใช้เวลาในการอบแห้งพริกชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง เท่ากับ 29, 32 และ 38 ชั่วโมง ตามลำดับ ได้ผลผลิตพริกแห้งรวม 36.5 กิโลกรัม อัตราแปรสภาพ (นน. ผลผลิตสด : นน. ผลผลิตแห้ง) มีค่าเฉลี่ย 5.92 : 1 และสิ้นเปลืองก๊าซหุงต้มจำนวน 17.2 กิโลกรัมจากการทดลองอบลำไยจำนวน 450 กิโลกรัม โดยแบ่งการ บรรจุออกเป็น 3 ชั้นๆ ละ 150 กิโลกรัม พบว่าใช้เวลาในการอบแห้งลำไยชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง เท่ากับ 35, 45 และ 52 ชั่วโมงตามลำดับ ได้ผลผลิตลำไยแห้งรวม 138.8 กิโลกรัม อัตราแปรสภาพ มีค่าเฉลี่ย 3.24 : 1 ใช้ กระแสไฟฟ้าเพื่อขับพัดลมจำนวน 22.36 หน่วย และสิ้นเปลืองก๊าซหุงต้ม 27.9 กิโลกรัม

สนอง และคณะ (2554) ได้ปรับปรุงและทดสอบเครื่องอบแห้งลำไยทั้งเปลือกแบบกระบะขนาด 2 ตัน ที่ เกษตรกรมีใช้อยู่ทั่วไป ให้สามารถสลับทิศทางการลมร้อนได้โดยไม่ต้องพลิกกลับลำไยในขณะที่อบแห้ง โดยมี ส่วนประกอบเพิ่มเติมคือ ชุดสลับทิศทางการลม ชุดกระจายลมร้อน ชุดกระบะ และชุดฝาครอบกระบะ จากผลการ ทดสอบใช้ลำไยพันธุ์อีตอ จำนวน 2 ตันใช้อุณหภูมิในการอบ 65-70 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วอากาศอบแห้ง 0.2 เมตรต่อวินาที พบว่าที่ความชื้นเริ่มต้นในการอบเท่ากับ 76 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก อบแห้งจนกระทั่งเหลือ ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียกใช้เวลาอบแห้งทั้งหมด 50 ชั่วโมง ผลการตรวจสอบคุณภาพลำไยอบแห้ง หลังการอบพบว่ามีค่าผลดี ผลแตก ผลบวมและผลมีน้ำหามาก เท่ากับ 60.4 3.8 7.5 และ 28.3 เปอร์เซ็นต์ ได้ ลำไยอบแห้ง 620 กิโลกรัม หรือ สัดส่วนของลำไยสดต่อลำไยแห้ง เท่ากับ 3.22 : 1 ค่าใช้จ่ายการอบลำไยผล ของเครื่องที่พัฒนาขึ้น 1.77 บาท/กก. ส่วนการอบแห้งแบบกระบะของเกษตรกรพบว่า มีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 2.03

บาทต่อกิโลกรัมสด และคุณภาพลำไยอบแห้งหลังการอบมีค่าผลดี ผลแตก ผลบวบและผลมีน้ำหมากเท่ากับ 25.6 3.5 35.9 และ 35.9 เปอร์เซ็นต์ ได้ลำไยอบแห้ง 614 กิโลกรัม หรือ สัดส่วนของลำไยสดต่อลำไยแห้ง เท่ากับ 3.25 : 1 เครื่องที่พัฒนาขึ้นให้เปอร์เซ็นต์ลำไยผลดีมากกว่าวิธีของเกษตรกร และมีจุดคุ้มทุนที่การดำเนินการอบแห้ง 29 ครั้ง หรือ 1.04 ปี

เบญจมาภรณ์ (2543) ได้ศึกษาการใช้เครื่องลดความชื้นเมล็ดถั่วลิสงจาก 25-27 เปอร์เซ็นต์ ให้เหลือประมาณ 6-7 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เวลา 24 และ 36 ชั่วโมง เมื่อบรรจุเมล็ดในถังอบหนา 60 และ 80 เซนติเมตร โดยมีอัตราการลดลงของความชื้นเมล็ดเฉลี่ย 0.8 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง ตามลำดับ ในขณะที่การตากแดดและผึ่งในร่มต้องใช้เวลาในการลดความชื้น 48 และ 78 ชั่วโมง และมีอัตราการลดลงของความชื้นของเมล็ดเฉลี่ย 0.4 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง ตามลำดับ จากงานทดลองนี้วิธีการลดความชื้นที่ต่างกันไม่ทำให้ความงอกน้ำหนักแห้งต้นกล้า จำนวนต้นกล้าผิดปกติ เมล็ดตาย และการปนเปื้อนของเชื้อราหลังการลดความชื้นทันทีแตกต่างกัน ยกเว้นค่าการนำไฟฟ้า ที่การผึ่งในร่มทำให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุด (13.7 ไมโครโมส/ชม./กรัม) และแตกต่างจากเมล็ดที่ตากแดดซึ่งมีค่าการนำไฟฟ้ารองลงมา และการใช้เครื่องลดความชื้นมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำที่สุด (11.0 และ 10.6 ไมโครโมส/ชม./กรัม ตามลำดับ) ผลของการทดลองที่ 2 พบว่า คุณภาพเมล็ดพันธุ์ลดลงเมื่ออายุเก็บรักษาเพิ่มขึ้น และการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงในสภาพห้องควบคุมสามารถเก็บไว้ได้นานถึง 4 เดือน โดยเมล็ดยังมีความงอกอยู่ในระดับความงอกมาตรฐาน (72 เปอร์เซ็นต์) ในขณะที่เมล็ดที่เก็บในอุณหภูมิห้อง เมล็ดมีความงอกต่ำกว่าระดับความงอกมาตรฐาน (67 เปอร์เซ็นต์) อีกทั้งมีความชื้นเมล็ด จำนวนต้นกล้าผิดปกติ จำนวนเมล็ดตาย ค่าการนำไฟฟ้าและการปนเปื้อนเชื้อรามากกว่าการเก็บรักษาในสภาพห้องควบคุม ส่วนการใช้เครื่องลดความชื้น การตากแดดและการผึ่งในร่ม ทำให้เมล็ดมีความงอก 73, 70 และ 66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาไว้นาน 4 เดือน นอกจากนี้การใช้เครื่องลดความชื้นทำให้มีน้ำหนักแห้งต้นกล้ามากที่สุด แต่มีค่าการนำไฟฟ้า จำนวนต้นกล้าผิดปกติ จำนวนเมล็ดตาย และจำนวนเมล็ดปนเปื้อนเชื้อราน้อยกว่าเมล็ดที่ลดความชื้นแบบอื่น

พุทธอินทร์ (2552) ได้ทำการศึกษาเทคโนโลยีการอบแห้งเพื่อลดระยะเวลาในการอบแห้ง ทำการศึกษาเทคนิคการอบแห้งแบบมีการเปลี่ยนอุณหภูมิ โดยใช้อุณหภูมิสูงในช่วงแรกของการอบแห้งเนื่องจากเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อลำไยมีสูงและลดอุณหภูมิการอบแห้งลงตามเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อลำไยที่ลดลง ทำให้สามารถอบแห้งเนื้อลำไยได้รวดเร็วขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิเดียว โดยคุณภาพของลำไยอบแห้งยังคงมีคุณภาพดี ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการผลิตและสามารถเพิ่มปริมาณการผลิตเนื้อลำไยอบแห้งต่อฤดูกาลผลิตได้ ในการศึกษาใช้อุณหภูมิสูงในช่วงแรกของการอบ พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิที่สูงเกินไปจะทำให้เนื้อลำไยมีผิวที่แห้งและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มทำให้เสียคุณภาพ จากผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่มีความเหมาะสมสำหรับการอบแห้งในช่วงแรก สามารถลดความชื้นของเนื้อลำไยที่มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้น 80 เปอร์เซ็นต์ เหลือความชื้นของเนื้อลำไย 50 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 1.5 ชั่วโมง โดยเนื้อลำไยไม่เสียคุณภาพ จากนั้นทำการลดอุณหภูมิลงเพื่อรักษาคุณภาพของเนื้อลำไยตามความชื้นที่ลดลง โดยอบแห้งต่อที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง รวมระยะเวลาการอบแห้งทั้งหมด 7.5 ชั่วโมง ลำไยอบแห้งที่ได้มีคุณภาพดี เปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้ายของเนื้อลำไยอบแห้ง 13 เปอร์เซ็นต์

สุวัฒน์ (2540) ในถั่วลิสงมีข้อจำกัดที่สำคัญคือการเกิดสารพิษในถั่วลิสงที่เกิดจากเชื้อราชนิดหนึ่งที่เรียกว่า สารอะฟลาท็อกซิน เชื้อราที่เป็นสาเหตุ เชื้อ *Aspergillus flavus* และ *A.parasiticus* สารพิษนี้สามารถปนเปื้อนตั้งแต่ช่วงระยะที่ปลูกในแปลง การเก็บเกี่ยว การตากแห้ง รวมทั้งระหว่างกระบวนการเก็บรักษาจนถึงผู้บริโภค โดยเฉพาะการปลูกถั่วลิสงในฤดูฝน การปนเปื้อนของสารชนิดนี้เริ่มในช่วงถั่วลิสงสร้างฝัก เชื้อราชนิดนี้เจริญเติบโตได้ดีในสภาพอุณหภูมิ 10-15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ (RH) 75 % ซึ่งเป็นสารพิษร้ายแรงต่อสุขภาพและชีวิตของผู้บริโภค ทั้งมนุษย์และสัตว์เลี้ยงโดยตรงอย่างเฉียบพลัน หากได้รับในปริมาณสูงและอาจเป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดโรคมะเร็งที่ตับ หัวใจ และสมอง สำหรับคนไทยกำหนดให้มีสารชนิดนี้ไม่เกิน 20 ส่วนในพันล้านส่วน (ppb) ส่วนต่างประเทศกำหนดให้มีสารชนิดนี้ไม่เกิน 5-30 ppb ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดมาตรฐานในแต่ละประเทศ สารอะฟลาท็อกซินจัดเป็นสาร secondary metabolite ที่สร้างขึ้นจากเชื้อรา มักพบการปนเปื้อนในพืชไร่หลายชนิดโดยเฉพาะถั่วลิสง ข้าวโพด พบสารพิษนี้ปริมาณสูงมาก สารอะฟลาท็อกซินที่ตรวจพบในธรรมชาติมี 4 ชนิดคือ aflatoxin B1, B2, G1 และ G2 มีคุณสมบัติเรืองแสง ความเป็นพิษ aflatoxin B1 มีพิษสูงสุด รองลงมาได้แก่ B2, G1 และ G2 ตามลำดับ

วิธีการควบคุมการปนเปื้อนของเชื้อราที่เป็นสาเหตุและการสร้างสารอะฟลาท็อกซิน มีหลายวิธีด้วยกัน ได้แก่ วิธีการด้านกายภาพ โดยเฉพาะที่เกี่ยวกับการจัดการทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ การป้องกันไม่ให้เมล็ดถั่วเสียหายจากการเก็บเกี่ยว การควบคุมความชื้นเมล็ดให้เหมาะสม การคัดแยกเมล็ดที่เสียออกไป สภาพแวดล้อมและวิธีการเก็บรักษาผลผลิตเหมาะสม วิธีการด้านชีวภาพ การใช้สารเคมี และการเขตกรรม การป้องกันและแก้ไข ควรเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงที่ฝักแก่เต็มที่ เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว ควรตากผลผลิตให้ฝักแห้ง เพื่อลดความชื้นในเมล็ด ควรเก็บในสภาพอุณหภูมิต่ำและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 70%

พัฒนาและปรับปรุงเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบกระบะขนาดเล็กที่มีจำหน่ายอยู่ทั่วไปโดยเฉพาะในเขตพื้นที่ภาคเหนือสำหรับการลดความชื้นถั่วลิสงหลังการเก็บเกี่ยวในช่วงฤดูฝน ให้เหมาะสำหรับการใช้งานในระดับเกษตรกร โดยการศึกษาอุณหภูมิ ระยะเวลาที่ใช้อบ และความหนาของชั้นถั่วลิสง ทั้งนี้คณะผู้วิจัยมีแนวความคิดในการปรับปรุงเครื่องอบแห้งให้สามารถใช้งานได้สะดวกมากขึ้น โดยเฉพาะการขนย้ายผลผลิต เข้า-ออก ในถังอบ การใช้พลังงานความร้อนจากแก๊สอย่างประหยัด และการลดระยะเวลาในการอบให้ได้ความชื้นเมล็ดถั่วลิสงที่เหมาะสม ทำการทดสอบ ปรับปรุงและพัฒนาเครื่องอบแห้งลำไยแบบกระบะสลับทิศทางการลมร้อน ซึ่งได้วิจัยและพัฒนาขึ้นโดยศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม มาปรับใช้กับการลดความชื้นฝักถั่วลิสง เพื่อแก้ปัญหาการเกิดสารพิษอะฟลาท็อกซิน โดยทดสอบเครื่องอบแห้งแบบกระบะขนาด 2 ตันที่สามารถสลับทิศทางการลมร้อนได้โดยไม่ต้องพลิกกลับฝักถั่วลิสงในขณะอบแห้ง หลักการทำงานคือ ให้สามารถสลับทิศทางการลมร้อนได้โดยไม่ต้องพลิกกลับฝักถั่วลิสงในขณะอบแห้ง โดยมีส่วนประกอบเพิ่มเติม คือ ชุดสลับทิศทางการลมร้อน ชุดกระจายลมร้อน ชุดกระบะ และชุดฝาครอบกระบะ

การลดความชื้นถั่วลิสงต้องทำอย่างระมัดระวังโดยเฉพาะเมื่อต้องการเป็นเมล็ดพันธุ์ ซึ่งคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงจากการอบลดความชื้นขึ้นกับความชื้นเบื้องต้นของถั่วลิสง อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ และความหนาของชั้นถั่วลิสงที่ทำการอบลดความชื้น (นิลกุล, 2548) สำหรับการทดลองนี้จะเน้นการอบลดความชื้นถั่วลิสงเพื่อการบริโภคเป็นหลัก จากนั้นจึงจะศึกษาความเป็นไปได้ในการอบแห้งเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ต่อไป

การวิจัยมีวัตถุประสงค์ เพื่อปรับปรุงและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบกระบะสลับทิศทางลมร้อนสำหรับลดความชื้นฝักถั่วลิสง และเพื่อแก้ปัญหาการเกิดสารพิษอะฟลาทอกซินในถั่วลิสงหลังการเก็บเกี่ยวโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน

7. วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

- เครื่องมือวัดขนาด เช่น เวอร์เนียร์ ไม้มบรรทัด
- เครื่องชั่งน้ำหนักแบบสปริง และแบบดิจิตอล
- เครื่องมือและอุปกรณ์ในงานช่าง สำหรับการสร้างและปรับปรุงต้นแบบ
- วัสดุเกษตร เช่น ฝักถั่วลิสง พันธุ์การค้า และพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตร

วิธีการดำเนินงาน

การศึกษานี้ไม่มีแผนการทดลอง เป็นการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องจักรกลต้นแบบให้สามารถใช้ในการลดความชื้นฝักถั่วลิสงให้มีประสิทธิภาพ

1. รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา ข้อจำกัดต่างๆ และการจัดการผลผลิตถั่วลิสงหลังการเก็บเกี่ยว รวมทั้งวิธีการลดความชื้นฝักถั่วลิสงรูปแบบต่างๆในปัจจุบัน
2. ศึกษาและทดสอบเพื่อหาสมการการอบแห้งฝักถั่วลิสงพันธุ์ที่ทำการศึกษา
3. ออกแบบและสร้างชุดทดสอบศึกษาการลดความชื้นฝักถั่วลิสง โดยทำการศึกษาเพื่อหาอุณหภูมิ และระยะเวลาที่ใช้ในการอบ และความหนาของชั้นถั่วลิสงในขณะทำการลดความชื้นที่เหมาะสม
4. ออกแบบและปรับปรุงเครื่องอบแห้งลำไยแบบกระบะสลับทิศทางลมร้อน โดยทำการศึกษาความเร็วและอัตราการไหลของอากาศร้อน อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง อัตราการอบแห้ง และความหนาของชั้นผลผลิตที่พอเหมาะ
5. ทดสอบการทำงานเบื้องต้นของเครื่องอบแห้งที่ปรับปรุงแล้ว
6. ทดสอบเพื่อหาความสามารถและประสิทธิภาพการทำงาน

การบันทึกข้อมูล

เก็บข้อมูลการทดสอบ มีค่าชี้ผลสมรรถนะการทำงานของเครื่องได้แก่ อัตราการอบแห้ง ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่อง ตรวจสอบคุณภาพเมล็ดถั่วลิสงหลังการอบ และวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายและความคุ้มค่าในการลงทุน เปรียบเทียบการทำงานกับวิธีปฏิบัติเดิมของเกษตรกร

ระยะเวลา (เริ่มต้น - สิ้นสุด)

เดือนตุลาคม 2556 ถึง เดือนกันยายน 2557

สถานที่ดำเนินการ

ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร
ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาฬสินธุ์ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 กรมวิชาการเกษตร

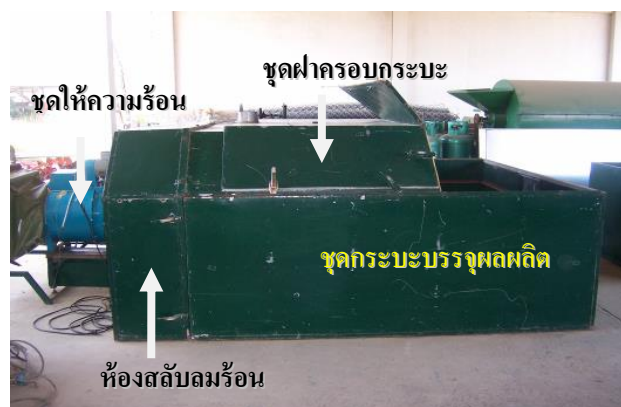
8. ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาข้อมูลเครื่องอบแห้งแบบกระบะสำหรับอบแห้งลำไยทั้งเปลือก เป็นเครื่องอบที่ใช้อย่างแพร่หลาย เพราะอบลำไยได้ในปริมาณมาก ประกอบด้วยกระบะขนาดโดยทั่วไปกว้าง 235 ซม. ยาว 235 ซม. สูง 90 ซม. มีตะแกรงเหล็กวางอยู่ภายในสูงจากพื้นกระบะประมาณ 30-45 ซม. สำหรับกระจายลมร้อนจากเตากำเนิดลมร้อนที่ติดอยู่ด้านข้างในชุดเตากำเนิดลมร้อนจะมีพัดลมใช้กับไฟฟ้า 220 โวลต์ สำหรับเป่าให้ลมร้อนผ่านผลลำไยที่บรรจุอยู่เหนือตะแกรง สามารถตั้งอุณหภูมิได้ เครื่องอบนี้สามารถบรรจุลำไยได้ครั้งละ 1,800 – 2,000 กิโลกรัม ต่อเวลาอบประมาณ 40-48 ชั่วโมง มีทั้งแบบใช้น้ำมันและแก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง

การสร้างอุปกรณ์สลับทิศทางการลมสำหรับพัฒนาและปรับปรุงเครื่องอบแห้งลำไยแบบกระบะของเกษตรกรที่มีใช้อยู่ทั่วไป

1. เครื่องอบแบบกระบะของเกษตรกรที่มีใช้อยู่ทั่วไป ประกอบด้วยห้องอบแห้งเป็นโครงเหล็กสี่เหลี่ยมขนาด $2.4 \times 2.4 \times 0.90$ เมตร มีพื้นเป็นตะแกรงที่ความสูง 30 เซนติเมตรจากพื้น พัดลมเป็นแบบไหลตามแกนใบพัด (vane axial fan) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัด 38 เซนติเมตร ใช้มอเตอร์ 1 แรงม้า 220 โวลต์ เฟสเดียว ชุดพัดลมต่อเข้ากระบะอบที่เปิดช่องไว้ด้วยผ้าใบเพื่อนำลมร้อนเข้าด้านล่างของกระบะขณะทำการอบ (ภาพที่ 1)

2. นำเครื่องอบแบบกระบะของเกษตรกรดังกล่าวมาต่อเติมเสริมอุปกรณ์ซึ่งประกอบไปด้วยชุดสลับทิศทาง ชุดกระบะต้นแบบ ชุดฝาครอบกระบะ และชุดกระจายลมร้อน (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของเครื่องอบแบบกระบะที่สามารถสลับลมร้อนได้

การดำเนินการทดสอบการลดความชื้นฝักถั่วลิสง

ติดตั้งเครื่องอบแห้งแบบกระบะสลับทิศทางลมร้อน โดยใช้เชื้อเพลิงจากแก๊สแอลพีจี เป็นตัวกำเนิดความร้อน โดยทำการศึกษาลดความชื้นฝักถั่วลิสงพันธุ์ ไทนาน 9 จากแปลงเกษตรกร จังหวัดกาฬสินธุ์ และติดตั้งเครื่องอบแห้งไว้ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาฬสินธุ์ (ดังภาพประกอบ)



ภาพที่ 2 การติดตั้ง ประกอบเครื่องอบแห้งแบบกระบะสลับทิศทางลมร้อน (บน-ล่าง)



ภาพที่ 3 ลักษณะการติดตั้งหัวพ่นแก๊สกำเนิดความร้อนในห้องอบ และการติดตั้งชุดหัววัดอุณหภูมิในห้องอบลดความชื้นฝักถั่วลิสง



ภาพที่ 4 เครื่องอบแห้งแบบกระบะสลับทิศทางลมร้อนสำหรับทดสอบลดความชื้นฝักถั่วลิสง



ภาพที่ 5 การสุ่มตัวอย่างเพื่อหาความชื้นฝักถั่วลิสงในแต่ละช่วงเวลา และการวัดอุณหภูมิลมร้อน

ผลการทดสอบลดความชื้นฝักถั่วลิสงโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบกระบะสลับทิศทางลมร้อน

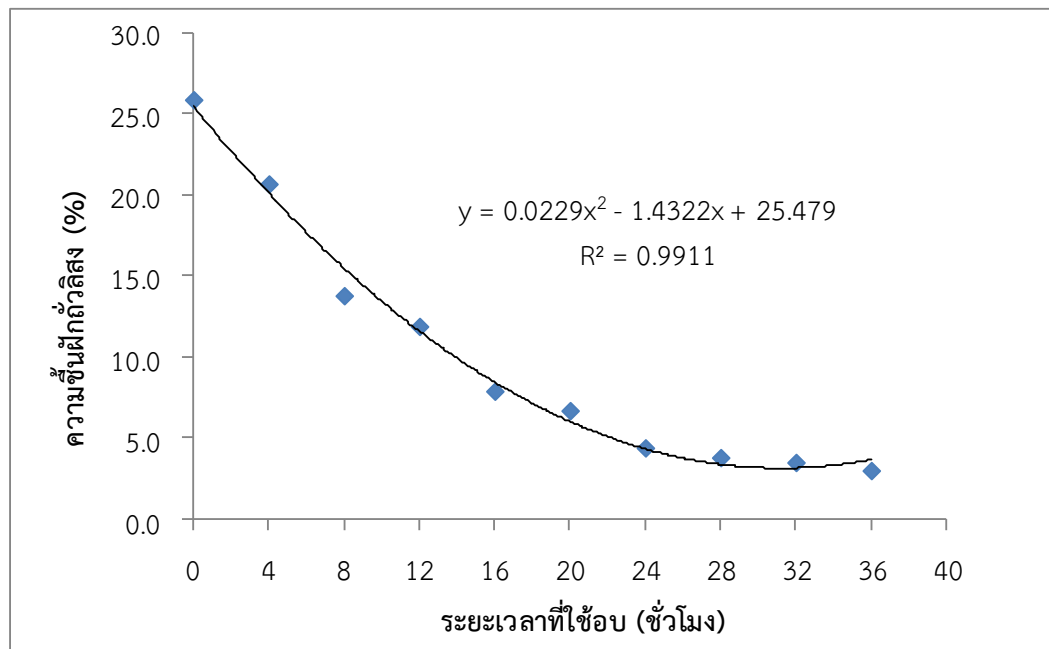
นำผลผลิตฝักถั่วลิสงบรรจุลงในเครื่องอบแห้งที่ระดับความหนาของชั้นถั่วลิสง 20 เซนติเมตร ทำการทดสอบการลดความชื้นด้วยอุณหภูมิลมร้อน 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 36 ชั่วโมง เปิดสลับทิศทางลมร้อน บน 2 ชั่วโมง ล่าง 2 ชั่วโมง วัดอุณหภูมิภายในห้องอบด้วยเครื่องมือวัดและบันทึกอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ เก็บตัวอย่างถั่วลิสงเพื่อนำไปหาค่าความชื้น และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ทุกๆ 4 ชั่วโมง ส่งตัวอย่างการวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์ไปที่ ศวพ.พิษณุโลก ณ ห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชพิษณุโลก

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9

ระยะเวลา ที่ใช้อบ (ชม.)	ความชื้น (% wb)	ความงอก (%)				
		ต้นอ่อนปกติ	ต้นอ่อนผิดปกติ	เมล็ดสดไม่งอก	เมล็ดแข็ง	เมล็ดตาย
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
0	25.90	67.00	13.33	0.00	0.00	19.67
4	20.70	63.33	12.67	0.00	0.00	24.00
8	13.80	76.00	10.67	0.00	0.00	13.33
12	11.90	80.33	8.67	0.00	0.00	11.00
16	7.90	76.33	7.67	0.00	0.00	16.00
20	6.70	80.00	8.00	0.00	0.00	12.00
24	4.40	73.33	8.33	0.00	0.00	18.33
28	3.80	75.00	9.67	0.00	0.00	15.33
32	3.50	75.00	10.00	0.00	0.00	15.00
36	3.00	76.67	7.67	0.00	0.00	15.67
ตากแดดและผึ่งลม	10.00	80.05	9.33	0.00	0.00	10.62

วิธีการทดสอบความงอกทั้งหมดเป็นไปตามที่กำหนดใน The ISTA International Rule for Seed Testing, 2014.

วิธีทดสอบความงอก : SAND, 20<=>30 C



ภาพที่ 6 การลดความชื้นถั่วลิสงด้วยเครื่องอบลมร้อนแบบกระบอกสลับทิศทางลม

จากตารางที่ 1 และกราฟการลดความชื้นฝักถั่วลิสงพันธุ์ไททาน 9 จากความชื้น 25.9 % wb ลดความชื้นลงเหลือประมาณ 6.7% wb ใช้เวลาในการอบแห้ง 20 ชั่วโมง โดยมีเปอร์เซ็นต์ความงอกต้นอ่อนปกติ 80.00% ต้นอ่อนผิดปกติ 8.00% และ เมล็ดตาย 12.00% ไกล่เคียงกับกรรมวิธีการลดความชื้นด้วยการตากแดดและผึ่งลมเป็นเวลา 3 วัน ที่มีเปอร์เซ็นต์ความงอกต้นอ่อนปกติ 80.05% ต้นอ่อนผิดปกติ 9.33% และ เมล็ดตาย 10.62% ซึ่งการให้ความร้อนนานกว่า 20 ชั่วโมง จะมีผลทำให้คุณภาพเมล็ดพันธุ์ต่ำลง โดยเปอร์เซ็นต์ความงอกต้นอ่อนปกติจะต่ำกว่า 80% โดยสมการการอบแห้งที่สามารถนำไปใช้หาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งที่ได้จากการทดลอง คือ $y = 0.0229x^2 - 1.4322x + 25.479$ ซึ่งทั้งนี้เวลาที่ใช้ออบแห้ง (x) ก็จะขึ้นอยู่กับความชื้นเริ่มต้นของฝักถั่วลิสง (y)

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาและทดสอบการใช้เครื่องอบแห้งแบบกระเปาะสลับทิศทางลมร้อนสำหรับการลดความชื้นฝักถั่วลิสง โดยใช้พลังงานจากแก๊สแอลพีจี ให้อุณหภูมิลมร้อน 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง เปิดสลับทิศทางลมร้อนบนและล่างทุก 2 ชั่วโมง ที่ความหนาชั้นถั่วลิสง 20 เซนติเมตร สามารถลดความชื้นฝักถั่วลิสงพันธุ์ไททาน 9 จากความชื้น 25.9 % wb ลดความชื้นลงเหลือ 6.7% wb มีเปอร์เซ็นต์ความงอกต้นอ่อนปกติ 80.00% ต้นอ่อนผิดปกติ 8.00% และ เมล็ดตาย 12.00% ซึ่งกรรมวิธีนี้เหมาะสำหรับการจัดการเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงในช่วงฤดูฝน เพื่อลดความเสียหายของเมล็ดจากสารพิษอะฟลาทอกซิน ในกรณีที่เกษตรกรไม่สามารถนำผลผลิตไปตากแดดและเก็บผึ่งลมในที่ร่มได้ ทั้งนี้ต้องมีการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายและความคุ้มค่าในการลงทุน เปรียบเทียบการทำงานกับวิธีปฏิบัติเดิมของเกษตรกร

11. คำขอขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาฬสินธุ์ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 กรมวิชาการเกษตร ที่ให้การสนับสนุนผลผลิตถั่วลิสง สถานที่ทดสอบในการวิจัยครั้งนี้ และ ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชพิษณุโลก ที่ช่วยตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่มีส่วนช่วยสนับสนุนงานวิจัยและศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆในการทำวิจัย

12. เอกสารอ้างอิง

จำลอง ปราบแก้ว, จารุวัตร เจริญ, ปัญญา แดงวิไลลักษณ์ , 2545. รายงานวิจัยเรื่อง เครื่องแยกผลจากทะลายปาล์มน้ำมันสำหรับกลุ่มเกษตรกร, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

บุญรักษ์ กาญจนวรรณิชย์ , 2554. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ระบบสกัดน้ำมันปาล์มแบบไม่ใช้น้ำ, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.mtec.or.th>, เข้าดูเมื่อวันที่ 7/12/2554.

พุทธอินันท์ จารุวัฒน์ วุฒิพล จันทรสระคู ศุภวรรณ ภามตย์ สากุล วีรียนันท์ วิชณีย์ ออมทรัพย์สิน ยงยุทธ คงชาน และบัณฑิตา แสงวงษา, 2553. การวิจัยและพัฒนาชุดสกัดน้ำมันปาล์มดิบเพื่อทำไบโอดีเซลสำหรับชุมชนทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. รายงานผลงานวิจัยโครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักร และโรงงานต้นแบบขนาดเล็กผลิตพลังงานจากพืช กรมวิชาการเกษตร.

วิชณีย์ ออมทรัพย์สิน , 2547. การแปรรูปปาล์มน้ำมัน. คัดลอกจากเอกสารวิชาการ ลำดับที่ 16/2547 เรื่อง ปาล์มน้ำมัน. ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี กรมวิชาการเกษตร.

วิชาการปาล์มน้ำมัน. ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. [ระบบออนไลน์]

<http://www.doa.go.th/palm/linkTechnical/oilpalm.html>

สันต์ชัย กลิ่นพิกุล และคณะ , 2544. รายงานวิจัยเรื่อง เครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะเลลายปาล์มสด. สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมันและโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2555. การผลิตสินค้าเกษตรที่สำคัญ. [online], Available: http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=9704

ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันหนองคาย , 2550. รายงานแผนและผลการดำเนินงานปาล์มน้ำมันของศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันหนองคาย สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 กรมวิชาการเกษตร.

Maycock, J.H. 1987, PALM OIL FACTORY PROCESS HANDBOOK PART 1: GENERAL DESCRIPTION OF THE PALM OIL MILLING PROCESS, Palm Oil Research Institute of Malaysia, Ministry of Primary Industries, Malaysia.

Poku, K. 2002, Small-Scale Palm Oil Processing in Africa. In: FAO AGRICULTURAL SERVICES BULLETIN 148, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.