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 อาษาวัง	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
	นายกลวัชร ทิมินกุล	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
	นายธนกฤต โยธาทูล	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
	นายประยูร จันทองอ่อน	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
	นายสนอง อมฤกษ์	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่

5. **บทคัดย่อ**

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อปรับปรุงและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบกระบะสลับทิศทางลมร้อนสำหรับลดความชื้นฝักถั่วลิสง และเพื่อแก้ปัญหาการเกิดสารพิษอะฟลาทอกซินในถั่วลิสงหลังการเก็บเกี่ยวโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน เป็นการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องจักรกลต้นแบบให้สามารถใช้ในการลดความชื้นฝักถั่วลิสงให้มีประสิทธิภาพ ศึกษาและทดสอบกับถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 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 ในกรณีที่เกษตรกรไม่สามารถนำผลผลิตไปตากแดดและเก็บผึ่งลมในที่ร่มได้

6. คำนำ

ถั่วลิสงเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยพืชหนึ่ง ที่มีแหล่งกำเนิดแถบอเมริกาใต้ ซึ่งปัจจุบันเป็นภาคตะวันออกของประเทศโบลิเวีย และปลูกกันทั่วไปในเขตร้อนและกึ่งร้อน ถั่งลิสงมีลักษณะที่แตกต่างจากพืชวงศ์เดียวกันคือ ออกดอกเหนือดินแต่ติดฝักใต้ดิน ประโยชน์ของถั่งลิสงที่สำคัญคือให้เมล็ดเป็นอาหารและสกัดน้ำมันแล้วกากที่เหลือยังใช้เป็นอาหารสัตว์และวัตถุดิบในอุตสาหกรรมหลายชนิด เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูงคือเป็นแหล่งอาหารโปรตีนและไขมัน ซึ่งในเมล็ดถั่งลิสงแห้งประกอบด้วยน้ำมันร้อยละ 45-55 ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าพืชตระกูลถั่วชนิดอื่นๆและมีโปรตีนร้อยละ 25-26 ถั่วลิสงมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Arachis hypogeal*. ซึ่งมาจากภาษากรีก หมายถึง พืชตระกูลถั่วที่สร้างฝักในดิน ในประเทศไทยถั่วลิสงปลูกมากในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น, 2542) เมล็ดถั่วลิสงมีคุณค่าทางอาหารสูงเช่นโปรตีน ไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงเดียว คาร์โบไฮเดรท แคลเซียม (ทักษิณา, 2541) หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต ถ้าเก็บถั่วลิสงไว้ในบริเวณที่ที่มีความชื้นที่เหมาะสำหรับการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* จะมีผลทำให้เกิดสารพิษที่มีชื่อว่า สารอะฟลาท็อกซิน (Aflatoxins) ที่มีความสำคัญที่ทำให้เกิดอันตรายหากมีการนำถั่วลิสงมาใช้ประโยชน์ (นิลุบล, 2545)

ปัญหาค่าจ้างแรงงานในช่วงเก็บเกี่ยว และหลังเก็บเกี่ยวค่อนข้างสูง ทำให้ต้นทุนการผลิตถั่วลิสงสูงโดยเฉพาะค่าแรงงาน คิดเป็น 60-70% ของต้นทุนทั้งหมดโดยเฉพาะแรงงานในช่วงเก็บเกี่ยวและหลังเก็บเกี่ยว ถั่วลิสงที่ผลิตออกสู่ตลาดในแต่ละปีจะมีมากเป็น 2 ระยะ คือ ช่วงฤดูฝนและช่วงฤดูแล้ง โดยประมาณร้อยละ 60-70 ของการผลิตทั้งปี เป็นการผลิตถั่วลิสงในฤดูฝน และประสบปัญหาสำคัญ คือ ในช่วงเก็บเกี่ยวถั่วลิสงจะมีฝนตกชุกความชื้นของอากาศค่อนข้างสูง การลดความชื้นเมล็ดซึ่งต้องใช้เวลานาน และสภาพเช่นนี้เหมาะสมต่อการเจริญและผลิตสารพิษอะฟลาทอกซินของเชื้อรา เป็นเหตุให้ถั่วลิสงมีคุณภาพต่ำไม่เหมาะที่จะนำไปบริโภคและใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ ทั้งนี้การปน เปื้อน ของสารพิษอะฟลาทอกซินในถั่วลิสงส่วนใหญ่มักเกิดช่วงหลังการเก็บเกี่ยวโดยเฉพาะไม่สามารถลดความชื้นของฝักถั่วลิสงได้ทัน (นิลุบล, 2545)

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

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

Harrington (1972) ได้กล่าวว่าการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ให้ปลอดภัยควรใช้อุณหภูมิสูงไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส โดยการอบเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นสูงควรใช้อุณหภูมิต่ำ ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นต่ำสามารถใช้อุณหภูมิสูงขึ้นได้ (ตารางที่ 1) การใช้อุณหภูมิที่ต่ำเกินไปจะลดความชื้นได้ช้า ทำให้เมล็ดเสียหายจากกระบวนการทางชีวเคมีของเมล็ด เช่น การหายใจ และกิจกรรมต่างๆ ของจุลินทรีย์ แต่การใช้อุณหภูมิที่สูงการเกินไปจะทำให้เซลล์ในเมล็ดพันธุ์เสียหายจากความร้อน หรือการสูญเสียความชื้นที่เร็วเกินไป (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 โดยใช้เครื่องอบขนาดเล็กที่มีถังอบขนาด 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 โดยไม่มีผลกระทบเสียหายต่อคุณภาพด้านความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ และพบการปนเปื้อนของเชื้อรา *A.flavus* เพียง 4-6 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการตากเมล็ดพันธุ์ในแดดและในร่ม พบความแปรปรวนของเวลาในการลดความชื้นและคุณภาพของถั่วลิสง ซึ่งขึ้นกับสภาพแวดล้อม และภาชนะหรือวัสดุตาก

ทวีชัย (2545) กล่าวไว้ว่า 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 ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพไม่สม่ำเสมอกัน เกิดการสูญเสีย และมีความยุ่งยากในการปฏิบัติงาน ลำไยที่อยู่ชั้นล่างของกระบะจะเริ่มคายความชื้นก่อน มีการเปลี่ยนสภาพอย่างเห็นได้ชัดเมื่ออบไปได้ 12 ชั่วโมง เนื้อของลำไยเริ่มหดตัว และเกิดช่องว่างขึ้นภายใน ทำให้ถูกลำไยชั้นบนซึ่งมีน้ำหนักมากกว่ากดทับจนแตกหรือเสียรูปทรง เกษตรกร และผู้ประกอบการอบแห้งลำไยจึงแก้ไขปัญหาโดยแบ่งลำไยสดที่นำเข้าอบออกเป็น 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นล่าง ชั้นกลาง และชั้นบน แต่ละชั้นมีตาข่ายคั่น และระหว่างการอบจะมีการสลับชั้นลำไย 2 ถึง 3 ครั้ง ทุกๆ 12 –15 ชั่วโมง เพื่อให้ลำไยในแต่ละชั้นแห้งสม่ำเสมอกันโดยย้ายลำไยชั้นบนลงไปชั้นล่าง และย้ายลำไยจากชั้นล่างขึ้นไปไว้ชั้นบน ในขณะที่ลำไยชั้นกลางถูกจัดวางในตำแหน่งเดิม การอบครั้งหนึ่งจะใช้เวลาประมาณ 42-52 ชั่วโมง นับว่ามีความยุ่งยากในการทำงานเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ระหว่างการขนย้าย ยังทำให้เปลือกของลำไยแตกหรือบุบ เกิดการสูญเสียของผลผลิตไปบางส่วน

ทวีชัย (2545) ได้ปรับปรุงระบบการทำงานเครื่องลดความชื้นแบบกระบะโดยให้มีการเคลื่อนที่ของอากาศร้อนไหลแทรกผ่านชั้นผลผลิตจากด้านบนลงสู่ด้านล่าง โดยหลักการนี้ผลผลิตที่อยู่ด้านบนของกระบะจะทยอยแห้งก่อนด้านล่าง และสามารถขนย้ายไปเก็บรักษาไว้ แล้วจึงทำการอบผลผลิตที่เหลือต่อไปโดยไม่ต้องทำการสลับชั้นหรือเปลี่ยนตำแหน่งของผลผลิตจากการทดลองอบพริกใหญ่จำนวน 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 โดยแบ่งการบรรจุออกเป็น 3 ชั้นๆ ละ 150 กิโลกรัม พบว่าใช้เวลาในการอบแห้งลำไยชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง เท่ากับ 35, 45 และ 52 ชั่วโมงตามลำดับ ได้ผลผลิตลำไยแห้งรวม 138.8 กิโลกรัม อัตราแปรสภาพ มีค่าเฉลี่ย 3.24 : 1 ใช้กระแสไฟฟ้าเพื่อขับพัดลมจำนวน 22.36 หน่วย และสิ้นเปลืองก๊าซหุงต้ม 27.9 กิโลกรัม

สนอง และคณะ (2554) ได้ปรับปรุงและทดสอบเครื่องอบแห้งลำไยทั้งเปลือกแบบกระบะขนาด 2 ตัน ที่เกษตรกรมีใช้อยู่ทั่วไป ให้สามารถสลับทิศทางลมร้อนได้โดยไม่ต้องพลิกกลับลำไยในขณะอบแห้ง โดยมีส่วนประกอบเพิ่มเติมคือ ชุดสลับทิศทางลม ชุดกระจายลมร้อน ชุดกระบะ และชุดฝาครอบกระบะ จากผลการทดสอบใช้ลำไยพันธุ์อีดอ จำนวน 2 ตันใช้อุณหภูมิในการอบ 65-70 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วอากาศอบแห้ง 0.2 เมตรต่อวินาที พบว่าที่ความชื้นเริ่มต้นในการอบเท่ากับ 76 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก อบแห้งจนกระทั้งเหลือความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียกใช้เวลาอบแห้งทั้งหมด 50 ชั่วโมง ผลการตรวจสอบคุณภาพลำไยอบแห้งหลังการอบพบว่ามีค่าผลดี ผลแตก ผลบุบและผลมีน้ำหมาก เท่ากับ 60.4 3.8 7.5 และ 28.3 เปอร์เซ็นต์ ได้ลำไยอบแห้ง 620 กิโลกรัม หรือ สัดส่วนของลำไยสดต่อลำไยแห้ง เท่ากับ 3.22 : 1 ค่าใช้จ่ายการอบลำไยผลของเครื่องที่พัฒนาขึ้น 1.77 บาท/กก. ส่วนการอบแห้งแบบกระบะของเกษตรกรพบว่า มีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 2.03

บาทต่อกิโลกรัมสด และคุณภาพลำไยอบแห้งหลังการอบมีค่าผลดี ผลแตก ผลบุบและผลมีน้ำหมากเท่ากับ 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 จากงานทดลองนี้วิธีการลดความชื้นที่ต่างกันไม่ทำให้ความงอก น้ำหนักแห้งต้นกล้า จำนวนต้นกล้าผิดปกติ เมล็ดตาย และการปนเปื้อนของเชื้อราหลังการลดความชื้นทันทีแตกต่างกัน ยกเว้นค่าการนำไฟฟ้า ที่การผึ่งในร่มทำให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุด (13.7 ไมโครโมส์/ซม./กรัม) และแตกต่างจากเมล็ดที่ตากแดดซึ่งมีค่าการนำไฟฟ้ารองลงมา และการใช้เครื่องลดความชื้นมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำที่สุด (11.0 และ 10.6 ไมโครโมส์/ซม./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

พุทธธินันทร์ (2552) ได้ทำการศึกษาเทคโนโลยีการอบแห้งเพื่อลดระยะเวลาในการอบแห้ง ทำการศึกษาเทคนิคการอบแห้งแบบมีการเปลี่ยนอุณหภูมิ โดยใช้อุณหภูมิสูงในช่วงแรกของการอบแห้งเนื่องจากเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อลำไยมีสูงและลดอุณหภูมิการอบแห้งลงตามเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อลำไยที่ลดลง ทำให้สามารถอบแห้งเนื้อลำไยได้รวดเร็วขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิเดียว โดยคุณภาพของลำไยอบแห้งยังคงมีคุณภาพดี ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการผลิตและสามารถเพิ่มปริมาณการผลิตเนื้อลำไยอบแห้งต่อฤดูการผลิตได้ ในการศึกษาใช้อุณหภูมิสูงในช่วงแรกของการอบ พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิที่สูงเกินไปจะทำให้เนื้อลำไยมีผิวที่แห้งและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มทำให้เสียคุณภาพ จากผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่มีความเหมาะสมสำหรับการอบแห้งในช่วงแรก สามารถลดความชื้นของเนื้อลำไยที่มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้น 80 เปอร์เซ็นต์ เหลือความชื้นของเนื้อลำไย 50 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 1.5 ชั่วโมง โดยเนื้อลำไยไม่เสียคุณภาพ จากนั้นทำการลดอุณหภูมิอบแห้งลงเพื่อรักษาคุณภาพของเนื้อลำไยตามความชื้นที่ลดลง โดยอบแห้งต่อที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง รวมระยะเวลาการอบแห้งทั้งหมด 7.5 ชั่วโมง ลำไยอบแห้งที่ได้มีคุณภาพดี เปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้ายของเนื้อลำไยอบแห้ง 13 เปอร์เซ็นต์

สุวัฒน์ (2540) ในถั่วลิสงมีข้อจำกัดที่สำคัญคือการเกิดสารพิษในถั่งลิสงที่เกิดจากเชื้อราชนิดหนึ่งที่เรียกว่าสารอะฟลาท็อกซิน เชื้อราที่เป็นสาเหตุ เชื้อ Aspergillus flavus และ A.parasiticus สารพิษนี้สามารถปนเปื้อนตั้งแต่ช่วงระยะที่ปลูกในแปลง การเก็บเกี่ยว การตากแห้ง รวมทั้งระหว่างการการเก็บรักษาก่อนถึงผู้บริโภค โดยเฉพาะการปลูกถั่งลิสงในฤดูฝน การปนเปื้อนของสารชนิดนี้เริ่มในช่วงถั่วลิสงสร้างฝัก เชื้อราชนิดนี้เจริญเติบโตได้ดีในสภาพอุณหภูมิ 10-15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ (RH) 75 % ซึ่งเป็นสารพิษร้ายแรงต่อสุขภาพและชีวิตของผู้บริโภค ทั้งมนุษย์และสัตว์เลี้ยงโดยตรงอย่างเฉียบพลัน หากได้รับในปริมาณสูงและอาจเป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดโรคมะเร็งที่ตับ หัวใจ และสมอง สำหรับคนไทยกำหนดให้มีสารชนิดนี้ไม่เกิน 20 ส่วนในพันล้านส่วน (ppb) ส่วนต่างประเทศกำหนดให้มีสารชนิดนี้ไม่เกิน 5-30 ppb ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการกำหนดมาตรฐานในแต่ละประเทศ สารอะฟลาท็อกซินจัดเป็นสาร secondary metbolite ที่สร้างขึ้นจากเชื้อรา มักพบการปนเปื้อนในพืชไร่หลายชนิดโดยเฉพาะถั่วลิสง ข้าวโพด พบสารพิษนี้ปริมาณสูงมาก สารอะฟลาท็อกซินที่ตรวจพบในธรรมชาติมี 4 ชนิดคือ aflatoxinB1,B2,G1 และ G2 มีคุณสมบัติเรืองแสง ความเป็นพิษ aflatoxinB1มีพิษสูงสุด รองลงมาได้แก่ B2,G1 และ G2 ตามลำดับ

วิธีการควบคุมการปนเปื้อนของเชื้อราที่เป็นสาเหตุและการสร้างสารอะฟลาท็อกซิน มีหลายวิธีด้วยกัน ได้แก่ วิธีการด้านกายภาพ โดยเฉพาะที่เกี่ยวกับการจัดการทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่การป้องกันไม่ให้เมล็ดถั่วเสียหายจากการเก็บเกี่ยว การควบคุมความชื้นเมล็ดให้เหมาะสม การคัดแยกเมล็ดที่เสียออกไป สภาพแวดล้อมและวิธีการเก็บรักษาผลผลิตเหมาะสม วิธีการด้านชีวภาพ การใช้สารเคมี และการเขตกรรม การป้องกันและแก้ไข ควรเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงที่ฝักแก่เต็มที่ เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว ควรตากผลผลิตให้ฝักแห้งเพื่อลดความชื้นในเมล็ด ควรเก็บในสภาพอุณหภูมิต่ำและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 70%

พัฒนาและปรับปรุงเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบกระบะขนาดเล็กที่มีจำหน่ายอยู่ทั่วไปโดยเฉพาะในเขตพื้นที่ภาคเหนือสำหรับการลดความชื้นถั่วลิสงหลังการเก็บเกี่ยวในช่วงฤดูฝน ให้เหมาะสำหรับการใช้งานในระดับเกษตรกร โดยการศึกษาอุณหภูมิ ระยะเวลาที่ใช้อบ และความหนาของชั้นถั่วลิสง ทั้งนี้คณะผู้วิจัยมีแนวความคิดในการปรับปรุงเครื่องอบแห้งให้สามารถใช้งานได้สะดวกมากขึ้นโดยเฉพาะการขนย้ายผลผลิต เข้า-ออก ในถังอบ การใช้พลังงานความร้อนจากแก๊สอย่างประหยัด และการลดระยะเวลาในการอบให้ได้ความชื้นเมล็ดถั่วลิสงที่เหมาะสม ทำการทดสอบ ปรับปรุงและพัฒนาเครื่องอบแห้งลำไยแบบกระบะสลับทิศทางลมร้อน ซึ่งได้วิจัยและพัฒนาขึ้นโดยศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม มาปรับใช้กับการลดความชื้นฝักถั่วลิสง เพื่อแก้ปัญหาการเกิดสารพิษอะฟลาท็อกซิน โดยทดสอบเครื่องอบแห้งแบบกระบะขนาด 2 ตัน ที่สามารถสลับทิศทางลมร้อนได้โดยไม่ต้องพลิกกลับฝักถั่วลิสงในขณะอบแห้ง หลักการทำงานคือ ให้สามารถสลับทิศทางลมร้อนได้โดยไม่ต้องพลิกกลับฝักถั่วลิสงในขณะอบแห้ง โดยมีส่วนประกอบเพิ่มเติม คือ ชุดสลับทิศทางลม ชุดกระจายลมร้อน ชุดกระบะ และชุดฝาครอบกระบะ

การลดความชื้นถั่วลิสงต้องทำอย่างระมัดระวังโดยเฉพาะเมื่อต้องการเป็นเมล็ดพันธุ์ ซึ่งคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงจากการอบลดความชื้นขึ้นกับความชื้นเบื้องต้นของถั่วลิสง อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ และความหนาของชั้นถั่วลิสงที่ทำการอบลดความชื้น (นิลุบล, 2548) สำหรับการทดลองนี้จะเน้นการอบลดความชื้นถั่วลิสงเพื่อการบริโภคเป็นหลัก จากนั้นจึงจะศึกษาความเป็นไปได้ในการอบแห้งเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ต่อไป

การวิจัยมีวัตถุประสงค์ เพื่อปรับปรุงและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบกระบะสลับทิศทางลมร้อนสำหรับลดความชื้นฝักถั่วลิสง และเพื่อแก้ปัญหาการเกิดสารพิษอะฟลาทอกซินในถั่วลิสงหลังการเก็บเกี่ยวโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน

7. วิธีดำเนินการ

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

วิธีการดำเนินงาน

การศึกษาวิจัยนี้ไม่มีแผนการทดลอง 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

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาฬสินธ์ 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

การสร้างอุปกรณ์สลับทิศทางลมสำหรับพัฒนาและปรับปรุงเครื่องอบแห้งลำไยแบบกระบะของเกษตรกรที่มีใช้อยู่ทั่วไป

1. เครื่องอบแบบกระบะของเกษตรกรที่มีใช้อยู่ทั่วไป ประกอบด้วยห้องอบแห้งเป็นโครงเหล็กสี่เหลี่ยมขนาด 2.4 × 2.4 × 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 โดยทำการศึกษาการลดความชื้นฝักถั่วลิสงพันธุ์ ไทนาน 9 จากแปลงเกษตรกร จังหวัดกาฬสินธุ์ และติดตั้งเครื่องอบแห้งไว้ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาฬสินธุ์ (ดังภาพประกอบ)

ภาพที่ 2 การติดตั้ง ประกอบเครื่องอบแห้งแบบกระบะสลับทิศทางลมร้อน (บน-ล่าง)

ภาพที่ 3 ลักษณะการติดตั้งหัวพ่นแก๊สกำเนิดความร้อนในห้องอบ
และการติดตั้งชุดหัววัดอุณหภูมิในห้องอบลดความชื้นฝักถั่วลิสง

ภาพที่ 4 เครื่องอบแห้งแบบกระบะสลับทิศทางลมร้อนสำหรับทดสอบลดความชื้นฝักถั่วลิสง

ภาพที่ 5 การสุ่มตัวอย่างเพื่อหาความชื้นฝักถั่วลิสงในแต่ละช่วงเวลา และการวัดอุณหภูมิลมร้อน

ผลการทดสอบลดความชื้นฝักถั่วลิสงโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบกระบะสลับทิศทางลมร้อน

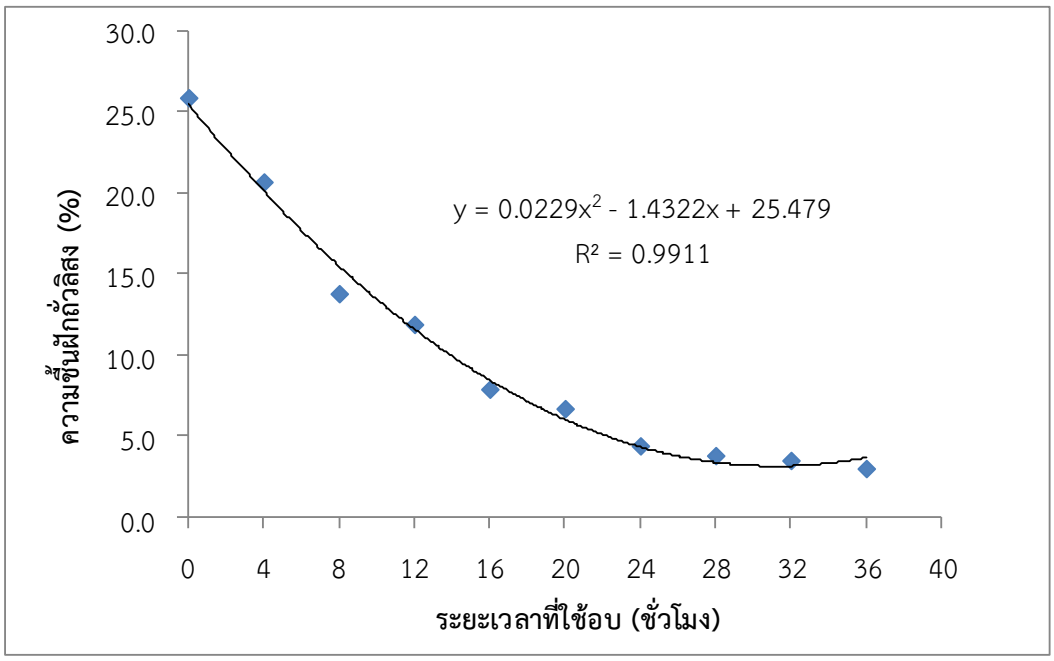
นำผลผลิตฝักถั่วลิสงบรรจุลงในเครื่องอบเกลี่ยที่ระดับความหนาของชั้นถั่วลิสง 20 เซนติเมตร ทำการทดสอบการลดความชื้นด้วยอุณหภูมิลมร้อน 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 36 ชั่วโมง เปิดสลับทิศทางลมร้อน บน 2 ชั่วโมง ล่าง 2 ชั่วโมง วัดอุณหภูมิภายในห้องอบด้วยเครื่องมือวัดและบันทึกอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ เก็บตัวอย่างถั่วลิสงเพื่อนำไปหาค่าความชื้น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

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9

ระยะเวลาที่ใช้อบ (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 การลดความชื้นถั่วลิสงด้วยเครื่องอบลมร้อนแบบกระบะสลับทิศทางลม

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

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาและทดสอบการใช้เครื่องอบแห้งแบบกระบะสลับทิศทางลมร้อนสำหรับการลดความชื้นฝักถั่วลิสง 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 ในกรณีที่เกษตรกรไม่สามารถนำผลผลิตไปตากแดดและเก็บผึ่งลมในที่ร่มได้ ทั้งนี้ต้องมีการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายและความคุ้มค่าในการลงทุน เปรียบเทียบการทำงานกับวิธีปฏิบัติเดิมของเกษตรกร

11. คำขอบคุณ

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 กาญจนวรวณิชย์ , 2554. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ระบบสกัดน้ำมันปาล์มแบบไม่ใช้ไอน้ำ, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.mtec.or.th, เข้าดูเมื่อวันที่ 7/12/2554.

พุทธธินันทร์ จารุวัฒน์ วุฒิพล จันทร์สระคู คุรุวรรณ์ ภามาตย์ สากล วีริยานันท์ วิชณีย์ ออมทรัพย์สิน ยงยุทธ คงช่าน และบัณชา แสงวงษา, 2553. การวิจัยและพัฒนาชุดสกัดน้ำมันปาล์มดิบเพื่อทำไบโอดีเซลสำหรับชุมชนทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. รายงานผลงานวิจัยโครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักร และโรงงานต้นแบบขนาดเล็กผลิตพลังงานจากพืช กรมวิชาการเกษตร.

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

วิชาการปาล์มน้ำมัน. ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. [ระบบออนไลน์] http://www.doa.go.th/palm/linkTechnical/oilpalm.html

สัณห์ชัย กลิ่นพิกุล และคณะ , 2544. รายงานวิจัยเรื่อง เครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลายปาล์มสด. สถานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากน้ำมันปาล์มและพืชน้ำมันและโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริคณะวิศวกรรมศาสตร์ 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.