Engng.J.CMU.(2015) 22 (1), 59-67

วารสารวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Engineering Journal
Chiang Mai University

การประยุกต์วิธีการทากุชิสำหรับค่าที่ดีที่สุดของกระบวนการกะเทาะข้าวกล้องด้วยลูกยางกะเทาะเปลือก

Application of Taguchi Method for the Optimization of Rubber Milled Rice Process

สุรพงศ์ บางพาน[*1] พีรพันธ์ บางพาน[1] และ ธิติกานต์ บุญแข็ง[2]

Surapong Bangphan[*1] Phiraphan Bangphan[1] and Thitikan Boonkang[2]

[*1,1] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่ 128 หมู่ 1 ถ.ห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

[2]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 85 ต.ศรีไคล อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

[*1,1]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Mai Campus,
128 moo 1 Huay Kaew Road, Muang District, Chiang Mai, 50300, Thailand
[2]Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University,
85 Sathonlamark Road, Warin Chamrap District, Ubon Ratchathani, 34190, Thailand
E-mail: pong_pang49@yahoo.com[*1]
Corresponding author[*] Tel: 053-921444; Fax: 053-213183

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้เพื่อต้องการใช้วิธีการทากุชิสำหรับการออกแบบทดลองด้วยรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่เป็นการพัฒนาโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้กำหนดไว้ ดังเช่น อุณหภูมิ ความชื้นข้าวเปลือกและน้ำหนักข้าวเปลือกในกระบวนการกะเทาะข้าวกล้องด้วยลูกยางกะเทาะเปลือก หลังจากได้ทำการคัดเลือกข้อมูลแล้ว การนำเอาอัตราส่วน S/N มาใช้ในการคำนวณและใช้ลำดับค่าที่ได้มาที่มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับทุกๆพารามิเตอร์ที่ป้อนเข้า หลังจากนั้น จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์ที่มีนัยสำคัญสำหรับแต่ละปัจจัยที่ป้อนเข้าในกระบวนการกะเทาะข้าวกล้องด้วยลูกยางกะเทาะเปลือกซึ่งเป็นการตัดสินใจอย่างมีเหตุมีผล สุดท้ายรูปแบบทางคณิตศาสตร์จะอยู่บนฐานของการวิเคราะห์ความถดถอยสำหรับการทำนายผลในกระบวนการกะเทาะข้าวกล้องด้วยลูกยางกะเทาะเปลือกที่ได้นำมาใช้ในครั้งนี้ ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้สามารถพิสูจน์ได้ว่า อุณหภูมิ น้ำหนักข้าวเปลือก และความชื้นข้าวเปลือกที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อกระบวนการกะเทาะข้าวกล้องด้วยลูกยางกะเทาะเปลือกแต่ปัจจัยทั้งสามจะมีปฏิกิริยากับค่าพารามิเตอร์อื่นๆที่ใช้ในการผลิตมีผลกระทบที่เพิ่มขึ้นในกระบวนการกะเทาะข้าวกล้องด้วยลูกยางกะเทาะเปลือกเช่นกันและตลอดจนปัจจัยดังกล่าวทั้งหมดมีนัยสำคัญสำหรับการเพิ่มขึ้นของกระบวนการกะเทาะข้าวกล้องด้วยลูกยางกะเทาะเปลือกอีกด้วย

คำสำคัญ วิธีการทากุชิ การจัดวางลำดับแนวฉากแบบ Orthogonal ข้าวกล้อง ลูกยางกะเทาะเปลือก

ABSTRACT

The objective of this research is to require the using Taguchi's method by design of experiments a mathematical model was developed using parameters such as, Temperature (T), Moisture (M) and Weigh (W) on rubber milled rice process. After collecting data, signal-to-noise ratios (S/N) were calculated and used in order to obtain the optimum levels for every input parameter. Subsequently, using analysis of variance the *significant* coefficients for each input factor on the rubber milled rice process were determined and validated. Finally a mathematical model based on regression analysis for prediction the rubber milled rice process was obtained. Results from this research showed that Temperature (T), Weigh (W) and Moisture (M) have increasing effect on the rubber milled rice process but its interaction with other parameters makes it quite significant for increasing the rubber milled rice process.

KEYWORDS: Taguchi method, Orthogonal array, Milled rice, Husker rubber

1. บทนำ

ประเทศไทยปัจจุบันนี้ประชากรส่วนใหญ่ของประเทศเป็นเกษตรกรและข้าวเป็นผลผลิตหลักของประเทศ ข้าวก็มีหลายชนิดและข้าวที่มีคนเริ่มนิยมมากขึ้นในขณะนี้คือข้าวกล้อง ข้าวกล้องมีประโยชน์ต่อร่างกายมีคุณค่าทางโภชนาการอย่างครบถ้วน มีสารอาหารต่างๆที่ร่างกายต้องการในการเสริมสร้างการเจริญเติบโตและยังมีสารที่ช่วยต่อต้านการเกิดโรคต่างๆ อาทิเช่นโรคมะเร็ง โรคเบาหวาน และโรคลมชัก เป็นต้น ซึ่งสารที่เป็นประโยชน์จะอยู่ตรงบริเวณผิวของข้าวกล้อง ฉะนั้นการบริโภคข้าวกล้องแทนข้าวขัดขาว เพราะการขัดขาวของข้าวจะทำให้สารอาหารที่มีประโยชน์ที่ผิวของข้าวนั้นเสียไป ถึงแม้ว่าข้าวกล้องจะมีราคาแพงกว่าข้าวขัดขาวปัจจุบันคนส่วนใหญ่เริ่มมาบริโภคข้าวกล้องเพราะดีต่อสุขภาพ ข้าวกล้องทั้งจากข้าวเหนียวข้าวจ้าวและข้าวอื่นๆ ที่มีอยู่ในประเทศของเรา และจะมีอายุในการเก็บรักษาได้ไม่นาน เนื่องจากเกิดการออกซิไดซ์ของรำกับออกซิเจนในอากาศทำให้เกิดการเหม็นหืน ซึ่งการใช้เครื่องกะเทาะเปลือกข้าวกล้องขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน เพื่อใช้สำหรับการบริโภคจะสามารถควบคุมปริมาณข้าวกล้องที่จะกะเทาะให้เหมาะสมต่อการปริโภคในแต่ละครั้ง และรักษาคุณภาพข้าวกล้องนั้นได้หรือผลิตเพื่อจำหน่ายในปริมาณที่ไม่มากเกินไป [1]

กระบวนการผลิตข้าวกล้องในโรงสีข้าวทั่วไปมีขั้นตอนที่ยุ่งยากสลับซับซ้อนโดยเริ่มตั้งแต่การทำความสะอาดตั้งแต่การทำความสะอาดข้าว กะเทาะเปลือกข้าว แยกข้าว และการคัดข้าว ซึ่งต้องทำเป็นลำดับขั้นตอนและต้องใช้ระยะเวลาในการผลิตนาน และยังใช้พลังงานไฟฟ้าค่อนข้างมาก ดังนั้น ผู้จัดทำจึงมีความคิดที่จะสร้างเครื่องกะเทาะข้าวกล้องขนาดเล็กที่สามารถใช้ในบ้านเรือนชุมชน หรือผลิตเพื่อจำหน่ายเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนเพื่อสร้างรายได้แก่ชุมชน ซึ่งมีกระบวนการในการผลิตที่ไม่ยุ่งยาก ใช้ความรวดเร็วในการกะเทาะข้าวกล้องที่เหมาะสม และการใช้พลังงานไฟฟ้าก็ลดลงจากกระบวนการผลิตเดิมอีกด้วย [1]

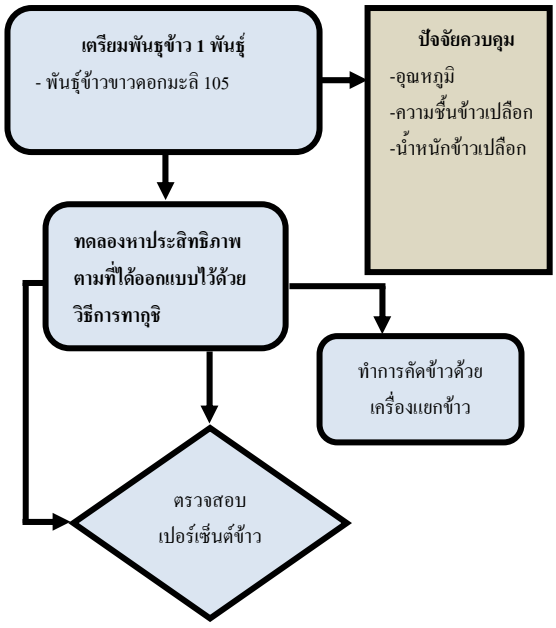
ดังนั้นงานวิจัยนี้เป็นการนำเอาเทคนิควิธีการทากุชิมาช่วยในการวิเคราะห์เพื่อทำการตรวจสอบร้อยละข้าวหักกับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยปัจจัยที่ควบคุมได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นข้าวเปลือกและน้ำหนักข้าวเปลือกโดยทำการทดสอบเพื่อวิเคราะห์ผลกับกระบวนการกะเทาะข้าวกล้องด้วยลูกยางกะเทาะเปลือกกับเครื่องกะเทาะข้าวกล้องชนิดสี่ลูกยางกะเทาะเปลือกที่ได้ออกแบบไว้

การออกแบบการทดลองโดยวิธีทากุชิ เป็นการประยุกต์การออกแบบการทดลอง ปัจจัยควบคุม (Control Factor) ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable Factor) หรือ Noise Factor ซึ่งตัวแปรเหล่านี้ยังเป็นแหล่งของความผันแปรอีกด้วย ซึ่งอิทธิพลที่เกิดจากตัวแปรเหล่านี้ไม่สามารถที่จะกำจัดได้ เพราะฉะนั้นหน้าที่หลักของวิธีทากุชิ คือการลดความผันแปรของผลิตภัณฑ์โดยทำการเลือกปรับปัจจัยควบคุม (Control Factor) ผลการทดลองดิบจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของอัตราส่วนของ Signal to Noise (S/N Ratio) ซึ่งมีความสำคัญเป็น

อย่างมากในการหาเป้าหมายที่ถูกต้องเพื่อหาค่าที่ดีที่สุด (Optimize) โดยที่คุณลักษณะของ S/N Ratio สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ Small–the–Better Type Problem, Nominal–the–Best–Type Problem และ Larger–the–Better Type Problem และประโยชน์ที่ได้จากวิธีการทากุชิเป็นการช่วยลดจำนวนของการทดลอง ทำให้ประหยัดเวลา และ ต้นทุนในการทดลอง ช่วยทำให้การทดลองง่ายสะดวกยิ่งขึ้น และให้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเชื่อมั่นมากขึ้น [2]

2. วิธีการดำเนินการทดลอง

2.1 ขั้นตอนการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพมีขั้นตอน แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการทดสอบเครื่องกะเทาะเพื่อหาค่าที่ดีที่สุดด้วยวิธีการทากุชิ

2.1.1 ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

เมื่อผู้ออกแบบการทดลองทราบจำนวนของปัจจัยควบคุม (Control Factor) และระดับของปัจจัยควบคุม (Control Factor Level) ที่ได้ออกแบบไว้ โดยนำค่าทั้งสองนี้มาทำการพิจารณาเลือกใช้ชนิด Orthogonal Array การใช้ Orthogonal Array ซึ่งจะทำให้สามารถหาอิทธิพลของปัจจัยที่มีหลายปัจจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพในการกำหนดปัจจัยควบคุมหรือตัวแปรที่ได้ออกแบบไว้ใน Orthogonal Array อย่างเหมาะสม ดังขั้นตอนต่อไปนี้

พิจารณาตัวแปรที่มีผลต่อการกะเทาะข้าวเปลือก ประกอบด้วย 3 ตัวแปร 3 ระดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 ส่วนตัวแปรที่ไม่ต้องการศึกษาจะต้องกำหนดวิธีการควบคุมตัวแปรเพื่อให้ความแปรปรวนเนื่องจากปัจจัยภายนอก เกิดขึ้นน้อยที่สุดเช่น ความชื้นสัมพัทธ์ สถานที่ทำการทดลองและผู้ปฏิบัติงาน เป็นต้น

ตารางที่ 1 ปัจจัยและพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัยควบคุม	ระดับการทดลอง			ร้อยละข้าวหัก
	1	2	3	
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	27	29	31	-
ความชื้นข้าวเปลือก (%)	11	13	15	-
น้ำหนักข้าวเปลือก (กิโลกรัม)	1.0	1.5	2.0	-

หมายเหตุ : ระดับการทดลองได้กำหนดไว้ที่ 3 ระดับ ทั้ง 3 ปัจจัยประกอบด้วย อุณหภูมิ ระดับที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 27, 29 และ 31 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดอยู่ระหว่าง 27 ถึง 31 องศาเซลเซียส), ความชื้นข้าวเปลือกระดับที่ 1, 2 และ 3 คือ 11, 13 และ 15% (โดยปกติค่าความชื้นข้าวเปลือกที่เหมาะสมอยู่ในช่วงระหว่าง 11 ถึง 15%) ส่วนน้ำหนักข้าวเปลือกระดับที่ 1, 2 และ 3 เป็น 1.0, 1.5 และ 2.0 กิโลกรัม (ในการกำหนดน้ำหนักข้าวเปลือกอยู่ระหว่าง 1 ถึง 2 กิโลกรัมเพราะว่ากระบะใส่ข้าวเปลือกสามารถบรรจุได้ครั้งละไม่เกิน 2 กิโลกรัม)

2.2 การออกแบบการทดลองโดยวิธีการทากุชิ

วิธีการทากุชิมีขั้นตอนที่สำคัญ 4 ขั้นตอนคือ

1. กำหนดปัญหา
2. วางแผนการทดลอง

3. วิเคราะห์ผลลัพธ์

4. ทดลองเพื่อยืนยันผล

2.2.1 วิธีการทากุชิ

วิธีทางวิศวกรรมคุณภาพเสนอโดย ทากุชิ คือเทคนิคที่มีความรู้ที่ดีเป็นการเตรียมการของวิธีการดำเนินงานอย่างมีประสิทธิภาพและมีระบบแบบแผนสำหรับทำการศึกษาหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของกระบวนการ ข้อกำหนดของทากุชิ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ในช่วงระยะเวลาของสัดส่วนของเสียโดยผลิตภัณฑ์ บางสิ่งบางอย่างที่สูญเสียซึ่งไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้จนกระทั่งความเบี่ยงเบนสำหรับคุณลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่เป็นความต้องการสำหรับค่าเป้าหมายของวิธีการทากุชิและถูกเรียกว่าความสูญเสียที่หลีกเลี่ยงไม่ได้จนถึงค่าที่เบี่ยงเบน ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้เป็นอีกสาเหตุหนึ่งของคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมายนั้นๆ ถูกเรียกว่าปัจจัย Noise ที่มีอยู่ภายในและภายนอก สามารถทำการศึกษาผลกระทบของปัจจัยเดี่ยวภายใต้ผลลัพธ์ การรวมเข้าปัจจัยหลายๆ ตัวที่ดีที่สุดจึงถูกนำมาพิจารณา [3]

ทากุชิได้เสนอ 8 ขั้นตอนมาตรฐานดังนี้

1. จำแนกการดำเนินงานหลัก ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบข้างเคียงและโหมดความเสียหายที่จะเกิดขึ้น

2. จำแนกปัจจัย Noise ภายใต้เงื่อนไขของการทดสอบ และลักษณะเฉพาะของคุณภาพ

3. จำแนกเป้าหมายของการดำเนินงานจนได้ค่าที่ดีที่สุด

4. จำแนกปัจจัยควบคุมและระดับต่างๆ

5. เลือก การทดลองเมตริกซ์แบบ Orthogonal Array

6. ดำเนินการทดลองแบบเมตริกซ์

7. วิเคราะห์ข้อมูล ทำนายผลในระดับที่คาดหวังและสมรรถนะขบวนการที่ดีที่สุด

8. ดำเนินการทดลองเพื่อพิสูจน์ความจริงและวางแผนการดำเนินงานในอนาคต [4]

2.2.2 นิยามของวิธีการทากุชิ (Definition Taguchi Method)

ทากุชิเป็นการคิดวิธีใหม่โดยการดำเนินการการออกแบบทดลองซึ่งเป็นพื้นฐานการแนะนำในข้อจำกัดที่ดี วิธีการทากุชิใช้การจัดลำดับแบบพิเศษเรียกว่า ลำดับของ Orthogonal มาตรฐานการจัดลำดับเป็นการกำหนดที่เป็นแนวทางการดำเนินงานของจำนวนตัวเลขที่มีค่าน้อยสุดสำหรับการทดลองซึ่งสามารถกำหนดให้ข้อมูลมีความละเอียดมากสุดของปัจจัยทั้งหมดที่มีผลกระทบต่อสมรรถนะของค่าพารามิเตอร์เหล่านั้น จุดสำคัญของวิธีการจัดวางลำดับแบบ Orthogonal ที่อาจไม่เป็นความจริงต่อการเลือกในระดับการรวมกันของตัวแปรที่ทำการออกแบบผลลัพธ์ที่ได้สำหรับของแต่ละการทดลอง [5]

2.3 การคำนวณ

หลังจากเลือกข้อมูลทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่สำหรับการคำนวณด้วยอัตราส่วน S/N อัตราส่วน S/N เป็นความเข้าใจของคุณภาพมุ่งเน้นไปที่ผลกระทบสำหรับการเปลี่ยนแปลงโดยค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการในสมรรถนะของกระบวนการหรือผลผลิตที่ได้จากการประเมิน โดยทั่วๆ ไปการได้รับสัญลักษณ์ที่ดีกว่าเมื่อเสียงที่ได้น้อยกว่ามาก ดังนั้น ผลผลิตของอัตราส่วน S/N ที่มีขนาดมากกว่าจะดีกว่าผลลัพธ์ที่ได้ช่วงสุดท้าย ของค่าเฉลี่ยความแตกต่างสำหรับผลลัพธ์สุดท้ายจะกลายมาเป็นค่าที่น้อยที่สุด อัตราส่วน S/N ซึ่งคุณลักษณะของ อัตราส่วน S/N ที่แบ่งได้เป็น 3 ชนิด ดังกล่าวมาแล้วนั้น สามารถคำนวณได้ดังนี้

ปัญหาชนิด Small–is–Better (ความแปรปรวนของผลตอบ)

เป็นการสมมติอัตราส่วน S/N ของค่าเป้าหมายนั้นๆ สำหรับผลตอบที่เป็นศูนย์และเป็นค่าที่เหมาะสมเมื่อแสดงรายละเอียดเพียงเพื่อพิกัดความเผื่อจำกัดด้านบนหาได้จากสูตรดังนี้

$$S/N_S = -10\log\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i^2\right) \qquad (1)$$

เป้าหมายของการทดลองสำหรับสถานการณ์ Smaller-is-Better คือน้อยสุด $\sum y_i^2$ เมื่อค่า n คือจำนวนค่าที่ได้จากการวัดในการทดลอง และค่า y_i นั้น เป้าหมายสูงสุดหาได้จาก

$$-10\log\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i^2\right)$$

ปัญหาชนิด Larger-is-Better (ค่าเฉลี่ยของผลตอบ)

เป็นการสมมติอัตราส่วน S/N เป้าหมายคือค่าสูงสุดของผลตอบและเป็นค่าที่เหมาะสมเมื่อแสดงรายการเพียงพิกัดความเผื่อจำกัดด้านล่างหาได้จากสูตรดังนี้

$$S/N_L = -10\log\left(\frac{1}{n}\sum\frac{1}{y_i^2}\right) \qquad (2)$$

อนึ่ง เป้าหมายของการทดลองสำหรับสถานการณ์ Larger-is-Better คือค่ามากที่สุดของผลตอบ(ผลตอบของกระบวนการ) แต่ค่า y มากที่สุดคือน้อยที่สุดของ 1/y และค่า 1/y นั้น เป้าหมายสูงสุดหาได้จาก

$$-10\log\left(\frac{1}{n}\sum\frac{1}{y_i^2}\right)$$

ปัญหาชนิด Target-Value-is-Best (อัตราส่วนของค่าเฉลี่ยความแปรปรวนของผลตอบ)

เป็นการสมมติอัตราส่วน S/N นั้น ให้ค่าเป้าหมายคือดีที่สุดและเป็นค่าเหมาะสมเมื่อค่านั้นเป็นค่าเป้าหมาย กับค่าพิกัดความเผื่อจำกัดด้านบนและด้านล่างหาได้จากสูตรดังนี้

$$S/N_N = 10\log\left(\bar{y}^2/S^2\right) \qquad (3)$$

เป้าหมายของการทดลองสำหรับสถานการณ์ Target-Value-is-Best คือความแปรปรวนลดลงรอบๆ ค่าเป้าหมายเฉพาะ เมื่อความแปรปรวนของผลตอบลดลงจะมีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยผลตอบ ทำให้ S/N_N เพิ่มขึ้น หลังจากได้ค่าคำนวณจากสมการทั้งสามดังกล่าวแล้วทำการวิเคราะห์ผลตอบต่อไปด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน อิทธิพลของ Noise และวิเคราะห์สมรรถนะของกระบวนการ

2.3.1 ศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการกะเทาะข้าวเปลือกด้วยกระบวนการกะเทาะข้าวกล้องด้วยลูกยางกะเทาะเปลือกโดยวิธีการทากุชิ

การออกแบบการทดลองด้วยวิธี Taguchi ในการทดลองนี้ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการกะเทาะข้าวกล้องด้วยลูกยางกะเทาะเปลือก ซึ่งมีทั้งหมด 3 ปัจจัยโดยแต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ ใช้ Orthogonal array (OAs) แบบ L-27 (3^3) ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองทั้งหมด 27 การทดลอง ประกอบด้วยจำนวนการทดลองที่ขึ้นอยู่กับระดับของปัจจัยที่กำหนดดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 แสดงการจัดวางลำดับแบบ Orthogonal L-27 (3^3) Array ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ [2]

ตารางที่ 2 L-27 (3^3) Orthogonal Array

ลำดับทดลอง	ปัจจัย			ร้อยละข้าวหัก
1	1	1	1	-
2	1	1	1	-
3	1	1	1	-
4	2	1	2	-
5	2	1	2	-
6	2	1	2	-
7	3	1	2	-
8	3	1	2	-
9	3	1	3	-
10	2	2	1	-
11	2	2	1	-
12	2	2	1	-
13	3	2	2	-
14	3	2	2	-
15	3	2	2	-
16	1	2	3	-
17	1	2	3	-
18	1	2	3	-
19	3	3	1	-
20	3	3	1	-
21	3	3	1	-
22	1	3	2	-
23	1	3	2	-
24	1	3	2	-
25	2	3	3	-
26	2	3	3	-
27	2	3	3	-

3. ผลการทดลอง

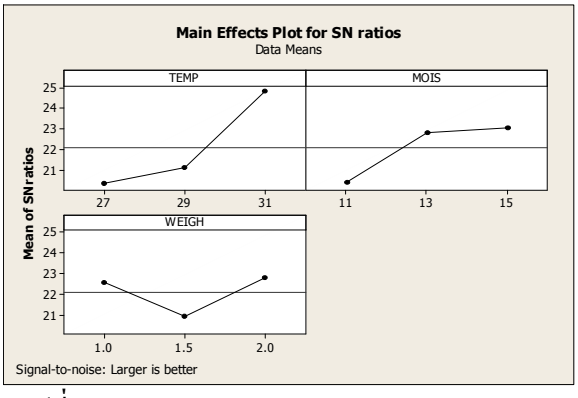
3.1 ศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการกะเทาะข้าวกล้องด้วยลูกยางกะเทาะเปลือก

เมื่อทำการกะเทาะข้าวกล้องด้วยลูกยางกะเทาะเปลือก และนำไปทดสอบหาประสิทธิภาพของร้อยละข้าวหักตามสภาวะที่ได้จากการออกแบบโดยวิธีการทากุชิทั้ง 27 การทดลองแล้ว นำข้าวกล้องที่ได้ทำการแยกด้วยเครื่องคัดแยกข้าวดีและข้าวหัก และจากการวิเคราะห์พบว่าการทดลองที่ทำให้ได้ค่าร้อยละข้าวหักน้อยที่สุด คือ การทดลองที่ 4 รองลงมา คือ การทดลองที่ 5 และ 6 ตามลำดับ โดยมีปัจจัยที่หนึ่งได้แก่ อุณหภูมิที่ 29 องศาเซลเซียส ความชื้นข้าวเปลือกเท่ากับ 11 เปอร์เซ็นต์และน้ำหนักข้าวเปลือกเป็น 1.5 กิโลกรัม ได้ร้อยละข้าวหักน้อยที่สุดเท่ากับ 7.6, 7.7 และ 7.9 ตามลำดับ ส่วนร้อยละข้าวหักสูงสุดอยู่ที่ลำดับการทดลองที่ 19, 20 และ 21 ตามลำดับได้ร้อยละข้าวหักอยู่ที่ 19.4, 19.2 และ 19.6 ที่อุณหภูมิที่ 31 องศาเซลเซียส ความชื้นข้าวเปลือกเท่ากับ 15 เปอร์เซ็นต์ และน้ำหนักข้าวเปลือกเป็น 1 กิโลกรัม ส่วนลำดับการทดลองที่เหลือของแต่ละปัจจัยแต่ละระดับแสดงดังตารางที่ 3

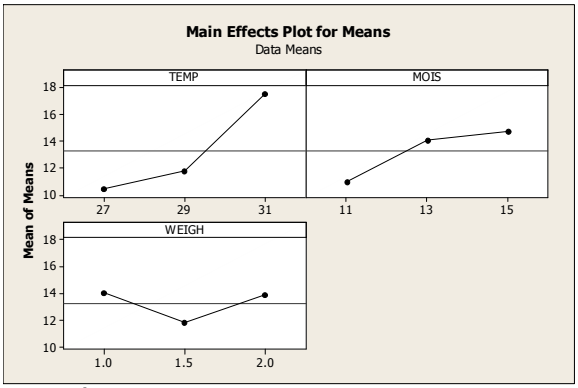
ตารางที่ 3 ร้อยละข้าวหักที่ได้จากการการกะเทาะข้าวเปลือกที่แต่ละลำดับการทดลอง

Run	TEMP	MOIS	WEIGH	BROKENS
1	27	11	1.0	9.8
2	27	11	1.0	9.4
3	27	11	1.0	9.1
4	29	11	1.5	7.6
5	29	11	1.5	7.7
6	29	11	1.5	7.9
7	31	11	2.0	15.6
8	31	11	2.0	15.9
9	31	11	2.0	15.8
10	29	13	1.0	13.5
11	29	13	1.0	13.2
12	29	13	1.0	13.1
13	31	13	1.5	17.7
14	31	13	1.5	17.1
15	31	13	1.5	17.2
16	27	13	2.0	11.5
17	27	13	2.0	11.9
18	27	13	2.0	11.3
19	31	15	1.0	19.4
20	31	15	1.0	19.2
21	31	15	1.0	19.6
22	27	15	1.5	10.3
23	27	15	1.5	10.1
24	27	15	1.5	10.7
25	29	15	2.0	14.4
26	29	15	2.0	14.2
27	29	15	2.0	14.6

การหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในกระบวนการกะเทาะข้าวกล้องด้วยลูกยางกะเทาะเปลือก โดยทำการศึกษาที่จำนวนข้าวเปลือกทั้งหมดที่เกิดขึ้นนั้นใช้วิธีการคำนวณค่าเฉลี่ยอัตราส่วน S/N แบบค่าที่มากกว่าให้ผลดีกว่า (Larger–the–Better–Type) เนื่องจากร้อยละข้าวหักน้อยที่สุดที่ต้องการดังนั้นจำนวนข้าวกล้องที่ได้ทั้งหมดจึงควรมีค่าต่ำ(ร้อยละข้าวหัก) เมื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดต่อปริมาณการกะเทาะข้าวเปลือกทั้งหมด พบว่าสภาวะที่เหมาะสมของปัจจัยทั้งสามที่มีผลต่อกระบวนการกะเทาะข้าวกล้องด้วยลูกยางกะเทาะเปลือกที่ผลกระทบต่อค่าตัวแปรป้อนข้อมูลบนอัตราส่วน S/N ที่ได้กำหนดไว้ตั้งแต่เริ่มต้นแสดงดังรูปที่ 2 และรูปที่ 3 ตามลำดับ แสดงปัจจัยที่มีอยู่ในสภาวะเหมาะสมที่สุด ในวิธีการทากุชิ อัตราส่วน Signal-to-Noise Ratios เป็นการใช้ในการตัดสินใจระดับที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยดังกล่าว รูปแบบการประมาณค่าสัมประสิทธิ์สำหรับอัตราส่วน S/N แสดงดังตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับอัตราส่วน S/N แสดงดังตารางที่ 5 รูปแบบการประมาณค่าเฉลี่ย แสดงดังตารางที่ 6 ผลตอบสำหรับ Signal to Noise Ratios Larger is Better แสดงดังตารางที่ 7 ผลตอบค่าเฉลี่ยแสดงดังตารางที่ 8 และค่าที่ได้จากการทำนายผลด้วยการวิเคราะห์ร้อยละข้าวหักเปรียบเทียบกับ อุณหภูมิ ความชื้นและน้ำหนักแสดงดังตารางที่ 9



รูปที่ 2 Main effects plot for S/N–factor TEMP factor MOIS, และ factor WEIGH



รูปที่ 3 Main Effects plot for Means–Factor

ตารางที่ 4 Estimated Model Coefficients for S/N Ratios

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	22.1013	0.2634	83.904	0.000
TEMP 27	-1.7530	0.3725	-4.706	0.042
TEMP 29	-0.9737	0.3725	-2.614	0.120
MOIS 11	-1.7015	0.3725	-4.568	0.045
MOIS 13	0.7274	0.3725	1.953	0.190
WEIGH 1.0	0.4619	0.3725	1.240	0.341
WEIGH 1.5	-1.1533	0.3725	-3.096	0.090

S = 0.7902 R-Sq = 97.7% R-Sq(adj) = 90.9%

ตารางที่ 5 Analysis of Variance for S/N Ratios

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
TEMP	2	34.367	17.1836	27.52	0.035
MOIS	2	13.119	6.5595	10.50	0.087
WEIGH	2	6.064	3.0320	4.86	0.171
Residual Error	2	1.249	0.6245		
Total	8	54.799			

ตารางที่ 6 Estimated Model Coefficients for Means

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	13.2519	0.2446	54.169	0.000
TEMP 27	-2.7963	0.3460	-8.082	0.015
TEMP 29	-1.4519	0.3460	-4.196	0.052
MOIS 11	-2.2741	0.3460	-6.573	0.022
MOIS 13	0.8037	0.3460	2.323	0.146
WEIGH 1.	0 0.7815	0.3460	2.259	0.152
WEIGH 1.5	-1.4407	0.3460	-4.164	0.053

S = 0.7339 R-Sq = 99.1% R-Sq(adj) = 96.4%

ตารางที่ 7 Response for Signal to Noise Ratios Larger is Better

Level	TEMP	MOIS	WEIGH
1	20.35	20.40	22.56
2	21.13	22.83	20.95
3	24.83	23.08	22.79
Delta	4.48	2.68	1.84
Rank	1	2	3

ตารางที่ 8 Response for Means

Level	TEMP	MOIS	WEIGH
1	10.46	10.98	14.03
2	11.80	14.06	11.81
3	17.50	14.72	13.91
Delta	7.04	3.74	2.22
Rank	1	2	3

ตารางที่ 9 Taguchi Analysis: BROKENS versus TEMP, MOIS, WEIGH

S/N Ratio	Mean	StDev	Ln(StDev)
19.1087	8.9630	0.304455	-1.23830
19.1087	8.9630	0.304455	-1.23830
19.1087	8.9630	0.304455	-1.23830
18.2728	8.0852	0.177481	-1.77633
18.2728	8.0852	0.177481	-1.77633
18.2728	8.0852	0.177481	-1.77633
23.8178	15.8852	0.174758	-1.78967
23.8178	15.8852	0.174758	-1.78967
23.8178	15.8852	0.174758	-1.78967
22.3169	13.3852	0.230172	-1.48016

22.3169	13.3852	0.230172	-1.48016
22.3169	13.3852	0.230172	-1.48016
24.4021	16.8630	0.274721	-1.32676
24.4021	16.8630	0.274721	-1.32676
24.4021	16.8630	0.274721	-1.32676
21.7670	11.9185	0.330233	-1.08319
21.7670	11.9185	0.330233	-1.08319
21.7670	11.9185	0.330233	-1.08319
26.2639	19.7519	0.224728	-1.50684
26.2639	19.7519	0.224728	-1.50684
26.2639	19.7519	0.224728	-1.50684
20.1691	10.4852	0.327511	-1.09653
20.1691	10.4852	0.327511	-1.09653
20.1691	10.4852	0.327511	-1.09653
22.7930	13.9296	0.153266	-1.80130
22.7930	13.9296	0.153266	-1.80130
22.7930	13.9296	0.153266	-1.80130

3.2 การวิเคราะห์ผลลัพธ์

รูปแบบการประมาณค่าสัมประสิทธิ์สำหรับอัตราส่วน S/N ค่า P-Value เท่ากับ 0.000 และการปรับค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 90.9% ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนจาก P-Value อัตราส่วน S/N มีค่าเท่ากับ 0.035 รูปแบบการประมาณค่าสมประสิทธิ์สำหรับค่าเฉลี่ยได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ เท่ากับ 96.4% ส่วนสมการสัมประสิทธิ์ถดถอยสำหรับอัตราส่วน S/N ของร้อยละข้าวหักคือ

ร้อยละข้าวหัก =22.1013-1.7530(TEMP) -0.9737(TEMP) -1.7015(MOIS) -1.7015(MOIS) +0.7274(MOIS)+0.4619(WEIGH)-1.1533(WEIGH)

และสัมประสิทธิ์ถดถอยสำหรับค่าเฉลี่ยของร้อยละข้าวหักคือ

ร้อยละข้าวหัก = 13.2519-2.7963(TEMP) -1.4519(TEMP) -2.2741(MOIS) +0.8037(MOIS) +0.7815(WEIGH)-1.4407(WEIGH)

4. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในกระบวนการกะเทาะข้าวกล้องด้วยลูกยางกะเทาะเปลือกโดยใช้วิธีการทากุชินั้น พบว่าสภาวะที่เหมาะสมคืออุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส ความชื้นข้าวเปลือก 11 เปอร์เซ็นต์และน้ำหนักข้าวเปลือกเท่ากับ 1.5 กิโลกรัมทำให้ได้ร้อยละข้าวหักเฉลี่ยอยู่ที่ 7.73 การทดลองเพื่อยืนยันผลมีค่ามากกว่าผลจากการคำนวณโดยวิธีทากุชิ ซึ่งถือว่าเป็นปริมาณที่ยอมรับได้ ดังนั้นวิธีการทากุชิสามารถนำมาออกแบบกระบวนการกะเทาะข้าวกล้องด้วยลูกยางกะเทาะเปลือกอย่างมีประสิทธิภาพ และสภาวะดังกล่าวจะถูกนำไปเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องกะเทาะข้าวกล้องให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

ในงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาผลกระทบต่อค่าพารามิเตอร์ที่นำเข้าเป็นหลักซึ่งมีผลต่อร้อยละข้าวหักในกระบวนการกะเทาะข้าวกล้องด้วยลูกยางกะเทาะเปลือก ผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงจำนวนปัจจัยนำเข้าที่มีผลกระทบต่อการกะเทาะข้าวกล้องด้วยลูกยางกะเทาะเปลือกพบว่าปัจจัยทั้งสามมีนัยสำคัญต่อกระบวนการ กล่าวคือ อุณหภูมิที่มากกว่าในรายงานจะมีผลต่อประสิทธิภาพในการกะเทาะข้าว ความชื้นต่ำหรือสูงขึ้นจะมีผลต่อการแตกหักของข้าวมาก และน้ำหนักที่ป้อนเข้าไปถ้ามากเกินไปจะทำให้การกะเทาะเปลือกไม่ทัน หมายความว่าจะได้ข้าวกล้องปนมากับแกลบมากเกินไป เพราะฉะนั้นปัจจัยทั้งสามที่ได้กำหนดและค่าที่เหมาะสมที่สุดจะช่วยให้มีประสิทธิภาพและทำให้ได้ค่าเหมาะสมที่สุดในกระบวนการกะเทาะข้าวเปลือกให้ได้ข้าวกล้อง ส่วนพันธุ์ข้าวก็มีผล แหล่งที่มาแหล่งเพราะปลูกของพันธุ์ข้าว ความสะอาดของข้าวเปลือกและความสามารถของเครื่องกะเทาะข้าวกล้อง ตัวเครื่องกะเทาะข้าวกล้องและผู้ปฏิบัติงานก็เป็นปัจจัยในกระบวนการผลิต

ส่วนระบบวิธีการทากุชิ ง่ายสะดวกและเป็นวิธีดำเนินการที่มีประสิทธิภาพสำหรับการหาค่าที่ดีที่สุดด้วยการเข้าใกล้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้ออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุดกับมีการปรับค่าบางค่าตามเงื่อนไขของ

ข้อกำหนดและการตัดสินใจพิจารณาปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการ การออกแบบทากุชิเป็นเครื่องมือที่สำคัญ ทากุชิได้ให้คำแนะนำอย่างง่ายและเป็นวิธีที่เป็นระบบจนนำไปสู่สมรรถนะ ต้นทุนและคุณภาพของกระบวนการ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหการ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่ ให้การสนับสนุนทุนในการนำเสนอผลงานในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] สุรพงศ์ บางพาน และ วิบูลลักษณ์ บางพาน. (2553). เครื่องกะเทาะข้าวเปลือกขนาดเล็ก. งานวิจัยและพัฒนา, กลุ่มแม่บ้านสามขา อ.แม่ทา, ลำปาง.

[2] Roy, R. K. Design of experiments using the Taguchi approach. John Wiley & Sons, Inc., New York. 2011; 539.

[3] Roy, R.K., A primer on the Taguchi competitive manufacturing Series, Van Nostrand Reinhold, New York, 1990.

[4] Umass. [Online] Available: http://www.ecs.umass.edu/mie/labs/fea/ Access Date: 23 February 2014.

[5] Kujar, R. and Ranchi, H. Application of Taguchi method for process parameters optimization in semi-solid forging of A356 Al-Alloy. *IRACST-Engineering Science and Technology: An International Journal (ESTIJ).* 2012; 2(4): 2250-3498.