บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

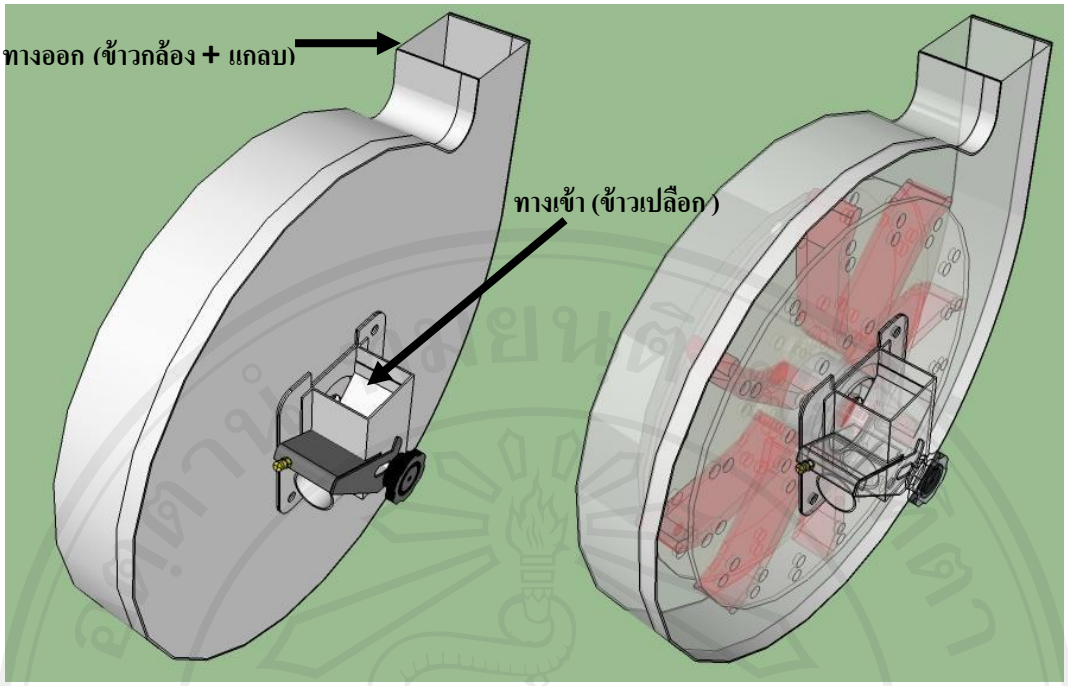
2.1 กลไกที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกข้าว

การกะเทาะเปลือกข้าวให้เกิดความเสียหายน้อยที่สุดต่อเนื้อเยื่อส่วนที่เป็นรำ และไม่ทำให้เมล็ดข้าวเปลือกเกิดการแตกหักซึ่งขึ้นอยู่กับการออกแบบเครื่อง การบำรุงรักษา และการปรับแต่งเครื่องจักร รวมทั้งคุณสมบัติของข้าวก่อนที่จะกะเทาะ เช่น การแตกร้าวภายในเมล็ด ซึ่งเป็นผลมาจากการเก็บเกี่ยวที่ล่าช้า หรือการเก็บรักษาเมล็ดข้าวเปลือกไม่ดี โดยกลไกที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกข้าวในงานวิจัยนี้ แบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ กลไกที่ใช้แรงเหวี่ยงกระทบทำให้แกลบหลุดจากเมล็ดข้าว และกลไกที่อาศัยแรงเสียดทานบนผิวสัมผัสของข้าวเปลือก เพื่อให้แกลบหลุดจากเมล็ดข้าว

2.1.1 เครื่องกะเทาะแบบแรงเหวี่ยงกระทบ (Impact huller or Centrifugal husker)

เครื่องกะเทาะเปลือกแบบอาศัยแรงเหวี่ยงกระทบ ทำให้เปลือกหลุดออกจากเมล็ดได้ ประกอบด้วย ถังป้อน (Hopper) จานหมุน (Acceleration disc) เป้ากระทบ (Impact plate) และฝาครอบ (Housing) ข้าวเปลือกจะถูกป้อนเข้าที่ตำแหน่งตรงกลางของจานหมุน ข้าวเปลือกจะหมุนไปตามทิศทางการหมุนของจาน และไปกระทบกับเป้ากระทบที่ทำจากยาง ทำให้เปลือกหลุดออกจากเมล็ดข้าวได้ มุมการกระทบของข้าวเปลือก อยู่ระหว่าง 30-45 องศา กับแนวระดับของจานหมุน ข้าวที่กะเทาะเปลือกออกแล้ว จะเคลื่อนที่โดยความเร็วของลมที่เกิดจากจานหมุนโดยภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของชุดกะเทาะแบบแรงเหวี่ยง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

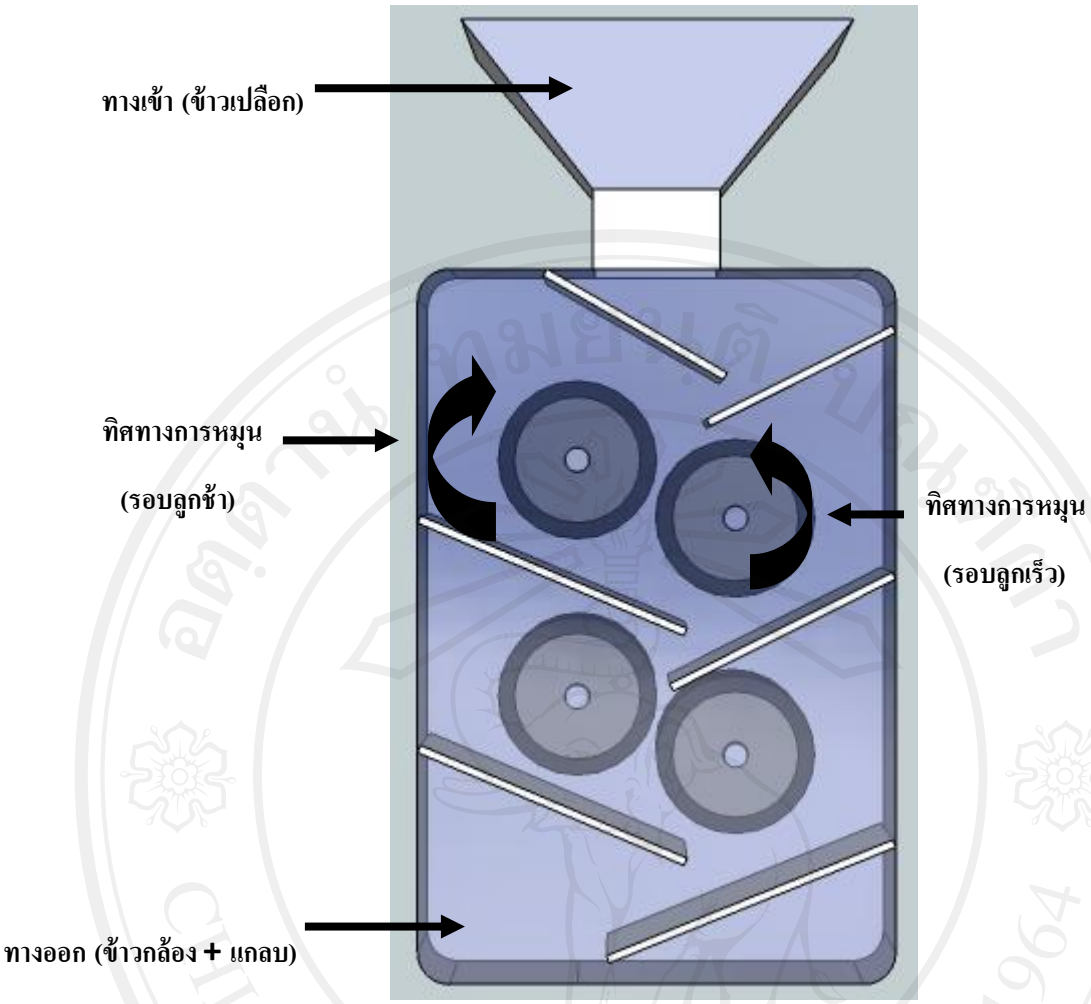


ภาพที่ 2.1 โครงสร้างเครื่องกะเทาะแบบแรงเหวี่ยงกระทบ

2.1.2 เครื่องกะเทาะแบบอาศัยแรงเสียดทาน (Friction Huller)

เป็นรูปแบบเครื่องกะเทาะที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน โดยหลักการจะใช้ลูกยางสองลูกหมุนโดยลูกหนึ่งจะหมุนช้า ส่วนอีกลูกหนึ่งจะหมุนเร็ว โดยลูกยางทั้งสองลูกจะหมุนในทิศทางตรงข้ามกัน ดังนั้นข้าวเปลือกจะผ่านร่องลูกยางทั้งสองที่มีความเร็วรอบต่างกัน ทำให้เกิดแรงเสียดทานขึ้นระหว่างข้าวเปลือกกับผิวยาง โดยแรงดังกล่าวจะเสียดสีทำให้เปลือกหลุดออกจากเมล็ดได้ ในหลักการนี้เมื่อเครื่องกะเทาะใช้งานไปได้สักพักหนึ่ง ระยะห่างระหว่างลูกยางจะต้องได้รับการปรับเปลี่ยนอย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากยางอาจสึกกร่อนหรือเกิดความคลาดเคลื่อนระหว่างใช้งาน หากช่องว่างแคบเกินไปจะทำให้ข้าวกล้องเกิดความเสียหาย หรือถ้าหากช่องว่างกว้างเกินไป จะทำให้ข้าวเปลือกไม่ได้รับการกะเทาะ โดยในภาพที่ 2.2 แสดงชุดกะเทาะแบบอาศัยแรงเสียดทาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างเครื่องกะเทาะแบบแรงเสียดทาน

2.2 หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ (Product Design)

การออกแบบ คือ กิจกรรมการแก้ปัญหาเพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายหรือจุดประสงค์ที่ตั้ง มีทั้งที่ออกแบบเพื่อสร้างขึ้นใหม่ให้แตกต่างจากของเดิมหรือปรับปรุงตกแต่งของเดิม ความสำคัญของการออกแบบเป็นขั้นตอนเบื้องต้นที่จะทำให้กระบวนการในการผลิตสินค้า หรือผลิตภัณฑ์ประสบผลสำเร็จในตลาดและตรงตามเป้าหมาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการออกแบบผลิตภัณฑ์มีปัจจัย (Design factors) มากมายที่นักออกแบบที่ต้องคำนึงถึง แต่ในที่นี้จะขอกล่าวเพียงปัจจัยพื้นฐาน 10 ประการ ที่นิยมใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาสร้างสรรค์ผลงานเชิงอุตสาหกรรม ซึ่งปัจจัยดังกล่าวเป็นปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ และเป็นตัวกำหนดองค์ประกอบของงานออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สำคัญ ได้แก่

- **หน้าที่ใช้สอย (Function)** ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดจะต้องมีหน้าที่ใช้สอยถูกต้องตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ คือสามารถตอบสนองประโยชน์ใช้สอยตามที่ผู้บริโภค ต้องการได้อย่างมี ประสิทธิภาพ

- **ความสวยงามน่าใช้ (Aesthetics or sales appeal)** ผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบมานั้นจะต้อง มีรูปทรง ขนาด สีสันสวยงาม น่าใช้ ตรงตามรสนิยมของกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย เป็นวิธีการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมและได้ผลดี

- **ความสะดวกสบายในการใช้ (Ergonomics)** การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ดีนั้นต้องเข้าใจกายวิภาคเชิงกลเกี่ยวกับขนาด สัดส่วน ความสามารถและขีดจำกัดที่เหมาะสมสำหรับอวัยวะต่างๆ ของผู้ใช้ การเกิดความรู้สึกที่ดีและสะดวกสบายในการใช้ผลิตภัณฑ์ ทั้งทางด้านจิตวิทยา(Psychology)และสรีระวิทยา(Physiology)

- **ความปลอดภัย (Safety)** ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกในการดำรงชีพของมนุษย์ มีทั้งประโยชน์และโทษในตัว การออกแบบจึงต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของชีวิตและทรัพย์สินของผู้บริโภคเป็นสำคัญ

- **ความแข็งแรง (Construction)** ผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบมานั้นจะต้องมีความแข็งแรงในตัว ทนทานต่อการใช้งานตามหน้าที่และวัตถุประสงค์ที่กำหนดโครงสร้างมีความเหมาะสมตามคุณสมบัติของวัสดุ ขนาด แรงกระทำในรูปแบบต่างๆ จากการใช้งาน

- **ราคา (Cost)** ก่อนการออกแบบผลิตภัณฑ์ควรมีการกำหนดกลุ่มเป้าหมายที่จะใช้ว่าเป็นกลุ่มใด อาชีพอะไร ฐานะเป็นอย่างไร ซึ่งจะช่วยให้นักออกแบบสามารถกำหนดแบบผลิตภัณฑ์และประมาณราคาขายได้เหมาะสม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- **วัสดุ (Materials)** การออกแบบควรเลือกวัสดุที่มีคุณสมบัติด้านต่างๆ ได้แก่ ความใส ผิวมันวาว ทนความร้อน ทนกรดด่างไม่ลื่น ฯลฯ ให้เหมาะสมกับหน้าที่ใช้สอยของผลิตภัณฑ์นั้นๆ นอกจากนั้นยังต้องพิจารณาถึงความง่ายในการดูแลรักษา

- **กรรมวิธีการผลิต (Production)** ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดควรออกแบบให้สามารถผลิตได้ง่าย รวดเร็ว ประหยัดวัสดุ ค่าแรงและค่าใช้จ่ายอื่นๆ แต่ในบางกรณีอาจต้องออกแบบให้สอดคล้องกับกรรมวิธีของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีอยู่

- **การบำรุงรักษาและซ่อมแซม (Maintenance)** ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดควรออกแบบให้สามารถบำรุงรักษา และแก้ไขซ่อมแซมได้ง่าย ไม่ยุ่งยากเมื่อมีการชำรุดเสียหายเกิดขึ้น ง่ายและสะดวกต่อการทำความสะอาดเพื่อช่วยยืดอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์

- **การขนส่ง (Transportation)** ผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบควรคำนึงถึงการประหยัดค่าขนส่ง ความสะดวกในการขนส่ง ระยะทาง เส้นทางการขนส่ง (ทางบก ทางน้ำหรือทางอากาศ) การกินเนื้อที่ในการขนส่ง

งานออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ดีจะต้องผสมผสานปัจจัยต่างๆ ทั้งรูปแบบ (Form) ประโยชน์ใช้สอย (Function) กายวิภาคเชิงกล (Ergonomics) และอื่นๆ ให้เข้ากับวิถีการดำเนินชีวิต แฟชั่น หรือแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นกับผู้บริโภคเป้าหมายได้อย่างกลมกลืนลงตัวมีความ สวยงามโดดเด่น มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว ตั้งอยู่บนพื้นฐานทางการตลาด และความเป็นไปได้ในการผลิตจำนวนมาก ส่วนการให้ลำดับความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์และความซับซ้อนของผลิตภัณฑ์นั้นๆ เช่น การออกแบบเสื้อผ้า กระเป๋า รองเท้าตามแฟชั่น อาจพิจารณาที่ประโยชน์ใช้สอย ความสะดวกสบายในการใช้ และความสวยงาม เป็นหลัก แต่สำหรับการออกแบบยานพาหนะ เช่น จักรยาน รถยนต์ หรือเครื่องบิน อาจต้องคำนึงถึงปัจจัยดังกล่าวครบทุกข้อหรือมากกว่านั้น

2.3 ประสิทธิภาพการสีข้าว

ในกระบวนสีข้าว จะมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องโดยตรงต่อประสิทธิภาพการสีข้าว คือ

2.3.1 อัตราการสีข้าว (Milling recovery) ซึ่งสามารถหาได้จาก ร้อยละโดยน้ำหนักของข้าวสารที่ได้ทั้งหมดจากน้ำหนักของข้าวเปลือก เป็นส่วนหนึ่งที่ใช้ในการวัดหาประสิทธิภาพของโรงสีได้ อัตราสูงสุดจะอยู่ที่ ร้อยละ 69-70 สำหรับเครื่องสีข้าวแบบชาวบ้าน จะอยู่ที่ประมาณร้อยละ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

55-65 อัตราการสีข้าวจะได้ดีมีคุณภาพแค่ไหน ก็ต้องขึ้นอยู่ คุณภาพของข้าวเปลือก ความชื้นของข้าวเปลือก สภาพแวดล้อมในช่วงเวลานั้นๆ ตลอดจนคุณภาพของเครื่องสีข้าว

ปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ สภาพแวดล้อมของการสี อาทิ อุณหภูมิของอากาศถ้าทำการสีข้าวในตอนบ่ายซึ่งจะมีอุณหภูมิสูงกว่าในตอนเช้า จะได้ต้นข้าวในอัตราต่ำกว่าการสีข้าวในตอนเช้า (สุขอังคณา, 2547) รวมไปถึงการกะเทาะเปลือกและการขัดข้าวให้ขาวด้วยลูกหินชนิดต่างๆ จะส่งผลต่อคุณภาพของข้าวขาวที่ผ่านการขัดสี จะมีเปอร์เซ็นต์ข้าวหักมากน้อยเพียงใดจะขึ้นอยู่กับหินขัดที่ใช้เป็นสำคัญ และถ้าหากหินขัดมีอัตราการสึกหรอมากจะทำให้หินขัดบางส่วนปนกับข้าว และจะทำให้ประสิทธิภาพลดลงอย่างมาก

2.3.2 มาตรฐานข้าวไทย

ตามประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง มาตรฐานสินค้าข้าว พ.ศ. 2540 เพื่อความเหมาะสมแก่ภาวะการผลิตข้าว และการค้าข้าวในปัจจุบันอาศัยอำนาจตามความในมาตรา 4(2) แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าขาออก พ.ศ. 2503 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าขาออก (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2522 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงพาณิชย์โดยคำแนะนำของคณะกรรมการมาตรฐานสินค้าออกประกาศดังต่อไปนี้

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานนี้ มีดังนี้

1) มาตรฐานสินค้าข้าว (Rice Standards) หมายถึง ข้อกำหนดขั้นต่ำสำหรับข้าวแต่ละประเภทและชนิด สำหรับการค้าภายในประเทศและการค้าระหว่างประเทศ
2) ข้าว (Rice) หมายถึง ข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ไม่ว่าจะอยู่ในรูปใด
3) ข้าวเปลือก (Paddy) หมายถึง ข้าวที่ยังไม่ผ่านการกะเทาะเอาเปลือกออก
4) ข้าวกล้อง (Brown rice) หมายถึง ข้าวที่ผ่านการกะเทาะเอาเปลือกออกเท่านั้น
5) ข้าวขาว (White rice) หมายถึง ข้าวที่ได้จากการนำข้าวกล้องเจ้าไปขัดเอารำออกแล้ว
6) ข้าวเหนียวขาว (White glutinous rice) หมายถึง ข้าวที่ได้จากการนำข้าวกล้องเหนียวไปขัดเอารำออกแล้ว
7) ข้าวนึ่ง (Parboiled rice) หมายถึง ข้าวเจ้าที่ได้ผ่านกระบวนการทำข้าวนึ่งและขัดเอารำออกแล้ว
8) พื้นข้าว (Rice classification) หมายถึง เมล็ดข้าวที่มีขนาดความยาวระดับต่าง ๆตามที่กำหนด ซึ่งเป็นส่วนผสมของข้าวแต่ละชั้นตามอัตราส่วนที่กำหนด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

9) ชั้นของเมล็ดข้าว (Classes of rice kernels) หมายถึง ชั้นของเมล็ดข้าวที่แบ่งตามระดับความยาวของข้าวเต็มเมล็ด

10) ส่วนของเมล็ดข้าว (Parts of rice kernels) หมายถึง ส่วนของข้าวเต็มเมล็ดแต่ละส่วนที่แบ่งตามความยาวของเมล็ดออกเป็น 10 ส่วนเท่า ๆ กัน

11) ข้าวเต็มเมล็ด (Perfect Rice) หมายถึง เมล็ดข้าวที่อยู่ในสภาพเต็มเมล็ดไม่มีส่วนใดหักและให้รวมถึงเมล็ดข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 9 ส่วนขึ้นไป

12) ต้นข้าว (Head rice) หมายถึง เมล็ดข้าวหักที่มีความยาวมากกว่าข้าวหักแต่ไม่ถึงความยาว ของข้าวเต็มเมล็ด และให้รวมถึงเมล็ดข้าวแตกเป็นซีกที่มีเนื้อที่เหลืออยู่ตั้งแต่ร้อยละ 80 ของเมล็ด

13) ข้าวหัก (Broken rice) หมายถึง เมล็ดข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 2.5 ส่วนขึ้นไปแต่ไม่ถึงความยาวของต้นข้าว และให้รวมถึงเมล็ดข้าวแตกเป็นซีกที่มีเนื้อที่เหลืออยู่ไม่ถึงร้อยละ 80 ของเมล็ด

14) ปลายข้าวซีวัน (Small brokens C1) หมายถึง เมล็ดข้าวหักขนาดเล็กที่ร่อนผ่านตะแกรงโลหะรูกลมเบอร์ 7

15) ข้าวเมล็ดสีต่ำกว่ามาตรฐาน (Undermilled kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่ผ่านการขัดสีต่ำกว่าระดับการสีที่กำหนดไว้สำหรับข้าวแต่ละชนิด

16) ข้าวเมล็ดแดง (Red kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่มีรำสีแดงหุ้มอยู่ทั้งเมล็ดหรือติดอยู่เป็นบางส่วนของเมล็ด

17) ข้าวเมล็ดเหลือง (Yellow kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่มีบางส่วนของเมล็ดกลายเป็นสีเหลืองอย่างชัดแจ้งรวมทั้งเมล็ดข้าวนึ่งที่เป็นสีน้ำตาลอ่อนบางส่วนหรือทั้งเมล็ด

18) ข้าวเมล็ดดำ (Black kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวนึ่งที่เป็นสีดำทั้งเมล็ดรวมทั้งที่เป็นสีน้ำตาลแก่ทั้งเมล็ด

19) ข้าวเมล็ดดำบางส่วน (Partly black kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวนึ่งที่เป็นสีดำรวมทั้งที่เป็นสีน้ำตาลแก่ ตั้งแต่ 2.5 ส่วนขึ้นไปแต่ไม่ถึงเต็มเมล็ด

20) ข้าวเมล็ดจุดดำ (Peck kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวนึ่งที่เป็นสีดำอย่างชัดแจ้งรวมทั้งที่เป็นสีน้ำตาลแก่อย่างชัดแจ้ง ไม่ถึง 2.5 ส่วน

21) ข้าวเมล็ดท้องไข่ (Chalky kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวเจ้าที่เป็นสีขาวขุ่นเหมือนชอล์กมีเนื้อที่ตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้นไปของเนื้อที่เมล็ดข้าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

22) ข้าวเมล็ดเสีย (Damaged kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่เสียอย่างเห็นได้ชัดแจ้งด้วยตาเปล่าซึ่งเกิดจากความชื้น ความร้อน เชื้อรา แมลง หรืออื่น ๆ

23) ข้าวเมล็ดลีบ (Undeveloped kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่ไม่เจริญเติบโตตามธรรมดาที่ควรจะเป็น มีลักษณะแฟบ แบน

24) ข้าวเมล็ดอ่อน (Immature kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่มีสีเขียวอ่อนได้จากข้าวเปลือกที่ยังไม่แก่

25) เมล็ดพืชอื่น (Other seeds) หมายถึง เมล็ดพืชอื่น ๆ ที่มิใช่เมล็ดข้าว

26) วัตถุอื่น (Foreign matter) หมายถึง สิ่งอื่น ๆ ที่มิใช่ข้าวรวมทั้งแกลบและรำที่หลุดจากเมล็ดข้าว

27) ระดับการสี (Milling degree) หมายถึง ระดับของการสีข้าว

28) ตะแกรง (Sieve) หมายถึง ตะแกรงโลหะรูกลมเบอร์ 7 หนา 0.79 มิลลิเมตร(0.031 นิ้ว) และเส้นผ่านศูนย์กลางรู 1.75 มิลลิเมตร (0.069 นิ้ว)

29) ร้อยละ หมายถึง ร้อยละโดยน้ำหนัก ยกเว้นร้อยละของพื้นข้าว เป็นร้อยละโดยปริมาณ

2.4 ส่วนประกอบและประโยชน์ของข้าวกล้อง

1) เยื่อหุ้มผล (Pericarp) มีลักษณะเป็นเส้นใยผนังเซลล์ ประกอบด้วย โปรตีน เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส

2) เยื่อหุ้มเมล็ด (Seed coat) หรือ เทสตา (Testa) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 2 ชั้น เป็นที่อยู่ของสารประเภทไขมัน

3) เยื่ออาลูโรน (Aleurone layer) เป็นชั้นที่ห่อหุ้ม starchy endosperm และ เป็นส่วนที่มีโปรตีน สูงและยังประกอบไปด้วย น้ำมัน เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส

4) จมูกข้าว (Germ) เป็นส่วนที่มีไขมันและโปรตีน

5) ส่วนที่เป็นแป้ง (Starchy endosperm) หรือ ส่วนที่เป็นข้าวสาร ประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่และมีโปรตีนอยู่เล็กน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5 การทดลอง (Experimental)

ในการทดลองใดๆ ผู้ทดลองจำเป็นที่จะต้องเลือกแผนการทดลองและการวิเคราะห์ผลโดยวิธีทางสถิติที่ได้จากการทดลองอย่างเหมาะสม เพื่อนำผลการทดลองที่ได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติที่เหมาะสมนั้นจะขึ้นอยู่กับการทดลองที่จะนำมาใช้ ซึ่งข้อมูลสถิติโดย ทั่วๆไป จะแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ การเก็บรวบรวมข้อมูล การนำเสนอข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาข้อสรุป ข้อมูลจากการเก็บรวบรวมที่ได้นี้จะถือว่าเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก ถ้าเก็บรวมรวมข้อมูลมาอย่างถูกต้องเหมาะสมและเป็นกลางตลอดจนความละเอียดรอบคอบในการเก็บข้อมูลนั้น จะนำมาซึ่งการสรุปผลที่ได้จากการทดลองถูกต้องเหมาะสมอย่างสูง

2.5.1 คำจำกัดความ (Definition)

1) การทดลอง (Experiment) หมายถึง กระบวนการค้นหาความจริงแบบหนึ่ง โดยการกระทำอย่างใดอย่างหนึ่งกับตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ที่ศึกษา หรืออาจเรียกว่าตัวแปรทดลอง (Experiment Variable) เพื่อดูตัวแปรตามซึ่งเป็นผลที่จะเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากผลของตัวแปรอิสระนั้น ในการจัดกระทำจะพยายามจัดสภาพแวดล้อมใหม่เพื่อควบคุมสิ่งที่เกี่ยวข้องหรือตัวแปรเกินที่ไม่ต้องการศึกษามิให้มีผลต่อตัวแปรตามที่ต้องการศึกษา

2) แผนการทดลอง (Experiment Design) เป็นแผนการทั่วไปของการทดลองซึ่งเกี่ยวข้องกับจำนวนและการจัดการตัวแปรอิสระ รวมทั้งการสุ่มหรือเลือกตัวอย่างและการกำหนดเงื่อนไขในการทดลองเพื่อควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนหรือตัวแปรเกิน มิให้มีผลต่อตัวแปรตาม เป็นการควบคุมหรือป้องกันความคลาดเคลื่อนที่จะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการทดลอง แผนการทดลองมีหลายชนิด แต่ละชนิดจะมีความเหมาะสมต่อปัญหาที่จะศึกษาทดลองแตกต่างกัน แผนการทดลองที่ดีจะต้องดำเนินการทดลองได้ง่าย และให้คำตอบที่ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการศึกษา

3) ตัวแปร(Variable) หมายถึง ลักษณะของสิ่งที่สนใจศึกษา ซึ่งอาจเป็นคน พืช สัตว์หรือสิ่งของที่สามารถแปรเปลี่ยนค่าได้ตามเวลา หรือบุคคล หรือสถานที่ หรือคุณลักษณะที่แตกต่างกัน เช่น อายุ น้ำหนัก

4) ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) บางครั้งเรียกว่า ปัจจัย (Factor) หมายถึง ตัวแปรที่เกิดขึ้นก่อน และเป็นตัวแปรเหตุที่ทำให้ผลหรือสิ่งที่เกี่ยวข้องเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะหรือแปรสภาพไป

5) ตัวแปรตาม (Dependent Variable) หมายถึง ตัวแปรที่เกิดขึ้นทีหลัง หรือต้องเปลี่ยนแปรสภาพหรือคุณลักษณะไปตามอิทธิพลของตัวแปรอิสระ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6) ตัวแปรแทรกซ้อนหรือตัวแปรเกิน (Extraneous Variable) หมายถึง ตัวแปรที่ไม่ต้องการศึกษาในขณะนั้น ซึ่งตัวแปรเกินจะมีลักษณะเหมือนตัวแปรอิสระที่มีผลหรืออาจจะมีผลต่อตัวแปรตามที่ต้องการศึกษา ทำให้การวัดค่าตัวแปรตามคลาดเคลื่อนไปได้ ดังนั้น ในการทดลองจึงต้องพยายามควบคุมหรือขจัดอิทธิพลของตัวแปรเกินที่มีผลต่อตัวแปรตามให้หมดไปหรือให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด เพื่อให้ผลของตัวแปรตามที่ได้จากการทดลองเป็นผลแท้จริงที่เกิดจากตัวแปรอิสระที่ทดลองเท่านั้น ตัวแปรชนิดนี้ผู้วิจัยสามารถคาดการณ์ได้ว่าจะมีอะไรบ้าง จึงจะสามารถทำการควบคุมล่วงหน้าได้

7) ปัจจัย (Factor) หมายถึง ตัวแปรอิสระที่ต้องการศึกษาว่ามีผลกระทบต่อตัวแปรตามหรือไม่ เช่น ในการศึกษาเกี่ยวกับอาหาร 3 สูตร ที่ใช้ในการเลี้ยงไก่ ปัจจัยที่ต้องการศึกษาคือ อาหาร (ตัวแปรอิสระ)

8) ระดับของปัจจัย (Factor Level) หมายถึงชนิดย่อยๆ หรือประเภทต่าง ๆ ของปัจจัย บางครั้งเรียกว่า ทรีทเมนต์ (Treatment)

9) ปัจจัยเดี่ยวและปัจจัยพหุ (Single Factor and Multiple Factors) ปัจจัยเดี่ยวเป็นการศึกษาตัวแปรอิสระเพียงตัวแปรเดียว ส่วนปัจจัยพหุเป็นการศึกษาเกี่ยวกับตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัว

10) ทรีทเมนต์(Treatment) หมายถึงระดับต่างๆ ของปัจจัยหรือวิธีการต่างๆ ที่ใช้ปฏิบัติต่อหน่วยทดลองแล้วหน่วยทดลองจะส่งผลตอบสนองออกมาเป็น ข้อมูลเพื่อนำไปเปรียบเทียบอิทธิพลของทรีทเมนต์ตาม วัตถุประสงค์ของการทดลอง โดยที่ ทรีทเมนต์อาจมาจากปัจจัยเดี่ยวหรือหลายปัจจัย(Treatment Combination)

11) หน่วยทดลอง (Experiment Unit) หมายถึง หน่วยหรือกลุ่มของสิ่งทดลอง (ซึ่งในงานวิจัยจะเรียกว่า Experiment Materials) ที่ใช้ในการทดลองโดยได้รับอิทธิพลของทรีทเมนต์เดียวกันในการกระทำครั้งใดครั้งหนึ่งโดยหน่วยทดลองอาจเป็น สัตว์ทดลองในกรงเดียวกัน เช่น ในการทดลองสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงไก่ ถ้าใน 1 กรงขังไก่ไว้ 5 ตัวและให้ไก่ทั้ง 5 ตัวนี้ ได้รับอาหารสูตรเดียวกัน น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของไก่ทั้งกรง จะเป็น 1 หน่วยทดลอง แต่ถ้า 1` กรง ขังไก่ไว้ 1 ตัว ไก่แต่ละตัวจะเป็น 1 หน่วยทดลอง

12) หน่วยตัวอย่าง (Sampling Unit) หมายถึง ส่วนหนึ่งทดลองหรือทั้งหน่วยของหน่วยทดลอง ซึ่งใช้วัดอิทธิพลของทรีทเมนต์ ตามจุดประสงค์ของการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

13) ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง (Experiment Error) หรือความผันแปร หมายถึง ความแตกต่างระหว่างหน่วยทดลองที่ได้รับทรีทเมนต์เดียวกัน การทำหน่วยทดลองหลายๆหน่วยได้รับทรีทเมนต์เดียวกัน แต่ให้ผลตอบสนองต่อทรีทเมนต์แตกต่างกันอาจเกิดได้จาก 2 สาเหตุ คือ

13.1) ความผันแปรที่เกิดขึ้นภายในหน่วยทดลอง (Inherent Variability) เป็นความผันแปรที่เกิดขึ้นจากความแตกต่างของหน่วยทดลองอยู่แล้ว เช่น ในการทดลองเกี่ยวกับสัตว์อาจมีความแตกต่างที่เกิดจากอายุ เพศ หรือน้ำหนักเริ่มต้นของหน่วยทดลองก่อนทำการทดลอง หรือในการทดลองเกี่ยวกับพืชมีความแตกต่าง ที่อาจจะเกิดจากความอุดมสมบูรณ์ของดินในแปลงทดลองไม่เท่ากัน หรือมีความชื้น ต่างกัน

13.2) ความผันแปรที่เกิดขึ้นภายนอกหน่วยทดลอง (Extraneous Variability) เป็นความผันแปรที่เกิดขึ้นในขณะที่ทำการทดลอง ซึ่งอาจจะเกิดจากความผิดพลาดของผู้ทดลอง โดยอาจเกิดจากการปฏิบัติที่ไม่สม่ำเสมอหรือไม่เหมือนกัน เช่น การให้อาหารหรือน้ำไม่เท่ากัน การใส่ปุ๋ยหรือการปราบวัชพืชแตกต่างกัน หรืออาจเกิดจากการใช้เครื่องมือที่ไม่ได้มาตรฐาน การขาดความละเอียดลออในการบันทึกข้อมูล

14) กรรมวิธีผสม (Treatment Combination) เป็นส่วนผสมของระดับต่างๆ ของแฟคเตอร์ทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง

2.5.2 หลักการออกแบบการทดลอง

การทดลอง เป็นการจำลองสภาพในธรรมชาติให้อยู่ในสภาพที่เราสามารถควบคุมได้ เพราะธรรมชาติจะมีตัวแปรมากมายที่มีผลกระทบต่อการทดลอง เราจะต้องควบคุมปัจจัยที่มากระทบเหล่านี้ก่อนจะทำการทดลองจึงต้องมีการวางแผน การทดลองเสียก่อน การวางแผนการทดลองที่ดีจะช่วยให้ผู้วิจัย สามารถที่จะแยกหรือควบคุมความคลาดเคลื่อนออกจากผลการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ การวางแผนจึงถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวางในงานด้านการเกษตร วิศวกรรม การแพทย์ การศึกษา จิตวิทยา และสังคมวิทยา หลักการในการออกแบบการทดลองมีดังนี้

1) การซ้ำ (Replication) หมายถึง การทำซ้ำต่อหน่วยทดลองในการทดลองครั้งหนึ่งๆ นั่นคือจะมีหน่วยทดลองมากกว่า 1 หน่วยที่ได้รับทรีทเมนต์เดียวกัน เช่น ในการทดลองเลี้ยงไก่โดยใช้อาหารสูตร ก. (เลี้ยงด้วยข้าวเปลือก) และอาหารสูตร ข. (เลี้ยงด้วยรำข้าว) ถ้าให้ไก่ตัวหนึ่งกินอาหารสูตร ก. และไก่อีกตัวหนึ่งกินอาหารสูตร ข. แสดงว่าไม่มีการทำซ้ำ แต่ถ้าให้ไก่ 5 ตัวกินอาหารสูตร ก. และให้ไก่ 3 ตัวกินอาหารสูตร ข. แสดงว่ามีการทำซ้ำเกิดขึ้น ซึ่งในกรณีนี้การเลี้ยงโดยใช้อาหารสูตร ก. จะมีจำนวนซ้ำเท่ากับ 5 และการเลี้ยงโดยใช้อาหารสูตร ข. จะมีจำนวนซ้ำเท่ากับ 3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2) การสุ่ม (Randomization) เป็นวิธีการที่จัดทรีทเมนต์ให้กับหน่วยทดลอง โดยที่หน่วยทดลองแต่ละหน่วยจะมีโอกาสที่จะได้รับทรีทเมนต์หนึ่ง ๆ เท่า ๆกัน วัตถุประสงค์ของการสุ่มก็เพื่อขจัดความลำเอียง(Bias) ที่อาจจะเกิดขึ้นเนื่องจากผู้วิจัยอาจจัดทรีทเมนต์ให้กับหน่วยทดลองที่มีสภาพที่ดีที่ผู้วิจัยคิดว่าน่าจะให้ผลดีกว่า เพื่อเป็นการสนับสนุนแนวความคิดของผู้วิจัยเอง การสุ่มสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การจับสลาก การใช้ตารางสุ่ม

3) การบล็อก (Blocking) การบล็อกเป็นการรวบรวมกลุ่มลักษณะที่คล้ายคลึงกันของหน่วยทดลอง โดยให้หน่วยทดลอง ทำให้สามารถลดความคลาดเคลื่อนของการทดลองได้ ตัวอย่างของการบล็อก เช่น การแบ่งหน่วยทดลอง ตัวอย่างเช่น การแบ่งหน่วยทดลองตามสภาพภูมิอากาศ เพศ อายุ และพันธุ์ เป็นต้น

2.5.3 รูปแบบของการทดลอง

รูปแบบ (Model) หมายถึง สมการจำลองแบบองค์ประกอบของปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลสะสมรวมเป็นตัวแปรตาม โดยรูปแบบที่ใช้ในแผนแบบการทดลองมี 3 รูปแบบ คือ (พิสมัย, 2545)

1) รูปแบบกำหนดหรือแบบเจาะจง (Fixed Effect Model) รูปแบบนี้ระดับของตัวแปรอิสระหรือระดับปัจจัยที่นำมาทดลองถูกกำหนดหรือเจาะจงตามความต้องการของผู้วิจัย โดยไม่มีการสุ่มหรือเปิดโอกาสให้มีการถูกเลือกมาจากระดับทั้งหมดของกลุ่มประชากร ดังนั้น การสรุปผลจะมีขอบเขตจำกัดเฉพาะกลุ่มที่นำทดลองเท่านั้น จะสรุปอ้างอิงถึงระดับอื่นๆของประชากรทั้งหมดไม่ได้

2) รูปแบบการสุ่ม (Random Effect Model) รูปแบบนี้ระดับของตัวแปรอิสระหรือระดับของปัจจัยที่นำมาทดลองได้มาจากการสุ่มจากกลุ่มประชากรทั้งหมด ดังนั้น การสรุปผลจะสรุปอ้างอิงถึงระดับอื่นๆ ของประชากรได้

3) รูปแบบผสม(Mixed Effect Model) รูปแบบนี้ระดับของตัวแปรอิสระหรือระดับปัจจัยที่นำมาทดลองบางส่วนเป็นการกำหนดหรือเจาะจง และบางส่วนถูกสุ่มมาจากกลุ่มประชากรทั้งหมด ซึ่งรูปแบบผสมนี้จะเกิดขึ้นเฉพาะในกรณีของการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่มีปัจจัย ตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป

2.5.4 ขั้นตอนในการวางแผนของการทดลอง

1) ต้องมีการตั้งปัญหา ของงานที่จะทำการทดลอง ซึ่งจะต้องทำความเข้าใจของปัญหา ต้องดูวัตถุประสงค์ของการทดลอง

2) การกำหนดวัตถุประสงค์ในการทดลองและสมมติฐานในการทดสอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3) กำหนดปัจจัย (ทรีทเมนต์) ที่ใช้สำหรับการทดลอง ซึ่งการกำหนดระดับของปัจจัยสามารถแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบคือ

- แบบคงที่(Fixed Effect Model) สามารถควบคุมได้คงที่แน่นอน
- แบบสุ่ม (Random Effect Model) ระดับของปัจจัยไม่สามารถกำหนดได้แน่นอน
- แบบผสม (Mixed Effect Model) ระดับปัจจัยที่เกิดจากการกำหนดแบบคงที่และแบบสุ่มรวมกัน

4) การกำหนดขนาดของการทดลองหรือจำนวนที่ทำการซ้ำ ต่อหนึ่งหน่วยทรีทเมนต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าใช้จ่ายในการทดลองและความถูกต้องเหมาะสมในการสรุปผลการทดลอง

5) การเลือกหน่วยทดลองที่มีความสม่ำเสมอหรือจากหน่วยทดลองที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันที่นำมาทดลอง แต่ถ้าหน่วยทดลองมีความแตกต่างกันก็ต้องแบ่งหน่วยทดลองออกเป็นกลุ่มๆ

6) การวางแผนการทดลอง จำเป็นต้องดูขนาดของข้อมูลหรือจำนวนในการทำซ้ำ (Replicate) ข้อจำกัดของการสุ่ม (Random) ตลอดจนการบลอกกลิ้ง (Blocking) ตลอดจนค่าใช้จ่ายในการทดลองเป็นสิ่งที่จำเป็นมาก

7) ดำเนินการทดลอง ตามที่ได้วางแผนไว้ ต้องมีการตรวจสอบการทดลองอย่างระมัดระวัง โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับการทดลองทั้งหมด และทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้เพื่อนำมาวิเคราะห์และทดสอบผลที่ได้จากการทดลอง

8) สรุปผลและข้อเสนอแนะของผลการทดลอง เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลแล้ว จำเป็นจะต้องมีการสรุปผลที่ได้จากการทดลองและข้อเสนอแนะที่เกิดจากการทดลอง สุดท้ายจะต้องมีการทดลองเพื่อทำการยืนยันผลอีกครั้ง

2.5.5 หลักการการวิเคราะห์ความแปรปรวนและรีเกรสชั่น

1) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) ในการทดลองใด ๆ มีจุดประสงค์หลักข้อหนึ่ง คือ การตรวจสอบถึงผลของปัจจัย(Independent Variable) ที่มีตัวแปรตาม (Dependent Variable) ซึ่งปัจจัยอาจจัดวางสิ่งทดลอง(Treatment) ต่าง ๆกัน ส่วนตัวแปรตาม ได้แก่ ค่าสังเกต (Observe Value) หรือผลที่เกิดจากการผันแปรตัวแปรอิสระ เช่น ในการศึกษาปริมาณเอนไซม์ที่ฉีดในเนื้อสัตว์เพื่อให้เกิดความนุ่ม ว่าควรใช้ในปริมาณเท่าใดจึงจะเหมาะสมที่สุด ปริมาณเอนไซม์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระดับต่างๆ ที่ใช้เหล่านี้ คือปัจจัยที่ต้องการศึกษา ส่วนความนุ่มที่ทำการวัดค่าเป็นผลที่เกิดจากปัจจัยที่ทำการศึกษา ความนุ่มจึงจัดเป็นตัวแปรตาม

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน(Analysis of Variance)นั้น ข้อสมมติฐานที่สำคัญหนึ่งคือ ความคลาดเคลื่อน (Random Error) หรือ ε_{ij} ต้องมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) และต้องมีการแจกแจงที่เป็นอิสระต่อกัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0 และมีความแปรปรวนเท่ากับ σ^2 โดยเขียนสัญลักษณ์ได้เป็น $\varepsilon_{ij} \sim \text{NID}(0,\sigma^2)$ กล่าวคือผลที่ได้จากการเก็บข้อมูลของผลตอบสนอง (y) จะมีการกระจายแบบปกติและเป็นอิสระต่อกัน

2) การวิเคราะห์รีเกรสชั่น (Regression Analysis) ในการแก้ปัญหาอาจมี 2 ตัวแปรหรือมากกว่าเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย มีความจำเป็นหรือความสำคัญที่ต้องหาแบบหุ่นและสำรวจความสัมพันธ์ของตัวแปรเหล่านั้น เช่น ในกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมี ผลผลิตที่ได้มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่ใช้ในการผลิต และนำแบบหุ่นนี้ไปใช้ในการคาดคะเน(Prediction) หรือปรับกระบวนการให้เหมาะสม(Process optimization) หรืออาจใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิต (Process control) โดยทั่วไป ตัวแปรตามแต่ละตัวหรือค่าตอบสนอง (Response ;Y) จะขึ้นกับตัวแปรอิสระ K (Independent หรือ Regression variable) เช่น $x_1,x_2,\ldots,x_k$ เป็นต้น ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเหล่านี้ สามารถอธิบายโดยแบบหุ่นทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า “ สมการรีเกรสชั่น” (สมการถดถอย ; Regression equation) แบบหุ่นรีเกรสชั่นจะสอดคล้องกับกลุ่มข้อมูลของตัวอย่าง บางกรณีผู้ทดลองทราบถึงฟังก์ชั่นความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างตัวแปร เช่น $Y = \phi(x_1,x_2,\ldots x_k)$ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม โดยส่วนใหญ่จะไม่ทราบฟังก์ชั่นความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างตัวแปร ดังนั้น ผู้ทดลองจึงประมาณค่าของฟังก์ชั่นเพื่อประมาณค่า ϕ โดยมักใช้แบบหุ่นของโพลิโนเมียล (Polynomial)

วิธีรีเกรสชั่น อาจใช้วิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองที่ไม่ได้วางแผน เช่น อาจนำข้อมูลจากปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถควบคุมได้หรือข้อมูลทางประวัติศาสตร์ อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์รีเกรสชั่นมีประโยชน์อย่างมากสำหรับการทดลองที่มีการวางแผนไว้ อาจกล่าวได้ว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เป็นการวางแผนการทดลองเพื่อช่วยในการจำแนกว่าปัจจัยใดสำคัญ ขณะที่รีเกรสชั่นใช้เพื่อสร้างแบบหุ่นความสัมพันธ์เชิงปริมาณของปัจจัยที่สำคัญต่อค่าตอบสนอง (อิสรพงษ์ , 2545)

2.5.6 สมมติฐาน (Hypothesis) คือ คำตอบที่ผู้วิจัยคาดคะเนไว้ล่วงหน้าอย่างมีเหตุมีผล เพื่อตอบความมุ่งหมายของงานวิจัยที่ได้วางไว้ เป็นข้อความที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ต้องเป็นประโยคบอกเล่า ตั้งไว้ล่วงหน้า อย่างมีเหตุมีผล โดยศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องหรือเอกสารต่าง ๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สมมติฐานแต่ละข้อต้องมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องอย่างน้อย 2 ตัวใน 2 ลักษณะคือ ลักษณะเปรียบเทียบและความสัมพันธ์

สมมติฐานแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

1. สมมติฐานทางการวิจัย (Research hypothesis)

- สมมติฐานแบบมีทิศทาง (Directional hypothesis) เช่น กลุ่มหนึ่งมากกว่า หรือน้อยกว่าอีกกลุ่มหนึ่ง

- สมมติฐานแบบไม่มีทิศทาง (Non-directional hypothesis) เช่น แตกต่างกัน หรือสัมพันธ์กัน

2. สมมติฐานทางสถิติ (Statistical hypothesis)

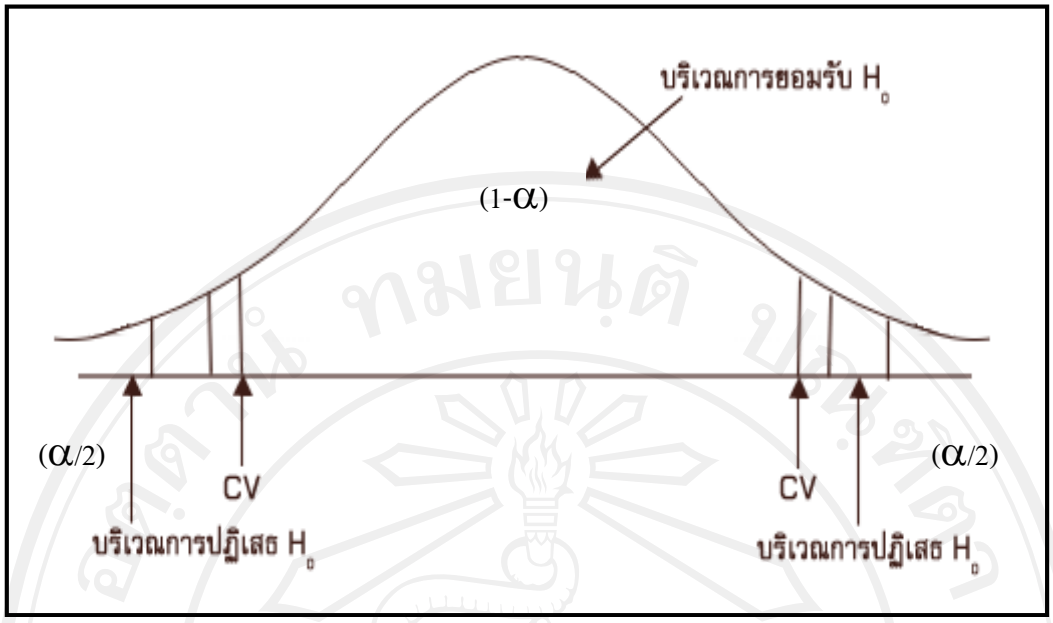
- สมมติฐานที่เป็นกลาง (Hull hypothesis) (H_0) ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่บ่งบอกถึงความไม่แตกต่างกัน เช่น $\mu_1 = \mu_2$ เป็นต้น

- สมมติฐานอื่น (Alternative hypothesis) (H_1) ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่บ่งบอกถึงความแตกต่างกัน เช่น $\mu_1 < \mu_2$ เป็นต้น

2.5.7 ระดับความมีนัยสำคัญ (Level of Significance) หมายถึง ระดับความน่าจะเป็นในการที่จะปฏิเสธสมมุติฐานศูนย์ผิดพลาดมากน้อยเพียงใด ใช้แทนด้วย แอลฟ่า (α: alpha) ปกติทางสังคมศาสตร์ และมนุษยศาสตร์ มักนิยมกำหนดแอลฟ่าไว้ที่ 0.05 หรือ 0.01

2.5.8 ค่าวิกฤติ (Critical Value : CV) คือ ค่าสถิติที่ใช้เป็นจุดแบ่งระหว่างบริเวณการยอมรับและบริเวณการปฏิเสธสมมุติฐาน สำหรับค่าวิกฤติเกิดจากการกำหนดระดับความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ หรือระดับนัยสำคัญนั่นเอง ซึ่งสามารถเปิดตารางค่าวิกฤติได้ จากหนังสือสถิติทั่วไป เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธสมมุติฐานศูนย์ ดังภาพที่ 2.3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2.3 กราฟปกติของการยอมรับและปฏิเสธ

2.5.7 ความคลาดเคลื่อนจากการทดลอง คือ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากยอมรับหรือปฏิเสธ H_0 จะมีอยู่ 2 แบบ คือ ความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 และความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 2

ความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 (Type I error) เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) กล่าวคือกรณีที่สมมติฐานเป็นความจริง เรียกว่า ระดับนัยสำคัญ (Level of Significance) หรือเรียกอีกอย่างว่า ขนาดที่ใช้ในการทดสอบ (Size of the Test) โดยส่วนใหญ่จะใช้สัญลักษณ์ α จะเขียนอยู่ในรูปแบบดังนี้

P (ปฏิเสธ H_0 เมื่อ H_0 ไม่เป็นจริง) P(Type I error) = α

ความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 2 (Type II error) เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการยอมรับสมมติฐานหลัก กล่าวคือถ้าสมมติฐานหลักไม่เป็นความจริง จะใช้สัญลักษณ์ จะเขียนอยู่ใน β รูปแบบดังนี้

P(ยอมรับ H_0 เมื่อ H_0 ไม่เป็นความจริง) = P(Type II error) = β

ถ้าในกรณีที่ต้องการที่จะลดค่าความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 สามารถทำได้โดยกำหนด ค่า α ต่ำๆ แต่ต้องใช้จำนวนซ้ำค่อนข้างมากๆการกำหนดค่า α ไว้สูง ถ้ากำหนดค่า α ต่ำจะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 2 สูงอีกด้วย ถ้าในกรณีกำหนดค่า α สูงๆ จะใช้จำนวนซ้ำค่อนข้างน้อย (ในกรณีต้องการความคลาดเคลื่อนทั้ง 2 ชนิด มีค่าต่ำ อาจจะจำเป็นต้องใช้จำนวนซ้ำมาก ไม่เป็นผลดีเพราะว่าเพราะว่าจะต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการทดลองด้วย)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยส่วนใหญ่ผู้ทำการทดลองจะกำหนดค่า α ไว้ล่วงหน้าก่อนการทดลองมากกว่าการกำหนดค่าความน่าจะเป็นแบบ β กล่าวคือ การยอมรับสมมติฐานหลักที่ไม่เป็นจริง (ความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 2) ซึ่งเป็นความคลาดเคลื่อนที่เป็นผลเสียมากกว่าความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 การสรุปผลจากการทดสอบสมมติฐานจำเป็นต้องทำให้ความน่าจะเป็นที่จะยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 ที่ไม่เป็นจริง คือ βมีค่าต่ำๆ ทั้งนี้เพื่อให้ 1- β เป็นความน่าจะเป็นที่จะถูกปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 เมื่อ H_0 ไม่เป็นจริง ซึ่งมีค่ามาก จะเขียนอยู่ในรูปแบบดังนี้

1- β = P (ปฏิเสธ H_0 เมื่อ H_0 ไม่เป็นจริง)

การสรุปผลที่ได้จากค่าสังเกต จำเป็นที่จะต้องพิจารณาดูว่ามีความเชื่อถือได้หรือไม่ดังนั้นการทดสอบนัยสำคัญ (Test Significant) จึงจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการออกแบบการทดลอง

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องจำแยกได้ดังนี้

2.6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องสีข้าวได้มีผู้ทำวิจัยมาแล้วดังนี้

กุศล ประกอบการ (2542) ได้ทำการวิจัยเรื่องการทดสอบเปรียบเทียบเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก ได้ทำการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กจากประเทศจีน ประเทศญี่ปุ่น และเครื่องสีข้าวจากประเทศไทย พบว่า เมื่อทำการทดลองสีข้าวเปลือกเป็นข้าวสาร สำหรับพันธุ์ข้าว 5 ชนิด คือ กข 35 สายพันธุ์ดี สุพรรณ 1 ตองหนึ่ง (111) และพันธุ์ชัยนาท 1 สำหรับการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กทั้ง 3 แบบพบว่า เปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวเฉลี่ยของเครื่องสีข้าวจากประเทศจีนสูงสุดคือ 64.94 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเครื่องสีข้าวขนาดเล็กจากประเทศญี่ปุ่นและเครื่องสีข้าวขนาดเล็กจากประเทศไทยคือมีค่าเฉลี่ยเป็น 35.48 และ 34.50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ประพันธ์ ศิริพลับพลา (2530) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบการสร้างเครื่องสีข้าวแบบใช้ไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กกะทัดรัด โดยศึกษาการใช้แบบหินลูกกลิ้งหมุนในปลอกเหล็กซึ่งเป็นระบบที่ง่าย ไม่ซับซ้อน ในการทดสอบใช้ข้าวทั้งหมด 8 พันธุ์ เป็นพันธุ์ข้าวเจ้า 4 พันธุ์ คือ พันธุ์เหลืองใหญ่ 148 พันธุ์ พันธุ์ กข.15 พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ข้าวเหนียวอีก 4 พันธุ์ คือพันธุ์กำผาย 15 พันธุ์ข้าวเหนียวสันป่าตอง พันธุ์ กข.10 โดยทดสอบที่รอบหินกะเทาะ 510 รอบต่อนาที , 596 รอบต่อนาที และ 715 รอบต่อนาที สรุปได้ว่าเครื่องสีข้าวที่สร้างขึ้นนี้เหมาะสมที่จะสีข้าวเปลือก ที่มีความชื้นน้อยๆ ที่รอบหินกะเทาะ 715 รอบต่อนาที เพราะให้อัตราการสีข้าวได้สูงถึง 43.61 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยที่ข้าวที่สีได้มีเปอร์เซ็นต์ข้าวหักเฉลี่ย 22.72 % และเสียค่ากระแสไฟฟ้าเพียงชั่วโมงละ 1.50 บาท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Shitanda และ Nishiyama (2001) ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกะเทาะเปลือกข้าวระหว่างการใช้ระบบแรงเสียดทานและแรงเหวี่ยง โดยทำการทดสอบกับข้าวจำนวน 3 ประเภท ซึ่งจากผลการเปรียบเทียบดังกล่าวได้สรุปว่าเครื่องสีข้าวกล้องระบบแรงเสียดทานมีความเหมาะสมมากกว่าเครื่องสีข้าวกล้องแบบแรงเหวี่ยงในทุกประเภทข้าว หากพิจารณาในส่วนของประสิทธิภาพด้านพลังงานและความเสียหายของข้าว โดยจากการทดลองต้องกำหนดอัตราการไหลของข้าวสู่ระบบกะเทาะให้เหมาะสม

2.6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการออกแบบผลิตภัณฑ์และการนำ QFD มาประยุกต์ใช้ได้มีผู้ทำวิจัยมาแล้วดังนี้

Hanumaiah (2006) ได้ใช้ความรู้ด้าน QFD และ AHP ในการช่วยออกแบบแม่พิมพ์ โดยเฟสแรกเริ่มจากเก็บข้อมูลความต้องการของลูกค้า เพื่อจะได้เตรียมเครื่องมือที่จะทำการพัฒนา เช่น วัสดุ ทฤษฎี แผนการผลิต จากนั้นทำการจัดลำดับความสำคัญโดยใช้หลักการ Pairwise Comparison เพื่อจะนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ใน QFD เฟสสองต่อไป จนใน QFD เฟสสุดท้ายจะสามารถระบุค่าที่แน่ชัดที่จะต้องใช้ในกระบวนการผลิตได้

Eric Ronney (2000) ได้ประยุกต์ใช้เทคนิค QFD ในการออกแบบโทรศัพท์มือถือ ให้เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า โดยแบ่งความต้องการของลูกค้าเป็น 3 ประเภท คือ ความต้องการทั่วไปที่ผลิตภัณฑ์มี (Normal Requirements), ความต้องการที่ลูกค้าต้องการ (Expected Requirements) และความต้องการที่ลูกค้าคาดไม่ถึง(Exciting Requirements) โดยเป้าหมายที่ทาง Nokia ตั้งไว้ได้แก่ ผลกำไร เวลาที่ผลิตภัณฑ์สามารถออกสู่ตลาด เทคโนโลยี คุณภาพ และส่วนแบ่งการตลาด ซึ่งเป้าหมายดังกล่าวใช้ SMART Model เป็นตัวหลักในการสร้างเป้าหมาย

2.6.3 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการออกแบบการทดลองในแผนการทดลองแบบชนิดต่างๆ ได้มีผู้ทำวิจัยมาแล้วดังนี้

ทรงศิริ แต้สมบัติ (2530) ได้ทำการวิจัยเรื่อง เทคนิคการออกแบบวิเคราะห์ผลการทดลองที่หน่วยทดลองมีลักษณะที่ต่างกันในแผนการทดลองแบบต่างๆ โดยงานวิจัยชี้ให้เห็นว่าการใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแทน การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมจะให้ผลการทดสอบ ความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์คลาดเคลื่อนมาก โดยเฉพาะกรณีที่มีความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์อย่างแท้จริง และเสนอแนะการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมที่มีแผนการทดลองแบบต่างๆ และตัวแปรตามและตัวแปรร่วมมีความสัมพันธ์กันแบบต่าง ๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สุรพล สุรบรรเจิดพร (2542) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการเชื่อมดีบุก-ตะกั่วบนแผ่นวงจรพิมพ์ ด้วยเครื่องเชื่อมอัตโนมัติโดยวิธีการออกแบบการทดลอง โดยได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเชื่อมดีบุก-ตะกั่วบนแผ่นลายวงจรพิมพ์ด้วยเครื่องเชื่อมอัตโนมัติ และหาเงื่อนไขที่เหมาะสมจากการทดลองเพื่อลดจุดบกพร่องของรอยเชื่อม พร้อมพัฒนากระบวนการให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยใช้หลักของออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง มาใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาถึงปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย คือความเร็วของสายพาน อุณหภูมิในส่วนการอบความร้อน ค่าความถ่วงจำเพาะของฟลักส์ และลักษณะการไหลของโลหะผสมโซลเดอร์ ผลการวิจัยพบว่า ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05 ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อจำนวนจุดบกพร่องคือ ลักษณะการไหลของโลหะผสมโซลเดอร์ และความเร็วของสายพาน ส่วนปัจจัยทางด้านอุณหภูมิในส่วนของการอบความร้อน และค่าความถ่วงจำเพาะของฟลักส์มีอิทธิพลค่อนข้างน้อยต่อการเกิดจุดบกพร่องของรอยเชื่อมเมื่อเทียบกับปัจจัยอื่น ในการทดลองค่าของตัวแปรที่ทำให้เกิดผลทางคุณภาพที่ดีคือ การปรับลักษณะการไหลของโลหะผสมโซลเดอร์ให้มีการเคลื่อนที่ทั้งสองด้าน และความเร็วของสายพานเท่ากับ 108 เซนติเมตรต่อนาที ซึ่งจะสามารถลดจำนวนจุดบกพร่องลงได้

สุรพงศ์ บางพาน (2547) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องสีข้าวกล้องโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง โดยการศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาระบบการสีข้าวกล้องด้วยเครื่องที่มีขนาดเล็ก โดยมีการประยุกต์ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองเพื่อต้องการปรับปรุงประสิทธิภาพในการทำงานให้ดีที่สุด วิธีการทดลองโดยใช้หลักการหาพื้นผิวผลตอบ (Response Surface Methodology; RSM) ด้วยการออกแบบส่วนประสมกลาง (Central Composite Design; CCD) โดยทดลองกับข้าวทั้งหมด 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์ข้าวกข 15 และพันธุ์ข้าวปทุมธานี 1 เพื่อศึกษาผลกระทบของ 2 ปัจจัย คือ ความเร็วรอบ และระยะห่างระหว่างลูกยางต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวดีหลังจากการกะเทาะเปลือก ซึ่งเครื่องสีข้าวกล้องนี้จะใช้ระบบ Inverter เป็นตัวควบคุมการทำงานทั้งหมด ผลจากการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.05 พบว่าค่าของปัจจัยที่เหมาะสมต่อการกะเทาะเปลือก สำหรับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 คือ ความเร็วรอบเท่ากับ 1480 รอบต่อนาที ระยะห่างของลูกยางเท่ากับ 0.66 มม. ได้เปอร์เซ็นต์ข้าวดี 72.99 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพันธุ์ข้าว กข 15 คือ ความเร็วรอบเท่ากับ 1480 รอบต่อนาที ระยะห่างของลูกยางเท่ากับ 0.39 มม. ได้เปอร์เซ็นต์ข้าวดี 81.58 % ส่วนพันธุ์ข้าวปทุมธานี 1 ต้องปรับความเร็วรอบเท่ากับ 1471 รอบต่อนาที และระยะห่างของลูกยางเท่ากับ 0.66 มม. เพื่อได้เปอร์เซ็นต์ข้าวดี 74.69 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อรทัย ยอดนิล (2539) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลกับแผนแบบการทดลองแบบการหมุน โดยได้ศึกษาเพื่อหาแผนแบบการทดลองที่เหมาะสมในกรณีที่ปัจจัย ในแผนแบบการทดลองเป็นตัวแปรต่อเนื่อง โดยจะทำการเปรียบเทียบแผนแบบการทดลอง 2 วิธี คือ แผนแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Experiments) กับแผนการทดลองแบบการหมุน (Rotated Design) โดยข้อมูลจะสร้างจากความสัมพันธ์ของตัวแปรตามกับตัวแปรในแผนแบบทดลองในรูปแบบกำลังหนึ่ง (First Order Model) และในรูปแบบกำลังสอง (Second Order Model) เกณฑ์การเปรียบเทียบที่ใช้ คือค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ไร้ศูนย์กลาง (Average Noncentrality Parameter) ผลสรุปได้ดังนี้ แผนแบบการทดลองแบบการหมุน จะมีความเหมาะสมมากกว่าแผนแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลและปัจจัยที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ไร้ศูนย์กลางมากที่สุดคือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อน รองลงมาค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน จำนวนการทำซ้ำที่จุดศูนย์กลาง และรูปแบบของความสัมพันธ์ของตัวแปรตามกับตัวแปรในแผนแบบการทดลอง

เอกรัฐ เมนะจินดา (2541) ได้ทำการค้นคว้าอิสระเชิงวิทยานิพนธ์เรื่อง การหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยในการทดลองแบบแฟคทอเรียล โดยได้รายงานว่า การหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยในการทดลองแบบแฟคทอเรียล เป็นการศึกษาเพื่อประมาณหารูปแบบความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ ที่นักสถิติหรือผู้วิจัยสนใจศึกษาโดยนักสถิติหรือผู้วิจัยสามารถนำผลการทดลองนี้ ไปใช้เป็นแนวทางเพื่อกำหนดแผนการทดลองและระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved