

การศึกษาแนวทางการทดสอบความชำนาญของห้องปฏิบัติการ
ทดสอบความต้านแรงกดกล่องกระดาษลูกฟูก
A study conducted proficiency testing of laboratory test
for the compression strength of corrugated fiberboard boxes

14

จิระศักดิ์ ชัยสินทิ¹, สุรเดช พานเพ็ง¹, ขวัญใจ สมบุญ¹, ภูวดี ตู้จินดา^{*}
Jierasak Chaisanit¹, Suradej Phanphang¹, Kwanjai Somboon¹, Poovadee Tuchinda¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการสำรวจข้อมูลของการทดสอบของภาคอุตสาหกรรมบรรจุก่อนท์กล่องกระดาษลูกฟูก ในรายการทดสอบค่าความต้านแรงกดกล่อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดทำทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการ โดยจัดเตรียมวัตถุตัวอย่างกล่องลูกฟูกและส่งให้ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรมจำนวนทั้งหมด 26 ห้องปฏิบัติการ เก็บรวบรวมข้อมูลแล้ววิเคราะห์ผลด้วยสถิติ Robust z-score และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Relative Standard Deviation, RSD) ตามมาตรฐาน ISO 13528 : 2015 พบว่ามีจำนวน 23 ห้องปฏิบัติการที่ผลเป็นที่น่าพอใจ ($|z| \leq 2.0$) มีจำนวน 2 ห้องปฏิบัติการที่ผลเป็นที่น่าสงสัย ($2 < |z| < 3$) และมีจำนวน 1 ห้องปฏิบัติการที่ผลไม่เป็นที่น่าพอใจ ($|z| \geq 3$) เมื่อพิจารณาการกระจายแบบปกติของ z-score ของการทดสอบความชำนาญสามารถแยกห้องปฏิบัติการที่มีผลการทดสอบแตกต่างกันได้ทั้ง 3 เกณฑ์การยอมรับได้อย่างชัดเจน

ความสามารถในการทวนซ้ำของการวัดของแต่ละห้องปฏิบัติการด้วยวิธีวัด %RSD พบว่า มีจำนวน 17 ห้องปฏิบัติการผลการทดสอบผ่านเกณฑ์และพบว่ามีจำนวน 9 ห้องปฏิบัติการที่ไม่ผ่านเกณฑ์ โดยสาเหตุหลักเกิดจาก ไม่มีการควบคุมสภาวะการทดสอบ เครื่องมือมีอายุการใช้งานมากกว่า 15 ปีและห้องทดสอบไม่ได้รับการรับรองมาตรฐาน 17025 จึงใช้เป็นข้อแนะนำให้กับห้องปฏิบัติการแก้ไขปรับปรุงต่อไป

Abstract

This project was researching test results in corrugated fiberboard boxes from industry. The objective of this project was to comply testing information on compression strength of corrugated fiberboard boxes to use as a guideline to conducted proficiency testing. The information was obtained by delivering the prepared samples to 26 industrial laboratories. The testing results were analyzed by robust z-score and relative standard deviation methods following ISO 13528: 2015. It was found that the testing results of 23 laboratories were satisfactory ($|z| \leq 2.0$), of 2 laboratories were questionable ($2 < |z| < 3$) and of 1 laboratory was unsatisfactory ($|z| \geq 3$). The normal distribution of z-score was considered well-established and the proficiency testing could use these 3 criterions.

The repeatability of these results was then analyzed with %RSD method. It was found that the results from 17 laboratories was acceptable and from 9 laboratories was unacceptable. This was because the laboratories were not under control conditions, the equipment was older than 15 years and laboratories were not certified ISO 17025. The laboratories were advised to improve on performances for the proficiency testing in the future.

คำสำคัญ: กล่องกระดาษลูกฟูก, ค่าความต้านแรงกดกล่อง, การทดสอบความชำนาญ

Keywords: Corrugated fiberboard box, Compression strength, Proficiency test

¹ กรมวิทยาศาสตร์บริการ

^{*} Corresponding author e-mail address: jierasak@dss.go.th, poovadee@dss.go.th

1. บทนำ (Introduction)

บรรจุภัณฑ์หรือการบรรจุหีบห่อ หมายถึง ศาสตร์และศิลป์ที่ใช้ในการบรรจุสินค้าโดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อคุ้มครองปกป้องสินค้าจากผู้ผลิตจนถึงมือลูกค้าอย่างปลอดภัยด้วยต้นทุนการผลิตที่เหมาะสม ดังนั้นอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์จึงเป็นส่วนสำคัญในการสนับสนุนอุตสาหกรรมภาคการผลิตเพื่อการบริโภคทั้งในประเทศและการส่งออก ซึ่งมีแนวโน้มในการเติบโตขึ้นอย่างสม่ำเสมอ บรรจุภัณฑ์มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อผลิตภัณฑ์ เริ่มตั้งแต่การรวมหน่วยของผลิตภัณฑ์เป็นหน่วยเดียว รักษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ รวมทั้งทำให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วในการขนส่งอีกด้วย

กล่องกระดาษลูกฟูก เป็นบรรจุภัณฑ์ประเภทกล่องกระดาษชนิดหนึ่งที่มีคุณลักษณะแข็งแรงมากเป็นที่นิยมใช้ในการขนส่งผลิตภัณฑ์ เพราะนอกจากช่วยปกป้องผลิตภัณฑ์แล้ว ยังสามารถออกแบบได้ตามต้องการ ทั้งรูปลักษณะ ขนาด และพิมพ์สีได้สวยงาม

ความต้านทานแรงกดของกล่องกระดาษลูกฟูก (Compression strength) คือ ความสามารถของกระดาษลูกฟูกในการต้านแรงกดที่กระทำบนกล่องจนกระดาษลูกฟูกนั้นเสียรูป หรือรับแรงกดต่อไปอีกไม่ได้ มีหน่วยเป็นนิวตัน (N) หรือ กิโลกรัมแรง (kgf) คุณสมบัตินี้มีความสำคัญอย่างยิ่งโดยมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการเรียงซ้อน (ใช้คำนวณจำนวนชั้นของการเรียงซ้อนที่กล่องสามารถรองรับได้) ปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อค่าความต้านทานแรงกดของกล่องลูกฟูก ได้แก่ ปริมาณความชื้นในอากาศ ระยะเวลาในการเก็บ รูปแบบในการเรียงซ้อน กล่อง จำนวนครั้งในการเคลื่อนย้าย ลักษณะของการขนถ่าย เป็นต้น ซึ่งอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D 642 [1] และ TAPPI T804 [2]

ปัญหาที่มักเกิดขึ้นระหว่างบริษัทผู้ผลิตกล่องกระดาษลูกฟูกกับลูกค้า คือ ความแตกต่างของผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงกดของกล่องสองบริษัทที่เป็นคู่ค้า เพราะแม้ว่าแต่ละห้องปฏิบัติการได้มีการสอบเทียบเครื่องทดสอบความต้านทานแรงกดกล่องแล้ว ผลการทดสอบยังมีความแตกต่างระหว่างห้องปฏิบัติการได้ โดยอาจมีสาเหตุจากหลายประการ เช่น สภาพเครื่องทดสอบที่ผ่านการซ่อมแซมและปรับตั้ง สถานที่ตั้ง และอายุการใช้งาน เป็นต้น การแก้ปัญหาค่าความขัดแย้งของผลการทดสอบที่เกิดขึ้นทำได้โดยส่งตัวอย่างกล่องกระดาษลูกฟูกมาหน่วยงานกลางทำการทดสอบ เช่น ห้องปฏิบัติการวัสดุธรรมชาติและเส้นใย กองวัสดุวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ หรือศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย เป็นต้น เพื่อให้ในการตัดสินใจซื้อขายตามข้อตกลงในสัญญาการซื้อขาย

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นเพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างห้องปฏิบัติการ โดยการทดสอบความต้านทานแรงกดของกล่องกระดาษลูกฟูกในห้องปฏิบัติการทดสอบความต้านทานแรงกดกล่องกระดาษลูกฟูกในห้องปฏิบัติการ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการทดสอบความต้านทานของห้องปฏิบัติการ (Proficiency test) และเป็นการเฝ้าระวังสมรรถนะในการดำเนินการอย่างต่อเนื่องของห้องปฏิบัติการ ซึ่งงานวิจัยนี้จะศึกษาเฉพาะส่วนของแรงกดของกล่องกระดาษลูกฟูกเพียงอย่างเดียว เนื่องจากการทดสอบอื่นๆ ที่ส่งผลต่อความแข็งแรงของกล่อง เช่น ค่าการทดสอบความต้านทานการตกกระแทก (Drop Resistance) การทดสอบการเรียงซ้อน (stacking test) เป็นต้น ไม่ได้มีการศึกษาในงานวิจัยนี้ เนื่องจากทางห้องปฏิบัติการทดสอบของ กลุ่มวัสดุธรรมชาติและเส้นใย กองวัสดุวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ ไม่สามารถทำการทดสอบในรายการดังกล่าวส่วนปัจจัยอื่นที่ส่งผลกระทบต่อค่าความต้านทานแรงกดของกล่องกระดาษลูกฟูก เช่น อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในห้องปฏิบัติการ เป็นต้น ยังไม่ได้ดำเนินการในงานวิจัยนี้

2. วิธีการวิจัย (Experimental)

2.1 วัตถุประสงค์

กล่องกระดาษลูกฟูกจากโรงงานผลิตกล่องกระดาษรายหนึ่ง ซึ่งกลุ่มวัสดุธรรมชาติและเส้นใยกำหนดให้เป็นตัวอย่างสำหรับการวิจัยครั้งนี้ เป็นกล่องกระดาษลูกฟูกแบบมาตรฐานธรรมดา (regular slot container, RSC) ชนิด 3 ชั้น มีขนาดเส้นรอบวงภายใน (inside diameter) เท่ากับ 420 mm x 318 mm x 207 mm (ยาว x กว้าง x สูง) โดยในการผลิตกล่องตัวอย่างนี้กำหนดให้กระดาษทั้ง 2 ชนิดเป็นรุ่นเดียวกัน ทั้งกระดาษทำผิวกล่อง (linerboard or facing) และกระดาษทำลูกฟูก (corrugating medium) โดยให้กระดาษทำผิวกล่องเป็นกระดาษสำหรับประกบกับกระดาษทำลูกฟูก ด้านนอกกล่องใช้กระดาษเกรด KI 185 GSM ซึ่งเป็นกระดาษทำผิวกล่องสีน้ำตาลอ่อนมีน้ำหนักมาตรฐาน 185 กรัมต่อตารางเมตร และด้านในกล่องใช้กระดาษเกรด KI 185 GSM เช่นเดียวกันกับด้านนอกกล่อง ส่วนกระดาษทำลูกฟูกใช้กระดาษเกรด CM 115 GSM ซึ่งเป็นกระดาษทำลูกฟูกสีน้ำตาลอ่อนมีน้ำหนักมาตรฐาน 115 กรัมต่อตารางเมตร อยู่ระหว่างกระดาษทำผิวกล่อง การผลิตกล่องทำให้แล้วเสร็จในครั้งเดียวทั้งชุดตัวอย่าง

2.2 วิธีการเตรียมวัตถุดิบตัวอย่าง

2.2.1 เก็บตัวอย่างกล่องกระดาษลูกฟูกตามที่กำหนดไว้ โดยคัดตัวอย่างที่มีความบกพร่องออก แล้วขนย้ายตัวอย่างกล่องกระดาษมาที่ห้องปฏิบัติการวัสดุธรรมชาติและเส้นใย กองวัสดุวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ วางกล่องกระดาษตัวอย่างไว้ในสภาวะควบคุมอุณหภูมิ $27^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 ± 2 เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ เพื่อปรับสภาวะกล่องกระดาษตัวอย่าง

2.2.2 ดำเนินการสุ่มตัวอย่างกล่องกระดาษลูกฟูกแบบสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) จากตัวอย่างกล่องทั้งหมด ครั้งละ 1 ใบ จนได้ตัวอย่างกล่องรวม 10 ใบต่อชุดตัวอย่าง

2.2.3 จัดการมัดชุดตัวอย่างด้วยเชือกและห่อด้วยฟิล์มยืดที่มีความหนา 20 ไมโครเมตรให้รอบตัวอย่าง โดยให้มีจำนวนชั้นฟิล์มยืดไม่น้อยกว่า 5 ชั้น เพื่อให้มั่นใจว่าตัวอย่างได้รับการปกป้องจากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จากภายนอก รวมถึงสิ่งปนเปื้อนที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนย้าย

2.2.4 ทำการสุ่มชุดตัวอย่างให้แก่ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรม โดยจัดทำป้ายหมายเลขเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก (1, 2, 3,...n) จำนวน 2 ชุดที่มีเลขเดียวกันแล้วติดหมายเลขชุดที่ 1 ลงบนชุดตัวอย่าง ให้ครบตามจำนวนชุดตัวอย่างกล่องทั้งหมด ส่วนหมายเลขชุดที่ 2 ให้มีฉลากแต่ละหมายเลขใส่คละรวมลงในภาชนะสำหรับการสุ่มจับฉลาก แล้วทำการสุ่มจับฉลากแบบสุ่มอย่างง่าย พร้อมติดป้ายหมายเลขถูกกำหนดเป็นด้านฝากล่องลงบนตัวอย่าง

2.2.5 จัดส่งชุดตัวอย่างกล่องกระดาษลูกฟูกที่ผ่านการสุ่มตัวอย่างเรียบร้อยแล้วไปยังแต่ละห้องปฏิบัติการที่ร่วมการวิจัยแต่ละ 1 ชุด

2.3 วิธีการทดสอบ

2.3.1 เมื่อห้องปฏิบัติการที่มีการควบคุมสภาวะการทดสอบตามมาตรฐานกำหนด และห้องปฏิบัติการที่ไม่มีการควบคุมสภาวะการทดสอบได้รับชุดตัวอย่างแล้วให้นำฟิล์มที่ห่อตัวอย่างกล่องกระดาษออกและวางตัวอย่างกล่องกระดาษไว้ในแนวตั้ง เปิดฝาด้านบนและฝาด้านล่างในลักษณะตั้งฝาตรง เนื่องจากแต่ละห้องปฏิบัติการควบคุมสภาวะไม่เท่ากันจึงต้องปรับสภาวะตัวอย่างเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง จึงทำการปิดเทปกระดาษสำหรับปิดกล่องตลอดความยาวของกล่องทั้งฝาด้านบนและฝาด้านล่าง ข้อมูลการทดสอบทั้งหมดจะถูกนำมาพิจารณารวมกันแม้ว่าห้องปฏิบัติการมีสภาวะต่างกัน เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นเพียงการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นของรายการความต้านทานแรงกดกล่องกระดาษลูกฟูก เพื่อใช้เป็นแนวทางในการทดสอบความต้านทานของห้องปฏิบัติการในรายการนี้ ซึ่งในอนาคตอาจมีการแยกข้อมูลการทดสอบตามสภาวะการทดสอบต่อไป

2.3.2 ทำการทดสอบค่าความต้านทานแรงกดกล่องกระดาษลูกฟูกด้วยเครื่องทดสอบความต้านทานแรงกด โดยใช้วิธีทดสอบค่าความต้านทานแรงกดตามมาตรฐาน TAPPI T804 ซึ่งเครื่องทดสอบต้องผ่านการสอบเทียบโดยมีระยะเวลาการสอบเทียบครั้งล่าสุดไม่เกิน 1 ปี การทดสอบกำหนดให้ใช้ความเร็วในการกดของแท่นกดที่ 13.0 ± 2.5 มิลลิเมตรต่อวินาที

2.3.3 นำผลที่ได้จากการทดสอบของแต่ละห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรม มาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการทดสอบความชำนาญของค่าความ ด้านแรงกดกลองกระดาดลูกฟูกภายในประเทศ

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

2.4.1 การประเมินสมรรถนะ (evaluation of performance) โดย วิธีการประเมินผล ด้วย robust z-score เพื่อประเมินว่าผลทดสอบของห้องปฏิบัติการเบี่ยงเบนไปจากกลุ่มมากน้อยเพียงใด ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการ ที่ (1) [3] มีการคำนวณค่ากำหนด (assigned value) จากการคำนวณค่าเกณฑ์ ที่ยอมรับ (consensus value) ของห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมการทดสอบความ ด้านแรงกดกลองกระดาดลูกฟูกในห้องปฏิบัติการ ซึ่งคำนวณเป็น robust average และมีการคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความชำนาญซึ่งคำนวณ เป็น robust standard deviation ที่นำมาจากวิธี Algorithm A ตาม ISO 13528:2015

$$z = \frac{x_i - x_{pt}}{\sigma_{pt}} \quad (1)$$

x_i = ผลการทดสอบจากห้องปฏิบัติการ
 x_{pt} = ค่ากำหนด (assigned value)
 σ_{pt} = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินการทดสอบความ
 ชำนาญ

ตารางที่ 1 เกณฑ์การยอมรับสำหรับการทดสอบความชำนาญของห้องปฏิบัติการ

การแสดงผลค่า Z-Score	เกณฑ์การยอมรับ
$ z \leq 2$	ผลเป็นที่น่าพอใจ (satisfactory)
$2 < z < 3$	ผลเป็นที่น่าสงสัย (questionable)
$ z \geq 3$	ผลไม่เป็นที่น่าพอใจ (unsatisfactory)

การประเมินค่า z-score ใช้เกณฑ์การประเมินดังตารางที่ 1 ซึ่งถ้าผลของ $|z|$ score มีค่ามากกว่า หรือเท่ากับ 3.0 จะแสดงด้วยอักษร “A” (action signal) ข้างตัวเลข แสดงว่าผลการทดสอบนั้นเป็น outlier (ผลการทดสอบของ ชุดนั้นที่ไม่เป็นไปตามสมาชิกอื่นๆ ในชุดนั้น) ต้องหาสาเหตุและดำเนินการแก้ไข และถ้าผลของ $|z|$ มีค่ามากกว่า 2.0 แต่น้อยกว่า 3.0 จะแสดงด้วยอักษร “W” (warning signal) ข้างตัวเลข แสดงว่าผลการทดสอบอยู่ในเกณฑ์ที่ต้องระวัง อาจ จะต้องทบทวนวิธีการทดสอบใหม่ หากห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมการทดสอบ ระหว่างห้องปฏิบัติการได้ผลการทดสอบที่ไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ควรจะต้อง ดำเนินการสืบหาสาเหตุและปฏิบัติการแก้ไขทันที และถ้าผลของ $|z|$ มีค่าน้อย กว่าหรือเท่ากับ 2.0 จะแสดงด้วยอักษร “S” (satisfactory) แสดงว่าผลการ ทดสอบนั้นเป็นปกติ

2.4.2 ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน ในการประเมินความแม่นยำของ ผลการทดสอบซ้ำๆ ในห้องปฏิบัติการเดียวกัน เพื่อหาความทวนซ้ำได้ของการ วัด (repeatability) เป็นค่าที่แสดงความสามารถทวนซ้ำของเครื่องมือวัด โดย แสดงระดับความถูกต้องใกล้เคียงกันของการวัดที่ได้จากการวัดหลายครั้งในช่วง เวลาใกล้เคียงกัน โดยการวัดทั้งต้องอยู่ภายใต้วิธีการวัด ผู้ทดสอบและสภาวะ เดียวกันหรือครั้งที่และห้องปฏิบัติการเดียวกันภายในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ซึ่งแสดง ถึงความแม่นยำ (precision) ของเครื่องมือวัดภายในแต่ละห้องปฏิบัติการโดย ทั่วไปจะแสดงด้วยค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (relative standard

deviation, RSD) หรือ ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation, CV) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (2) [3]

$$\%RSD = \frac{SD}{x_i} \times 100 \quad (2)$$

x_i = ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการ

SD = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การประเมินค่า % RSD ใช้เกณฑ์การประเมินจากมาตรฐาน Tappi T 804 เพื่อดูความสามารถในการทวนซ้ำของแต่ละห้องปฏิบัติการ ซึ่งถ้าผลของ % RSD มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3.50 แสดงว่าผลการทดสอบนั้นมีระดับความแม่นยำ ของความสามารถในการทวนซ้ำของการวัดผ่านเกณฑ์หรือยอมรับได้ และถ้าผล การทดสอบมีค่า % RSD มากกว่า 3.50 แสดงว่าผลการทดสอบมีระดับความ แม่นยำของการทวนซ้ำได้ของการวัดไม่ผ่านเกณฑ์หรือยอมรับไม่ได้

2.4.3 ใช้แบบข้อสังเกตเพื่อจำแนกรายละเอียดร่วมกับ robust z-score และความเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ โดยพิจารณารายละเอียดด้านเทคนิคของ ห้องปฏิบัติการของแต่ละแห่ง เพื่อได้ข้อมูลเพิ่มเติม ที่เป็นรายละเอียดซึ่งอาจเป็น สาเหตุของความผิดปกติของผลการทดสอบได้ เนื่องจากแต่ละห้องปฏิบัติการ มี ข้อจำกัดจากการบริหารจัดการหรือนโยบายและการลงทุนของแต่ละบริษัทแตก ต่างกันโดยกล่าวถึงข้อสังเกตห้องปฏิบัติการ 3 ข้อ (ข้อ 1-3) และข้อสังเกตของ เครื่องทดสอบ 3 ข้อ (ข้อ 4-6) ดังนี้

1. มีการควบคุมสภาวะการทดสอบ ใช่หรือไม่
2. ห้องทดสอบแยกจากหน่วยงานอื่น ใช่หรือไม่
3. ห้องทดสอบได้รับการรับรองมาตรฐาน 17025 ใช่หรือไม่
4. ความเร็วของแท่นกดถูกต้องตามมาตรฐาน ใช่หรือไม่
5. อายุการใช้งานของเครื่องทดสอบน้อยกว่า 15 ปี ใช่หรือไม่
6. ไม่มีการปรับแต่งเครื่องทดสอบ ใช่หรือไม่

การลงข้อมูลใช้เครื่องหมาย “√” หมายถึง “ใช่” และเครื่องหมาย “x” หมายถึง “ไม่ใช่” ซึ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลจะใช้วิธีการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ของ ห้องปฏิบัติการที่โดยตรงและดูเอกสารการสอบเทียบเครื่องทดสอบความด้านแรง กดกลองพร้อมกันด้วย

3. wallะวิจารณ์ (Result and Discussion)

3.1 ข้อมูลผลที่ได้จากการทดสอบค่าเฉลี่ยความด้านแรงกดกลองแต่ละ บริษัทที่เข้าร่วมกิจกรรมโดยใช้ค่ากำหนดและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดง ดังตารางที่ 2 และข้อมูลการวิเคราะห์ทางสถิติ robust z-score เพื่อประเมิน สมรรถนะของห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรม ดังตารางที่ 3 จากการประเมิน สมรรถนะของห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรมทั้งหมด 26 ห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 2 แสดงค่ากำหนดและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินการ ทดสอบความชำนาญ

ตัวแปรทางสถิติ	ค่า
จำนวนชุดข้อมูล (no. of result)	26
ค่ากำหนด (assigned value), กิโลกรัมแรง	646.64
ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดสอบความชำนาญ, (kgf)	32.33

ตารางที่ 3 แสดงค่าความดันแรงกดกลองของห้องปฏิบัติการทดสอบที่เข้าร่วมกิจกรรม

ห้องปฏิบัติการที่	ค่าเฉลี่ย, กิโลกรัมแรง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, กิโลกรัมแรง	z-score	เกณฑ์การยอมรับ
1	647.8	16.7	0.04 S	ผลเป็นที่น่าพอใจ
2	656.5	17.3	0.30 S	ผลเป็นที่น่าพอใจ
3	672.6	11.7	0.80 S	ผลเป็นที่น่าพอใจ
4	600.8	20.1	-1.42 S	ผลเป็นที่น่าพอใจ
5	665.6	9.5	0.59 S	ผลเป็นที่น่าพอใจ
6	709.5	25.0	1.94 S	ผลเป็นที่น่าพอใจ
7	604.5	12.4	-1.30 S	ผลเป็นที่น่าพอใจ
8	600.4	17.5	-1.43 S	ผลเป็นที่น่าพอใจ
9	653.4	33.0	0.21 S	ผลเป็นที่น่าพอใจ
10	722.7	13.3	2.35 W	ผลเป็นที่น่าสงสัย
11	615.7	21.7	-0.96 S	ผลเป็นที่น่าพอใจ
12	550.4	28.8	-2.98 W	ผลเป็นที่น่าสงสัย
13	619.2	13.1	-0.85 S	ผลเป็นที่น่าพอใจ
14	659.5	18.5	0.40 S	ผลเป็นที่น่าพอใจ
15	595.7	22.9	-1.58 S	ผลเป็นที่น่าพอใจ
16	522.7	33.9	-3.83 A	ผลไม่เป็นที่น่าพอใจ
17	704.2	30.8	1.78 S	ผลเป็นที่น่าพอใจ
18	660.5	20.2	0.43 S	ผลเป็นที่น่าพอใจ
19	650.2	20.9	0.11 S	ผลเป็นที่น่าพอใจ

ตารางที่ 3 (ต่อ)

20	652.6	20.8	0.18 S	ผลเป็นที่น่าพอใจ
21	619.4	17.8	-0.84 S	ผลเป็นที่น่าพอใจ
22	665.9	7.3	0.59 S	ผลเป็นที่น่าพอใจ
23	649.2	33.5	0.08 S	ผลเป็นที่น่าพอใจ
24	658.9	28.4	0.38 S	ผลเป็นที่น่าพอใจ
25	705.1	21.7	1.81 S	ผลเป็นที่น่าพอใจ
26	671.5	17.6	0.77 S	ผลเป็นที่น่าพอใจ

หมายเหตุ 1. “A” หมายถึง “action signal” เมื่อ $|z| \geq 3.0$
 2. “W” หมายถึง “warning signal” เมื่อ $2.0 < |z| < 3.0$
 3. “S” หมายถึง “normal signal” เมื่อ $|z| \leq 2.0$



รูปที่ 1 แสดงค่า z-score กับห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรม

เมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 2 ที่แสดงเกณฑ์การประเมินค่า z-score เพื่อให้เห็นลักษณะของค่า z-score กับห้องปฏิบัติการทั้ง 26 ห้อง แสดงดังรูปที่ 1 จากการประเมินสมรรถนะด้วย z-score จากข้อมูลตารางที่ 2 และจากกราฟในรูปที่ 1 พบว่า มีจำนวน 23 ห้องปฏิบัติการมีผลเป็นที่น่าพอใจ ($|z| \leq 2.0$) คิดเป็นร้อยละ 88.5 เทียบกับจำนวนห้องปฏิบัติการทั้งหมด มีจำนวน 2 ห้องปฏิบัติการที่มีผลเป็นที่น่าสงสัย ($2.0 < |z| < 3.0$) คิดเป็นร้อยละ 7.7 เทียบกับจำนวนห้องปฏิบัติการทั้งหมด และมีจำนวน 1 ห้องปฏิบัติการที่มีผลไม่เป็นที่น่าพอใจ ($|z| \geq 3.0$) คิดเป็นร้อยละ 3.8 เทียบกับจำนวนห้องปฏิบัติการทั้งหมด

เมื่อพิจารณาการกระจายแบบปกติของ z-score สัดส่วนของพื้นที่ใต้โค้งระหว่าง $|z| \leq 2.0$ พบจำนวน 23 ห้องปฏิบัติการที่อยู่ในพื้นที่การกระจายนี้ สัดส่วนของพื้นที่ใต้โค้งระหว่าง $2.0 < |z| < 3.0$ พบจำนวน 2 ห้องปฏิบัติการที่อยู่ในพื้นที่การกระจายนี้ สัดส่วนของพื้นที่ใต้โค้งระหว่าง $|z| \geq 3.0$ พบเพียง 1 ห้องปฏิบัติการที่อยู่ในพื้นที่การกระจาย ดังนั้นการใช้ z-score ของการจัดทำการทดสอบความชำนาญสามารถแยกห้องปฏิบัติการที่มีผลการทดสอบแตกต่างกันได้ทั้ง 3 เกณฑ์การยอมรับได้อย่างชัดเจน

3.2 ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน ในการประเมินความแม่นยำของผลการทดสอบซ้ำๆ ในห้องปฏิบัติการเดียวกัน เพื่อหาค่าความสามารถในการทวนซ้ำของการวัด แสดงด้วยค่า % RSD ซึ่งลักษณะการประเมินนี้พิจารณาเฉพาะในส่วนของการทดสอบตัวอย่างซ้ำของห้องปฏิบัติการภายใต้สภาวะคงที่ เช่น ใช้เครื่องมือ ผู้ทดสอบและห้องปฏิบัติการเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงเกณฑ์การประเมินค่า % RSD กับเกณฑ์การยอมรับ

ห้องปฏิบัติการที่	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, กิโลกรัมแรง	% RSD	เกณฑ์การยอมรับ
1	16.7	2.57	ผ่านเกณฑ์
2	17.3	2.63	ผ่านเกณฑ์
3	11.7	1.74	ผ่านเกณฑ์
4	20.1	3.35	ผ่านเกณฑ์
5	9.5	1.43	ผ่านเกณฑ์
6	25.0	3.53	ไม่ผ่านเกณฑ์
7	12.4	2.05	ผ่านเกณฑ์
8	17.5	2.91	ผ่านเกณฑ์
9	33.0	5.05	ไม่ผ่านเกณฑ์
10	13.3	1.84	ผ่านเกณฑ์
11	21.7	3.53	ไม่ผ่านเกณฑ์
12	28.8	5.23	ไม่ผ่านเกณฑ์
13	13.1	2.12	ผ่านเกณฑ์
14	18.5	2.81	ผ่านเกณฑ์
15	22.9	3.84	ไม่ผ่านเกณฑ์
16	33.9	6.49	ไม่ผ่านเกณฑ์
17	30.8	4.38	ไม่ผ่านเกณฑ์
18	20.2	3.06	ผ่านเกณฑ์
19	20.9	3.22	ผ่านเกณฑ์
20	20.8	3.19	ผ่านเกณฑ์
21	17.8	2.87	ผ่านเกณฑ์
22	7.3	1.10	ผ่านเกณฑ์
23	33.5	5.15	ไม่ผ่านเกณฑ์
24	28.4	4.31	ไม่ผ่านเกณฑ์
25	21.7	3.08	ผ่านเกณฑ์
26	17.6	2.63	ผ่านเกณฑ์



รูปที่ 2 แสดงค่า % RSD กับห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมกิจกรรม

เมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 4 แสดงเกณฑ์การประเมินค่า % RSD กับเกณฑ์การยอมรับมาเขียนกราฟ ดังรูปที่ 2 พบว่ามีจำนวน 17 ห้องปฏิบัติการซึ่งคิดเป็นร้อยละ 65.4 ที่มี %RSD น้อยกว่าหรือเท่ากับ 3.50 แสดงว่าห้องปฏิบัติการต่างๆเหล่านี้มีผลการทดสอบผ่านเกณฑ์หรือยอมรับได้ และมีจำนวน 9 ห้องปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 34.6 มี %RSD มากกว่า 3.50 แสดงว่าห้องปฏิบัติการต่างๆเหล่านี้ไม่ผ่านเกณฑ์หรือยอมรับไม่ได้ (ห้องปฏิบัติการที่ 6, 9, 11-12, 15-17 และ 23-24) ดังนั้นการควบคุมการทดสอบในปัจจุบันต่างๆ ที่ส่งผลต่อการกระจายของข้อมูลของการทดสอบ จะให้ความทนทานได้ของการวัดดีขึ้น การใช้เกณฑ์ตามมาตรฐาน TAPPI T 804 ในหัวข้อความแม่นยำ ร่วมกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนหรือค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ สามารถแยกห้องปฏิบัติการออกตามเกณฑ์ที่ปรากฏในมาตรฐานได้และสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปสรุปผลร่วมกับข้อสังเกตได้

3.3 ผลการใช้แบบข้อสังเกตเพื่อจำแนกรายละเอียดร่วมกับ robust z-score และความเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ เพื่อพิจารณารายละเอียดด้านเทคนิคของห้องปฏิบัติการของแต่ละแห่ง ภายหลังที่มีการประเมินด้วยค่าสถิติ z-score และ % RSD แล้ว เพื่อให้สามารถจำแนกข้อมูลโดยใช้ “ข้อสังเกต” ซึ่งเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของห้องปฏิบัติการและเครื่องทดสอบความต้านแรงกดกลองแยกเป็นลักษณะของห้องปฏิบัติการ 3 ข้อ (คอลัมน์ 4-6) และของเครื่องทดสอบ 3 ข้อ (คอลัมน์ 7-9) รายละเอียดปรากฏในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงค่า z-score และ %RSD ร่วมกับข้อสังเกต

ห้องปฏิบัติการที่	Z-score	%RSD	ข้อสังเกต					
			มีการควบคุม สภาวะการ ทดสอบ	ห้องทดสอบ แยกจากหน่วย งานอื่น	ห้องทดสอบได้ รับการรับรอง มาตรฐาน 17025	ความเร็วของ แท่นกดถูกต้อง ตามมาตรฐาน	อายุการใช้งาน ของเครื่อง ทดสอบ < 15 ปี	ไม่มีการปรับ แต่งหรือซ่อม เครื่องทดสอบ
1	0.04 S	2.57	✓	✓	×	✓	✓	✓
2	0.30 S	2.63	✓	✓	×	✓	✓	✓
3	0.80 S	1.74	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	-1.42 S	3.35	×	✓	×	✓	×	✓
5	0.59 S	1.43	×	✓	×	✓	✓	✓
6	1.94 S	3.53	×	×	×	✓	×	✓
7	-1.30 S	2.05	×	✓	×	✓	×	✓
8	-1.43 S	2.91	×	×	×	✓	✓	✓
9	0.21 S	5.05	×	×	×	×	✓	✓
10	2.35 W	1.84	×	×	×	✓	✓	×
11	-0.96 S	3.53	×	✓	×	✓	×	×
12	-2.98 W	5.23	×	×	×	✓	×	×
13	-0.85 S	2.12	✓	✓	✓	✓	×	×
14	0.40 S	2.81	×	×	×	✓	✓	✓
15	-1.58 S	3.84	×	✓	×	✓	×	×
16	-3.83 A	6.49	×	×	×	✓	×	×
17	1.78 S	4.38	×	✓	×	✓	×	×
18	0.43 S	3.06	×	✓	×	✓	✓	×
19	0.11 S	3.22	×	✓	×	✓	✓	✓
20	0.18 S	3.19	✓	✓	✓	✓	×	✓
21	-0.84 S	2.87	×	✓	×	✓	×	✓
22	0.59 S	1.10	✓	✓	×	✓	✓	✓
23	0.08 S	5.15	×	×	×	✓	×	✓
24	0.38 S	4.31	×	×	×	✓	×	✓
25	1.81 S	3.08	×	✓	×	✓	×	✓
26	0.77 S	2.63	×	✓	×	✓	✓	×

หมายเหตุ 1. “✓” หมายถึง “ใช่” 2. “×

ในตารางที่ 5 แสดงค่า z-score และ % RSD ร่วมกับข้อสังเกต เพื่อใช้พิจารณารายละเอียดเพิ่มเติม พบว่า ห้องปฏิบัติการที่มีค่า $|z| \leq 2.0$ และ % RSD อยู่ในเกณฑ์ไม่เกินร้อยละ 3.50 (ห้องปฏิบัติการที่ 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 22, 25 และ 26) เมื่อดูจากจำนวนข้อสังเกตจะมีความผิดปกติ 2 ใน 6 ข้อ ห้องปฏิบัติการที่มีค่า $|z| \leq 2.0$ และ % RSD อยู่ในเกณฑ์เกินร้อยละ 3.50 (ห้องปฏิบัติการที่ 6, 9, 11, 15, 17, 23 และ 24) เมื่อดูจากจำนวนข้อสังเกตจะมีความผิดปกติ 3 ใน 6 ข้อ ห้องปฏิบัติการที่มีค่า $|z| > 2.0$ หรือ % RSD เกินร้อยละ 3.50 (ห้องปฏิบัติการที่ 10) เมื่อดูจากจำนวนข้อสังเกตจะมีความผิดปกติ 4 ใน 6 ข้อเช่นกัน ห้องปฏิบัติการที่มีค่า $|z| > 2.0$ ร่วมกับการพบค่า %RSD เกินร้อยละ 3.50 (ห้องปฏิบัติการที่ 12 และ 16) จะมีจำนวนข้อสังเกตที่ผิดปกติ 5 ใน 6 ข้อ สามารถแยกรายละเอียดเมื่อพิจารณาการใช้ ค่า z-score รวมกับ %RSD และข้อสังเกตได้ ดังนี้

3.3.1 เมื่อพิจารณาห้องปฏิบัติการที่ 12 ($z = -2.98W$, %RSD = 5.23) และ 16 ($z = -3.83 A$, %RSD = 6.49) มีค่า %RSD เกินเกณฑ์และพบข้อสังเกต “ไม่ใช่” 5 ข้อเหมือนกัน แต่ค่า z ทั้ง 2 ห้องปฏิบัติการมีความแตกต่างกัน คือ ห้องปฏิบัติการ 12 แสดงผลเป็นที่น่าสงสัยและห้องปฏิบัติการที่ 16 แสดงผลเป็นไม่เป็นที่น่า

พอใจ เมื่อสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมพบว่าสาเหตุจากความแตกต่างของเครื่องทดสอบ พบว่าห้องปฏิบัติการที่ 12 เครื่องทดสอบมีการปรับแต่งที่แกนยึดแท่นกดบนให้เป็นแกนเดียวต่างจากห้องปฏิบัติการที่ 16 ที่ไม่มีการปรับแต่งดังกล่าว แต่เครื่องทดสอบของห้องปฏิบัติการที่ 16 มีสภาพของสปริงที่ยึดอยู่บนแท่นกดบนมีการอ่อนตัวมากและมีลักษณะยืดหยุ่นไม่เท่ากันทั้ง 4 ด้าน ดังนั้นเมื่อทดสอบความต้านแรงกดกลอง ทำให้กล่องตัวอย่างมีการยุบตัวไม่สม่ำเสมอ อันเป็นสาเหตุให้ค่า z มากกว่า 3

3.3.2 เมื่อพิจารณาห้องปฏิบัติการที่ 10 ($z=-2.35W$, %RSD =1.84) และ 12 ($z=-2.98W$, %RSD =5.23) ทั้ง 2 ห้องปฏิบัติการมีค่า z แสดงผลการทดสอบเป็นที่น่าสนใจเหมือนกัน โดยมีข้อสังเกต “ไม่ใช่” เหมือนกัน 4 ประการ แต่พบว่าห้องปฏิบัติการที่ 12 มีค่า %RSD สูงกว่าเกณฑ์ ซึ่งห้องปฏิบัติการที่ 12 มีอายุการใช้งานมากกว่า 15 ปี ต่างจากห้องปฏิบัติการที่ 10 มีอายุการใช้งานน้อยกว่า 15 ปี และเมื่อสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมพบว่าห้องปฏิบัติการที่ 12 มีการซ่อมชุดควบคุมการทดสอบและมีการปรับแต่งลักษณะของเครื่องทดสอบที่แกนยึดแท่นกดบนเป็นแบบแกนเดียวต่างจากห้องปฏิบัติการที่ 10 มีเฉพาะการซ่อมชุดควบคุมการทดสอบเท่านั้นซึ่งอาจเป็นสาเหตุค่า %RSD สูงขึ้น

3.3.3 มีจำนวน 9 ห้องปฏิบัติการที่มีค่า %RSD ไม่ผ่านเกณฑ์ (ห้องปฏิบัติการที่ 6, 9, 11-12, 15-17 และ 23-24) โดยมีค่า %RSD อยู่ระหว่าง 3.53-6.49 ซึ่ง 9 ห้องปฏิบัติการนี้มีข้อสังเกต “ไม่ใช่” เหมือนกัน 3 ข้อจากข้อสังเกตอยู่ 3-4 ข้อ คือ 1) ไม่มีการควบคุมสภาวะการทดสอบ 2) มีอายุการใช้งานมากกว่า 15 ปี และ 3) ห้องทดสอบไม่ได้รับการรับรองมาตรฐาน 17025 นอกนั้นจะมีข้อสังเกตแตกต่างกันออกไป จึงกล่าวได้ว่าข้อสังเกตทั้งสองนี้ อาจเป็นสาเหตุทำให้ค่า %RSD ไม่ผ่านเกณฑ์และหากมีข้อสังเกตมากกว่าหรือเท่ากับ 3 ข้อ แล้ว %RSD จะเกินเกณฑ์กำหนดและในกรณีที่ z มากกว่า 2 จะพบความเหมือนกันในข้อสังเกต 4 ข้อ คือ 1) ไม่มีการควบคุมสภาวะการทดสอบ 2) ห้องทดสอบไม่แยกจากหน่วยงานอื่น 3) ห้องทดสอบไม่ได้รับการรับรองมาตรฐาน 17025 และ 4) มีการปรับแต่งหรือซ่อมเครื่องทดสอบ แต่ต่างกันที่อายุการใช้งานของเครื่องทดสอบ

4. สรุป (Conclusion)

4.1 จากผล robust z -score แสดงความแตกต่างของชุดข้อมูลที่ดำเนินการรวม 26 ห้องปฏิบัติการ พบว่ามีจำนวน 23 ห้องปฏิบัติการที่ผลเป็นที่น่าพอใจ ($|z| \leq 2.0$) มีจำนวน 2 ห้องปฏิบัติการที่ผลเป็นที่น่าสงสัย ($2 < |z| < 3$) และมีจำนวน 1 ห้องปฏิบัติการที่ผลไม่เป็นที่น่าพอใจ ($|z| \geq 3$) เมื่อพิจารณาการกระจายแบบปกติของ z -score ของการทดสอบความชำนาญสามารถแยกห้องปฏิบัติการที่มีผลการทดสอบแตกต่างกันได้ทั้ง 3 เกณฑ์การยอมรับได้อย่างชัดเจนและสามารถใช้พิจารณาร่วมกับสถิติอื่นได้ต่อไป

4.2 ผลการทำความทวนซ้ำได้ของการวัดของแต่ละห้องปฏิบัติการพบว่า มีจำนวน 17 ห้องปฏิบัติการที่ผลการทดสอบมี %RSD ผ่านเกณฑ์และพบว่ามีจำนวน 9 ห้องปฏิบัติการที่ไม่ผ่านเกณฑ์และจากการใช้แบบสังเกตพบว่า “ไม่ใช่” เหมือนกัน 3 ข้อจากข้อสังเกต 6 ข้อ คือ 1) ไม่มีการควบคุมสภาวะการทดสอบ 2) มีอายุการใช้งานมากกว่า 15 ปี และ 3) ห้องทดสอบไม่ได้รับการรับรองมาตรฐาน 17025 ดังนั้นทั้งสามข้อนี้จึงเป็นสาเหตุค่า %RSD ไม่ผ่านเกณฑ์

4.3 สามารถนำข้อมูลจากการวิจัยนี้ใช้เป็นข้อมูล ในการทดสอบความชำนาญห้องปฏิบัติการทดสอบความต้านแรงกดกลองกระดาษลูกฟูก และส่งเสริมความสามารถของห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมให้เป็นไปตามมาตรฐานการทดสอบ รวมถึงให้มีการปรับปรุงการใช้ค่า assigned value และ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประเมินการทดสอบความชำนาญ (σ_{PI}) โดยนำมาจากค่าของวัสดุอ้างอิง (reference materials; RM)

5. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกรมวิทยาศาสตร์บริการที่สนับสนุนการวิจัย และขอขอบคุณกลุ่มภาคอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษลูกฟูก 26 ห้องปฏิบัติการที่ดำเนินการทดสอบเพื่อหาข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการพัฒนางานวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] ASTM INTERNATIONAL. ASTM D642-15, *Standard Test Method for Determining Compressive Resistance of Shipping Containers, Components, and Unit Loads*.
- [2] THE TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY. TAPPI T 804, *Compression test of fiberboard shipping containers*.
- [3] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 13528:2015, *Statistical Methods For Use In Proficiency Testing By Interlaboratory Comparison*.
- [4] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO/IEC 17043:2010, *Conformity assessment - General requirements for proficiency testing*.