

## การทดสอบบรรจุภัณฑ์ขนส่งด้วยมาตรฐาน International Safe Transit Association (ISTA)

International Safe Transit Association (ISTA) ซึ่งเป็นองค์กรระดับนานาชาติในด้านการประเมิน การวิเคราะห์ทดสอบ การศึกษาวิจัย การจัดทำมาตรฐานและการรับรองบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง ปัจจุบัน ISTA เป็นองค์กรที่มีเครือข่ายสมาชิกทั้งภาคเอกชน องค์กรของรัฐ และสถาบันการศึกษาที่มีกิจกรรมเกี่ยวข้อง ด้านบรรจุภัณฑ์ขนส่ง การทดสอบของ ISTA จึงเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางในแทบทุกภูมิภาค ซึ่งปัจจุบัน ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย (ศบท.) ได้เข้าร่วมเป็นสมาชิกของ ISTA โดยห้องปฏิบัติการทดสอบบรรจุภัณฑ์ ของ ศบท. ได้ติดตั้งเครื่องมือทดสอบตามมาตรฐาน ISTA ดังนี้

1. เครื่องทดสอบความต้านแรงกด (Compression tester)
2. เครื่องทดสอบการตกกระแทก (Drop tester)
3. เครื่องทดสอบความต้านแรงสั่นสะเทือน (Vibration tester)
4. ห้องปรับสภาพตัวอย่างเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Climatic chamber)
5. เครื่องบันทึกค่าความสั่นสะเทือนและแรงตกกระแทก (Vibration and shock recorder)

และ ศบท. พร้อมให้บริการทดสอบบรรจุภัณฑ์ขนส่งแก่ลูกค้าที่ต้องทดสอบตามมาตรฐานดังกล่าวแล้ว



## เกร็ดความรู้ด้านการทดสอบบรรจุภัณฑ์ และวัสดุประกอบในงานบรรจุภัณฑ์

- มาตรฐานและกระบวนการ ASTM D4169
- รู้จักความแตกต่างระหว่างการขนส่งแบบ PARCEL และ LTL
- ระหว่าง ASTM กับ ISTA เลือกมาตรฐานการทดสอบกับสินค้าตัวไหนดี
- การใช้ซิลิกาเจลเป็นสารดูดซับความชื้นในงานบรรจุภัณฑ์

## มาตรฐานและกระบวนการ ASTM D4169

สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง<sup>1</sup>

สำหรับผู้ประกอบการเมื่อจำเป็นต้องประเมินความทนทานของบรรจุภัณฑ์และภาชนะซึ่งบรรจุสินค้าเพื่อความมั่นใจในการขนส่งสินค้าให้ถึงปลายทางอย่างปลอดภัย และมีประสิทธิภาพ มีมาตรฐานหลายมาตรฐานที่ถูกนำมาใช้เพื่อการประเมินสมรรถนะโดยจำลองสถานการณ์การกระจายสินค้า หนึ่งในมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับเป็นแนวทางการทดสอบสมรรถนะบรรจุภัณฑ์มาตรฐานหนึ่ง คือ ASTM D4169 มาตรฐานนี้เป็นแนวปฏิบัติทั่วไป (common practice) ที่ใช้ในการทดสอบสมรรถนะของบรรจุภัณฑ์และระบบการขนส่ง ในบทความนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของมาตรฐานฉบับนี้โดยสังเขป

### มาตรฐาน ASTM D4169 คืออะไร?

มาตรฐาน ASTM D4169 หรือ ASTM D4169 - Standard Practice for Performance Testing of Shipping Containers and Systems คือแนวปฏิบัติสำหรับห้องปฏิบัติการทดสอบในการประเมินสมรรถนะของบรรจุภัณฑ์ขนส่ง (shipping units) ว่ามีความสามารถรองรับสภาพแวดล้อมในการขนส่งหรือไม่ กล่าวโดยสรุปคือ การทดสอบที่นำปัจจัยด้านลบ (hazard elements) ซึ่งเป็นภาระต่อบรรจุภัณฑ์ขนส่ง เพื่อประเมินการตอบสนองหรือผลลัพธ์ที่บรรจุภัณฑ์ขนส่งต้องเผชิญกับภาระต่าง ๆ และนำข้อมูลที่ได้รับไปใช้เป็นแนวทางเพื่อการปรับปรุง พัฒนา หรือยืนยันความเป็นไปได้ในการใช้งานกับการขนส่งจริง

ภายใต้มาตรฐานฉบับนี้ ASTM กำหนดแบบแผนการทดสอบแตกต่างกันไปตามรูปแบบของช่องทางการกระจายสินค้า (distribution cycle หรือ DC) ซึ่งเป็นภาระของผู้ใช้มาตรฐานหรือผู้ประกอบการต้องตัดสินใจเลือกใช้ช่องทางการกระจายสินค้าที่สอดคล้องหรือใกล้เคียงกับสภาพการขนส่งจริงของตนให้มากที่สุด โดยมาตรฐานฉบับนี้เสนอช่องทางการกระจายสินค้าไว้ให้ 18 รูปแบบ โดยแต่ละรูปแบบจะมีปัจจัยด้านลบและการทดสอบเพื่อจำลองการเกิดปัจจัยลบบนนั้น ๆ เช่น การทดสอบความต้านแรงสั่นสะเทือน การทดสอบความทนต่อการตกกระแทก การทดสอบความต้านแรงกด และความทนต่อการเปลี่ยนแปลงความดันจากความกดอากาศ เป็นต้น

ภายในการทดสอบแต่ละรายการซึ่งจำลองมาจากปัจจัยลบที่บรรจุภัณฑ์ขนส่งต้องได้รับยังมีระดับความรุนแรงของการทดสอบซึ่งเรียกว่า ระดับการประกัน (assurance level) ซึ่งผู้เกี่ยวข้องต้องเลือกใช้

---

<sup>1</sup> นักวิชาการอาวุโส ห้องปฏิบัติการทดสอบบรรจุภัณฑ์ ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

โดยทั่วไปมักกำหนดขึ้นจากเกณฑ์ของโอกาสที่จะเกิดมากน้อย หรือมูลค่าของสินค้า และระดับการยอมรับ ความเสี่ยงหากสินค้าเกิดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นจากการขนส่ง เช่น หากมีโอกาสเกิดน้อย มูลค่าสินค้าไม่สูง และยอมรับความเสี่ยงที่สินค้าเสียหายได้มาก สามารถเลือกใช้ระดับความมั่นใจหรือความรุนแรงในการทดสอบ ต่ำได้

### มาตรฐานฉบับนี้ช่วยให้สินค้าได้รับการคุ้มครองดีขึ้นระหว่างการกระจายสินค้าได้อย่างไร?

การปฏิบัติตามแนวทางของมาตรฐาน ASTM D4169 จะช่วยสร้างความมั่นใจให้ผู้ประกอบการว่า สินค้ามีโอกาสได้รับความคุ้มครองที่ดีขึ้น ป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น ผลการทดสอบสามารถนำไปใช้เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของการเลือกบรรจุภัณฑ์ขนส่ง ช่วยลดต้นทุนการจำหน่ายหรือต้นทุนที่ต้องแบกรับ หากต้องมีการชดเชยให้กับลูกค้าเมื่อเกิดความเสียหาย และช่วยปกป้องภาพลักษณ์ผู้ผลิตสินค้าจากการได้รับ สินค้าที่เกิดความเสียหายเมื่อถึงมือลูกค้า แม้ว่าผู้ประกอบการส่วนใหญ่อาจไม่ถูกบังคับให้ต้องทดสอบตาม แนวทางของมาตรฐานฉบับนี้ เนื่องจากไม่ประสบปัญหาจากการใช้บรรจุภัณฑ์ขนส่งที่มีอยู่เดิม แต่ก็ มีข้อแนะนำให้ทดสอบด้วยเหตุผลในการปรับปรุงหรือพัฒนาบรรจุภัณฑ์ขนส่งซึ่งอาจช่วยลดความเสี่ยงจากการใช้บรรจุภัณฑ์ที่ให้ความคุ้มครองมากเกินไปจนความจำเป็น บรรจุภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่เกินความจำเป็นใช้พื้นที่ ว่างสินค้าสิ้นเปลือง ทั้งหมดนี้ล้วนส่งผลต่อต้นทุนและกำไรของผู้ประกอบการ

นอกจากมาตรฐาน ASTM D4169 แล้ว ยังมีมาตรฐานที่ใช้เสริมผู้ประกอบการธุรกิจในการส่งมอบสินค้า ให้แก่ลูกค้าภายใต้สภาพแวดล้อมการทำธุรกิจสมัยใหม่ มาตรฐานดังกล่าว คือ มาตรฐาน ASTM D7386 - Standard Practice for Performance Testing of Packages for Single Parcel Delivery Systems มาตรฐาน ASTM D7386 เป็นมาตรฐานที่กำหนดแนวปฏิบัติในการทดสอบบรรจุภัณฑ์สินค้าที่จำลองภาระ หรือปัจจัยลบที่เกิดขึ้นจากการส่งในลักษณะขึ้นเดียวไปในช่องทางการขนส่งพัสดุ สอดคล้องกับการประกอบ ธุรกิจผ่านทางพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งโดยทั่วไปสินค้าที่ส่งไปในช่องทางนี้มักมีขนาดเล็ก ขนส่งขึ้นเดียว และ มีน้ำหนักน้อยกว่า 68 กิโลกรัม (150 ปอนด์) ไม่เพียงแต่องค์กรมาตรฐานอย่าง ASTM จะกำหนดมาตรฐาน การทดสอบบรรจุภัณฑ์ขนส่ง องค์กรที่เกิดจากการรวมตัวของผู้เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์และ ผู้ประกอบการขนส่งอย่างเช่น International Safe Transit Association หรือ ISTA ยังมีการทำงานระหว่าง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกับวงการวิชาการเพื่อพัฒนามาตรฐานการทดสอบที่สอดคล้องกับช่องทางการกระจายสินค้า ของตนขึ้น เรียกว่า ISTA procedures ด้วยความหลากหลายของมาตรฐานเหล่านี้จึงเป็นหน้าที่ของผู้เกี่ยวข้องกับ การขนส่งสินค้าในการพิจารณาเลือกใช้มาตรฐานการประเมินสมรรถนะของบรรจุภัณฑ์ให้สอดคล้องกับ ช่องทางและการยอมรับข้อตกลงของคู่ค้าแต่ละราย

## ต้องทำอะไรจึงสอดคล้องกับการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D4169 ?

ผู้ประกอบการที่ต้องการทดสอบบรรจุภัณฑ์ขนส่งเพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐาน ASTM D4169 จำเป็นต้องทดสอบบรรจุภัณฑ์ขนส่งตามชุดหรือลำดับการทดสอบที่จำลองภาระหรือปัจจัยลบแต่ละรายการที่จัดทำขึ้นตามรูปแบบช่องทางการกระจายสินค้าที่เลือกไว้ ตัวอย่างการทดสอบที่จำลองปัจจัยลบได้แก่

### **แรงกด (compression)**

การทดสอบที่จำลองแรงกดหรือภาระการรับน้ำหนักของบรรจุภัณฑ์สินค้าที่ต้องรองรับระหว่างการจัดเก็บในคลังสินค้า หรือภายในยานพาหนะระหว่างการขนส่ง การทดสอบสามารถทำได้สองวิธี คือ 1.) การทดสอบความต้านแรงกดแบบไดนามิก (dynamic compression test) เป็นการทดสอบด้วยการกดบรรจุภัณฑ์สินค้าในแนวตั้งด้วยอัตราเร็วในการกดคงที่ขณะที่น้ำหนักที่กดลงบนตัวอย่างจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่บรรจุภัณฑ์สินค้าเกิดการเสียรูปหรือความเสียหายที่ระดับเกณฑ์การยอมรับ (ถ้ามี) หรือ 2.) การทดสอบความต้านแรงกดแบบสถิติก (static compression test) เป็นการกำหนดน้ำหนักที่ใช้ทดสอบกดลงบนบรรจุภัณฑ์สินค้าตามเวลาที่กำหนดโดยไม่มีการเพิ่มน้ำหนักทดสอบแล้วตรวจสอบความเสียหายที่เกิดเมื่อครบเวลาทดสอบ

### **การตกกระแทก (Fall)**

การทดสอบซึ่งจำลองการตกกระแทกทำโดยปล่อยให้บรรจุภัณฑ์สินค้าตกจากความสูงที่กำหนดเพื่อประเมินความทนทานต่อการกระแทก

### **การตกกระแทกขณะหมุน (Rotational Fall)**

การทดสอบนี้จำลองสถานการณ์การตกกระแทกในลักษณะที่ไม่สมดุล มีการยกขอบของบรรจุภัณฑ์สินค้าด้านหนึ่งวางบนตัวรอง (support) แล้วยกขอบบรรจุภัณฑ์ด้านตรงข้ามขึ้นถึงระดับความสูงที่กำหนด ปล่อยให้บรรจุภัณฑ์สินค้าตกกระแทก การกระแทกเกิดขึ้นขณะที่หมุนเหวี่ยงลงพื้น

### **การกระแทก (Impact)**

การทดสอบนี้จำลองการกระแทกที่เกิดขึ้นขณะที่มีเคลื่อนที่แนวขวาง (horizontal impact) เมื่อขนส่งในยานพาหนะ โดยวางบรรจุภัณฑ์สินค้าอยู่บนแท่นรองรับที่สามารถกำหนดความเร็วขณะเคลื่อนที่ได้ แล้วปล่อยให้แท่นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่กำหนดพาบรรจุภัณฑ์สินค้ากระแทกกับผนัง

### **การสั่นสะเทือนแนวตั้ง (Vertical Vibration)**

การทดสอบนี้จำลองสภาวะที่บรรจุภัณฑ์สินค้าต้องเผชิญกับการสั่นสะเทือนในแนวตั้งระหว่างการขนส่งไปบนยานพาหนะซึ่งเป็นการทดสอบแรงสั่นสะเทือนเพียงแกนเดียว (ทิศทางขึ้น-ลง) ในทางปฏิบัติแล้วบรรจุภัณฑ์ที่ขนส่งไปบนยานพาหนะต้องเผชิญกับแรงสั่นสะเทือนระหว่างการขนส่งมากกว่าหนึ่งแกน เช่น การสั่นแนวขวางในอีกสองแกน การหมุนเหวี่ยงไปมาในแนวขวางและแนวตั้ง เกิดภาวะที่บรรจุภัณฑ์สินค้าถูกโยนและม้วนไปมาซึ่งเกิดในการขนส่งทางเรือ ปัจจุบันการยังมีการพัฒนาเครื่องจำลองการสั่นสะเทือนแบบหลายแกนจำกัดและมีราคาค่อนข้างแพงจึงยังไม่มีการใช้งานมากนัก

### **วงจรของอุณหภูมิและความชื้น (Temperature and Humidity Cycles)**

การทดสอบนี้เป็นการจำลองสภาพแวดล้อมที่บรรจุภัณฑ์สินค้าต้องเผชิญกับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่สินค้ามีโอกาสต้องพบระหว่างการลำเลียงขนส่ง ทั้งสองปัจจัยมีความสัมพันธ์กันและส่งผลกระทบต่อความเชื่อมั่นต่อสมรรถนะของบรรจุภัณฑ์สินค้าว่าสามารถรองรับและปกป้องสินค้าภายใต้สภาพแวดล้อมดังกล่าวหรือไม่

### **ภาวะสุญญากาศ (Vacuum)**

การทดสอบนี้จำลองผลของการเปลี่ยนแปลงความดันบรรยากาศแวดล้อมต่อบรรจุภัณฑ์สินค้าซึ่งมีการขนส่งทางอากาศ หรือการขนส่งทางถนนที่ต้องผ่านไปยังภูมิภาคที่มีความสูงกว่าระดับน้ำทะเลมาก ๆ เช่น เส้นทางบนภูเขาที่มีความกดอากาศต่ำ การทดสอบทำเพื่อประเมินผลจากการเปลี่ยนแปลงความดันบรรยากาศที่อาจมีต่อบรรจุภัณฑ์สินค้า

### **เอกสารอ้างอิง**

<https://www.safeloadtesting.com/astm-d4169-standards-and-procedures-2/> access on August 28, 2021

## รู้จักความแตกต่างระหว่างการขนส่งแบบ PARCEL และ LTL

สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง<sup>1</sup>

ภาคการขนส่งได้รับแรงขับเคลื่อนจากรูปแบบการขนส่งไม่เต็มคัน (รถบรรทุก) (Less-than-Truckload Shipping หรือ LTL Shipping) เพื่อการขนส่งสินค้าให้แก่อุตสาหกรรมจากความเปลี่ยนแปลงความต้องการการบริโภคและการผลิตสินค้าจากการผลิตและขนส่งสินค้าชนิดเดียวเป็นจำนวนมากพร้อมกันไปเป็นผลิตสินค้าที่มีจำนวนจำกัดและขนส่งสินค้าหลากหลายชนิดพร้อมกันมาเป็นระยะหนึ่งแล้ว แต่เมื่อพฤติกรรมผู้บริโภคสินค้าปรับเปลี่ยนไปเป็นการสั่งสินค้าปริมาณน้อย ๆ หรือสั่งเพียงชิ้นเดียวจากผู้จำหน่ายรูปแบบการขนส่งพัสดุ (Parcel Shipping) ได้กลายเป็นทางเลือกที่คุ้มค่าสำหรับการขนส่งสินค้าที่มีน้ำหนักน้อยกว่า 68 กิโลกรัม(150 ปอนด์)

เนื่องจากรูปแบบการขนส่งสินค้าทั้งสองชนิดที่กล่าวมามีความคล้ายคลึงกัน เพราะเป็นการขนส่งสินค้าของผู้ประกอบการร่วมกันกับสินค้าจากผู้ประกอบการอื่น ๆ ไม่ได้เป็นการส่งสินค้าจากผู้ประกอบการเพียงรายเดียว มีการขนส่งและส่งมอบสินค้าไปยังผู้รับสินค้าจากผู้ประกอบการแต่ละรายไปตามเส้นทางต่าง ๆ ภายใต้อานพาหนะหรือรถบรรทุกที่ใช้ขนส่งสินค้าคันเดียวกัน บางครั้งจึงอาจเป็นเรื่องยากที่จะทำความเข้าใจว่าตัวเลือกการขนส่งใดเหมาะสมที่สุดสำหรับความต้องการของผู้ประกอบการหลายราย

ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างการขนส่งพัสดุ และการขนส่งไม่เต็มคัน เริ่มจากขนาดของสินค้าที่ขนส่ง กรณีการขนส่งพัสดุ บรรจุภัณฑ์สินค้ามักเป็นสินค้าที่มีขนาดเล็ก สามารถยกและขนถ่ายได้ด้วยผู้ปฏิบัติงานคนเดียวโดยไม่ต้องใช้บุคคลอื่นหรืออุปกรณ์ช่วยเหลือ จึงง่ายต่อการขนส่ง และสามารถจัดส่งในปริมาณมากในคราวเดียว

ในกรณีการขนส่งไม่เต็มคันบรรจุภัณฑ์สินค้ามักมีขนาดใหญ่กว่าพัสดุ โดยทั่วไปจึงวางเรียงสินค้าไปบนแท่นรองรับสินค้า (pallet) ส่งผลให้สินค้ามีโอกาสเกิดความเสียหายน้อยกว่า และต้องใช้จุดตรวจสอบสินค้าน้อยลงเมื่อเทียบกับการขนส่งพัสดุ

ในบทความนี้ จะอธิบายรายละเอียดของวิธีการจัดส่งทั้งสองรูปแบบ เพื่อให้ทราบถึงสิ่งที่ทำให้การจัดส่งไม่เต็มคันว่าแตกต่างจากการจัดส่งพัสดุอย่างไร เพื่อให้ผู้ประกอบการสามารถเลือกใช้รูปแบบการขนส่งที่เหมาะสม ประหยัดเวลา และค่าใช้จ่ายในการจัดส่งสำหรับธุรกิจได้

---

<sup>1</sup> นักวิชาการอาวุโส ห้องปฏิบัติการทดสอบบรรจุภัณฑ์ ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

## การขนส่งพัสดุ

การขนส่งพัสดุมีความเป็นมาซึ่งเกี่ยวข้องกับบรรจุกฎภัณฑ์สินค้าที่เรียกชื่อเฉพาะว่า “พัสดุ” โดยพัสดุถูกกำหนดให้มีน้ำหนักน้อยกว่า 68 กิโลกรัม หรือ 150 ปอนด์ สามารถยกขึ้นได้ด้วยผู้ปฏิบัติงานคนเดียวโดยไม่ต้องอาศัยความช่วยเหลือจากผู้อื่นหรืออุปกรณ์อื่น นั้นหมายถึงพัสดุจะเป็นบรรจุกฎภัณฑ์สินค้าที่มีขนาดเล็กกว่าบรรจุกฎภัณฑ์สินค้าที่จัดส่งสินค้าไม่เต็มคัน ประเด็นเรื่องขนาดมีทั้งประโยชน์และอุปสรรคที่เกี่ยวข้องในกระบวนการขนส่ง กล่าวคือ

การจัดส่งพัสดุโดยทั่วไปเป็นการขนส่งที่มีความเสี่ยงสูง เนื่องจากพัสดุอาจสูญหายหรือเสียหายได้ง่าย การที่พัสดุมีขนาดเล็ก ด้วยเหตุดังกล่าวการขนส่งพัสดุจึงจำเป็นต้องมีจุดตรวจเพิ่มเติมและหมายถึงอาจมีการขนย้ายที่เกี่ยวข้องเพิ่มขึ้น จุดตรวจเพิ่มเติมอาจเป็นข้อดีกับบริษัทจัดส่งพัสดุเพราะช่วยให้ผู้รับพัสดุสามารถติดตามพัสดุระหว่างการจัดส่งได้อย่างใกล้ชิดยิ่งขึ้น

การจัดส่งพัสดุเป็นทางเลือกที่ประหยัด หากผู้ประกอบการต้องการส่งพัสดุนขนาดเล็กและน้ำหนักเบาเพียงไม่กี่ชิ้น เหตุผลอีกประการหนึ่งของการเลือกใช้บริการการจัดส่งพัสดุ คือ ความสามารถในการจัดการตารางการรับสินค้า หากผู้รับพัสดุมีเหตุขัดข้องหรือไม่ต้องการให้ผู้ส่งพัสดุมายังสถานที่ของผู้รับ ผู้รับพัสดุสามารถเลือกรับพัสดุที่จุดรับส่งพัสดุซึ่งโดยทั่วไปผู้ให้บริการขนส่งพัสดุนส่วนใหญ่มักมีจุดรับส่งดังกล่าวกระจายอยู่ในหลายพื้นที่ และเปิดให้บริการในช่วงเวลาทำการปกติ ช่วยให้ผู้รับไม่ต้องกังวลกับการรอคอยหรือสามารถเลือกเวลาที่เหมาะสมในการนัดหมายเพื่อไปรับพัสดุที่จุดรับส่งได้

## การขนส่งไม่เต็มคัน

โดยทั่วไปการขนส่งไม่เต็มคันแตกต่างจากการขนส่งพัสดุที่สิ่งของที่จัดส่งแบบไม่เต็มคันจะมีขนาดใหญ่กว่า ซึ่งหมายความว่าขนส่งสินค้าขนาดใหญ่ หรือบางกรณีกับสินค้าที่มีรูปร่างแปลกไม่ซ้ำกันสามารถเลือกใช้บริการขนส่งไม่เต็มคันได้

สินค้าที่ส่งผ่านช่องทางขนส่งไม่เต็มคันมักจะถูกวางบนแท่นรองรับสินค้าและเก็บไว้ในพื้นที่ค่อนข้างปลอดภัยจากความเสี่ยงที่จะเกิดความเสียหาย การที่รูปแบบการขนส่งไม่เต็มคันถูกใช้กับสินค้ามีขนาดใหญ่และมีจุดตรวจสอบลดน้อยลง มีทั้งประโยชน์หรือจุดด้อยสำหรับผู้ให้บริการขนส่ง จุดตรวจสอบสินค้าที่น้อยลงหมายถึงกิจกรรมที่ต้องทำกับสินค้าลดน้อยลง จำกัดโอกาสที่ทำให้สินค้าเสียหายหรือสูญหายลง กรณีผู้ประกอบการต้องการส่งสินค้าจำนวนมาก การเลือกที่จะขนส่งด้วยบริการขนส่งพัสดุจะมีค่าใช้จ่ายสูง



จำเป็นต้องเปลี่ยนมาเลือกการขนส่งไม่เต็มคันเมื่อสินค้าที่ต้องการขนส่งมีไม่มากพอที่จะใช้บริการขนส่งโดย  
เหมารถบรรทุกสินค้าทั้งคันได้

การส่งสินค้าไม่เต็มคันเป็นตัวเลือกที่ดีหากผู้ประกอบการต้องการให้จัดส่งสินค้าทั้งหมดไปยังจุดรับ  
สินค้าจุดเดียว แม้ว่าสินค้าที่ต้องการขนส่งจะเป็นกล่องขนาดเล็กและเบาแต่หากมีจำนวนสินค้ามาก ๆ และ  
สามารถจัดรวมหน่วยในบรรจุภัณฑ์ขนาดใหญ่ หรือใช้แทนรองรับสินค้า การขนส่งแบบไม่เต็มคันยังประหยัด  
เงินค่าขนส่งต่อหน่วยได้อีกทางหนึ่ง

### **ข้อแตกต่างที่สำคัญระหว่างการขนส่งพัสดุ และการขนส่งไม่เต็มคัน**

การขนส่งพัสดุและการขนส่งไม่เต็มคันมีความแตกต่างที่ชัดเจน และมีความสำคัญระหว่างประเภท  
การขนส่งสองรูปแบบนี้

#### **1. ความเสี่ยงต่อการเกิดความเสียหายและการป้องกันการสูญเสี**

การขนส่งพัสดุมีโอกาสที่พัสดุจะสูญหายหรือเสียหายมีมากกว่าการขนส่งไม่เต็มคัน เพราะสินค้าที่ส่ง  
แบบไม่เต็มคันมักถูกยึดหรือรวมอยู่บนแท่นรองรับสินค้า และจัดวางไว้ในพื้นที่ที่ออกแบมาเฉพาะเพื่อป้องกัน  
ความเสียหายต่อตัวสินค้า

การขนส่งพัสดุซึ่งมีขนาดเล็ก สามารถใช้สอยเนื้อที่ระวางในการบรรทุกพัสดุในปริมาณมากขึ้นได้  
แม้ว่าขนาดจะเป็นข้อได้เปรียบด้านการใช้สอยเนื้อที่ระวาง แต่ก็นำไปสู่ความเสี่ยงพัสดุอาจสูญหายหรือ  
เสียหายได้อย่างง่ายเช่นกัน

#### **2. ความสะดวกในการติดตามและจุดตรวจสอบสินค้า**

ความแตกต่างที่สำคัญอีกประการระหว่างการขนส่งพัสดุและการขนส่งไม่เต็มคัน คือ ความสะดวกใน  
การติดตาม การขนส่งพัสดุต้องผ่านจุดตรวจสอบมากกว่าการขนส่งไม่เต็มคัน เมื่อพัสดุผ่านไปยังจุดตรวจสอบ  
แต่ละจุด ผู้ขนส่งพัสดุจะปรับปรุงข้อมูลตำแหน่งของพัสดุน้อยกว่าที่เกิดกับสินค้าที่ส่งไปในช่องทางการขนส่งไม่  
เต็มคัน เป็นประโยชน์ในการติดตามพัสดุแก่ผู้เกี่ยวข้อง แต่การมีจุดตรวจสอบที่น้อยกว่าของการขนส่งไม่เต็ม  
คันกลับช่วยลดกิจกรรมที่เป็นความเสี่ยงต่อการเสียหายของสินค้าช่วยให้สินค้ามีความปลอดภัยมากขึ้น

การขนส่งไม่เต็มคันยอมให้มีการขนส่งสินค้าข้ามโซน ซึ่งหากเป็นการขนส่งพัสดุแล้วพัสดุจะต้องเดิน  
ทางผ่านจุดตรวจสอบประจำพื้นที่หรือโซนที่ละโซนจึงการการเดินทางเพื่อขนส่งหลายเที่ยวตามจำนวนจุด

ตรวจสอบที่มีในแต่ละโซน ในทางกลับกัน ผู้ขนส่งสินค้ากรณีการขนส่งไม่เต็มคันไม่จำเป็นต้องขนส่งสินค้าไปยังจุดตรวจสอบจำนวนมากโดยอาจใช้การขนส่งเพียงเที่ยวเดียวเพื่อถึงจุดส่งมอบปลายทาง ส่งผลให้รวมเป็นกระบวนการข้ามโซนของผู้ขนส่งพัสดุ ปล่อยให้ผู้ขนส่งหลบเลี่ยงค่าใช้จ่ายจากการข้ามหลายโซนในการเดินทางครั้งเดียว โดยทั่วไปแล้ว การขนส่งที่ต้องผ่านจุดตรวจและการขนถ่ายสินค้าที่ขนส่งยิ่งน้อยลงเท่าใด การขนส่งนั้นก็จะมีปลอดภัยมากขึ้นเท่านั้น

### **3. ความได้เปรียบด้านต้นทุน**

ความได้เปรียบด้านต้นทุนของการขนส่งพัสดุเกิดจากปริมาณพัสดุที่สามารถขนส่งต่อเที่ยวจากการใช้สอยพื้นที่ของระวางสินค้าได้มากขึ้น ในกรณีการขนส่งไม่เต็มคันบรรจุภัณฑ์สินค้ามักมีขนาดใหญ่กว่า จึงใช้พื้นที่ระวางสินค้ามากกว่าและส่งผลให้ต้นทุนการขนส่งในส่วนของการใช้สอยพื้นที่ระวางสินค้าสูงกว่าเล็กน้อย

อย่างไรก็ตามการขนส่งทั้งสองรูปแบบอาจมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นนอกเหนือจากค่าใช้จ่ายที่คำนวณจากการใช้พื้นที่ระวางสินค้า เช่น การขนส่งพัสดุอาจมีค่าธรรมเนียมจากการเปลี่ยนที่อยู่ในการรับพัสดุหากต้องส่งพัสดุไปยังที่อยู่อื่นนอกวันทำการปกติ ในขณะที่ผู้ให้บริการขนส่งสินค้าไม่เต็มคันอาจคิดค่าบริการเพิ่มขึ้นหากไม่มีท่าเทียบ (loading dock) เพื่อรองรับการขนถ่ายสินค้า

#### **เอกสารอ้างอิง**

<https://www.freightquote.com/blog/parcel-vs-rtl-shipping-understanding-the-key-differences/>  
access on August 28, 2021

# ระหว่าง ASTM กับ ISTA เลือกมาตรฐานการทดสอบกับสินค้าตัวไหนดี

สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง<sup>1</sup>

บ่อยครั้งที่ผู้ประกอบการหลายรายเกิดความลังเลใจเมื่อต้องเลือกมาตรฐานการทดสอบสมรรถนะของบรรจุภัณฑ์ ระหว่าง ISTA กับ ASTM ว่ามาตรฐานใดจะประกันความปลอดภัยของบรรจุภัณฑ์สินค้าระหว่างการขนส่งของตน เนื่องจากมาตรฐาน ASTM และมาตรฐาน ISTA ต่างเป็นมาตรฐานซึ่งภาคอุตสาหกรรมยอมรับเพื่อใช้ทดสอบบรรจุภัณฑ์สินค้าในช่องทางการกระจายสินค้าเช่นเดียวกัน โดยต่างมีเป้าหมายเพื่อค้นหาผลกระทบที่เกิดจากทดสอบบรรจุภัณฑ์สินค้าตามรูปแบบการกระจายสินค้าแต่ละช่องทางแล้วนำข้อมูลที่ได้รับมาใช้เพื่อพัฒนาและจัดทำข้อกำหนดคุณลักษณะของบรรจุภัณฑ์สินค้าให้มีสมรรถนะเพียงพอต่อการขนส่งผ่านช่องทางการกระจายสินค้านั้น

คำถามที่สำคัญมากคือแล้ววิธีการทดสอบตามมาตรฐานไหนมีเหมาะสมที่สุดเมื่อต้องเลือกระหว่าง ISTA กับ ASTM หัวใจสำคัญคือการระบุความต้องการเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่จะถูกขนส่งและรูปแบบช่องทางการกระจายสินค้า โดยทั่วไปห้องปฏิบัติการทดสอบบรรจุภัณฑ์สามารถให้คำปรึกษาข้อมูลเหล่านี้ได้ บทความนี้จะกล่าวถึงรายการสำคัญที่ควรทราบเกี่ยวกับมาตรฐานทั้งสองมาตรฐาน

## ข้อเสนอของวิธีการทดสอบบรรจุภัณฑ์

ทั้ง ASTM และ ISTA ต่างเป็นองค์กรที่ทุ่มเทให้กับการวิจัยและสร้างมาตรฐานการทดสอบบรรจุภัณฑ์ โดยมาตรฐานการทดสอบบรรจุภัณฑ์ของ ASTM ระบุไว้ในเอกสารอย่างเป็นทางการ แต่ไม่ได้ระบุระดับ ลำดับ และทิศทาง โดยละไว้ให้ผู้ทำการทดสอบเป็นผู้กำหนด ในทางกลับกันวิธีการทดสอบของ ISTA ได้รับการออกแบบมาเพื่อปรับให้เข้ากับสถานการณ์ หรือกำหนดค่าที่เกี่ยวข้องกับบรรจุภัณฑ์โดยเฉพาะ แต่ละขั้นตอนการทดสอบมีรายละเอียด รวมถึงคำแนะนำเป็นลำดับของขั้นตอนเฉพาะเจาะจงที่ต้องปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด ในส่วนของการทดสอบเพื่อจำลองปัจจัยลบหรือภาวะที่บรรจุภัณฑ์สินค้าต้องเผชิญในช่องทางการกระจายสินค้า ทั้งสององค์กรต่างเสนอวิธีการทดสอบที่หลากหลายให้เลือกใช้โดยสรุปดังนี้

มาตรฐาน ASTM มีมาตรฐานหลัก 2 ฉบับ คือ ASTM D4169 และ ASTM D7386

### **ASTM D4169**

---

<sup>1</sup> นักวิชาการอาวุโส ห้องปฏิบัติการทดสอบบรรจุภัณฑ์ ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

มาตรฐานการทดสอบ ASTM D4169 ถือเป็นแนวปฏิบัติมาตรฐานสำหรับการทดสอบสมรรถนะของบรรจุภัณฑ์และระบบการขนส่ง มาตรฐานฉบับนี้กำหนดช่องทางการกระจายสินค้า (Distribution Cycles) ไว้ให้เลือกใช้ 18 รูปแบบ โดยแต่ละรูปแบบจัดทำขึ้นตามภาวะหรือปัจจัยลบ (hazard elements) และประเภทการขนส่ง (mode of transport) ซึ่งผู้ประกอบการต้องเลือกใช้ให้สอดคล้องหรือใกล้เคียงกับช่องทางที่ใช้ขนส่งสินค้าจริง ในส่วนของรายการทดสอบมาตรฐานฉบับนี้กำหนดการทดสอบเพื่อจำลองปัจจัยลบต่าง ๆ เช่น การทดสอบความต้านแรงกด (compression test) การทดสอบการตกกระแทก (drop test) การทดสอบการตกขณะหมุน (rotational drop test) การทดสอบแรงกระแทก (impact test) การทดสอบการสั่นสะเทือนในแนวตั้ง (vertical vibration test) วงจรของอุณหภูมิและความชื้น (temperature and humidity cycles) และภาวะสุญญากาศ (vacuum)

มาตรฐานฉบับนี้เทียบเคียงได้กับมาตรฐาน ISTA ในชุดวิธีทดสอบ ISTA 1A และ ISTA 2A แต่มีข้อแตกต่างที่สำคัญเมื่อเลือกมาตรฐานอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งจะวิเคราะห์เพิ่มเติมในส่วนถัดไปของบทความ

### ***ASTM D7386***

มาตรฐานการทดสอบ ASTM D7386 เป็นมาตรฐานการทดสอบบรรจุภัณฑ์ขนส่งฉบับล่าสุดที่ ASTM พัฒนาขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ทดสอบบรรจุภัณฑ์สินค้าที่ขนส่งผ่านระบบขนส่งพัสดุขึ้นเดียว เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ISTA มาตรฐานฉบับนี้เทียบเคียงได้กับชุดวิธีทดสอบ ISTA 3A

มาตรฐาน ISTA มีมาตรฐานทดสอบที่จัดเป็นทำขึ้นเป็นชุด (series) ตามระดับความสนใจในการประเมินสมรรถนะของบรรจุภัณฑ์ โดยชุดที่ผู้ประกอบการเลือกใช้งานมาก คือ ISTA 1 Series, ISTA 2 Series, และ ISTA 3 Series

### ***ISTA 1 Series***

ISTA 1 Series เป็นชุดวิธีทดสอบสมรรถนะด้านความมั่นคงแบบไม่จำลองการขนส่ง (non-simulation integrity performance tests) ชุดวิธีทดสอบ ISTA 1A ไม่จัดประเภทเป็นมาตรฐานทดสอบบรรจุภัณฑ์ขนส่ง แต่ถูกใช้เพื่อศึกษาหรือประเมินความใช้ได้ของต้นแบบบรรจุภัณฑ์ระหว่างขั้นตอนการออกแบบ

### ***ISTA 2 Series***

ISTA 2 Series เป็นชุดวิธีทดสอบสมรรถนะแบบจำลองการขนส่งบางส่วน (partial simulation performance tests) ทั้งชุดวิธีทดสอบ ISTA 2 Series และ 3 Series สามารถปรับให้เข้ากับสถานการณ์หรือ

การกำหนดวิธีทดสอบที่เฉพาะเจาะจงมากขึ้น โดยชุดวิธีทดสอบ ISTA 2A ประกอบด้วยรายการทดสอบที่รวม การทดสอบพื้นฐานของชุดวิธีทดสอบ ISTA 1A และเพิ่มรายการทดสอบขั้นสูงอื่น ๆ จากชุดวิธีทดสอบ ISTA 3A ชุดวิธีทดสอบ ISTA 2A เป็นชุดวิธีทดสอบซึ่งสำคัญมากสำหรับผู้ผลิตอุปกรณ์การแพทย์ (Medical Device Manufacturers หรือ MDMs) และบรรจุกฎเกณฑ์ทางการแพทย์

### **ISTA 3 Series**

ISTA 3 Series เป็นชุดวิธีทดสอบสมรรถนะแบบจำลองการขนส่งทั่วไป (general simulation performance tests) ซึ่งออกแบบมาเพื่อการจำลองปัจจัยลบที่บรรจุกฎเกณฑ์สินค้าต้องเผชิญกับการเคลื่อนที่ แรง สภาวะ และลำดับขั้นของสภาพแวดล้อมขณะขนส่งที่ทำให้เกิดความเสียหายผ่านรายการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ชุดวิธีทดสอบนี้สามารถประยุกต์ใช้ได้กับสถานการณ์ที่หลากหลายจากการเลือกใช้สเปกตรัม การทดสอบการสั่นสะเทือนของยานพาหนะและเส้นทางที่แตกต่างกัน หรือเปลี่ยนวิธีทดสอบ จำนวนครั้งที่ ทดสอบตามปัจจัยการเคลื่อนย้ายสินค้าได้ ตัวอย่างเช่น ชุดวิธีทดสอบ ISTA 3A คือ รายการทดสอบซึ่ง แบบจำลองการขนส่งทั่วไปสำหรับบรรจุกฎเกณฑ์สินค้าขึ้นเดียวซึ่งจัดส่งผ่านผู้จัดส่งสินค้าอย่างเช่น UPS, DHL, FedEx เป็นต้น โดยไม่จำกัดว่าจะขนส่งโดยทางถนนหรือทางอากาศ

ขั้นตอนการทดสอบภายใต้ชุดวิธีทดสอบนี้เป็นการเสนอการจำลองปัจจัยลบซึ่งอาจเกิดขึ้นกับบรรจุกฎเกณฑ์สินค้านี้ระหว่างการขนส่งผ่านการทดสอบภายในห้องปฏิบัติการ เช่น การทดสอบการสั่นสะเทือนแบบสุ่ม (random vibration test) การทดสอบการตกกระแทกในลักษณะที่แตกต่างกัน และการปรับสภาพบรรยากาศให้กับบรรจุกฎเกณฑ์สินค้าในระหว่างการทดสอบ

### **เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของมาตรฐานการทดสอบ ISTA กับ ASTM**

การเลือกระหว่างการทดสอบตามมาตรฐานใดระหว่าง ISTA กับ ASTM ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ต่อไปนี้

- ต้นทุน: ISTA มีต้นทุนที่ต่ำกว่า
- อุปกรณ์ที่จำเป็น: มาตรฐาน ISTA อนุญาตให้ใช้อุปกรณ์ที่ทันสมัยน้อยได้ ในขณะที่ต้นทุนของอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับ ASTM จะสูงขึ้นจากการใช้อุปกรณ์ที่ทันสมัย
- เวลา: การทดสอบตามมาตรฐาน ASTM ใช้เวลายาวนานกว่า
- ข้อกำหนดในการทดสอบแรงกระแทก: ISTA ให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำยิ่งขึ้น เนื่องจากระบุทิศทางของการกระแทกแตกต่างจากมาตรฐาน ASTM

- การปรับพารามิเตอร์: การทดสอบตามมาตรฐาน ASTM ยอมให้มีการปรับระดับความเข้มข้นของพารามิเตอร์บางอย่างได้ ช่วยให้เลือกใช้ระดับความรุนแรงในหลายรายการทดสอบ เช่น การตกกระแทก การสั่นสะเทือน หรือความต้านแรงกด) โดยการลดระดับการประกัน (Assurance Level)
- การตรวจสอบความเสียหาย: ISTA ยอมให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถรายงานความเสียหายภายนอกคู่ขนานไปกับองค์ประกอบภายในของบรรจุภัณฑ์ระหว่างการตรวจพินิจ ซึ่งมีความยุ่งยากซับซ้อนขึ้นในการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM

นอกจากนี้ หากเปรียบเทียบระเบียบวิธีการทดสอบของ ISTA กับมาตรฐาน ASTM:

### ***ISTA 1A เทียบกับ ASTM D4169***

ความแตกต่างที่สำคัญคือ ISTA 1A เป็นวิธีการประเมินแบบรวดเร็วในการทดสอบที่จำกัดเพียง 2-3 รายการ จึงไม่ถือเป็นการจำลองการขนส่งที่เพียงพอที่จะนำไปเปรียบเทียบกับ การขนส่งจริง ในขณะที่การทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D4169 จัดเป็นทดสอบที่จำลองการขนส่งได้ครบถ้วน

### ***ISTA 2A เทียบกับ ASTM D4169***

ISTA 2A เป็นชุดวิธีการทดสอบที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในกลุ่มผู้ผลิตอุปกรณ์การแพทย์ (MDMs) เนื่องจากให้คำตอบที่เพียงพอ โดยมีค่าใช้จ่ายไม่สูงนัก และได้ผลลัพธ์รวดเร็วกว่าการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D4169 นอกจากนี้ยังเหมาะกับผู้ประกอบการที่ต้องการศึกษาอิทธิพลของการปรับสภาพบรรยากาศเพิ่มเติม นอกเหนือไปจากการทดสอบการสั่นสะเทือนแบบความถี่คงที่ (fixed displacement vibration test)

นอกจากนี้ ค่าการทดสอบความต้านแรงกดที่ระบุใน ISTA 2A จะเข้มงวดน้อยกว่าค่าระบุในมาตรฐาน ASTM D4169 ทำให้ผลทดสอบความต้านแรงกดของ ISTA มีโอกาสผ่านเกณฑ์การยอมรับได้ง่ายกว่า

ในทางกลับกัน ASTM D4169 มีข้อดีของตัวเองมาตรฐานทดสอบเช่นกัน ประการแรก ASTM D4169 เป็นมาตรฐานที่มีการยอมรับเป็นเอกฉันท์โดยองค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา ซึ่งทำให้ผู้ประกอบการต่าง ๆ ในตลาดอาหารและยาเลือกใช้

ข้อดีอื่น ๆ ของการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D4169 คือ การยอมให้ผู้ประกอบการแต่ละรายสามารถปรับแต่งรายละเอียดการทดสอบตามมาตรฐานให้เป็นมีลักษณะเฉพาะตัว ซึ่งส่งผลให้ความสัมพันธ์ระหว่างการขนส่งจริงและทดสอบที่จำลองมีผลสอดคล้องกัน ตัวอย่างเช่น การปรับปรุงสเปกตรัมที่ใช้ในการทดสอบการสั่นสะเทือนที่เสนอใน ASTM D4169-16 เป็นการนำข้อมูลการสั่นสะเทือนระหว่างการขนส่งทางถนนโดยรถบรรทุกที่รวบรวมจากเครื่องบันทึกจริงในช่วงเวลาที่เป็นปัจจุบันมาใช้แทนที่สเปกตรัมเดิม มาตรฐาน ASTM D4169 ยังเหมาะสมกว่าสำหรับผู้ที่ต้องการจำลองผลกระทบของความกดอากาศต่ำ เนื่องจากการขนส่งไปในที่มีระดับความสูงสำหรับบรรจุภัณฑ์ที่ไม่มีรูพรุน เพราะเป็นมาตรฐานที่ยอมให้มีการจำลองการขนส่งในที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลมาก ๆ เช่นการขนส่งทางอากาศ หรือขนส่งทางถนนไปผ่านชั้นภูเขาสูง แต่สำหรับ ISTA การจำลองการขนส่งจำกัดอยู่เพียงการทดสอบการสั่นสะเทือนแบบสุ่มเท่านั้น นอกจากนี้ การทดสอบตาม ASTM D4169 ยังไม่จำเป็นต้องกำหนดให้ทดสอบการตกในระดับความสูงมาก เท่ากับ ISTA 2A ซึ่งอาจเหมาะสำหรับการทดสอบบรรจุภัณฑ์ทางการแพทย์และบรรจุภัณฑ์ปลอดเชื้อบางชนิด

### ***ISTA 3A เทียบกับ ASTM D7386***

มาตรฐานการทดสอบทั้งสองเป็นมาตรฐานที่มียอมใช้งานแพร่หลายมาก ยกเว้นกลุ่มผู้ผลิตอุปกรณ์การแพทย์ซึ่ง ได้พิสูจน์แล้วว่าข้อกำหนดที่ระบุให้มีน้ำหนักดบนบรรจุภัณฑ์สินค้าขณะทดสอบการสั่นสะเทือน (vibration with top load) นั้นมีระดับความรุนแรงมากเกินไปสำหรับผลิตภัณฑ์และระบบบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้

ชุดวิธีทดสอบ ISTA 3A ได้รับการออกแบบโดยความร่วมมือกับบริษัท UPS ซึ่งเป็นผู้ขนส่งสินค้ารายใหญ่รายหนึ่งของโลก การทดสอบภายใต้ชุดวิธีทดสอบนี้ทำเพื่อจำลองสภาพแวดล้อมการกระจายบรรจุภัณฑ์สินค้าช่องทางหนึ่ง ISTA 3A ยังเป็นมาตรฐานที่มีการยอมรับเป็นมาตรฐานทดสอบบรรจุภัณฑ์ในรายการ "มาตรฐานผ่านฉันทามติ" โดยองค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา

มาตรฐาน ASTM D7386 ได้รับการยอมรับจากองค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา และระบุไว้ในข้อกำหนดด้านบรรจุภัณฑ์เครื่องมือแพทย์ตามมาตรฐาน ISO 11607

กล่าวโดยสรุป คือ การเลือกวิธีทดสอบระหว่างมาตรฐาน ISTA กับ ASTM จำเป็นต้องนำไปจัดอันดับคุณลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด และรายละเอียดของช่องทางการกระจายสินค้าที่ใช้กับผลิตภัณฑ์

นั้น ๆ มาใช้ประกอบการพิจารณาเพื่อให้การเลือกวิธีทดสอบที่เหมาะสมสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และเกณฑ์  
ต่าง ๆ

### **เอกสารอ้างอิง**

<https://www.safeloadtesting.com/ista-vs-astm-which-one-suits-your-products-best/>

access on August 28, 2021



## การใช้ซิลิกาเจลเป็นสารดูดซับความชื้นในงานบรรจุภัณฑ์

สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง<sup>1</sup>

ความชื้นของอากาศหรือปริมาณไอน้ำในอากาศที่มีอยู่ในอากาศ เกิดจากการระเหยของน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ กระบวนการคายน้ำของพืช กิจกรรมจากเครื่องจักรหลายชนิดในภาคอุตสาหกรรม และการระเหยของน้ำจากกิจกรรมในชีวิตประจำวัน ความชื้นของอากาศมีบทบาททั้งเป็นตัวกลางที่เป็นตัวทำปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ และเป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ในธรรมชาติความชื้นของอากาศซึ่งเป็นสถานะก๊าซของน้ำสามารถเปลี่ยนแปลงสถานะกลับไปกลับมาระหว่างสถานะก๊าซ (ไอน้ำ) สถานะของเหลว (น้ำ) และสถานะของแข็ง (น้ำแข็ง) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความดัน เช่น เมื่อเกิดอากาศร้อนหรืออุณหภูมิสูงขึ้นการสะสมของปริมาณไอน้ำเป็นปริมาณมากเพียงพอแล้วเกิดการลดอุณหภูมิลงทำให้เกิดภาวะ “อากาศอิ่มตัว” (saturated air) และหากอุณหภูมียังคงลดลงต่อไปอาจส่งผลให้ไอน้ำเกิดการควบแน่นเปลี่ยนสถานะกลับมาเป็นของเหลวหรือหยดน้ำ

สำหรับสินค้าหลายชนิดการสัมผัสกับความชื้นจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางเคมี ทางกายภาพ ทางชีวภาพ และเกิดการเสื่อมสภาพ เช่น ผลิตภัณฑ์ประเภทโลหะหลายชนิดเมื่อสัมผัสกับความชื้นที่ผิวหนังโลหะจะทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนและเกิดสารประกอบออกไซด์ที่ผิวหนังโลหะที่เรียกว่าสนิมโลหะ ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งประเภทขนมอบกรอบจะดูดซับความชื้นในอากาศและสูญเสียความกรอบ เกิดเชื้อรา และเน่าเสียในที่สุด ในอุตสาหกรรมมีการนำสารดูดซับความชื้น (Desiccant) หลายชนิดมาใช้กับสินค้าตามความเหมาะสมและเข้ากันได้กับชนิดของสินค้านั้น ๆ

ภายหลังการบรรจุหรือห่อหุ้มสินค้าด้วยบรรจุภัณฑ์ โอกาสที่สินค้าจะสัมผัสกับความชื้นมาจาก 3 แหล่ง คือ 1.) ความชื้นจากอากาศหรือสิ่งแวดล้อมภายนอกบรรจุภัณฑ์ 2.) ความชื้นของอากาศที่อยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ และ 3.) ความชื้นจากตัวสินค้าเอง หากวัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์มีสมบัติเป็นตัวกั้นการซึมผ่านไอน้ำ และมีการปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ที่ค่อนข้างสมบูรณ์แล้วโอกาสที่ความชื้นจากอากาศภายนอกจะซึมผ่านเข้ามาในบรรจุภัณฑ์จะถูกจำกัดลง ส่วนความชื้นของอากาศภายในบรรจุภัณฑ์สามารถควบคุมให้มีปริมาณน้อยลงได้ด้วยการแทนที่อากาศก่อนการปิดผนึกด้วยก๊าซอื่นที่มีความชื้นต่ำ เช่น การเติมช่องว่างในบรรจุภัณฑ์ด้วยก๊าซไนโตรเจน (nitrogen flushing) หรือการดูดอากาศภายในบรรจุภัณฑ์ออกโดยใช้วิธีการบรรจุและปิดผนึกภายใต้สุญญากาศ (vacuum technique) และในกรณีของความชื้นจากตัวสินค้าจะถูกกำหนดผ่าน

<sup>1</sup> นักวิชาการอาวุโส ห้องปฏิบัติการทดสอบบรรจุภัณฑ์ ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

กระบวนการอื่น เช่น การแปรรูปสินค้า การถนอมอาหาร หรือขั้นตอนการเตรียมสินค้าอื่น การนำสารดูดซับความชื้นมาใช้ร่วมกับสินค้าจึงขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ข้างต้นเพื่อจัดการกับความชื้นที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของสินค้า

ซิลิกาเจลเป็นสารดูดซับความชื้นในกลุ่มสารสังเคราะห์ ผลิตจากการสกัดทรายขาวผสมกับกรดกำมะถันจนได้สารประกอบซิลิกอนไดออกไซด์ที่มีน้ำแทรกอยู่ (Hydrated Silicon Dioxide) จึงมีสูตรทางเคมีเป็น  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  มีลักษณะเป็นเม็ดกลมใส โครงสร้างเป็นโพรงหรือรูพรุน เกิดเป็นวัสดุซึ่งมีพื้นที่ผิวประมาณ 700-800 ตารางเมตรต่อน้ำหนัก 1 กรัม การดูดซับความชื้นของซิลิกาเจลเกิดจากลักษณะทางกายภาพ (Physical Adsorption) โดยกักเก็บความชื้นในโครงสร้างที่เป็นโพรง ซิลิกาเจลถูกใช้งานอย่างแพร่หลายในบรรจุภัณฑ์ยาและอาหาร โดยซิลิกาเจลสามารถดูดซับความชื้นได้ระหว่างร้อยละ 24-40 ของน้ำหนักตัวเอง และมีประสิทธิภาพสูงสุด ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส โดยประสิทธิภาพการดูดซับความชื้นจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น หรือเมื่อมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าร้อยละ 50 และมีโอกาสที่จะคายความชื้น (desorption) ออกจากตัว การใช้งานซิลิกาเจลในสภาพอากาศร้อนชื้นเช่นกรณีประเทศไทย จำเป็นให้ความระมัดระวังเป็นอย่างยิ่งต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมที่ใช้งาน และหากในระหว่างการขนส่งสินค้าเกิดความผันผวน หรือความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ เช่น การขนส่งสินค้าจากประเทศไทยไปประเทศปลายทางที่ห่างไกล มีความเสี่ยงที่จะเกิดการดูดและคายความชื้นของซิลิกาเจลจนส่งผลต่อคุณภาพของสินค้าภายในบรรจุภัณฑ์

เนื่องจากซิลิกาเจลมีลักษณะเป็นเม็ดกลมสีขาวใสจึงมีการเรียกกันทางการค้าว่า “White Silica Gel” เมื่อใช้งานเป็นสารดูดซับความชื้นแล้วไม่สามารถแยกออกกระหว่างซิลิกาเจลใหม่หรือซิลิกาเจลซึ่งผ่านการใช้งานและดูดซับความชื้นเข้าไปในตัวแล้ว เรียกว่า Non-indication Silica Gel ผู้ผลิตซิลิกาเจลจึงใช้สารประกอบโคบอลต์ (II) คลอไรด์ (Cobalt(II) Chloride) มีสูตรทางเคมีเป็น  $\text{CoCl}_2$  ลงไปในซิลิกาเจลเกิดเป็นซิลิกาเจลเม็ดสีน้ำเงินหรือซิลิกาเจลเม็ดสีฟ้า เรียกว่า Indicating Silica Gel หรือ Blue Silica Gel เพื่อบ่งชี้สถานะการดูดซับความชื้น โดยซิลิกาเจลเม็ดสีน้ำเงินมีสมบัติด้านการดูดซับความชื้นไม่แตกต่างไปจากซิลิกาเจลเม็ดสีขาวใส แต่เมื่อดูดซับความชื้นจากรอบข้างเข้าไปสีน้ำเงินจะค่อย ๆ จางลงแล้วเปลี่ยนเป็นสีชมพูเมื่อความชื้นสัมพัทธ์โดยรอบสูงขึ้นมากกว่าร้อยละ 40 จึงสามารถใช้สมบัติการเปลี่ยนสีของซิลิกาเจลเม็ดสีน้ำเงินมาเป็นประโยชน์ในการสังเกตและบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพการทำงานของซิลิกาเจลเมื่อใกล้ถึงขีดจำกัดในการดูดซับความชื้นที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 ได้ง่ายขึ้น ปัจจุบันผู้ผลิตจะใช้วิธีผสมซิลิกาเจลเม็ดสีน้ำเงินจำนวนเล็กน้อยไปกับซิลิกาเจลเม็ดสีขาวใสเพื่อเป็นตัวบ่งชี้สถานะของซิลิกาเจลว่ายังเป็นของใหม่หรือถึงเวลาต้องเปลี่ยนซิลิกาเจลที่

ดูดซับความชื้นจนหมดประสิทธิภาพแล้ว ส่งผลให้การใช้งานซิลิกาเจลเพื่อการปกป้องสินค้าจากความชื้นที่จะเสียหายจากความชื้นอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยการสังเกตสีของซิลิกาเจลที่ใช่ว่ายังคงมีสีน้ำเงินหรือจางลงไม่มากนักแสดงว่าความชื้นรอบข้างหรือในบรรจุภัณฑ์ถูกซิลิกาเจลดูดซับไว้ได้ และระดับความชื้นสัมพัทธ์รอบ ๆ อยู่ในระดับต่ำ ในทางกลับกันหากสีของซิลิกาเจลเปลี่ยนเป็นสีชมพูแสดงว่าความชื้นรอบข้างมีปริมาณที่สูงเกินกว่าที่ซิลิกาเจลจะดูดซับไว้ได้หมด และระดับความชื้นสัมพัทธ์รอบ ๆ อยู่ในระดับสูง และสินค้าอาจเสียหายจากความชื้นได้ จำเป็นต้องเปลี่ยนหรือเพิ่มซิลิกาเจลใหม่หากสามารถทำได้

อย่างไรก็ตามการใช้ซิลิกาเจลชนิดสีน้ำเงินถูกกำกับดูแลโดยหน่วยงานด้านสุขอนามัยระดับโลก เช่น European Commission และ International Agent for Research on Cancer เนื่องจากสารประกอบโคบอลต์คลอไรด์ซึ่งใช้เป็นตัวบ่งชี้เป็นสารประกอบของโลหะหนักและถูกจัดอยู่ในประเภทของสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็ง (carcinogen) หากสูดดมเข้าระบบทางเดินหายใจ ทั้งการใช้งานสารชนิดนี้อาจมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาวจากการบริหารจัดการที่ไม่เหมาะสม ในอุตสาหกรรมจึงมีการใช้สารประกอบเพื่อบ่งชี้สถานะการดูดซับความชื้นใหม่แทนที่สารประกอบโคบอลต์ โดยสารบ่งชี้ที่ใช้เป็นเมทิลไวโอเล็ต (Methyl Violet) มีสูตรทางเคมีเป็น  $C_{25}H_{30}N_3Cl$  ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทสีย้อม เมื่อนำมาใช้กับซิลิกาเจลจะให้สีเริ่มต้นเป็นสีส้มหรือเหลืองส้มจึงมีชื่อเรียกทางการค้าว่า ซิลิกาเจลเม็ดสีส้ม (Orange Silica Gel หรือ Yellow Silica Gel) ซึ่งมีหลักการบ่งชี้เช่นเดียวกับซิลิกาเจลเม็ดสีฟ้าแต่จะมีการเปลี่ยนสีจากสีส้มไปเป็นสีเขียวเข้ม



ภาพที่ 1 ซิลิกาเจลชนิดต่าง ๆ ที่มีการใช้งานเชิงพาณิชย์

ที่มา : <https://www.silicasul.com.br/en/produtos/silica-gel-granel/>

แม้ภาคอุตสาหกรรมจะระบุว่าซิลิกาเจลเม็ดสีส้มจะปลอดภัย แต่ข้อมูลการศึกษาในทางการแพทย์พบว่าเมธิลไวโอเล็ตมีโอกาเป็นสารรบกวนทางด้านพันธุกรรม โดยอาจเป็นตัวยับยั้งการแบ่งเซลล์สิ่งมีชีวิต (mitotic poison) ซึ่งอาจทำให้เกิดการกลายพันธุ์ (mutagen) จึงมีอาจต้องระมัดระวังในการใช้งานเช่นกัน

โดยทั่วไปผู้ผลิตจะควบคุมความชื้นเริ่มต้นของซิลิกาเจลไว้ต่ำกว่าร้อยละ 5 ของน้ำหนักตัวเอง และบรรจุมาในภาชนะหรือบรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิท มีสมบัติเป็นตัวกั้นการซึมผ่านของไอน้ำหรือความชื้นได้เป็นอย่างดี โดยผู้ผลิตมีการบรรจุใน 2 ลักษณะ คือ

1.) ภาชนะบรรจุขนาดใหญ่ มีขนาดตั้งแต่ 20 กิโลกรัม ขึ้นไป เช่น กระสอบ ถังพลาสติก ถังกระดาด เคลือบ ถังโลหะ ซึ่งภายในภาชนะเหล่านี้จะมีถุงพลาสติกเป็นบรรจุภัณฑ์ชั้นในบรรจุซิลิกาเจลและปิดผนึกเพื่อปกป้องซิลิกาเจลจากความชื้นอีกชั้นหนึ่ง มักใช้เพื่อส่งซิลิกาเจลในปริมาณมากให้ผู้ผลิต/ผู้จัดจำหน่ายเพื่อนำไปใส่บรรจุภัณฑ์หน่วยย่อยซึ่งมีขนาดเล็ก ๆ เพื่อจำหน่ายให้แก่ผู้ใช้งานอีกทอดหนึ่ง



ภาพที่ 2 ซิลิกาเจลในภาชนะบรรจุขนาดใหญ่

ที่มา : <https://www.indiamart.com/proddetail/silica-gel-25kg-17431668255.html>

<https://www.silica-gel.it/en/granular-brown-silica-gel/84-indicating-brown-silica-gel-bulk-drum-30-kg.html>

[https://www.impakcorporation.com/desiccants/bulk\\_desiccant/641A3MS55-13-55lb](https://www.impakcorporation.com/desiccants/bulk_desiccant/641A3MS55-13-55lb)

<https://www.sorbentsystems.com/bulksorbents.html>

2.) บรรจุภัณฑ์หน่วยย่อย มีขนาดบรรจุต่อหน่วยหลากหลายตั้งแต่ 0.5 กรัม ไปจนถึง 2 กิโลกรัม เช่น ถุง (bag) ซอง (pouch) กระป๋องขนาดเล็ก (canister) และถุงขนาดใหญ่ (container desiccant bag) สำหรับบรรจุภัณฑ์หน่วยย่อยจะเป็นบรรจุภัณฑ์ซิลิกาเจลซึ่งผู้ใช้นำไปใช้กับสินค้า จัดเป็นบรรจุภัณฑ์ชั้นที่หนึ่ง

(primary packaging) ตัวบรรจุภัณฑ์ทำด้วยวัสดุที่มีความพรุนตัวหรือเจาะรูขนาดเล็ก ยอมให้อิอน้ำหรือความชื้นผ่านเข้าภายในบรรจุภัณฑ์เพื่อทำหน้าที่ดูดซับความชื้นได้ ก่อนใช้งานจำเป็นต้องป้องกันไม่ให้ซิลิกาเจลที่บรรจุอยู่ดูดซับความชื้นจากสิ่งแวดล้อมโดยการบรรจุหน่วยย่อยนี้ไว้ในบรรจุภัณฑ์ชั้นที่สอง (secondary packaging) ซึ่งมีสมบัติเป็นตัวกั้นการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีเมื่อปิดผนึก



ภาพที่ 3 ซิลิกาเจลบรรจุภัณฑ์หน่วยย่อย

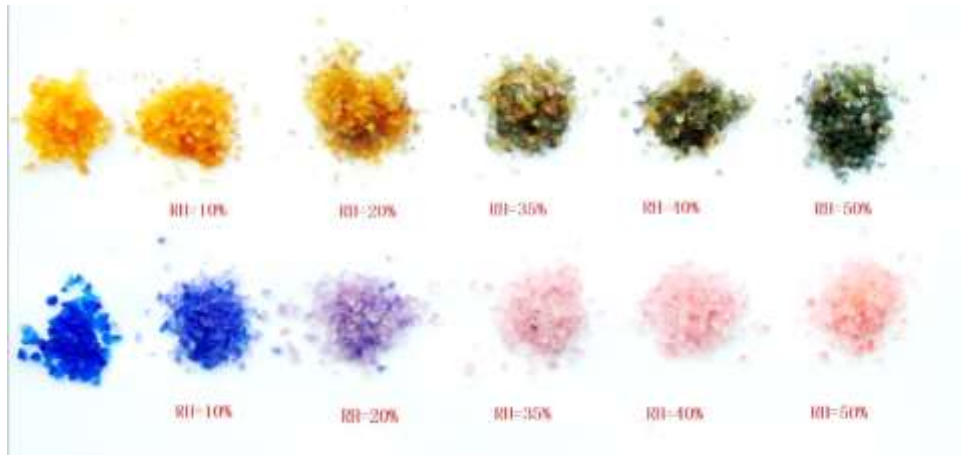
ที่มา : <https://dir.indiamart.com/impcat/white-silica-gel.html>

<http://www.kwangdah.com/kd-desiccant-canister.htm>

[https://www.alibaba.com/product-detail/Hanging-1kg-2kg-container-silica-gel\\_60178217226.html](https://www.alibaba.com/product-detail/Hanging-1kg-2kg-container-silica-gel_60178217226.html)

แม้ว่าซิลิกาเจลจะสามารถดูดซับความชื้นได้ประมาณร้อยละ 35 ของน้ำหนักตัวเอง แต่ในทางปฏิบัติ หากต้องการควบคุมไม่ให้สินค้าที่บรรจุเสียหายจากความชื้น จำเป็นต้องควบคุมให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายใน

บรรจุภัณฑ์ไม่เกินร้อยละ 50 หรือเทียบได้กับการยอมให้ซิลิกาเจลดูดซับความชื้นไว้ไม่เกินร้อยละ 25 ของน้ำหนักตัวเอง เนื่องจากที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงประสิทธิภาพในการดูดซับความชื้นของซิลิกาเจลจะลดลง และยังมีความเสี่ยงต่อการคายความชื้นออกหากมีอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีการแกว่งขึ้นลงของอุณหภูมิ จึงใช้เกณฑ์คุณสมบัตินี้เป็นตัวคำนวณปริมาณของซิลิกาเจลที่ต้องใช้สำหรับควบคุมความชื้นให้อยู่ในระดับที่ต้องการ



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงสีของซิลิกาเจลเมื่ออยู่ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ระดับต่าง ๆ

ซิลิกาเจลเม็ดสีส้ม จากสีเหลืองส้มไปเป็นสีเขียวเข้ม (แถวบน)

ซิลิกาเจลเม็ดสีน้ำเงิน จากสีน้ำเงินไปเป็นสีชมพู (แถวล่าง)

ที่มา : <http://hengsan.com.my/silica-gel/>

### การใช้งานซิลิกาเจลเป็นสารดูดความชื้น

ซิลิกาเจลเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นจะดูดซับความชื้นเข้ามาในตัวต่อเนื่องจนถึงขีดจำกัด ดังนั้นการใช้งานที่ถูกต้องจึงต้องใช้ในสภาพแวดล้อมแบบปิด เช่น บรรจุภัณฑ์ปิดสนิท ภาชนะมีฝาปิด ตู้เก็บของ ตู้ขนส่งสินค้าในบางกรณี การใช้งานกับบรรจุภัณฑ์ต้องทราบปริมาณของอากาศภายในภาชนะบรรจุ ความชื้นเริ่มต้นของสินค้า (ถ้ามี) และสภาพอากาศแวดล้อมตัวบรรจุภัณฑ์ระหว่างการจัดเก็บและการขนส่งสินค้าเพื่อนำมาคำนวณปริมาณซิลิกาเจลที่ต้องใช้ สำหรับการลดหรือควบคุมความชื้นภายในบรรจุภัณฑ์ให้อยู่ในภาวะที่เหมาะสมกับการรักษาคุณภาพของสินค้าภายใน

การใช้งานซิลิกาเจลในเชิงพาณิชย์มีลักษณะด้วยการบรรจุสารดังกล่าวลงในช่องแยกต่างหากโดยบรรจุให้มีปริมาณเหมาะสมกับการใช้งานกับสินค้าแต่ละชนิด ตัวช่องที่บรรจุซิลิกาเจลต้องปิดผนึกเพื่อป้องกันไม่ให้ตัวสารหลุดร่วออก แต่มีการเจาะรูขนาดเล็กหรือใช้วัสดุที่มีความพรุนตัวระดับหนึ่งเพื่อยอมให้ซิลิกาเจลสามารถดูดซับหรือทำปฏิกิริยากับความชื้นเมื่อนำไปใส่ภายในบรรจุภัณฑ์ซึ่งมีสินค้าอยู่ นอกจากการใช้งานซิลิกาเจลในรูปแบบของแล้วรูปแบบอื่น ๆ เช่น การใช้ถุงหรือช่องขนาดใหญ่แขวนไว้ภายในตู้ขนส่งสินค้า



ภาพที่ 5 ตัวอย่างการใช้งานสารดูดซับความชื้นในถุงหรือช่องขนาดใหญ่แขวนไว้ภายในตู้ขนส่งสินค้า

ที่มา : <https://www.jamesdawson.com/suppliers/clariant/>

<http://www.desiccants.co.uk/product-summaries/container-desiccant/>