

การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการดูความชื้น จากกระดาษกรองพีวีซี ก่อนเก็บตัวอย่างฝุ่น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิรดี ศรีโอภาส ปร.ด. (สาธารณสุขศาสตร์)

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปราโมช เขียวชาญ ว.ศ.ม. (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม)

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรสวรรค์ ศรีสวัสดิ์ ปร.ด. (วิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม)

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบน้ำหนักกระดาษกรองพีวีซีที่ถูกดูความชื้น ร้อยละ 25, 40 และ 60 ที่ระยะเวลา 2, 4, 6, 8 กับ 24 ชั่วโมง และ 2) ศึกษาความแตกต่างของน้ำหนักกระดาษกรองกับระยะเวลาและระดับความชื้นที่ต่างกัน การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ดำเนินการทดลองโดยชั่งน้ำหนักกระดาษกรองพีวีซีก่อนนำไปดูความชื้นในตู้ปรับความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 25, 40 และ 60 เป็นระยะเวลา 2, 4, 6, 8 และ 24 ชั่วโมง หลังจากดูความชื้นแล้วนำกระดาษกรองพีวีซีดังกล่าวมาชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาน้ำหนักกระดาษกรองหลังจากดูความชื้น ทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้งในแต่ละความชื้นสัมพัทธ์โดยใช้กระดาษกรองชุดใหม่ สถิติที่ใช้เปรียบเทียบความแตกต่างของน้ำหนักกระดาษกรองพีวีซีก่อนและหลังดูความชื้นจำแนกตามระยะเวลาที่ต่างกันเมื่อควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ใช้การทดสอบทีแบบอิสระ และการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางโดยกำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ผลการวิจัยพบว่าที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 25 ผลต่างค่าเฉลี่ย

น้ำหนักกระดาษกรองที่ระยะเวลา 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากระยะเวลา 24 ชั่วโมง ส่วนที่ร้อยละ 40 ผลต่างค่าเฉลี่ยน้ำหนักกระดาษกรองที่ 2 ชั่วโมงแตกต่างกับระยะเวลา 24 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ที่ระยะเวลา 4, 6 และ 8 ชั่วโมง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 ผลต่างค่าเฉลี่ยน้ำหนักกระดาษกรองที่ระยะเวลา 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมง มีค่าแตกต่างจากระยะเวลา 24 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น ข้อเสนอแนะจากผลการศึกษาคือ ควรทำการศึกษา เปรียบเทียบระยะเวลาการดูความชื้นออกจากกระดาษกรองพีวีซีภายหลังการนำไปเก็บตัวอย่างฝุ่นและทำการศึกษาภายใต้การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องทดลองให้เท่ากับภายในตู้ดูความชื้น

คำสำคัญ:

กระดาษกรองพีวีซี / การดูความชื้น / การเก็บตัวอย่างฝุ่น

* ผู้รับผิดชอบบทความ ผศ.ดร.อภิรดี ศรีโอภาส สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช 9/9 ถนนแจ้งวัฒนะ ตำบลบางพูด อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี 11120 โทรศัพท์: 02-504-8031-3 โทรสาร: 02-503-3570 อีเมล: apiradee.sri@stou.ac.th



A Study of Appropriate Duration for Removing Moisture from PVC Filter Paper Before Dust Sampling

Assistant Professor Apiradee Sriopas, Ph.D. (Public Health)

School of Health Science, Sukhothai Thammathirat Open University

Assistant Professor Pramoj Jiaujan, M.Eng. (Environmental Engineering)

School of Health Science, Sukhothai Thammathirat Open University

Assistant Professor Ponsawat Srisawat, Ph.D. (Global Environmental Health Sciences)

School of Health Science, Sukhothai Thammathirat Open University

Abstract

The objectives of this study were: 1) to compare PVC filter paper weights after removing moisture by an auto-desiccator at relative humidity of 25, 40, and 60% within duration of 2, 4, 6, 8, and 24 hours; and 2) to study the difference of PVC filter paper weights after removing moisture in the auto-desiccator at difference relative humidity and duration. This study was an experiment research. Each PVC filter paper was weighted before removing moisture by the auto-desiccator at relative humidity of 25, 40, and 60% within duration of 2, 4, 6, 8, and 24 hrs. Each PVC filter paper was weighted after removing moisture for calculation the net weight. Each weighing with changing new PVC filter paper was repeated for 5 times. The statistics for comparing the difference of each PVC filter paper weighted before and after removing moisture were Independent t-test and Two-way ANOVA with statistically significant level at 0.05. The result showed at 25% relative

humidity, difference means of the PVC filter paper weighted after moisture removing at 2, 4, 6, and 8 hours were not significantly different in 24 hours. Meanwhile, the difference mean of the PVC filter paper weights at the 40% relative humidity and at 2 hours was significantly different with 24 hours but not significantly different with 4, 6, and 8 hours. Moreover, at 60% relative humidity, the difference means of the PVC filter paper weighted at 2, 4, 6, and 8 hours were significantly different in 24 hours. The recommendation was that moisture removing duration from PVC filter paper before and after dust sampling should be compared. Moreover, the relative humidity should be controlled at the same level between the experimental room and the auto-desiccator.

Keywords:

PVC filter paper / Moisture absorption / Dust sampling

* Corresponding author Assist. Prof. Apiradee Sriopas, Ph.D., School of Health Science, Sukhothai Thammathirat Open University, 9/9 Chaengwattana Road, Bangpood, Pakkret, Nonthaburi, 11120 Tel. 02-504-8031-3 Fax. 02-503-3570 Email: apiradee.sri@stou.ac.th

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยได้นำเอามาตรฐานวิธีการวิเคราะห์และเก็บตัวอย่างฝุ่นในสถานที่ทำงานมาจากสถาบันความปลอดภัยและอนามัยในการทำงานแห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา (National Institute for Occupational Safety and Health; NIOSH) โดยการตรวจวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นตามวิธีมาตรฐานของ NIOSH (NIOSH Method 0500) (NIOSH, 1994) กำหนดให้นำกระดาศกรงชนิดพีวีซีที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร ซึ่งมีขนาดรูพรุน 5 ไมครอน มาไว้ในสิ่งแวดล้อมหรือห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น เช่นที่ห้องควบคุมอุณหภูมิ 20 ± 1 องศาเซลเซียส และความชื้นร้อยละ 50 ± 5 เป็นต้น เพื่อให้กระดาศกรงอยู่ในสภาวะสมดุลเป็นเวลาอย่างน้อย 2 ชั่วโมงก่อนนำไปเก็บตัวอย่างฝุ่น โดย NIOSH Method 0500 กำหนดให้ใช้กระดาศกรงพีวีซีในการเก็บตัวอย่างฝุ่นรวม โดยไม่ได้ระบุถึงการดูดความชื้นออกจากกระดาศกรงก่อนนำไปเก็บตัวอย่างฝุ่น เพียงแต่กำหนดให้นำกระดาศกรงไปไว้ในตู้หรือห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเป็นเวลาอย่างน้อย 2 ชั่วโมงก่อนนำกระดาศกรงดังกล่าวไปชั่งน้ำหนักสำหรับสำนักงานบริหารความปลอดภัยและอาชีวอนามัยแห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา (Occupational Safety and Health Administration; OSHA) (OSHA, 2003) ระบุให้นำกระดาศกรงไปไว้ในตู้อบสูญญากาศก่อนการชั่งน้ำหนักเพื่อไล่ความชื้นออกจากกระดาศกรง จากนั้น จึงนำกระดาศกรงไปชั่งน้ำหนัก และองค์กรภาครัฐที่ทำหน้าที่ดูแลด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของสหราชอาณาจักร (Health & Safety Executive; HSE) (HSE, 2000) จะใช้การชั่งน้ำหนักทั้งตลับกรงที่มีกระดาศกรงบรรจุอยู่ในซึ่งเรียกว่า สับสเตรท (Substrates) โดยเสนอแนะว่า ควรใช้สับสเตรทที่ทำมาจากวัสดุที่ไม่ดูดซับความชื้นหรือชั่งน้ำหนักสับสเตรทก่อนนำไปเก็บตัวอย่างฝุ่นในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

สำหรับประเทศไทยการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่นในสถานที่ทำงานที่ผ่านมามีอ้างอิงวิธีการของ NIOSH แต่การเตรียมกระดาศกรงก่อนเก็บตัวอย่างฝุ่นจะนำกระดาศกรงไปดูดความชื้นออกเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (สุวัชร บัวแย้ม, 2551) โดยในการดูดความชื้นจะใช้วิธี

นำกระดาศกรงไปใส่ในโถแก้วที่มีฝาปิดโดยใช้ซิลิกาเจล (silica gel) เป็นตัวดูดความชื้น เพื่อให้มั่นใจว่า กระดาศกรงที่นำมาใช้เก็บตัวอย่างไม่มีน้ำหนักความชื้นมาทำให้ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นผิดพลาด โดยหลังจากดูดความชื้นออกจากกระดาศกรงเป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้ว จะนำกระดาศกรงไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักสุทธิของกระดาศกรงก่อนที่จะนำไปเก็บตัวอย่างฝุ่น

อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีการดูดความชื้นโดยการใช้ตู้ดูดความชื้นแบบไฟฟ้า (auto-desiccator) ซึ่งสามารถลดและควบคุมความชื้นภายในตู้ได้ดีกว่าโถดูดความชื้น เพราะตู้ดูดความชื้นแบบไฟฟ้าจะใช้หลักการทำให้เกิดการควบแน่นของไอน้ำภายในตู้และระบายไอน้ำออกไปนอกตู้ ทำให้ความชื้นภายในตู้ลดลงอย่างสม่ำเสมอ การทำให้เกิดการควบแน่นของไอน้ำจะใช้อุปกรณ์ทำความเย็นคือ Peltier ซึ่งเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับทำความเย็นและควบคุมความเย็นภายในตู้เพื่อให้เกิดการควบแน่นของไอน้ำและระบายออกนอกตู้ (Rowe, D. M., 2006). จึงสามารถลดระยะเวลาการดูดความชื้นออกจากกระดาศกรงได้รวดเร็วขึ้น ดังนั้น เพื่อให้ทราบระยะเวลาที่เหมาะสมในการดูดความชื้นออกจากกระดาศกรงก่อนเก็บตัวอย่างฝุ่นโดยใช้ตู้ดูดความชื้นแบบไฟฟ้า การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบน้ำหนักกระดาศกรงพีวีซีที่ถูกดูดความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 25, 40 และ 60 ที่ระยะเวลา 2, 4, 6, 8 ชั่วโมงกับระยะเวลา 24 ชั่วโมง และศึกษาความแตกต่างของน้ำหนักกระดาศกรงกับระยะเวลาและระดับความชื้นที่แตกต่างกัน

2. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบน้ำหนักของกระดาศกรงพีวีซีที่ถูกดูดความชื้นในตู้ดูดความชื้นแบบไฟฟ้าที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 25, 40 และ 60 ในระยะเวลา 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับการดูดความชื้นในระยะเวลา 24 ชั่วโมง การทดลองนี้มีข้อจำกัดคือไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในห้องทดลอง เนื่องจากต้องการทดลองการชั่งน้ำหนักกระดาศกรงพีวีซีในสภาวะแวดล้อมการทำงานจริง โดยดำเนินการทดลองในห้องทดลองซึ่งมีความดันบรรยากาศ 766 มิลลิเมตร



ปรอท ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 68 และปรับอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศในห้องทดลองให้อยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิที่วัดได้ ระหว่างทำการทดลองอยู่ในช่วง 25.0-25.7 องศาเซลเซียส

2.1 การกำหนดจำนวนตัวอย่างกระดาศกรองพีวีซี กลุ่มตัวอย่างงานวิจัยนี้คือ กระดาศกรองพีวีซียี่ห้อ SKC (ดูดความชื้นน้อย) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร ขนาดรูพรุน (pore size) 5 ไมครอน ตามมาตรฐานการเก็บตัวอย่างฝุ่นของ NIOSH จำนวน 750 แผ่น ขนาดของกลุ่มตัวอย่างคำนวณโดยใช้โปรแกรม G*Power กำหนดค่า Effect size คือ 0.0919 ซึ่งได้มาจากการทำ pilot study ก่อนดำเนินการทดลอง a คือ 0.05 และ b คือ 0.80 ซึ่งจากการคำนวณโดยโปรแกรม G*Power ได้ขนาดตัวอย่าง 633 ตัวอย่าง ซึ่งผู้วิจัยได้เพิ่มขนาดตัวอย่างเพิ่มอีกร้อยละ 18 ได้ขนาดตัวอย่าง 747 ตัวอย่าง คิดเป็น 750 ตัวอย่าง

2.2 การกำหนดความชื้นสัมพัทธ์ในตู้ดูดความชื้นแบบไฟฟ้า จะกำหนดที่ร้อยละ 25, 40 และ 60 โดยการกำหนดความชื้นสัมพัทธ์ในตู้ดูดความชื้นแบบไฟฟ้าที่ร้อยละ 25 และ 40 เพื่อให้ใกล้เคียงกับวิธีการของ OSHA (OSHA, 2003) ที่ได้กำหนดความชื้นสัมพัทธ์ในห้องควบคุมสำหรับการชั่งน้ำหนักกระดาศกรองที่ 35 ± 5 ส่วน การกำหนดความชื้นสัมพัทธ์ในตู้ดูดความชื้นแบบไฟฟ้าที่ร้อยละ 60 นั้นเพื่อให้ใกล้เคียงกับวิธีการของ NIOSH (NIOSH, 1994) ที่กำหนดความชื้นสัมพัทธ์ในห้องควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับการดูดความชื้นและชั่งน้ำหนักกระดาศกรองที่ 50 ± 5 ทั้งนี้เนื่องจากการทำให้สภาวะห้องทดลองสำหรับการชั่งน้ำหนักกระดาศกรองในประเทศไทยมีความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 25, 40 และ 60 นั้นทำได้ยากซึ่งจะต้องใช้ค่าใช้จ่ายที่สูงในการทำให้ห้องทดลองมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าสภาวะบรรยากาศทั่วไปของประเทศไทยที่เป็นเขตร้อนชื้นและมีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วประเทศไทยบริเวณภาคกลางจะมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 64-69 ในช่วงฤดูร้อน และเฉลี่ยร้อยละ 73-75 ในช่วงฤดูหนาว (ฤทัย เพลงวัฒนา, 2559) ด้วยเหตุผลดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงกำหนดค่า

ความชื้นสัมพัทธ์ในตู้ดูดความชื้นแบบไฟฟ้าที่ร้อยละ 25, 40 และ 60

2.3 ระยะเวลาในการดูดความชื้นออกจากกระดาศกรองพีวีซีก่อนนำไปเก็บตัวอย่างฝุ่นใน สถานที่ทำงานของประเทศไทยนิยมใช้ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งตรงกับระยะเวลาการเก็บตัวอย่างฝุ่นในสิ่งแวดล้อมของ EPA method IO-3.1 (EPA, 1999) ซึ่งจะใช้ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างฝุ่นในสิ่งแวดล้อม 24 ชั่วโมง ดังนั้น จึงต้องนำกระดาศกรองดังกล่าวมาดูดความชื้นออกเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม วิธีการและเครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่นในสิ่งแวดล้อมดังกล่าวจะแตกต่างจากวิธีการและเครื่องมือในการเก็บตัวอย่างฝุ่นในสถานที่ทำงานของงานด้านอาชีวอนามัย งานวิจัยนี้กำหนดระยะเวลาในการดูดความชื้นออกจากกระดาศกรองพีวีซีที่ 2, 4 และ 6 ชั่วโมง นั้นอ้างอิงจากวิธีการของ NIOSH (NIOSH, 1994) ที่กำหนดว่า ควรดูดความชื้นออกจากกระดาศกรองไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมงและวิธีการของ Bisesi, Michael S. and Kohn, James P. (1995) ที่ได้กล่าวว่า หากดูดความชื้นออกจากกระดาศกรองพีวีซีก่อนและหลังเก็บตัวอย่างฝุ่นด้วยตู้ดูดความชื้นที่สามารถปรับลดระดับอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้ได้ จะสามารถลดระยะเวลาการดูดความชื้นออกจากกระดาศกรองได้ภายในเวลาไม่เกิน 30 นาที จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น งานวิจัยนี้จึงได้กำหนดระยะเวลาการดูดความชื้นออกจากกระดาศกรองพีวีซี ที่ระยะเวลา 2, 4, 6, 8 และ 24 ชั่วโมง

2.4 การดำเนินการทดลอง ได้มีการปรับตู้ดูดความชื้นให้มีความชื้นสัมพัทธ์ (RH) ร้อยละ 25 โดยเตรียมกระดาศกรองชุดแรก จำนวน 50 ชิ้น นำไปชั่งน้ำหนักที่ละชิ้นเป็นมิลลิกรัมโดยเครื่องชั่งตวงวัด 5 ตำแหน่ง แล้วจัดบันทึกน้ำหนักกระดาศกรองพีวีซี หลังจากนั้น นำกระดาศกรองดังกล่าวที่ชั่งน้ำหนักแล้วไปดูดความชื้นในตู้ดูดความชื้นโดยปรับความชื้นสัมพัทธ์ในตู้ดูดความชื้นที่ร้อยละ 25 เมื่อครบ 2 ชั่วโมง นำกระดาศกรองจำนวน 10 ชิ้นไปชั่งน้ำหนักที่ละชิ้นเป็นมิลลิกรัมโดยเครื่องชั่งตวงวัด 5 ตำแหน่งแล้วบันทึกผล จากนั้นเมื่อครบ 4, 6, 8 และ 24 ชั่วโมง นำกระดาศกรองจำนวน 10 ชิ้นของ

แต่ละชั่วโมงที่ครบตามกำหนดไปซึ่งน้ำหนักที่ละชิ้นเป็น มิลลิกรัมโดยเครื่องชั่งทศนิยม 5 ตำแหน่ง แล้วจดบันทึกผล ทำการทดลองซ้ำเช่นเดิม 5 ครั้ง โดยใช้กระดาษกรองชุด ใหม่ บันทึกข้อมูลที่ได้

ลำดับต่อมาปรับความชื้นสัมพัทธ์ของตู้ดูดความชื้น เป็นร้อยละ 40 และ 60 ตามลำดับ แล้วทำการทดลองเช่น เดียวกับที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 25 โดยใช้กระดาษ กรองชุดใหม่ และบันทึกข้อมูลที่ได้ จากนั้นคำนวณหาค่า เฉลี่ยน้ำหนักกระดาษกรองพีวีซี (มิลลิกรัม) เพื่อเปรียบเทียบ ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกระดาษกรอง พีวีซีที่เหลือหลังจากการดูดความชื้นที่ระยะเวลา 2, 4, 6, 8 กัระยะเวลา 24 ชั่วโมง

เนื่องจากการกระดาษกรองที่ดูดความชื้นในตัว ดูดความชื้นไฟฟ้ามีความชื้นที่น้อยกว่าภายนอกตู้ซึ่งมี ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 68 เมื่อนำออกมาภายนอกตู้ เพื่อชั่งน้ำหนักอาจทำให้ความชื้นจากภายนอกตู้เข้าไปใน กระดาษกรองได้ ดังนั้น ในการชั่งกระดาษกรองจะต้อง ทำอย่างรวดเร็วโดยการชั่งเพียงครั้งเดียวโดยผู้ชั่งคนเดียว ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้จัดวางเครื่องชั่งน้ำหนักให้อยู่ใกล้กับตู้ดูด ความชื้น ทำให้สามารถใช้คีมคีบกระดาษกรองออกมาชั่ง น้ำหนักในเครื่องชั่งน้ำหนักได้อย่างรวดเร็ว โดยชั่งน้ำหนัก ได้เพียงครั้งเดียวเนื่องจากหากใช้เวลานานในการชั่งน้ำ หนักจะทำให้ความชื้นเข้าสู่กระดาษกรอง ค่าน้ำหนักที่ได้ จะไม่ใช่ค่าน้ำหนักที่ใกล้เคียงที่สุดของกระดาษกรองภาย หลังการดูดความชื้น และผู้วิจัยเป็นผู้ที่ชั่งน้ำหนักกระดาษ กรองเพียงคนเดียว

สำหรับไฟฟ้าสถิต (static electricity) ที่จะส่งผล ต่อน้ำหนักของการชั่งกระดาษกรอง ทางผู้วิจัยได้ใช้เครื่อง ชั่งน้ำหนักทศนิยม 5 ตำแหน่ง รุ่น Sartorius ซึ่งมีปลั๊ก สามขาที่มีสายดินต่อกับระบบไฟที่มีการเดินระบบสายดิน เนื่องจากการต่อสายดินจะช่วยกระจายประจุไฟฟ้าทำให้ ผลของประจุไฟฟ้าสถิตส่งผลต่อการชั่งน้ำหนักกระดาษ กรองน้อยมาก (Metler-Toledo, 2018)

2.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย ตู้ดูดความชื้น (auto-desiccator) ยี่ห้อ Aris Desiccator Box รุ่น DC 56 LA จำนวน 1 ตู้ เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 5 ตำแหน่ง รุ่น Sartorius จำนวน 1 เครื่อง เครื่องตรวจ

วัดอุณหภูมิและความชื้น (thermal environmental monitor) รุ่น Questemp 32 จำนวน 1 เครื่อง เครื่องตรวจวัดความดันอากาศ (Barometer) รุ่น Barigo จำนวน 1 เครื่อง ซึ่งเครื่องมือดังกล่าวได้รับการสอบเทียบ แล้ว และคีมคีบกระดาษกรอง (forceps) จำนวน 1 อัน

2.6 การคำนวณความแตกต่างของน้ำหนัก กระดาษกรองพีวีซีก่อนและหลังดูดความชื้น

2.6.1 น้ำหนักกระดาษกรองพีวีซี ที่เหลือหลัง จากการดูดความชื้น (มิลลิกรัม) เท่ากับน้ำหนักกระดาษ กรองพีวีซีหลังดูดความชื้น (มิลลิกรัม) – น้ำหนักกระดาษ กรองพีวีซีก่อนดูดความชื้น (มิลลิกรัม)

2.6.2 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักกระดาษกรองพีวีซี (มิลลิกรัม) แต่ละชั่วโมงที่กำหนด เท่ากับ

น้ำหนักรวมของกระดาษกรองที่เหลือหลังการดูดความชื้น (มิลลิกรัม) หาร 10 ชิ้น

จำนวนกระดาษกรองทั้งหมด 10 ชิ้น

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบเทียบความแตกต่างของน้ำหนักกระดาษ กรองพีวีซีก่อนและหลังดูดความชื้นจำแนกตามระยะเวลาที่ แตกต่างกันเมื่อควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ โดยใช้การทดสอบ ที่แบบอิสระ (independent t-test) และการวิเคราะห์ ความแปรปรวนสองทาง (two-way ANOVA) โดยกำหนด ความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4. ผลการวิจัย

การเปรียบเทียบน้ำหนักกระดาษกรองพีวีซีที่ถูกดูด ความชื้นในระดับต่าง ๆ ด้วยระยะเวลาที่แตกต่างกับ น้ำหนักกระดาษกรองพีวีซีที่ถูกดูดความชื้นที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยการหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกระดาษกรอง พีวีซีทั้งก่อนและหลังการทดลอง ซึ่งก่อนทำการวิเคราะห์ ข้อมูลผู้วิจัยได้มีการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูล โดยการ ทำ Boxplot ระหว่างระยะเวลา ความชื้นสัมพัทธ์ และ ผลต่างของน้ำหนักกระดาษกรองก่อนและหลังการดูด ความชื้นโดยตัดข้อมูลที่เกิน Outliner (ค่ามากหรือน้อย



กว่า $Q3 \pm 1IQR$) 10 ค่า และ Extreme (ค่ามากหรือน้อยกว่า $Q3 \pm 3IQR$) 1 ค่าออก จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 การเปรียบเทียบน้ำหนักกระดาศกรงพีวีซีที่ถูกต้องความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 25, 40 และ 60 ที่ระยะเวลา 2, 4, 6, 8 ชั่วโมงกับระยะเวลา 24 ชั่วโมง

4.1.1 ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ในตู้ดูดความชื้นร้อยละ 25 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าผลต่างค่า

เฉลี่ยของน้ำหนักกระดาศกรงพีวีซีหลัง-ก่อนดูดความชื้นและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean difference post-pre \pm S.D.) ของระยะเวลาดูดความชื้นที่ 2, 4, 6, 8 และ 24 ชั่วโมง คือ 0.00001 ± 0.00004 , 0.00000 ± 0.00004 , 0.00001 ± 0.00003 , 0.00002 ± 0.00005 และ 0.00000 ± 0.00007 มิลลิกรัมตามลำดับ จากนั้นวิเคราะห์เปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกระดาศกรงที่ 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมง กับ 24 ชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกระดาศกรง ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 25 ที่ระยะเวลา 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมง กับ 24 ชั่วโมง โดยใช้การทดสอบทีแบบอิสระ

ระยะเวลาดูดความชื้น (ชั่วโมง)	ผลต่างค่าเฉลี่ยเมื่อเทียบกับ 24 ชั่วโมง (มิลลิกรัม)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่างค่าเฉลี่ยเมื่อเทียบกับ 24 ชั่วโมง (มิลลิกรัม)	ค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของผลต่าง			ระดับแห่งความเป็นอิสระ (df)	ระดับนัยสำคัญ (p-value)
			ขีดจำกัดล่าง	ขีดจำกัดบน	ค่าที (t)		
2	0.00001	0.00001	-0.00002	0.00005	1.195	98	.235
4	0.00000	0.00001	-0.00003	0.00003	0.354	98	.724
6	0.00001	0.00001	-0.00002	0.00004	1.247	98	.215
8	-0.00002	0.00001	-0.00005	0.00001	-1.539	98	.127

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลต่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกระดาศกรงที่ 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมงไม่แตกต่างจากที่ 24 ชั่วโมงที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

4.1.2 ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ในตู้ดูดความชื้นร้อยละ 40 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ผลต่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกระดาศกรงพีวีซีหลัง - ก่อนดูดความชื้นและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean difference post-pre \pm S.D.) ของระยะเวลาดูดความชื้นที่ 2,

4, 6, 8 และ 24 ชั่วโมงคือ 0.00001 ± 0.00004 , 0.00001 ± 0.00004 , 0.00002 ± 0.00005 , 0.00000 ± 0.00005 และ 0.00001 ± 0.00005 มิลลิกรัมตามลำดับ จากนั้นวิเคราะห์เปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกระดาศกรงที่ 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมง กับ 24 ชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกระดาศกรงที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 40 ที่ระยะเวลา 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมง กับ 24 ชั่วโมง โดยใช้การทดสอบทีแบบอิสระ

ระยะเวลา การดูด ความชื้น (ชั่วโมง)	ผลต่างค่า เฉลี่ยเมื่อ เทียบกับ 24 ชั่วโมง (มิลลิกรัม)	ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน ของผลต่าง ค่าเฉลี่ยเมื่อ เทียบกับ 24 ชั่วโมง (มิลลิกรัม)	ค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของผลต่าง			ระดับแห่ง ความเป็น อิสระ (df)	ระดับนัย สำคัญ (p-value)
			ขีดจำกัด ล่าง	ขีดจำกัด บน	ค่าที (t)		
2	-0.00002	0.00001	-0.00004	0.00000	-2.120	98	.036
4	0.00000	0.00001	-0.00002	0.00002	.034	98	.973
6	0.00001	0.00001	-0.00002	0.00003	.563	98	.575
8	-0.00001	0.00001	-0.00004	0.00001	-1.423	98	.158

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลต่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกระดาศกรงที่ 2 ชั่วโมงแตกต่างกับระยะเวลาการดูดความชื้นที่ 24 ชั่วโมงที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 แต่ที่ระยะเวลา 4, 6 และ 8 ชั่วโมงไม่แตกต่างจากที่ 24 ชั่วโมงที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

4.1.3 ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ในตู้ดูดความชื้นร้อยละ 60 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ผลต่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกระดาศกรงพีวีซีหลัง - ก่อนดูดความชื้นและ

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean difference post-pre \pm S.D.) ของระยะเวลาดูดความชื้นที่ 2, 4, 6, 8 และ 24 ชั่วโมงคือ 0.00002 ± 0.00005 , 0.00003 ± 0.00005 , 0.00004 ± 0.00006 , 0.00002 ± 0.00005 และ 0.00001 ± 0.00006 มิลลิกรัมตามลำดับ จากนั้น วิเคราะห์เปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกระดาศกรงที่ 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมง กับ 24 ชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 3



ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกระดาศกรงที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 ที่ระยะเวลา 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมง กับ 24 ชั่วโมง โดยใช้การทดสอบทีแบบอิสระ

ระยะ เวลาดูด ความชื้น (ชั่วโมง)	ผลต่างค่า เฉลี่ยเมื่อ เทียบกับ 24 ชั่วโมง (มิลลิกรัม)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน ของผลต่างค่า เฉลี่ยเมื่อเทียบกับ 24 ชั่วโมง (มิลลิกรัม)	ค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของผลต่าง			ระดับแห่ง ความเป็น อิสระ (df)	ระดับนัย สำคัญ (p-value)
			ขีดจำกัด		ค่าที (t)		
			ล่าง	บน			
2	0.00004	0.00001	0.00001	0.00007	3.564	98	.001
4	0.00004	0.00001	0.00001	0.00007	3.896	98	<.0001
6	0.00006	0.00001	0.00003	0.00009	4.733	98	<.0001
8	0.00003	0.00001	0.00001	0.00006	3.256	98	.002

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลต่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกระดาศกรงที่ 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมง มีค่าแตกต่างจากที่ 24 ชั่วโมงที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

4.2 การศึกษาความแตกต่างของน้ำหนักกระดาศกรงกับระยะเวลาและระดับความชื้นที่แตกต่างกัน ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบความแตกต่างของน้ำหนักกระดาศกรง จำแนกตามระยะเวลาและระดับความชื้นสัมพัทธ์

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.42E-007(b)	14	1.73E-008	7.002	.000
Intercept	3.27E-008	1	3.27E-008	13.237	.000
time	6.95E-008	4	1.74E-008	7.026	.000
RH	6.66E-008	2	3.33E-008	13.469	.000
time * RH	1.05E-007	8	1.32E-008	5.319	.000
Total	2.09E-006	747			

จากตารางที่ 4 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของน้ำหนักกระดาศกรองกับระยะเวลาและระดับความชื้นที่แตกต่างกันโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 พบว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการดูดความชื้นที่แตกต่างกันจะทำให้น้ำหนักกระดาศกรองมีค่าแตกต่างกัน และในขณะเดียวกันการดูดความชื้นด้วยระดับความชื้นที่แตกต่างกันจะทำให้น้ำหนักกระดาศกรองมีค่าแตกต่างกันด้วย โดยระยะเวลาและระดับความชื้นมีอิทธิพลร่วมกันในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักกระดาศกรองพีวีซี

5. อภิปรายผลการศึกษา

การศึกษาเปรียบเทียบน้ำหนักกระดาศกรองพีวีซีที่ถูกดูดความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 25, 40 และ 50 ที่ระยะเวลา 2, 4, 6, 8 ชั่วโมงกับระยะเวลา 24 ชั่วโมง และหาความแตกต่างของน้ำหนักกระดาศกรองกับระยะเวลาและระดับความชื้นที่แตกต่างกันสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

5.1 ค่าความแตกต่างของน้ำหนักกระดาศกรองพีวีซีที่ถูกดูดความชื้นในตู้ดูดความชื้นแบบไฟฟ้าที่ปรับตั้งระดับความชื้นสัมพัทธ์ไว้ที่ร้อยละ 25 เป็นระยะเวลา 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมง จะมีน้ำหนักไม่แตกต่างจากการดูดความชื้นออกจากกระดาศกรองเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ทั้งนี้ เนื่องจากสมบัติของกระดาศกรองพีวีซีที่ไม่ดูดซับความชื้น อย่างไรก็ตาม จะเห็นได้ว่าสภาวะความชื้นสัมพัทธ์ในห้องทดลองมีมากถึงร้อยละ 68 กระดาศกรองจึงอาจมีความชื้นสะสมได้บ้าง (Cohen and Hering, 1995) ดังนั้น การที่กระดาศกรองถูกนำไปไว้ในตู้ดูดความชื้นที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำคือ ร้อยละ 25 เป็นระยะเวลาหนึ่งจะทำให้กระดาศกรองที่มีความชื้นอยู่ในถูกดูดความชื้นออกไปเป็นจำนวนมากพอภายในระยะเวลาไม่นานจนถึงระยะเวลาหนึ่งที่มีความชื้นจะถูกดูดออกไปจนคงที่ ซึ่งจากการทดลองพบว่า กระดาศกรองที่นำไปไว้ในตู้ดูดความชื้นที่มีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 25 เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง จะทำให้ความชื้นในกระดาศกรองถูกดูดออกไปปริมาณหนึ่งจนคงที่ แม้จะมีการเพิ่มระยะเวลาในการดูดความชื้นออกจากกระดาศกรองเพิ่มมากขึ้น เป็น 4, 6, 8

และ 24 ชั่วโมงให้ผลในการดูดความชื้นออกจากกระดาศกรองไม่แตกต่างกัน ดังจะเห็นได้จากค่าความแตกต่างของน้ำหนักกระดาศกรองพีวีซี ก่อนและหลังการทดลองเมื่อถูกดูดความชื้นออกเป็นระยะเวลา 2, 4, 6, 8 และ 24 ชั่วโมง ไม่แตกต่างกันจากการทดสอบทางสถิติ

5.2 ค่าความแตกต่างของน้ำหนักกระดาศกรองพีวีซีที่ถูกดูดความชื้นในตู้ดูดความชื้นแบบไฟฟ้าที่ปรับตั้งระดับความชื้นสัมพัทธ์ไว้ที่ร้อยละ 40 ที่ระยะเวลา 4, 6 และ 8 ชั่วโมงจะมีน้ำหนักไม่แตกต่างจากการดูดความชื้นออกจากกระดาศกรองเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ยกเว้น ที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง ทั้งนี้ เนื่องจากการใช้ระยะเวลาเพียง 2 ชั่วโมง ในการดูดความชื้นด้วยระดับความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 40 ในตู้ดูดความชื้นแบบไฟฟ้าไม่เพียงพอที่จะทำให้ความชื้นเพียงเล็กน้อยที่สะสมอยู่ในกระดาศกรองถูกดูดออกไปในปริมาณมากพอจนคงที่ โดยเมื่อเพิ่มระยะเวลามากขึ้นจะเห็นได้ว่า น้ำหนักกระดาศกรองหลังการดูดความชื้นยังลดลงได้อีกจนคงที่ที่ระยะเวลา 4, 6, 8 และ 24 ชั่วโมง ดังจะเห็นได้จากค่าความแตกต่างของน้ำหนักกระดาศกรองพีวีซี ก่อนและหลังการทดลองเมื่อถูกดูดความชื้นออกในระยะเวลา 4, 6, 8 และ 24 ชั่วโมงไม่แตกต่างกันจากการทดสอบทางสถิติ

5.3 ค่าความแตกต่างของน้ำหนักกระดาศกรองพีวีซีที่ถูกดูดความชื้นในตู้ดูดความชื้นแบบไฟฟ้าที่ปรับตั้งระดับความชื้นสัมพัทธ์ไว้ที่ร้อยละ 60 ที่ระยะเวลา 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมง จะมีน้ำหนักแตกต่างจากการดูดความชื้นออกจากกระดาศกรองเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยผลต่างของค่าเฉลี่ยน้ำหนักกระดาศกรองพีวีซีก่อนและหลังการทดลองที่ระยะเวลา 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมงจะมีค่ามากกว่าที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง นั่นคือ การใช้ระยะเวลาในการดูดความชื้นออกจากกระดาศกรองที่อยู่ในตู้ดูดความชื้นแบบไฟฟ้าที่ปรับตั้งระดับความชื้นสัมพัทธ์ไว้ที่ร้อยละ 60 เป็นระยะเวลา 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมง ยังไม่เพียงพอที่จะทำให้กระดาศกรองถูกดูดความชื้นออกไปจนคงที่ ดังนั้น การนำกระดาศกรองไปดูดความชื้นที่มีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 จึงต้องใช้เวลานานขึ้นในการดูดความชื้นออกจากกระดาศกรองให้มากพอ



จนคงที่ ดังจะเห็นได้จากผลการทดลอง โดยเมื่อใช้ระยะเวลาเพิ่มขึ้นจนถึง 24 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของน้ำหนักกระดาศกรองพีวีซีก่อนและหลังการทดลองจะลดลงกว่าการใช้ระยะเวลา 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การใช้ระยะเวลา 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมงที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 ไม่เพียงพอในการดูดความชื้นที่มีอยู่ในกระดาศกรองให้คงที่ ดังนั้น หากนำกระดาศกรองพีวีซี ไปดูดความชื้นในตู้ดูดความชื้นแบบไฟฟ้าที่ปรับตั้งระดับความชื้นสัมพัทธ์ไว้ที่ร้อยละ 60 จะต้องใช้เวลานานถึง 24 ชั่วโมง จึงจะทำให้ความชื้นในกระดาศกรองพีวีซีถูกดูดออกไปจนถึงระยะเวลาหนึ่งที่มีความชื้นจะไม่ถูกดูดออกไปอีก

จากผลการทดลองจะพบว่า หากใช้ระดับความชื้นสัมพัทธ์ในตู้ดูดความชื้นเท่ากัน การใช้ระยะเวลาในการดูดความชื้นนานขึ้นจะทำให้ดูดความชื้นออกจากกระดาศกรองได้มากขึ้น ดังจะเห็นได้จากผลการทดลองซึ่งพบว่า การดูดความชื้นออกจากกระดาศกรองที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 25 จะใช้เวลานาน 2 ชั่วโมง ส่วนที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 40 จะต้องใช้ระยะเวลาเพิ่มขึ้นเป็น 4 ชั่วโมง และที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 จะต้องใช้เวลานานถึง 24 ชั่วโมง จึงจะทำให้ความชื้นในกระดาศกรองพีวีซีถูกดูดออกไปจนคงที่

6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ (Conclusion and Recommendations)

6.1 สรุปผลการวิจัย การปรับตู้ดูดความชื้นแบบไฟฟ้าให้มีความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 25 สามารถใช้ระยะเวลา 2 ชั่วโมงในการดูดความชื้นออกจากกระดาศกรองพีวีซีก่อนนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อเตรียมเก็บตัวอย่างฝุ่น ในขณะที่เดียวกันการปรับตู้ดูดความชื้นแบบไฟฟ้าให้มีความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 40 จะต้องใช้ระยะเวลาอย่างน้อย 4 ชั่วโมงในการดูดความชื้นออกจากกระดาศกรองพีวีซี ก่อนนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อเตรียมเก็บตัวอย่างฝุ่น และหากปรับตู้ดูดความชื้นแบบไฟฟ้าให้มีความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 60 จะต้องใช้ระยะเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมงในการดูดความชื้นออกจากกระดาศกรองพีวีซีก่อนนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อเตรียมเก็บตัวอย่างฝุ่น

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป มีดังนี้

6.2.1 ควรทำการทดลองเปรียบเทียบระยะเวลาการดูดความชื้นออกจากกระดาศกรองพีวีซี ภายหลังจากเก็บตัวอย่างฝุ่น เนื่องจากในสถานการณ์จริง การเก็บตัวอย่างฝุ่นจะมีการดูดปริมาตรอากาศผ่านเข้ามาในตลับกรองผ่านกระดาศกรองพีวีซีที่ใช้เก็บตัวอย่างฝุ่น ซึ่งความชื้นจะถูกดูดเข้ามาในกระดาศกรองพีวีซี ดังกล่าวด้วย การจะหาปริมาณฝุ่นที่ได้จากการเก็บตัวอย่าง จะต้องนำกระดาศกรองพีวีซีที่เก็บตัวอย่างฝุ่นแล้วไปดูดความชื้นออก แล้วไปชั่งน้ำหนัก หากความแตกต่างของน้ำหนักกระดาศกรองดังกล่าว ดังนั้น ระยะเวลาในการดูดความชื้นออกจากกระดาศกรองพีวีซีหลังจากเก็บตัวอย่างฝุ่นจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ทราบเฉพาะปริมาณฝุ่น โดยไม่รวมน้ำหนักของความชื้นด้วย

6.2.2 ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องทดลองให้เท่ากับความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ดูดความชื้น ทั้งก่อนและหลังเก็บตัวอย่างฝุ่น เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของน้ำหนักกระดาศกรองพีวีซี ที่ถูกชั่งน้ำหนักในสภาวะเดียวกันกับสภาวะการดูดความชื้นออกจากกระดาศกรองพีวีซี ในตู้ดูดความชื้น เนื่องจากหากกระดาศกรองพีวีซีอยู่ในสภาวะเดียวกันตลอดเวลาการทดลองจะช่วยป้องกันการรับความชื้นเข้าไปในกระดาศกรองอีกหลังจากนำออกมาจากตู้ดูดความชื้นแล้ว

7. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนรัตนโกสินทร์สมโภชน 200 ปี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

8. เอกสารอ้างอิง (References)

- กระทรวงแรงงาน. (2556). *กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตราย พ.ศ. 2556.*
- กัลยา วณิชย์ปัญญา. (2548). *การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พรพิมล กองทิพย์. (2543). *สุขศาสตร์อุตสาหกรรม.* กรุงเทพฯ: นำอักษรการพิมพ์.

- นวลตา ม่วงน้อยเจริญ และ นลินี ศรีพวง. (2550). สารพิษกับงานอาชีพอนามัยและความปลอดภัย ใน เอกสารการสอนชุดวิชาพิษวิทยาและอาชีพเวชศาสตร์. นนทบุรี:มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- ฤทัย เพลงวัฒนา. (2559). ความชื้นสัมพัทธ์กับฤดูกาล. Retrieved January 20, 2018, from <http://earthscience.ipst.ac.th/wp-content/uploads/sites/19/2015/04/สถิติความชื้นสัมพัทธ์กับฤดูกาล>
- ศิริชัย พงษ์วิชัย. (2551). การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ด้วยคอมพิวเตอร์. พิมพ์ครั้งที่ 19. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวัชร บัวแย้ม. (2551). การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์มลพิษทางอากาศที่เป็นอนุภาค ใน เอกสารการสอนชุดวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรม: การประเมิน. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- ACGIH. (2014). *TLVs and BEIs Based on the Documentation of the Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices*.
- Beverly, C. S. and Susanne, H. V. (1995). *Air Sampling Instruments for evaluation of atmospheric contaminants. 8th ed.* Ohio: ACGIH, Inc.
- Bisesi, M. S. and Kohn, J. P. (1995). *Industrial Hygiene Evaluation Method*. Florida : CRC Press, Inc.
- Eugene, K. R., et al. (2003). *NIOSH Manual of Analytical Methods*. Retrieved February 5, 2013, from <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/chapter-e.pdf>
- Health and Safety Laboratory. (2000). 14/3 *General methods for sampling and gravimetric analysis of respirable and inhalable dust* in Methods for Determination of Hazardous Substances.
- HSE. (2000) *Dust in the workplace General principles of protection Guidance Note EH44* (Fourth edition) Retrieved December 19, 2013, from <http://www.hse.gov.uk/pubns/eh44.pdf>
- HSE. (2000). *Low toxicity dust*. Retrieved March 31, 2013, from <http://www.hse.gov.uk/aboutus/meetings/iacs/acts/watch/220207/lowtoxicitydusts.pdf>
- Metler-Toledo. (2018). *ประจุไฟฟ้าสถิตในการชั่งน้ำหนัก*. Retrieved April 26, 2013, from <https://www.mt.com/th/th/home/library/white-papers/laboratory-weighing/excellence/electrostatic-charges-during-weighing.html>
- NIOSH. (1994). *PARTICULATES NOT OTHERWISE REGULATED: METHOD 0500*, Issue 3, dated 15 January 1998 - Page 1 of 6 in NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition. Retrieved April 16, 2013, from <http://www.cdc.gov/niosh/2003-154/>
- OSHA. (2003). *Gravimetric Determination*. Retrieved April 16, 2013 from <http://www.osha.gov/Safety and Health Topics/Sampling & Analytical Methods/Index/Gravimetric Determination>
- Rowe, D. M., ed. (2006). *Thermo electric Handbook: Macro to Nano*. Taylor & Francis. ISBN 0-8493-2264-2.
- The LESA Project. (2556). *ความชื้นและเสถียรภาพของอากาศ* Retrieved March 6, 2013 from http://www.lesa.in.th/atmosphere/air_moisture/air_moisture/atm_moisture.htm
- US-EPA. (1999). *Method IO-3.1* Retrieved April 26, 2013 from <http://www.epa.gov/ttnamti1/files/ambient/inorganic/mthd-3-1.pdf>.