



รายงานการวิจัย

เรื่อง

การพัฒนาชุดการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงยา

Development of education sets for the flowability study
of medicinal powders

โดย

อิทธิฤทธิ์ มูลเมือง

ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจาก

โครงการพัฒนางานประจำสู่งานวิจัย (R2R) รุ่นที่ 11 มหาวิทยาลัยพะเยา

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567

การพัฒนาชุดการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงยา

Development of education sets for the flowability study of medicinal powders



คณะเภสัชศาสตร์
มหาวิทยาลัยพะเยา

การพัฒนาชุดการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงยา

Development of education sets for the flowability study of medicinal powders

นายอิทธิฤทธิ์ มูลเมือง

การวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการพัฒนางานประจำสู่งานวิจัย (R2R) รุ่นที่ 11

มหาวิทยาลัยพะเยา

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567



.....ผู้ดำเนินโครงการ

(นายอิทธิฤทธิ์ มูลเมือง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกสัชกรหญิง สุภาวดี บุญทา)

.....รักษาการแทน คณบดีคณะเภสัชศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เกสัชกร งามใจ มณีใหม่)

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัย “การพัฒนาชุดการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงยา (Development of education sets for the flowability study of medicinal powders)” จะสำเร็จลุล่วงไปไม่ได้หากไม่ได้รับความกรุณาและความร่วมมือจากฝ่ายต่างๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ส่งเสริม อำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัย

ขอขอบพระคุณ อธิการบดีมหาวิทยาลัยพะเยา ตลอดจนผู้บริหาร คณบดีคณะเภสัชศาสตร์ รองคณบดี และคณาจารย์ในคณะเภสัชศาสตร์

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกษักรหญิง สุภาวดี บุญทา อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาแนะนำและเสนอข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขงานวิจัยให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ประโยชน์และความดีอันพึงมีจากการวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบอุทิศเป็นกตัญญูตราบาปแต่ บิดา มารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

อนึ่งหากการวิจัยนี้มีข้อบกพร่องประการใด ผู้จัดทำขอน้อมรับข้อบกพร่องเหล่านั้นเพื่อประโยชน์ ในการจัดทำกรวิจัยครั้งต่อไป



อิทธิฤทธิ์ มูลเมือง
กรกฎาคม 2567

ชื่อเรื่อง: การพัฒนาชุดการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงยา (Development of education sets for the flowability study of medicinal powders)

นักวิจัย : นายอิทธิฤทธิ์ มูลเมือง

หน่วยงาน: มหาวิทยาลัยพะเยา

คณะ : คณะเภสัชศาสตร์

ปีที่จัดพิมพ์: พ.ศ.2567

แหล่งทุน: มหาวิทยาลัยพะเยา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567

บทคัดย่อ

ในการวิจัยการพัฒนาชุดการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงยา (Development of education sets for the flowability study of medicinal powders) นี้ ได้ชุดการเรียนรู้ 2 ชุด คือชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method) และชุดนวัตกรรมการเรียนรู้การไหล (flowability) ของผงยา ชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method) เป็นชุดทดลองศึกษาความหนาแน่นของผงยาเมื่อนำมาใช้งานจริง ช่วยให้สินค้ามีความสะดวกในการใช้งาน และช่วยให้ความเสี่ยงในการทำกระบอกตวง ซึ่งเป็นอุปกรณ์ในการทดลองซึ่งมีราคาแพง ซึ่งเมื่อนำมาใช้งานแล้วช่วยให้การแตกเสียหาย ลดน้อยลงไปตาม หรือแทบไม่มีการแตกเสียหายเลย เมื่อเทียบกับวิธีการเดิม ชุดนวัตกรรมการเรียนรู้การไหล (flowability) ของผงยา เป็นการทดลองอีกชุดที่ศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงยา จากการใช้งานจริง พบว่ามีความสะดวกในการใช้งาน มีความรวดเร็วในการประกอบชุดอุปกรณ์การศึกษาการไหล ประหยัดเวลาเมื่อเทียบกับชุดทดลองเดิมมาก เมื่อนำชุดการเรียนรู้ทั้ง 2 ชุดไปใช้งาน พร้อมทั้งประเมินผล พบว่ามีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก ที่ค่าเฉลี่ย 4.88 ± 0.32 ของชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method) และมีค่าเฉลี่ย 4.89 ± 0.30 ในชุดนวัตกรรมการเรียนรู้การไหล (flowability) ของผงยา

ชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method) และชุดนวัตกรรมการเรียนรู้การไหล (flowability) ของผงยามีคะแนนการรับรู้การใช้ประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้าคุณสมบัติการไหลของผงยาสูงกว่าอุปกรณ์การเรียนแบบเดิมของแต่ละวิธีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อทดสอบด้วยสถิติ T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น $\alpha = .05$ คะแนนการรับรู้การใช้ประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้าคุณสมบัติการไหลของผงยา ของชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method) และอุปกรณ์การเรียนแบบเดิมมีค่าเท่ากับ 4.83 ± 0.30 และ 2.89 ± 0.93 ตามลำดับ คะแนนการรับรู้การใช้ประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้าคุณสมบัติการไหลของผงยาของชุดนวัตกรรมการเรียนรู้การไหล (flowability) ของผงยาและอุปกรณ์การเรียนแบบเดิมมีค่าเท่ากับ 4.55 ± 0.54 และ 2.44 ± 0.94 ตามลำดับ จากผลการประเมินคะแนนดังกล่าวบ่งชี้ว่า ชุดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นทั้งสองชุดมีประโยชน์ต่อการเรียนการสอนหัวข้อการศึกษาค้นคว้าคุณสมบัติการไหลของผงยา อย่างมีนัยสำคัญ

Abstract

This research developed two learning sets for studying the flowability properties of medicinal powders: the 3-tap method and the flowability innovation set. The 3-tap method experimental set determines powder density and is user-friendly. By reducing the use of expensive measuring cylinders, it significantly decreases equipment damage. The flowability innovation set efficiently studies powder flow properties, offering quick assembly and time savings compared to traditional methods. Evaluations revealed high satisfaction for both sets, with mean scores of 4.88 ± 0.32 and 4.89 ± 0.30 , respectively. T-tests confirmed significantly higher perceived usability for both developed sets compared to traditional equipment ($p < .05$). The 3-tap method scored 4.83 ± 0.30 versus 2.89 ± 0.93 , while the flowability innovation set scored 4.55 ± 0.54 versus 2.44 ± 0.94 . These results indicate the exceptional utility of both learning sets for teaching powder flowability properties.



สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	2
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....	2
2 ทบทวนวรรณกรรม	3
หลักการออกแบบสื่อการสอน.....	3
ADDIE Model.....	7
หลักการความฟูและอัตราการใช้ของผงยา.....	14
Bulk density.....	15
Tapped density.....	16
ความสามารถในการไหลของอนุภาคหรือผงยา.....	17
ความหนาแน่น.....	18
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องมือและระบบในห้องปฏิบัติการ.....	21
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	26
3 วิธีดำเนินการวิจัย	28
วิธีการดำเนินการวิจัย.....	28
ขอบเขตการวิจัย (Scope of the study).....	28
นิยามศัพท์ (Terms or Definitions).....	29
ระเบียบวิธีวิจัย (Research Methodology).....	29
การดำเนินการวิจัย	30
การหาความหนาแน่นของอนุภาคตามการทดลองตามบทปฏิบัติการ.....	30
การหาความหนาแน่นของอนุภาค โดยใช้ชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method) ที่ประดิษฐ์ขึ้น	33

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
การทดสอบปฏิบัติการการไหลของอนุภาค	34
การทดสอบปฏิบัติการการไหลของอนุภาค โดยใช้ชุดการเรียนรู้การไหล (flowability) ของอนุภาค.....	36
ประเมินความพึงพอใจ.....	38
4 ผลการวิจัย.....	40
ผลการวิจัย.....	40
ชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method)	40
ชุดการเรียนรู้การไหลด้วยวิธีการประเมินด้วยการวัด angle of repose ของอนุภาค	42
การประเมินความพึงพอใจต่อชุดนวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัติการ ไหลของผงยา ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติการ.....	42
5 สรุปผลการวิจัย.....	45
สรุปผลการวิจัย.....	45
อภิปรายผลการวิจัย.....	46
ข้อคิดเห็น และข้อเสนอแนะ.....	46
บรรณานุกรม.....	47
ภาคผนวก.....	48
ผลแบบประเมินความพึงพอใจต่อชุดนวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัติ การไหลของผงยา.....	49
ประวัติผู้วิจัย.....	51

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
1 แสดง ADDIE Model.....	7
2 แสดงความคาดหวัง (Expectation) หรือ กำหนดเป้าหมาย (Target / Goal).....	7
3 แสดงการวิเคราะห์ Development Gap.....	8
4 แสดง Learning System.....	9
5 แสดง Follow Up & Evaluation System.....	9
6 แสดง Course & Learning Plan.....	10
7 แสดงบริการ Learning.....	11
8 แสดง Development (การพัฒนา).....	11
9 แสดง Implement (การดำเนินการ).....	12
10 แสดง Evaluation (การประเมินผล).....	13
11 แสดงระบบ ADDIE Model ของการวิจัยนวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อการศึกษา คุณสมบัติการไหลของผงยา.....	14
12 แสดงอุปกรณ์ชุดทดสอบ angle of repose.....	22
13 แสดงอุปกรณ์การหาความหนาแน่นของอนุภาค.....	32
14 แสดงการเคาะอุปกรณ์การหาความหนาแน่นของอนุภาค.....	32
15 แสดงเครื่องวัดความหนาแน่นแบบเคาะ (Tap Density Tester).....	32
16 แสดงชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method) ที่ประดิษฐ์ขึ้น.....	33
17 แสดงอุปกรณ์หาการไหล (flowability) ของอนุภาค.....	35
18 แสดงอุปกรณ์ชุดการเรียนรู้การไหล (flowability) ของอนุภาค ที่ประดิษฐ์ขึ้น.....	37
19 แสดงแบบประเมินการพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัติการไหลของ ผงยา.....	39
20 แสดงแบบประเมินก่อน-หลังการมีชุดนวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัติการ ไหลของผงยา.....	39
21 แสดงชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method).....	41
22 แสดงชุดนวัตกรรมการเรียนรู้การไหล (flowability) ของผงยา.....	42
23 แสดงการใช้งานทดลองชุดนวัตกรรมการเรียนรู้.....	43
24 แสดงข้อเสนอแนะในการปรับใช้ Vernier caliper แทนฉากเหล็ก.....	46

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงความหนาแน่นของสสารชนิดต่าง ๆ	19
2 แสดงความหนาแน่นของอากาศ เมื่อเทียบกับอุณหภูมิจ.....	20
3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า angle of repose กับสมบัติการไหลของผงยา.....	22
4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า compressibility index และ Hausner ratio กับ สมบัติการไหลของผงยา.....	25





บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การจัดการเรียนการสอนใน รายวิชา 341321 เกสัชกรรม 3 ของหลักสูตรเภสัชศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารทางเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ นั้น เนื้อหาของรายวิชาครอบคลุมเกี่ยวกับ ยาในรูปแบบของแข็ง ซึ่งต้องมีการศึกษาเนื้อหาเกี่ยวกับอนุภาคศาสตร์ แนวคิดการออกแบบและการเตรียมยาผง ยาเม็ด ยาเม็ดเคลือบ แคปซูล เพลเลต ไมโครแคปซูล และระบบนำส่งยาอื่น ๆ การควบคุมคุณภาพของยาเตรียมรูปแบบของแข็ง เช่น ความแข็ง ความหนา ความแปรปรวนของน้ำหนัก การแตกกระจายตัว การละลาย การปฏิบัติที่ดีในการผลิตยา ปฏิบัติการการศึกษาคุณสมบัติของอนุภาค การเตรียมและการควบคุมคุณภาพเภสัชภัณฑ์รูปแบบของแข็ง โดยในการศึกษาและการพัฒนาสูตรตำรับยาในรูปแบบของแข็งนั้น การประเมินความฟูของผงยาและการประเมินการไหลของผงยามีความจำเป็นอย่างยิ่ง โดยในการจัดการเรียนการสอนหัวข้อนี้จัดอยู่ในหัวบรรยายและภาคปฏิบัติการเรื่อง อนุภาคศาสตร์ (Micromeritics) ในรายวิชา เกสัชกรรม 3 การจัดการเรียนการสอนในภาคปฏิบัติการ ซึ่งลักษณะเป็นชั้นเรียนขนาดปานกลางที่มีการแบ่งกลุ่มย่อยเป็นกลุ่มละ 7-8 คน จากสภาพการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนมักพบปัญหาด้านความพร้อมและโอกาสในการใช้เครื่องมือที่เป็นเครื่องมือเฉพาะและราคาสูงทำให้มีจำนวนจำกัด ซึ่งส่งผลกระทบต่อความรู้ความเข้าใจ ทักษะและพฤติกรรมของนิสิตทำให้ขาดความมั่นใจในการทำปฏิบัติการ ถือเป็นอุปสรรคสำคัญต่อประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนของภาคปฏิบัติการ รายวิชา เกสัชกรรม 3 นอกจากนี้ ผู้วิจัยและอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัย พบปัญหาจากการสังเกตทักษะการประเมินการไหลผงยาเพื่อหา bulk volume ด้วยวิธี 3- tap method และการประเมินการไหลของผงยาด้วยวิธี angle of repose โดยประเมินด้วยการสังเกตและสอบถามผู้เรียนในกลุ่มที่ 3 หมู่เรียนที่ 2 จำนวน 8 คน ที่เรียนรายวิชา 341321 เกสัชกรรม 3 ในภาคการศึกษาที่ 1/2566 พบว่า ผู้เรียนทั้ง 8 คน หรือร้อยละ 100 ของผู้เรียนที่ถูกประเมินนั้น ประเมินเพื่อหา bulk volume ด้วยวิธี 3- tap method ด้วยเทคนิคที่ไม่ถูกต้อง และผู้เรียนทั้ง 8 คน มีการประเมินการไหลของผงยาด้วยวิธี angle of repose ด้วยเทคนิคที่แตกต่างกัน จากปัญหาดังข้างต้น แนวทางหนึ่งที่จะทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนสัมฤทธิ์ผล มีความรู้ความเข้าใจและประสบความสำเร็จ คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้นวัตกรรมชุดการเรียนรู้เพื่อเสริมความเข้าใจของนิสิตในการเรียนรู้ในหัวข้อนั้นๆ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนานวัตกรรมชุดการเรียนรู้เรื่องการไหลของผงยาสำหรับนิสิตเภสัชศาสตร์ ในการเรียนภาคปฏิบัติการของรายวิชา 341321 เกสัชกรรม 3 โดยพัฒนาชุดการเรียนรู้ 2 ชุด ได้แก่ 1) ชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method) และ 2) ชุดการเรียนรู้การไหลด้วยวิธีการประเมินด้วยการวัด angle of repose ของอนุภาค จากนั้นประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนในการใช้นวัตกรรมชุดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงยาสำหรับนิสิตเภสัชศาสตร์ ในรายวิชา 341321 เกสัชกรรม 3
2. เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนในการใช้นวัตกรรมชุดการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงยา ในการเรียนภาคปฏิบัติการในรายวิชา 341321 เกสัชกรรม 3

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตเชิงพื้นที่ คือ ห้องปฏิบัติการเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์
2. ขอบเขตเชิงกิจกรรม
พัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้เรื่องความฟูและอัตราการไหลของผงยา
- ชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method)
- ชุดการเรียนรู้การไหล (flowability) ของอนุภาค

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. Bulk density คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักต่อปริมาตรของผงยาที่ยังไม่ผ่านการเคาะหรือทำให้อัดแน่น
2. Tapped density คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักต่อปริมาตรของผงยาที่ผ่านการเคาะหรือทำให้อัดแน่น
3. Flowability คือ ความสามารถในการไหลของอนุภาคหรือผงยา

ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

1. ได้ชุดนวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงยาสำหรับนิสิตเภสัชศาสตร์ ในรายวิชา 341321 เกสัชกรรม 3
2. ได้ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนในการใช้นวัตกรรมชุดการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงยา ในการเรียนภาคปฏิบัติการในรายวิชา 341321 เกสัชกรรม 3

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

หลักการออกแบบสื่อการสอน

ในการออกแบบ จำเป็นต้องศึกษาและเข้าใจขั้นตอนในการออกแบบ เพื่อนำมาประยุกต์เป็นแนวทางในการปฏิบัติและลงมือสร้างบทเรียน เพื่อให้ได้ผลงานที่ถูกต้องตามจุดประสงค์ เมื่อศึกษาและเข้าใจในการออกแบบดีแล้วย่อมจะทำให้ผลงานนั้นออกมาอย่างมีประสิทธิภาพ

หลักการเกี่ยวกับการออกแบบ

หลักการออกแบบประกอบไปด้วย 9 ขั้นตอน ซึ่งขั้นตอนเหล่านี้ออกแบบสำหรับชั้นเรียนปกติ แต่ได้นำมาประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอนด้วยคอมพิวเตอร์ได้ หลักการสอนประกอบด้วย 9 ขั้นตอน ดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 ได้รับความสนใจ (Gain Attention)
- ขั้นตอนที่ 2 บอกวัตถุประสงค์ (Specify Objectives)
- ขั้นตอนที่ 3 ทวนความรู้เดิม (Activate Prior Knowledge)
- ขั้นตอนที่ 4 การเสนอเนื้อหา (Present New Information)
- ขั้นตอนที่ 5 ชี้แนวทางการเรียนรู้ (Guide Learning)
- ขั้นตอนที่ 6 กระตุ้นการตอบสนอง (Elicit Responses)
- ขั้นตอนที่ 7 ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback)
- ขั้นตอนที่ 8 ทดสอบความรู้ (Assess Performance)
- ขั้นตอนที่ 9 การจำและนำไปใช้ (Promote Retention and Transfer)

ได้รับความสนใจ (Gain Attention) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอน ต้องมีลักษณะที่ได้รับความสนใจและดึงดูดความสนใจของผู้เรียน เพื่อเป็นการกระตุ้นและเกิดแรงจูงใจให้ผู้เรียนมีความต้องการที่จะเรียน ผู้ออกแบบจึงต้องกำหนดสิ่งที่จะดึงดูดความสนใจ เพื่อให้เกิดพฤติกรรมและเป้าหมายตามที่ต้องการ ส่วนใหญ่จะเริ่มด้วยหน้านำเรื่อง ซึ่งควรมีรูปภาพ ภาพเคลื่อนไหวหรือสีสันต่าง ๆ เพื่อให้ น่าสนใจ ซึ่งก็ต้องเกี่ยวข้องกับบทเรียนด้วย คือการแสดงชื่อของบทเรียน ชื่อผู้สร้างบทเรียน การแนะนำเรื่อง หรือการแนะนำเนื้อหาของบทเรียน สิ่งที่ต้องพิจารณาเพื่อได้รับความสนใจของผู้เรียน มีดังนี้

- ใช้กราฟิกเกี่ยวข้องกับส่วนเนื้อหา ควรมีขนาดใหญ่ ชัดเจน ไม่ซับซ้อน
- ใช้ภาพเคลื่อนไหว (Animation) หรือเทคนิคอื่นๆ เพื่อแสดงการเคลื่อนไหวที่ควรสั้นและง่าย
- ควรใช้สีเข้าช่วยโดยเฉพาะสีเขียว น้ำเงินหรือสีเข้มอื่น ๆ ที่ตัดกับพื้นชัดเจน
- ใช้เสียงให้สอดคล้องกับกราฟิก
- กราฟิกควรจะใช้เทคนิคที่แสดงผลได้อย่างรวดเร็ว
- กราฟิกที่ใช้ต้องเกี่ยวข้องกับเนื้อหาและเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน

บอกวัตถุประสงค์ (Specify Objectives) การบอกวัตถุประสงค์แก่ผู้เรียน เพื่อเป็นการให้ผู้เรียนได้ทราบถึงเป้าหมายในการเรียนหรือสิ่งที่คุณเรียนสามารถทำได้หลังจากที่เรียนจบบทเรียน ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นจุดประสงค์กว้าง ๆ จนถึงจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม การบอกจุดประสงค์จะทำให้ผู้เรียนทำความเข้าใจเนื้อหาได้ดีขึ้น สิ่งที่ต้องพิจารณาในการบอกวัตถุประสงค์ มีดังนี้

- ใช้คำสั้น ๆ และเข้าใจได้ง่าย
- หลีกเลี่ยงคำที่ยังไม่เป็นที่รู้จักและเป็นที่ยอมรับ โดยทั่วไป
- ไม่ควรกำหนดวัตถุประสงค์หลายข้อเกินไปในเนื้อหาแต่ละส่วน
- ผู้เรียนควรมีโอกาสที่จะทราบว่าหลังจบบทเรียนเขาสามารถนำไปใช้ทำอะไรได้บ้าง
- หากบทเรียนนั้นยังมีบทเรียนย่อย ๆ ควรบอกจุดประสงค์กว้าง ๆ และบอกจุดประสงค์เฉพาะส่วนของบทเรียนย่อย

ทวนความรู้เดิม (Activate Prior Knowledge) ลักษณะของการทวนความรู้เดิมของผู้เรียน เป็นการทบทวนหรือการเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิม เพื่อเชื่อมกับความรู้ใหม่ ซึ่งผู้เรียนจะมีพื้นฐานความรู้ที่แตกต่างกันออกไป การรับรู้สิ่งใหม่ ก็ควรจะมีการประเมินความรู้เดิม คือการทดสอบก่อนการเรียน และเพื่อเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการระลึกความรู้เดิมเพื่อเตรียมพร้อมในการเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ ซึ่งการทดสอบจะทำให้ผู้เรียนได้รู้ตัวเองและกลับไปทบทวนในสิ่งที่เกี่ยวข้อง สำหรับคนที่รู้ในเนื้อหาบทเรียนดีแล้ว อาจข้ามบทเรียนไปยังเนื้อหาอื่นๆ ต่อไป การจะทำแบบทดสอบก่อนเรียนหรือไม่ก็ขึ้นอยู่กับพิจารณาของบทเรียนเพื่อให้เกิดความเหมาะสม สิ่งที่จะต้องพิจารณาในการทบทวนความรู้เดิม มีดังนี้

- ไม่ควรคาดหวังว่าผู้เรียนมีความรู้พื้นฐานก่อนแล้วจึงมาศึกษาเนื้อหาใหม่ ควรมีการทดสอบหรือให้ความรู้เพื่อเป็นการทบทวนให้พร้อมที่จะรับความรู้ใหม่
- การทดสอบหรือทบทวนควรให้กระชับและตรงตามวัตถุประสงค์
- ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนออกจากแบบทดสอบหรือเนื้อหาใหม่เพื่อไปทบทวนได้ตลอดเวลา
- หากไม่มีการทดสอบ ควรมีการกระตุ้นให้ผู้เรียนกลับไปทบทวนหรือศึกษาในสิ่งที่เกี่ยวข้อง

การเสนอเนื้อหา (Present New Information) การเสนอเนื้อหาใหม่เป็นการนำเสนอเนื้อหาโดยใช้ตัวกระตุ้นที่เหมาะสม เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการเรียนการสอนเพื่อให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ รูปแบบการนำเสนอมีหลายลักษณะ ได้แก่ การใช้ข้อความ ภาพนิ่ง กราฟ ตารางข้อมูล กราฟิก ตลอดจนภาพเคลื่อนไหว ซึ่งเป็นการใช้สื่อหลายรูปแบบที่เรียกว่าสื่อประสม เป็นการเร้าความสนใจของผู้เรียน สิ่งที่จะต้องพิจารณาในการนำเสนอเนื้อหาใหม่ มีดังนี้

- ใช้ภาพนิ่งประกอบการเสนอเนื้อหา โดยเฉพาะส่วนเนื้อหาที่สำคัญ
- พยายามใช้ภาพเคลื่อนไหวในเนื้อหาที่ยาก และที่มีการเปลี่ยนแปลงตามลำดับใช้แผนภูมิ แผนภาพ แผนสถิติ สัญลักษณ์หรือภาพเปรียบเทียบประกอบเนื้อหา
- ในเนื้อหาที่ยากและซับซ้อนให้เน้นข้อความที่สำคัญ ซึ่งอาจเป็นการตีกรอบ ชัดเส้นใต้ การกระพริบ การทำสีให้เด่น
- ไม่ควรใช้กราฟิกที่เข้าใจยากหรือไม่เกี่ยวกับเนื้อหา

- จัดรูปแบบของคำ ข้อความให้นำอ่าน เนื้อหาที่ยาวให้จัดกลุ่ม แบ่งตอน

ชี้แนวทางการเรียนรู้ (Guide Learning) การชี้แนวทางการเรียนรู้ เป็นการใช้ในชั้นเรียนตามปกติ ซึ่งผู้สอนจะยกตัวอย่างหรือตั้งคำถามชี้แนะแบบกว้าง ๆ ให้แคลง เพื่อให้ผู้เรียนวิเคราะห์เพื่อค้นหาคำตอบ สำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนควรต้องใช้ในการสร้างสรรค์เทคนิคเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนค้นหาคำตอบด้วยตนเอง การจัดกิจกรรมที่เหมาะสม เพื่อเป็นตัวชี้แนวทาง สิ่งที่จะต้องพิจารณาในการชี้แนวทางการเรียนรู้ มีดังนี้

- แสดงให้ผู้เรียนได้เห็นถึงความสัมพันธ์ของเนื้อหาและช่วยให้เห็นสิ่งย่อนั้นมีความสัมพันธ์กับสิ่งใหม่อย่างไร
- แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของสิ่งใหม่กับสิ่งที่คุณเรียนมีความรู้หรือประสบการณ์มาแล้ว
- พยายามให้ตัวอย่างที่แตกต่างกันออกไป เพื่อช่วยอธิบายความคิดใหม่ให้ชัดเจนขึ้น
- การเสนอเนื้อหาที่ยาก ควรให้เห็นตัวอย่างที่เป็นรูปธรรมไปสู่นามธรรม ถ้าเนื้อหาไม่ยาก ให้เสนอตัวอย่างจากนามธรรมไปสู่รูปธรรม
- กระตุ้นให้ผู้เรียนคิดถึงความรู้และประสบการณ์เดิม

กระตุ้นการตอบสนอง (Elicit Responses) การกระตุ้นให้เกิดการตอบสนองจากผู้เรียน เมื่อผู้เรียนได้รับการชี้แนวทางการเรียนรู้แล้ว ต้องมีการกระตุ้นให้เกิดการตอบสนองโดยกิจกรรมต่าง ๆ ที่ทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการคิดและ ปฏิบัติเชิงโต้ตอบ เพื่อให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์ในการเรียน การกระตุ้นต้องจัดกิจกรรมให้เหมาะสม สิ่งที่ต้องพิจารณาในการกระตุ้นการตอบสนอง มีดังนี้

- พยายามให้ผู้เรียนได้ตอบสนองด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งตลอดการเรียน
- ควรให้ผู้เรียนได้มีโอกาสพิมพ์คำตอบหรือข้อความเพื่อสร้างความสนใจ แต่ก็ไม่ควรจะยาวเกินไป
- ถามคำถามเป็นช่วง ๆ ตามความเหมาะสมของเนื้อหา เพื่อสร้างความคิดและจินตนาการของผู้เรียน
- หลีกเลี่ยงการตอบสนองซ้ำ ๆ หลายครั้งเมื่อทำผิด ควรมีการเปลี่ยนกิจกรรมอย่างอื่นต่อไป
- ควรแสดงการตอบสนองของผู้เรียนบนแฟรมเดียวกันกับคำถาม รวมทั้งการแสดงคำตอบ

ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback) หลังจากที่ผู้เรียนได้รับการทดสอบความเข้าใจของตน ในเนื้อหา รวมทั้งการกระตุ้นการตอบสนองแล้ว จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ข้อมูลย้อนกลับหรือการให้ผลกลับไปยังผู้เรียนเกี่ยวกับความถูกต้อง การให้ผลย้อนกลับถือเป็นการเสริมแรงอย่างหนึ่ง การให้ข้อมูลย้อนกลับสามารถแบ่งขั้นตอนได้เป็น 4 ประเภทตามลักษณะที่ปรากฏได้ดังนี้

- แบบไม่เคลื่อนไหว หมายถึง การเสริมแรงด้วยการแสดงคำ หรือข้อความ บอกความ ถูก หรือ ผิด และรวมถึงการเฉย
- แบบเคลื่อนไหว หมายถึงการเสริมแรงด้วยการแสดงกราฟิก เช่น ภาพหน้ายิ้ม หน้าเสียใจ หรือมีข้อความประกอบให้ชัดเจน
- แบบโต้ตอบ หมายถึง การเสริมแรงด้วยการให้ผู้เรียนได้มีกิจกรรมเชิงโต้ตอบกับบทเรียน เป็นกิจกรรมที่จัดเสริมหรือเพื่อเกิดการกระตุ้นแก่ผู้เรียน เช่น เกมส์

- แบบทำเครื่องหมาย หมายถึง การทำเครื่องหมายบนคำตอบของผู้เรียนเมื่อมีการตอบคำถาม ซึ่งอยู่ในรูปของวงกลม ชีตเส้นใต้ หรือใช้สีที่แตกต่าง
- สิ่งที่ต้องพิจารณาในการให้ข้อมูลย้อนกลับ มีดังนี้
 - ให้มีการแสดงย้อนกลับทันทีหลังจากผู้เรียนโต้ตอบ
 - ถ้าใช้ภาพย้อนกลับ ควรเป็นภาพที่ง่าย เกี่ยวข้องกับเนื้อหา
 - บอกให้ผู้เรียนทราบว่า ถูก หรือผิด โดยแสดงในเฟรมเดียวกัน
 - ควรมีการสุ่มการ Feedback เพื่อสร้างความสนใจ
 - มีการเฉลยคำตอบหรือการอธิบายเพิ่มเติม

ทดสอบความรู้ (Access Performance) การทดสอบความรู้หลังเรียน เพื่อเป็นการประเมินผลว่า ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ได้ตามเป้าหมายหรือไม่อย่างไร การทดสอบอาจทำหลังจากผู้เรียนได้เรียนจบ วัตถุประสงค์หนึ่ง หรือหลังจากเรียนจบทั้งบทเรียนก็ได้ กำหนดเกณฑ์ในการผ่านให้ผู้เรียนได้ทราบ ผลจากการทดสอบจะทำให้ทราบว่าผู้เรียน ควรจะเรียนเนื้อหาบทเรียนใหม่หรือว่าควรต้องกลับไปทบทวน สิ่งที่ต้องพิจารณาในการออกแบบทดสอบหลังบทเรียน มีดังนี้

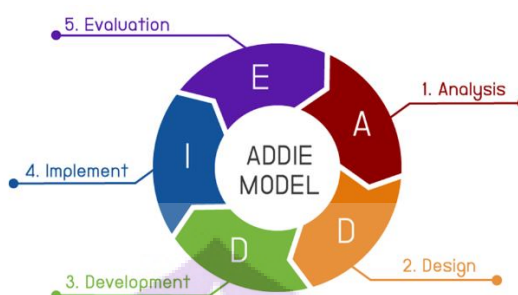
- ต้องแน่ใจว่าสิ่งที่ต้องการวัดนั้นตรงกับวัตถุประสงค์
- ข้อทดสอบ คำตอบและ Feedback อยู่ในเฟรมเดียวกัน
- หลีกเลี่ยงการให้พิมพ์คำตอบที่ยาวเกินไป
- ให้ผู้เรียนตอบครั้งเดียวในแต่ละคำถาม
- อธิบายให้ผู้เรียนทราบว่าควรจะตอบด้วยวิธีใด
- ควรมีรูปภาพประกอบด้วย นอกจากข้อความ
- คำนึงถึงความแม่นยำและความน่าเชื่อถือของแบบทดสอบด้วย

การจำและนำไปใช้ (Promote Retention and Transfer) สิ่งสุดท้ายสำหรับการสอน การจำและนำไปใช้ สิ่งสำคัญที่จะช่วยให้ผู้เรียนมีความคงทนในการจำข้อมูลความรู้ ต้องทำให้ผู้เรียนตระหนักว่า ข้อมูลความรู้ใหม่ที่ได้เรียนรู้ไปนั้นมีความสัมพันธ์กับความรู้เดิม หรือประสบการณ์เดิม โดยการจัดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้ เพื่อการเชื่อมโยงข้อมูลความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ รวมทั้งการนำไปใช้กับสถานการณ์ สิ่งที่ต้องพิจารณาในการจำและนำไปใช้ มีดังนี้

- ทบทวนแนวคิดที่สำคัญและเนื้อหาที่เป็นการสรุป
- สรุปให้ผู้เรียนได้ทราบว่าความรู้ใหม่มีความสัมพันธ์กับความรู้เดิมหรือประสบการณ์ที่ผ่านมาอย่างไร
- เสนอแนะเนื้อหาที่เป็นความรู้ใหม่ซึ่งจะนำไปใช้ประโยชน์ได้
- บอกแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาให้กับผู้เรียน

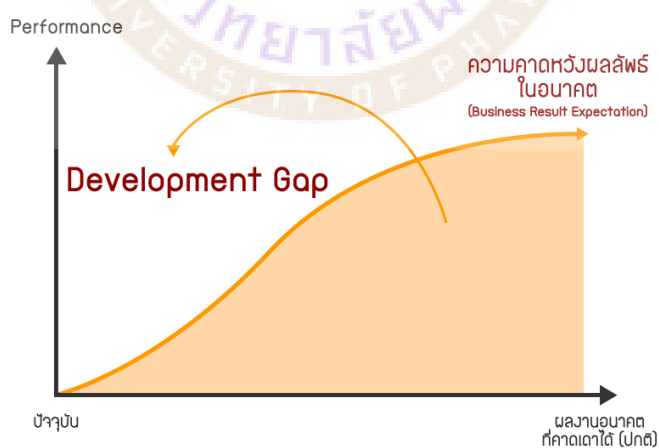
ADDIE Model

ADDIE Model คือ หลักการออกแบบกระบวนการเรียนรู้และพัฒนาอย่างเป็นระบบที่ได้รับการยอมรับทั่วโลก มีจุดมุ่งหมายในการออกแบบให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย ด้วยการวิเคราะห์ที่สาเหตุของปัญหา คิดค้นขึ้นโดย Florida State University's Center for Educational Technology ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ



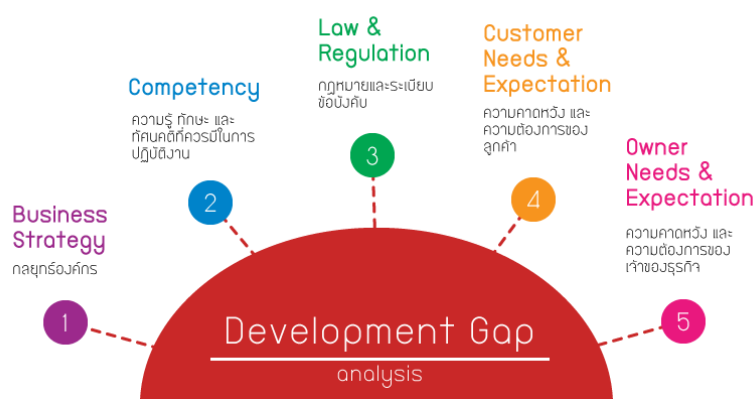
รูปที่ 1 ADDIE Model

1. Analysis (การวิเคราะห์) ในขั้นตอนของการวิเคราะห์นี้ เราจะเริ่มจากการค้นหาความคาดหวัง (Expectation) หรือ กำหนดเป้าหมาย (Target / Goal) ที่อยากจะได้จากการพัฒนาบุคลากรให้ได้ก่อน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับสถานการณ์หรือระดับความสามารถของบุคลากร (Performance) ในปัจจุบัน เพื่อให้ทราบว่าบุคลากรนั้นยังขาดความรู้ ทักษะ หรือทัศนคติในการทำงาน (Development Gap) มากน้อยแค่ไหน เช่น การออกแบบกระบวนการเรียนรู้ : กำหนดเป้าหมาย (Target / Goal) เช่น ความรู้ ทักษะ หรือ พฤติกรรมในการทำงานที่ต้องการพัฒนา ระดับของการเรียนรู้ที่ต้องการ



รูปที่ 2 ความคาดหวัง (Expectation) หรือ กำหนดเป้าหมาย (Target / Goal)

โดยหลักๆ แล้วแหล่งที่มาของเป้าหมาย หรือความคาดหวังที่จะใช้ในการวิเคราะห์ Development Gap มี 5 แหล่ง ดังนี้



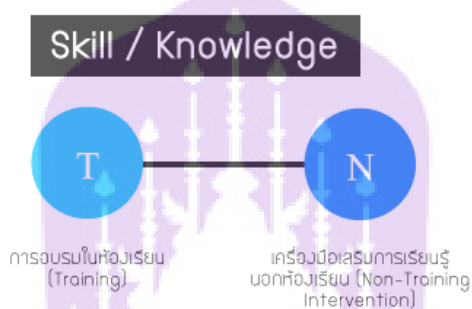
รูปที่ 3 การวิเคราะห์ Development Gap

- Business Strategy (กลยุทธ์องค์กร) คือ การกำหนดเป้าหมายในการพัฒนาบุคลากร โดยคำนึงถึงทิศทางการเติบโตที่องค์กรต้องการเป็นที่ตั้ง แล้ววิเคราะห์ว่าบุคลากรขององค์กรจำเป็นต้องมีความรู้ ทักษะ หรือพฤติกรรมที่สำคัญอะไรบ้าง เพื่อที่จะทำให้องค์กรเติบโตตามที่กำหนดในกลยุทธ์ขององค์กรได้
- Competency (ความรู้ ทักษะ และทัศนคติที่ควรมีในการปฏิบัติงาน) คือ การกำหนดเป้าหมายในการพัฒนาบุคลากร โดยคำนึงถึงบทบาทหน้าที่ในการปฏิบัติงานเป็นสำคัญ ว่าหากต้องการให้บุคลากรสามารถปฏิบัติงานได้ตามมาตรฐานของตำแหน่งนั้นๆ เขาจะต้องมีความรู้ ทักษะ และทัศนคติ หรือพฤติกรรมอย่างไรบ้าง
- Law & Regulation (กฎหมายและระเบียบข้อบังคับ) คือ การกำหนดเป้าหมายในการพัฒนาบุคลากร โดยอ้างอิงหัวข้อการอบรมตามที่มีระบุไว้ในกฎหมาย และระเบียบข้อบังคับ
- Customer Needs & Expectation (ความคาดหวัง และความต้องการของลูกค้า) คือ การกำหนดเป้าหมายในการพัฒนาบุคลากร โดยอ้างอิงข้อมูลจากความคาดหวัง หรือความต้องการของลูกค้าเป็นที่ตั้ง ว่าหากองค์กรต้องการตอบสนองความคาดหวัง และความต้องการของลูกค้าให้ได้นั้น บุคลากรขององค์กรจะต้องมีความสามารถทางด้านใดเพิ่มขึ้นบ้าง
- Owner Needs & Expectation (ความคาดหวัง และความต้องการของเจ้าของธุรกิจ) คือ การกำหนดเป้าหมายในการพัฒนาบุคลากร โดยอ้างอิงข้อมูลจากความคาดหวัง และความต้องการของเจ้าของธุรกิจเป็นที่ตั้ง ว่าบุคลากรขององค์กรจำเป็นต้องมีความสามารถทางด้านใดเพิ่มขึ้นบ้าง จึงจะทำให้ความคาดหวัง และความต้องการของเจ้าของธุรกิจเป็นจริงได้

เมื่อทราบเป้าหมายการพัฒนาที่ต้องการ และสถานการณ์ปัจจุบันแล้ว จึงจะนำเป้าหมายที่ได้มา กำหนดเป็นวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบกระบวนการเรียนรู้และพัฒนาให้กับบุคลากรที่สอดคล้องกับ วัตถุประสงค์และเป้าหมายในการพัฒนาต่อไป

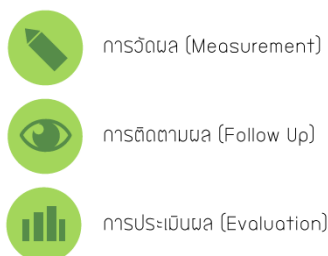
2. Design (การออกแบบ) การออกแบบกระบวนการเรียนรู้ : ออกแบบกระบวนการเรียนรู้ การวัด ติดตาม ประเมินผล และแผนการสอน ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ สำหรับการออกแบบนั้น People Value แบ่งการออกแบบออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

○ Learning System คือ บริการออกแบบระบบการเรียนรู้ที่จะปรับเปลี่ยนการเรียนรู้ที่ได้จากในห้องเรียน ไปสู่ความเข้าใจที่ลึกซึ้งขึ้นด้วยกระบวนการเรียนรู้นอกห้องเรียน เพื่อให้มั่นใจได้ว่า กระบวนการเรียนรู้มีความต่อเนื่อง และส่งมอบผลลัพธ์ได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้



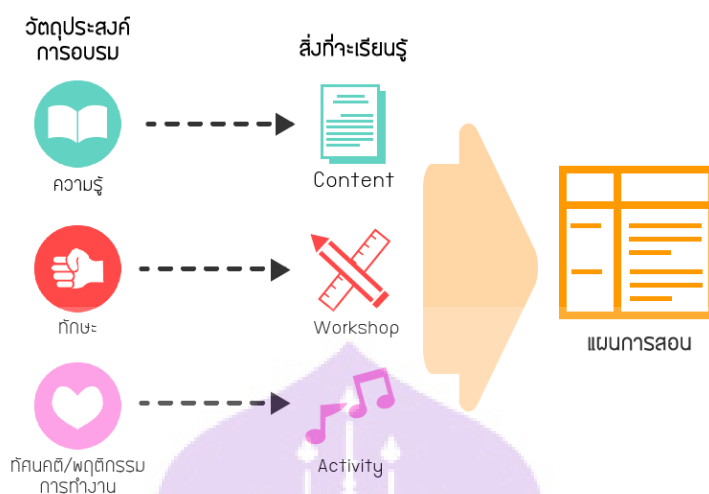
รูปที่ 4 Learning System

○ Follow Up & Evaluation System คือ กระบวนการวัด ติดตาม และประเมินผล เพื่อติดตามและพัฒนาทักษะ รวมถึงการปลูกฝังทัศนคติที่ควรมีในการทำงานให้แสดงออกมาเป็นพฤติกรรม พึงประสงค์ การออกแบบในส่วนนี้จึงมุ่งเน้นวิธีการวัด ติดตาม และประเมินผลการนำความรู้ ทักษะ และ ทัศนคติที่ได้จากการเรียนไปฝึกใช้ในการปฏิบัติจริง เพื่อให้เกิดประสบการณ์และพัฒนาเป็นความเชี่ยวชาญต่อไป



รูปที่ 5 Follow Up & Evaluation System

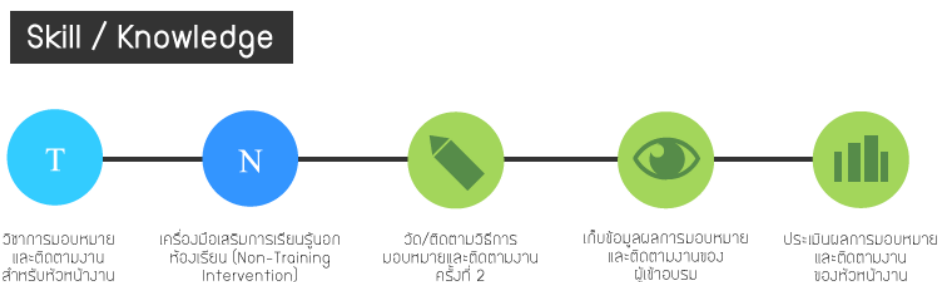
○ Course & Learning Plan นอกจากเป้าหมายในการพัฒนา กระบวนการที่จะใช้ และ ขั้นตอนการวัด ติดตาม และประเมินผลแล้ว เรายังจะต้องออกแบบโครงสร้างหลักสูตรและแผนการสอนที่ สอดคล้องกับเป้าหมายที่ต้องการอีกด้วย โดยรายละเอียดที่จะออกแบบในส่วนของหลักสูตรและแผนการ สอนนั้น ประกอบด้วย



รูปที่ 6 Course & Learning Plan

- เนื้อหา (Content) คือ สิ่งที่ผู้เรียนควรรู้เพื่อการพัฒนาให้ได้ตามผลลัพธ์ที่กำหนด เช่น องค์ความรู้ หลักคิด หรือทฤษฎีต่างๆ
- กิจกรรม (Activity) คือ กระบวนการที่ผู้เรียนจะได้ลงมือทำ เพื่อการสร้าง ความตระหนักถึงทัศนคติที่สำคัญ หรือพฤติกรรมที่ควรแสดงออก ตามผลลัพธ์หรือเป้าหมายที่กำหนด
- ภารกิจเพื่อการพัฒนาทักษะ (Workshop) คือ กระบวนการเรียนรู้และพัฒนา ทักษะที่ต้องการผ่านการฝึกปฏิบัติ โดยอาจเป็นสถานการณ์จำลอง หรือกรณีศึกษาที่เกิดขึ้นจริงทั้งในและ นอกองค์กรก็ได้ เช่น Role Play การระดมสมอง การเขียนแผนตามโจทย์ที่ได้รับ
- แผนการสอน (Learning Plan) คือ ลำดับการเรียนการสอน และ กระบวนการที่จะใช้ในการเรียนรู้ ตั้งแต่ เนื้อหา กิจกรรม และ Workshop โดยคำนึงถึงผลลัพธ์ที่จะได้จาก แต่ละขั้นตอน เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจได้ง่าย เสริมสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ตื่นตัว และสามารถต่อยอดการนำ ความรู้ที่ได้ไปใช้ได้จริง

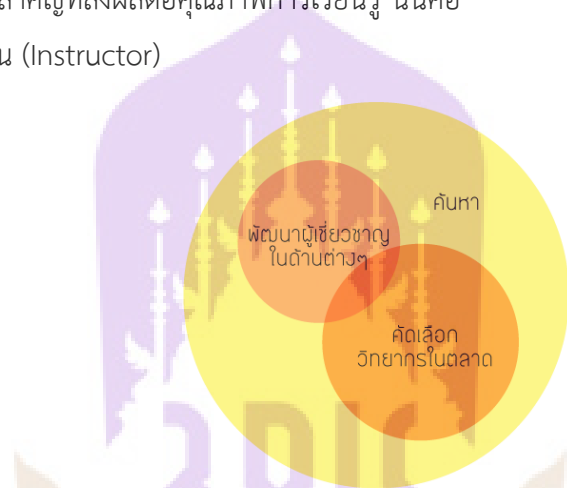
เมื่อรวมกระบวนการออกแบบทั้ง 3 เข้าด้วยกัน จะได้เป็นบริการ Learning คือ บริการ ออกแบบกระบวนการเรียนรู้ วัดผล ติดตาม และประเมินผลการพัฒนาบุคลากรอย่างเป็นระบบ ด้วยการ นำเอากระบวนการเรียนรู้ (Learning System) มาผสมผสานร่วมกับระบบการวัด ติดตาม และประเมินผล (Follow Up & Evaluation System) ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ หรือ ผลลัพธ์ที่ได้กำหนดไว้



รูปที่ 7 บริการ Learning

3. Development (การพัฒนา) การออกแบบกระบวนการการเรียนรู้ : สร้างชั้นเรียนทดลอง เพื่อการพัฒนาโครงสร้างหลักสูตร แผนการสอน และกระบวนการเรียนรู้ให้ได้ผลลัพธ์ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ เราจึงมุ่งเน้นการพัฒนา 2 ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพการเรียนรู้ นั่นคือ

- ผู้สอน (Instructor)



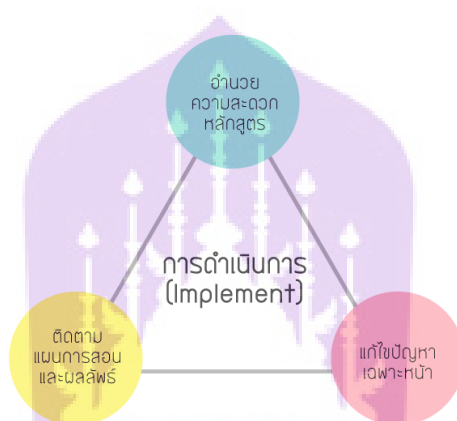
รูปที่ 8 Development (การพัฒนา)

- ค้นหา / คัดเลือก (Selection) People Value จะทำการค้นหาและคัดเลือกผู้สอนที่มีประสบการณ์ และมีความเชี่ยวชาญในหัวข้อและเนื้อหาที่จะสอนนั้นๆ สามารถยกตัวอย่างและตอบคำถามได้อย่างชัดเจน สื่อสารอย่างตรงไปตรงมา ให้คำแนะนำที่สามารถนำไปใช้ปฏิบัติได้จริง และสามารถที่จะยืดหยุ่นเนื้อหาการสอน และกระบวนการให้เหมาะสมกับกลุ่มผู้เรียนในแต่ละชั้นเรียนได้
- พัฒนา (Development): Train the Trainer นอกจากจะค้นหาผู้สอนที่มีมากประสบการณ์จากในวงการแล้ว People Value ยังมีโครงการ Train the Trainer ที่จะพัฒนาผู้ที่ต้องการเป็นวิทยากรให้สามารถดำเนินการสอน และส่งมอบผลลัพธ์ของการเรียนรู้ให้ได้ตามมาตรฐานที่ People Value กำหนดไว้อีกด้วย
 - สื่อการเรียนการสอน (Learning Media) ในการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนนั้น เราให้ความใส่ใจตั้งแต่สื่อการสอนในห้องเรียน ไปจนถึงสื่อที่ผู้เรียนจะสามารถนำติดตัวกลับไปสานต่อการเรียนรู้ นอกห้องเรียนได้ เช่น

- Power Point & VDO
- Manual (คู่มือผู้เรียน)
- Etc. (อื่นๆ)

และเพื่อยืนยันผลลัพธ์และคุณภาพของการออกแบบและพัฒนาการเรียนรู้นี้ People Value จึงมีการจัดชั้นเรียนทดลอง หรือ รุ่นทดลองเรียน (Prototype Class) โดยให้ความสำคัญกับการตอบสนองความคาดหวัง 2 ด้าน คือ Functional (สร้าง Result หรือผลลัพธ์ตามเป้าหมาย) และ Emotional (สร้าง Wonder หรือ ความรู้สึกบันดาลใจ)

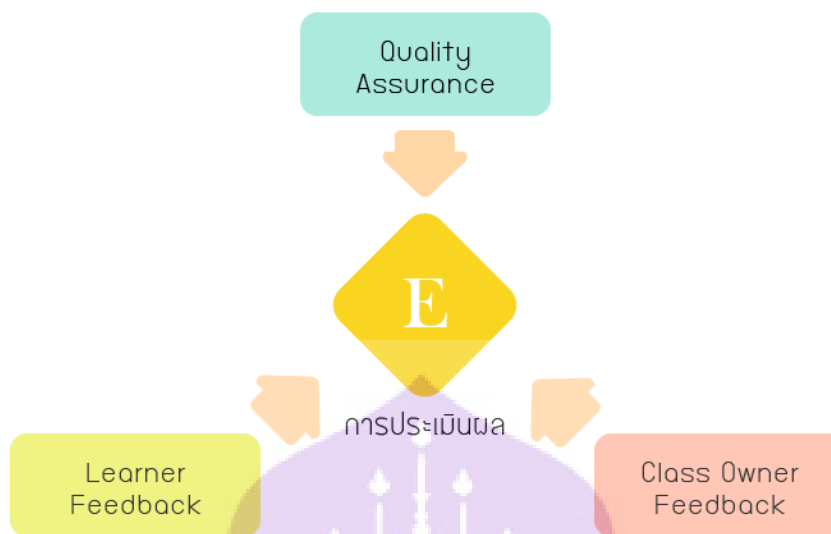
4. Implement (การดำเนินการ) การออกแบบกระบวนการเรียนรู้ : ดำเนินการเรียนรู้ตามกระบวนการที่ออกแบบไว้



รูปที่ 9 Implement (การดำเนินการ)

เพื่อการดูแลและรักษามาตรฐานการเรียนการสอนให้เกิดขึ้นจริง และมีความราบรื่นในการดำเนินการตามที่ออกแบบและวางแผนไว้ ในทุกหลักสูตรที่จัดขึ้น เราจึงมีผู้ประสานงานและดูแลการฝึกอบรมที่จะช่วยอำนวยความสะดวกและประสานงาน ติดตามแผนการสอนและผลที่ได้รับจากการสอน รวมถึงการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า เพื่อสนับสนุนให้เกิดบรรยากาศการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียนและผู้สอนที่สุด

5.Evaluation (การประเมินผล) การออกแบบกระบวนการเรียนรู้ : ประเมินผลการเรียนรู้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ สำหรับขั้นตอนของการประเมินผลนั้น เราจะประเมินผลจาก 3 ทางด้วยกัน นั่นคือ



รูปที่ 10 Evaluation (การประเมินผล)

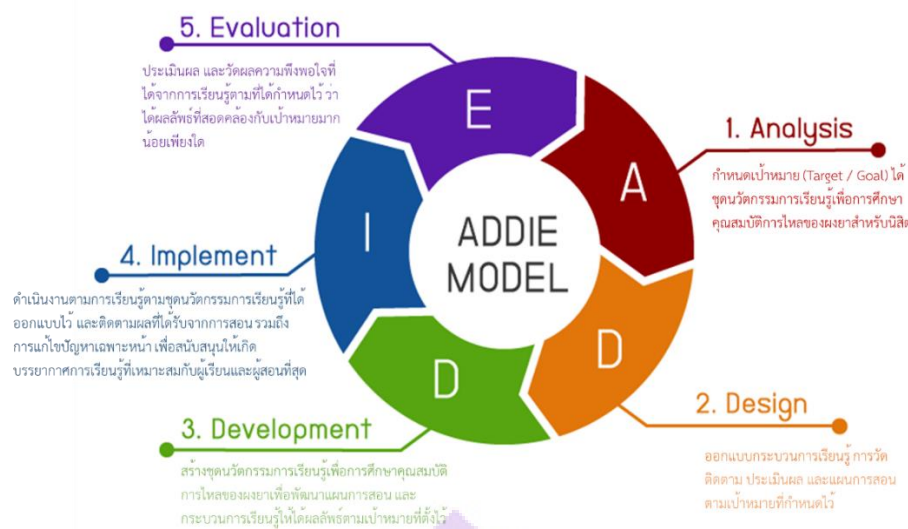
○ Learner Feedback (Reaction): การประเมินผลหลักสูตรหลังการอบรม การประเมินนี้จะวัดผลความพึงพอใจที่ได้จากการเรียนรู้ ซึ่งผู้เข้าอบรมจะเป็นผู้ให้คะแนนด้วยตัวเอง หากคะแนนในส่วนนี้มาก แสดงถึงแนวโน้มที่ผู้เรียนจะให้ความสนใจในการพัฒนาในหัวข้อที่ได้เรียนรู้นี้อย่างต่อเนื่อง หรือให้ความร่วมมือในการพัฒนาองค์กรตามความรู้ที่ได้เรียนมานี้ได้

○ Class Owner Feedback: เสียงสะท้อนจาก HRD ผู้ดูแลหลักสูตร การประเมินนี้จะวัดผลความสำเร็จของการพัฒนา โดย HRD ผู้ดูแลหลักสูตรเป็นผู้ให้คะแนนหลังจบหลักสูตรนั้นๆ โดยจะประเมินผลจากการเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับวัตถุประสงค์ หรือเป้าหมายที่กำหนดไว้ ว่าได้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับเป้าหมายมากน้อยเพียงใด

- Quality Assurance: การประเมินคุณภาพการเรียนการสอนจาก People Value การประเมินนี้จะวัดคุณภาพการเรียนการสอน โดย Course Designer ของ People Value ซึ่งจะประเมินคุณภาพตั้งแต่กระบวนการเรียนรู้ การถ่ายทอด ตั้งแต่ ก่อน ระหว่าง และ หลังการเรียนรู้ ว่าสนับสนุนให้เกิดผลลัพธ์ตามเป้าหมายที่ต้องการมากน้อยเพียงใด

ด้วยกระบวนการออกแบบโครงสร้างการเรียนรู้แบบ ADDIE นี้เอง เราจึงสามารถบริหารผลลัพธ์ของทุกการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จะมีหลักการออกแบบกระบวนการเรียนรู้และพัฒนาอย่างเป็นระบบ ADDIE Model โดยสรุปได้ดังนี้



รูปที่ 11 ระบบ ADDIE Model ของการวิจัยนวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัตินักเรียนของสงขลา

หลักการความฟูและอัตราการไหลของผงยา

ความฟูของผงยา หมายถึง ความสามารถของผงยาในการรักษาปริมาตรเมื่อเทลงในภาชนะ โดยไม่ต้องถูกบีบอัด ผงยาที่มีความฟูสูง จะมีปริมาณมากต่อหน่วยน้ำหนัก

อัตราการไหลของผงยา หมายถึง ความเร็วที่ผงยาไหลผ่านช่องว่าง ผงยาที่มีอัตราการไหลสูง จะไหลผ่านช่องว่างได้อย่างรวดเร็ว

ความสัมพันธ์ระหว่างความฟูและอัตราการไหล

โดยทั่วไปแล้ว ผงยาที่มีความฟูสูง จะมีอัตราการไหลสูง สาเหตุหลักคือผงยาที่มีความฟูสูง จะมีช่องว่างระหว่างอนุภาคผงยาอยู่มาก ซึ่งช่วยให้ผงยาไหลผ่านช่องว่างได้สะดวก

ปัจจัยที่มีผลต่อความฟูและอัตราการไหล

- ขนาดและรูปร่างของอนุภาคผงยา: อนุภาคผงยาที่มีขนาดเล็กและรูปร่างทรงกลม จะมีความฟูและอัตราการไหลสูง
- ความชื้นของผงยา: ผงยาที่มีความชื้นสูง จะมีความฟูและอัตราการไหลต่ำ
- ความหนาแน่นของผงยา: ผงยาที่มีความหนาแน่นสูง จะมีความฟูและอัตราการไหลต่ำ
- การกระจายขนาดอนุภาคผงยา: ผงยาที่มีการกระจายขนาดอนุภาคกว้าง จะมีความฟูและอัตราการไหลต่ำ

วิธีการวัดความฟูและอัตราการไหล

การวัดความฟู: การวัดปริมาตรเทียบกับน้ำหนัก: เทผงยาลงในภาชนะที่มีปริมาตรที่ทราบ วัดน้ำหนักของผงยา คำนวณความฟูโดยหารปริมาตรด้วยน้ำหนัก

การวัดความตันอัด: อัดผงยาในภาชนะภายใต้แรงดันที่กำหนด วัดความสูงของผงยา คำนวณความฟูโดยหารความสูงด้วยแรงดัน

การวัดอัตราการไหล: การวัดเวลาที่ใช้ในการไหลผ่านกรวย: เทพยางลงในกรวย วัดเวลาที่ใช้ในการไหลผ่านกรวย คำนวณอัตราการไหลโดยหารเวลาด้วยน้ำหนัก

การวัดความเร็วของผงยาที่ไหลผ่านท่อ: เทพยางลงในท่อ วัดความเร็วของผงยาที่ไหลผ่านท่อ คำนวณอัตราการไหลโดยคูณความเร็วด้วยพื้นที่หน้าตัดของท่อ

การประยุกต์ใช้

ความฟูและอัตราการไหลของผงยา มีความสำคัญต่อหลายๆ อย่าง เช่น การผลิตยา: ผงยาที่มีความฟูและอัตราการไหลสูง จะไหลผ่านเครื่องจักรการผลิตได้สะดวก ช่วยลดการอุดตันและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต การบรรจุยา: ผงยาที่มีความฟูและอัตราการไหลสูง จะบรรจุลงในขวดหรือซองได้ง่าย ช่วยลดการสูญเสีย การใช้งานยา: ผงยาที่มีความฟูและอัตราการไหลสูง จะละลายน้ำได้เร็ว ช่วยให้ยาออกฤทธิ์ได้เร็วขึ้น

สรุปแล้วความฟูและอัตราการไหลของผงยา เป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการผลิตยา การบรรจุ และการใช้งาน การวัดและควบคุมความฟูและอัตราการไหลของผงยา

Bulk density

ผงยาเป็นรูปแบบยาที่พบบ่อย ประกอบด้วยอนุภาคยาที่มีขนาดเล็กกระจายตัวอยู่ในสารเฉื่อย (excipient) หลายชนิด ความหนาแน่นรวม (Bulk Density) ของผงยาเป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญ มีผลต่อคุณสมบัติอื่นๆ ของผงยา เช่น การไหล ความสามารถในการบรรจุ ความเสถียร และประสิทธิภาพการตีเม็ด

ความหนาแน่นรวม (Bulk Density) ของผงยา หมายถึง มวลของผงยา (รวมช่องว่างระหว่างอนุภาค) ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร หน่วยที่ใช้ทั่วไปคือ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm^3)

ปัจจัยที่มีผลต่อ BULK DENSITY ของผงยา ปัจจัยหลายประการที่มีผลต่อ BULK DENSITY ของผงยา ได้แก่:

- ขนาดและรูปร่างของอนุภาคยา: อนุภาคที่มีขนาดเล็กและรูปร่างไม่สม่ำเสมอจะมี BULK DENSITY น้อยกว่าอนุภาคที่มีขนาดใหญ่และรูปร่างกลม
- ความหนาแน่นเนื้อ (Solid Density) ของยา: ยาที่มีความหนาแน่นเนื้อสูงจะมี BULK DENSITY น้อยกว่ายาที่มีความหนาแน่นเนื้อต่ำ
- คุณสมบัติของสารเฉื่อย: สารเฉื่อยที่มีขนาดเล็กและรูปร่างไม่สม่ำเสมอจะมี BULK DENSITY น้อยกว่าสารเฉื่อยที่มีขนาดใหญ่และรูปร่างกลม
- การบรรจุ: ผงยาที่บรรจุแน่นจะมี BULK DENSITY มากกว่าผงยาที่บรรจุแบบหลวมๆ
- ความชื้น: ผงยาที่มีความชื้นสูงจะมี BULK DENSITY น้อยกว่าผงยาที่มีความชื้นต่ำ

วิธีการวัด BULK DENSITY ของผงยา มีหลายวิธีในการวัด BULK DENSITY ของผงยา วิธีที่พบบ่อย ได้แก่:

- วิธีกระบอกสูบ: เทพยางลงในกระบอกสูบที่มีปริมาตรทราบ ชั่งน้ำหนักผงยา หารด้วยปริมาตรของกระบอกสูบ

- วิธีการเทลลกราชณะ: เทผงยาลงในภาชนะที่มีรูปร่างเรขาคณิตที่ทราบ ซึ่งน้ำหนักผงยา หาดด้วย ปริมาตรของภาชนะ
 - วิธีการแทนที่น้ำ: จุ่มผงยาลงในน้ำ วัดปริมาตรของน้ำที่ถูกแทนที่ หาดด้วยมวลของผงยา
- การประยุกต์ใช้ BULK DENSITY ของผงยา** ความหนาแน่นรวม (BULK DENSITY) ของผงยา มี ประโยชน์ในหลายๆ ด้าน เช่น:
- การออกแบบ: ใช้ในการออกแบบเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตยา
 - การควบคุมคุณภาพ: ใช้ในการควบคุมคุณภาพของผงยา
 - การพัฒนาสูตรยา: ใช้ในการพัฒนาสูตรยาที่มีคุณสมบัติที่ต้องการ
 - การคาดการณ์ปริมาณยา: ใช้ในการคาดการณ์ปริมาณยาที่ต้องการในการผลิต

Tapped density

Tapped density หรือ ความหนาแน่นเมื่อเคาะ เป็นค่าความหนาแน่นของผงที่วัดได้หลังจากผ่าน การเคาะหรืออัดแน่น ค่านี้มีความสำคัญต่อหลายๆ อุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมยา: ใช้ในการควบคุม คุณภาพของยาผง ช่วยให้มั่นใจได้ว่ายาแต่ละโดสมีปริมาณที่ถูกต้อง อุตสาหกรรมอาหาร: ใช้ในการควบคุม ปริมาณของอาหารในบรรจุภัณฑ์ ช่วยลดการสูญเสีย อุตสาหกรรมเคมี: ใช้ในการออกแบบเครื่องปฏิกรณ์เคมี ช่วยให้มั่นใจได้ว่ามีการใช้สารเคมีในปริมาณที่ถูกต้อง

วิธีการวัด tapped density มีหลายวิธีในการวัด tapped density วิธีทั่วไปที่ใช้กันคือ:

- วิธี USP: วิธีนี้ใช้เครื่องมือวัด tapped density ที่มาตรฐานโดย United States Pharmacopeia (USP) เครื่องมือนี้จะเคาะผงยาในกระบอกตวงเป็นจำนวนครั้งที่กำหนด จากนั้นวัดปริมาตร ของผงยาที่อัดแน่น ค่า tapped density คำนวณจากปริมาตรและน้ำหนักของผงยา
- วิธี Hausner: วิธีนี้คล้ายกับวิธี USP แต่ใช้เครื่องมือวัด tapped density ที่ไม่เป็นมาตรฐาน วิธี นี้มักใช้ในห้องปฏิบัติการวิจัย

ปัจจัยที่มีผลต่อ tapped density

Tapped density ของผงยาขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น

- ขนาดและรูปร่างของอนุภาคผงยา: อนุภาคผงยาที่มีขนาดเล็กและรูปร่างทรงกลม จะมี tapped density สูง
- ความชื้นของผงยา: ผงยาที่มีความชื้นสูง จะมี tapped density ต่ำ
- ความหนาแน่นของผงยา: ผงยาที่มีความหนาแน่นสูง จะมี tapped density สูง
- การกระจายขนาดอนุภาคผงยา: ผงยาที่มีการกระจายขนาดอนุภาคกว้าง จะมี tapped density ต่ำ

การประยุกต์ใช้ tapped density

Tapped density มีความสำคัญต่อหลายๆ อย่าง เช่น

- การผลิตยา: Tapped density ใช้ในการควบคุมคุณภาพของยาผง ช่วยให้มั่นใจได้ว่ายาแต่ละ

โดสมีปริมาณที่ถูกต้อง ยังช่วยให้มั่นใจได้ว่ายาผงไหลผ่านเครื่องจักรการผลิตได้สะดวก

- การบรรจุยา: Tapped density ใช้ในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ยา ช่วยให้เห็นใจได้ว่าบรรจุภัณฑ์มีขนาดที่ถูกต้อง ยังช่วยลดการสูญเสีย

- การขนส่งยา: Tapped density ใช้ในการคำนวณปริมาตรของยาผงที่ต้องขนส่ง ช่วยให้เห็นใจได้ว่ามีการขนส่งยาในปริมาณที่ถูกต้อง

สรุปโดยรวม Tapped density เป็นค่าความหนาแน่นของผงที่วัดได้หลังจากผ่านการเคาะหรืออัดแน่น ค่านี้มีความสำคัญต่อหลายๆ อุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมเคมี Tapped density สามารถวัดได้โดยใช้หลายวิธี วิธีทั่วไปที่ใช้กันคือวิธี USP และวิธี Hausner Tapped density ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ขนาดและรูปร่างของอนุภาคผงยา ความชื้นของผงยา ความหนาแน่นของผงยา และการกระจายขนาดอนุภาคผงยา Tapped density มีความสำคัญต่อหลายๆ การผลิตยา การบรรจุยา และการขนส่งยา

ความสามารถในการไหลของอนุภาคหรือผงยา

ความสามารถในการไหล (Flowability) ของอนุภาคหรือผงยา หมายถึง ความสามารถของอนุภาคเหล่านี้ไหลผ่านช่องว่างหรือไหลลงจากภาชนะโดยไม่ต้องเกิดการอุดตัน ความสามารถในการไหลที่ดีมีความสำคัญต่อหลายๆ อย่าง เช่น

- การผลิตยา: ผงยาที่มีความสามารถในการไหลที่ดี จะไหลผ่านเครื่องจักรการผลิตได้สะดวก ช่วยลดการอุดตันและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

- การบรรจุยา: ผงยาที่มีความสามารถในการไหลที่ดี จะบรรจุลงในขวดหรือซองได้ง่าย ช่วยลดการสูญเสีย

- การใช้งานยา: ผงยาที่มีความสามารถในการไหลที่ดี จะละลายน้ำได้เร็ว ช่วยให้ยาออกฤทธิ์ได้เร็วขึ้น

ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการไหล ความสามารถในการไหลของอนุภาคหรือผงยา ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น

- ขนาดและรูปร่างของอนุภาค: อนุภาคที่มีขนาดเล็กและรูปร่างทรงกลม จะมีความสามารถในการไหลดีกว่าอนุภาคที่มีขนาดใหญ่หรือรูปร่างไม่สม่ำเสมอ

- ความชื้นของผงยา: ผงยาที่มีความชื้นสูง จะมีความสามารถในการไหลต่ำ เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคจะเพิ่มขึ้น

- ความหนาแน่นของผงยา: ผงยาที่มีความหนาแน่นสูง จะมีความสามารถในการไหลต่ำ เนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างอนุภาคจะเพิ่มขึ้น

- การกระจายขนาดอนุภาคผงยา: ผงยาที่มีการกระจายขนาดอนุภาคกว้าง จะมีความสามารถในการไหลต่ำ เนื่องจากอนุภาคขนาดใหญ่สามารถอุดตันช่องว่างระหว่างอนุภาคขนาดเล็กได้

วิธีการวัดความสามารถในการไหล มีหลายวิธีในการวัดความสามารถในการไหลของอนุภาคหรือ

ผงยา วิธีทั่วไปที่ใช้กันคือ

- มุมการไหล: วิธีนี้วัดมุมสูงสุดที่ผงยาสามารถกองบนพื้นผิวเรียบได้โดยไม่ต้องไหลลงมา
- เวลาไหล: วิธีนี้วัดเวลาที่ใช้ในการไหลของผงยาผ่านกรวยมาตรฐาน
- ดัชนี Hausner: วิธีนี้วัดอัตราส่วนระหว่างปริมาตรของผงยาที่หลวมๆ กับปริมาตรของผงยาที่อัดแน่น

การปรับปรุงความสามารถในการไหล ความสามารถในการไหลของอนุภาคหรือผงยา

- การลดขนาดอนุภาค: สามารถลดขนาดอนุภาคของผงยาโดยใช้เครื่องบดหรือเครื่องโม่
- การลดความชื้น: สามารถลดความชื้นของผงยาโดยใช้เครื่องอบแห้ง
- การเพิ่มสารเติมแต่ง: สามารถเพิ่มสารเติมแต่ง เช่น ซิลิกาเจล ลงในผงยาเพื่อลดแรงยึดเหนี่ยว

ระหว่างอนุภาค

- การควบคุมขนาดอนุภาค: สามารถควบคุมขนาดอนุภาคของผงยาโดยใช้เทคนิคการผลิต เช่น การตกตะกอนหรือการพ่นฝอย

สรุปได้ว่าความสามารถในการไหลของอนุภาคหรือผงยา มีความสำคัญต่อหลายๆ การผลิตยา การบรรจุยา และการใช้งานยา ความสามารถในการไหล ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ขนาดและรูปร่างของอนุภาค ความชื้นของผงยา ความหนาแน่นของผงยา และการกระจายขนาดอนุภาคผงยา ความสามารถในการไหลสามารถวัดได้โดยใช้หลายวิธี มุมการไหล เวลาไหล ดัชนี Hausner ความสามารถในการไหล สามารถปรับปรุงได้โดยใช้หลายวิธี การลดขนาดอนุภาค การลดความชื้น การเพิ่มสารเติมแต่ง การควบคุมขนาดอนุภาค

ความหนาแน่น

ความหนาแน่น (Density) เป็นการวัดมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร โดยสัญลักษณ์สำหรับความหนาแน่นมักใช้เป็น ρ (อักษรกรีกพิมพ์เล็กของโร) และยังสามารถใช้อักษรละตินพิมพ์ใหญ่ D ได้ด้วยเช่นกัน เนื่องจากนิยามของความหนาแน่นคือ มวลหารด้วยปริมาตร ดังนั้นจึงเขียนเป็นสมการออกมาได้เป็น

$$\rho = m / V$$

โดยที่

ρ คือ ความหนาแน่น (หน่วยเป็น กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

m คือ มวล (หน่วยเป็น กิโลกรัม)

V คือ ปริมาตร (หน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร)

ความหนาแน่นของสารขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความดัน โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อสารที่เป็นสถานะของแข็งและของเหลวเพียงเล็กน้อย แต่มีผลกับสารสถานะแก๊สเป็นอย่างมาก โดยที่การเพิ่มความดันของสารจะทำให้ปริมาตรของสารลดลง แต่จะเพิ่มความหนาแน่นแทน และการเพิ่ม

อุณหภูมิของสาร (ซึ่งมีข้อยกเว้นเล็กน้อย) จะทำให้ปริมาตรของสารเพิ่มขึ้น แต่จะทำให้ความหนาแน่นลดลงซึ่งสารส่วนใหญ่เช่นของเหลวและแก๊ส เมื่อได้รับความร้อนจากด้านล่าง ความร้อนจะถูกส่งผ่านจากด้านล่างไปยังด้านบน อันเนื่องมาจากการลดของความหนาแน่นในของเหลวที่ได้รับความร้อนนั้น ด้วยเหตุนี้จึงทำให้สารที่มีความร้อนต่ำกว่า มีความหนาแน่นสูงกว่า

เครื่องมือวัดความหนาแน่น เครื่องมือที่ใช้วัดความหนาแน่นของของเหลวคือ พิคโนมิเตอร์ (pycnometer) เครื่องมือวัดความหนาแน่นของก๊าซคือ แก๊สปิคโนมิเตอร์ (gas pycnometer)

ความหนาแน่นของสสารต่าง ๆ สสารที่มีความหนาแน่นสูงสุดที่รู้จักกัน คือสสารที่อยู่ในดาวนิวตรอนที่เรียกว่านิวตรอนเนียม) ใจกลางหลุมดำ ตามทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป ไม่มีปริมาตร ดังนั้นจึงไม่สามารถหาความหนาแน่นได้ สสารที่หนาแน่นที่สุดที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติบนโลก คือ ฮาตุอริเดียม มีความหนาแน่นประมาณ 22560 kg/m^3

ตารางที่ 1 ความหนาแน่นของสสารชนิดต่าง ๆ

สสาร	ความหนาแน่นในหน่วย kg/m^3
ออสเมียม	22610
อริเดียม	22560
แพลทินัม	21450
ทองคำ	19300
ทังสแตน	19250
ยูเรเนียม	19050
ปรอท	13580
แพลเลเดียม	12023
ตะกั่ว	11340
เงิน	10490
ทองแดง	8960
โคบอลต์	8900
เหล็ก	7870
ดีบุก	7310
สังกะสี	7130
โครเมียม	7190

ตารางที่ 1 ความหนาแน่นของสสารชนิดต่าง ๆ (ต่อ)

สสาร	ความหนาแน่นในหน่วย kg/m ³
ไทเทเนียม	4507
เพชร	3500
อะลูมิเนียม	2700
โบรอน	2340
แมกนีเซียม	1740
น้ำทะเล	1025
น้ำ	1000
โซเดียม	971
น้ำแข็ง	917
ลิเทียม	534
เอทิลแอลกอฮอล์	790
น้ำมันเบนซินหรือน้ำมัน	730
แอรโรเจล	3.0
ก๊าซ ไต ๆ	0.0446 เท่าของมวลโมเลกุลเฉลี่ย, ดังนั้นอยู่ระหว่าง 0.09 ถึง ประมาณ 10.0 (ที่ความดันและอุณหภูมิมาตรฐาน)
ตัวอย่างเช่น อากาศ	1.2

ตารางที่ 2 ความหนาแน่นของอากาศ เมื่อเทียบกับอุณหภูมิ

ความหนาแน่นของอากาศ ρ เทียบกับอุณหภูมิ °C	
T ในหน่วย °C	ρ ในหน่วย kg/m ³
- 10	1.341
- 5	1.316
0	1.293
+ 5	1.269
+ 10	1.247

ตารางที่ 2 ความหนาแน่นของอากาศ เมื่อเทียบกับอุณหภูมิ (ต่อ)

ความหนาแน่นของอากาศ ρ เทียบกับอุณหภูมิ $^{\circ}\text{C}$	
T ในหน่วย $^{\circ}\text{C}$	ρ ในหน่วย kg/m^3
+ 15	1.225
+ 20	1.204
+ 25	1.184
+ 30	1.164

สังเกตว่าอะลูมิเนียมมีความหนาแน่นต่ำเมื่อเทียบกับโลหะชนิดอื่น ๆ เครื่องบินจึงทำจากอะลูมิเนียม นอกจากนี้อากาศก็มีความหนาแน่นถึงแม้ว่าจะมีค่าน้อยก็ตาม แอโรเจล (Aerogel) เป็นของแข็งที่หนาแน่นน้อยที่สุดในโลก

ในการศึกษาเรื่อง การพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงยา ผู้วิจัยได้นำแนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาใช้ประกอบการศึกษาวิจัย ดังนี้

1. แนวคิดและหลักการที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงยา ^[1-4]
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงยา ^[5, 6]

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องมือและระบบในห้องปฏิบัติการ ^[7,8]

อุตสาหกรรมการผลิตยามีหลายวิธีในการประเมินการไหลของผงยา ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการพัฒนาสูตรตำรับยาในรูปแบบของแข็ง ในที่นี้จะกล่าวถึงการประเมินที่พบบ่อย 4 วิธี ได้แก่

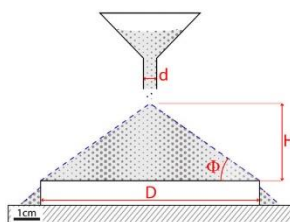
- 1) Angle of repose
- 2) Compressibility index และ Hausner ratio
- 3) Flow rate through an orifice
- 4) Shear cell

ซึ่งการประเมินด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งนั้น ไม่เพียงพอที่จะประเมินลักษณะการไหลของผงยาได้อย่างสมบูรณ์ จะต้องใช้หลายวิธีพิจารณาร่วมกัน โดยวิธีที่ 1 และ 2 เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมที่สุดและมีความสะดวกในเชิงงานวิจัย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ค่า angle of repose หรือ repose angle (θ)

ค่า angle of repose มีความเกี่ยวข้องกับแรงเสียดทานระหว่างอนุภาค หรือแรงต้านทานต่อการเคลื่อนที่ของอนุภาค ซึ่งการรายงานค่า angle of repose จะต้องระบุวิธีที่ใช้ในการทดสอบเสมอ วิธีที่ง่ายและพบได้บ่อยที่สุดในการหา angle of repose คือ การใช้กรวย (funnel) เรียกวิธีนี้ว่า fixed funnel

method ใช้ในการวัด static angle of repose ทำได้โดยการกำหนดความสูงของกรวยที่แน่นอน จากนั้นชั่งปริมาณผงยาที่แน่นอน แล้วเทผงยาผ่านกรวย ทำให้เกิดกองผงยารูปกรวย (powder cone) ขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 อุปกรณ์ชุดทดสอบ angle of repose ^[4]

จากนั้นวัดความสูงของกรวยผงยา (height, h) และรัศมีของกรวยผงยา (radius, r) นำค่าที่ได้มา คำนวณตามสมการดังต่อไปนี้

$$\tan \theta = \frac{h}{r}$$

โดยค่า angle of repose ที่ได้สามารถบ่งบอกสมบัติการไหลของผงยาได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า angle of repose กับสมบัติการไหลของผงยา

Angle of repose (°)	Flow property
25-30	Excellent
31-35	Good
36-40	Fair-aid not needed
41-45	Passable- may hang up
46-55	Poor
56-65	Very poor-must agitate, vibrate
> 66	Very, very poor

Compressibility index และ Hausner ratio

การหาค่า compressibility index และ Hausner ratio นั้น จะต้องมีการทดสอบเพื่อหาค่า bulk density และ tapped density ก่อน โดย bulk density คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักต่อปริมาตรของผงยาที่ยังไม่ผ่านการเคาะหรือทำให้อัดแน่น ในขณะที่ tapped density คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักต่อปริมาตรของผงยาที่ผ่านการเคาะหรือทำให้อัดแน่นแล้ว นิยมใช้หน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm^3) โดยทั่วไปความหนาแน่นของของแข็งมีหน่วยเป็น g/cm^3 ในขณะที่ความหนาแน่นของของเหลวมีหน่วยเป็น g/mL อย่างไรก็ตามปริมาตรของผงยาคือในกระบอกตวง ซึ่งหน่วยเป็น mL เพราะฉะนั้น bulk density และ tapped density จึงสามารถแสดงในหน่วย g/mL ได้เช่นเดียวกัน

- การหา bulk density (ρ_{bulk}) มี 3 วิธี ได้แก่ การใช้กระบอกตวง (graduated cylinder) การใช้ volumeter และการใช้ vessel ซึ่งการใช้กระบอกตวงเป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุด เกสซ์ตำรับสหรัฐอเมริกา (United States Pharmacopeia, USP) เรียกวิธีทดสอบว่า Method I, II และ III เกสซ์ตำรับสหราชอาณาจักร (British Pharmacopeia, BP) เรียกวิธีทดสอบว่า Method 1, 2 และ 3 และเกสซ์ตำรับนานาชาติ ใช้ Method A, B และ C อย่างไรก็ตามเกสซ์ตำรับทั้งสามใช้วิธีทดสอบแบบเดียวกัน

(1) Method I: การใช้กระบอกตวง วิธีนี้ทำได้โดยการนำผงยามาผ่านแรเงเบอร์ 18 (รูเปิดขนาด 1 mm) จากนั้นเติมผงยาที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน (mass, m) ลงไปในกระบอกตวงขนาด 250 mL โดยต้องระวังการอัดแน่นของผงยา โดยทั่วไปใช้ผงยาน้ำหนักประมาณ 100 g จากนั้นอ่านค่าปริมาตรของผงยาจากขีดบอกปริมาตรของกระบอกตวง ปริมาตรของผงยาที่อ่านได้ คือ bulk volume (V_0) และคำนวณตามสูตรดังต่อไปนี้

$$\rho_{\text{bulk}} = \frac{m}{V_0}$$

การเลือกกระบอกตวงขนาดเท่าใดนั้น ขึ้นอยู่กับปริมาตรของผงยา การเลือกกระบอกตวงขนาด 250 mL เหมาะสมกับผงยาที่มีปริมาตร 150-250 mL (มากกว่าร้อยละ 60 ของปริมาตรสูงสุด) ในขณะที่กระบอกตวงขนาด 100 mL เหมาะกับผงยาปริมาตร 50-100 mL (มากกว่าร้อยละ 50 ของปริมาตรสูงสุด)

(2) Method II: การใช้ volumeter วิธีการคือ การเติมผงยาปริมาณมากเกินพอลงไปในเครื่อง Scott volumeter ซึ่งจะมีการคัดขนาดด้วยแรเงเบอร์ 18 ก่อนที่ผงยาจะไหลลงสู่ถ้วยสแตนเลสที่รองรับอยู่ด้านล่างของอุปกรณ์ โดยถ้วยสแตนเลสที่ใช้มี 2 แบบ คือ ถ้วยทรงลูกบาศก์และทรงกระบอก การเลือกใช้ถ้วยรูปทรงใดจะต้องใช้ปริมาตรผงยาให้เหมาะสมกับรูปทรงของถ้วยรูปทรงนั้นๆ กล่าวคือ หากใช้ถ้วยรูปทรงลูกบาศก์จะต้องใช้ปริมาตรของผงยาอย่างน้อย 25 cm^3 แต่ถ้าใช้ถ้วยรูปทรงกระบอกต้องใช้ปริมาตรผงยาอย่างน้อย 35 cm^3 เมื่อผงยาไหลลงสู่ถ้วยด้านล่าง ใช้ spatula ปาดผงยาให้เรียบเสมอขอบถ้วย โดยระวังไม่ให้เกิดการอัดแน่นของผงยา หลังจากนั้นจึงนำถ้วยสแตนเลสที่มีผงยาไปชั่งน้ำหนัก แล้วคำนวณตามสูตรข้างต้น ทั้งนี้ปริมาตรของถ้วยสแตนเลสที่ใช้รองรับผงยา ก็คือ V_0 นั่นเอง

(3) Method III: การใช้ vessel วิธีนี้คล้ายคลึงกับการใช้ volumeter แต่เปลี่ยนจากการใช้ volumeter เป็นการใช้ vessel ทรงกระบอกที่ผลิตจากสแตนเลสซึ่งมีปริมาตร 100 mL แทน กล่าวคือคัดขนาดผงยาด้วยแรงเบอร์ 18 ก่อนที่ผงยาจะไหลลงสู่ vessel เมื่อผงยาไหลลงสู่ vessel จนเพียงพอแล้ว ใช้ spatula ปาดผงยาให้เรียบเสมอบน vessel โดยระวังไม่ให้เกิดการอัดแน่นของผงยา หลังจากนั้นจึงนำ vessel ที่มีผงยาไปชั่งน้ำหนักจะทำให้ทราบน้ำหนักผงยาที่อยู่ใน vessel จากนั้นคำนวณ bulk density ตามสมการดังต่อไปนี้

$$\rho_{bulk} = \frac{m}{100}$$

- การหา tapped density (ρ_{tapped}) ทำได้โดยการนำกระบอกตวงที่บรรจุผงยาจากการทดสอบ bulk density มาเคาะด้วยเครื่อง tapped density tester เกสซ์ตำรับของสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ว่า การหา tapped density มี 3 วิธี คือ Method I, II และ III ทดสอบว่า Method 1, 2 และ 3 และเกสซ์ตำรับนานาชาติใช้ Method A, B และ C เช่นเดียวกับการหา bulk density

(1) Method I กำหนดวิธีการทดสอบไว้ว่า ความสูงในการเคาะผงยาอยู่ในช่วง 14 ± 2 mm ในอัตราเร็ว 300 ครั้งต่อนาที ส่วน (2) Method II คล้ายคลึงกับ Method I แต่มีการกำหนดความสูงในการเคาะผงยาอยู่ในช่วง 3.0 ± 0.2 mm ในอัตราเร็ว 250 ครั้งต่อนาที ซึ่งทั้งสองวิธีเริ่มทดสอบโดยการเคาะกระบอกตวงที่บรรจุผงยา 500 ครั้ง จากนั้นจึงอ่านปริมาตรของผงยาครั้งที่ 1 (V_{500}) จากนั้นเคาะต่ออีก 750 ครั้ง และอ่านปริมาตรอีกครั้ง (V_{1250}) ถ้าปริมาตรจากการอ่านค่าทั้งสองครั้งแตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 2 ค่าจากการอ่านครั้งที่ 2 (V_{1250}) คือค่า final tapped volume (V_f) ที่จะนำไปใช้ในการคำนวณ tapped density ในกรณีนี้ที่ค่าปริมาตรจากการอ่านครั้งที่ 1 และ 2 แตกต่างกันมากกว่าร้อยละ 2 จะต้องเคาะต่ออีกรอบละ 1,250 ครั้ง จนกระทั่งค่าปริมาตรที่ได้แตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 2 จากนั้นคำนวณตามสมการดังต่อไปนี้

$$\rho_{tapped} = \frac{m}{V_f}$$

อย่างไรก็ตามหากไม่สามารถใช้น้ำหนักผงยา 100 g ได้ สามารถลดปริมาณผงยาลงและใช้กระบอกตวงขนาด 100 mL ทดแทนได้

(3) Method III ทำได้โดยการนำ vessel ที่ใช้ทดสอบ bulk density ไปเคาะโดยใช้เครื่อง tapped density tester ที่เหมาะสม โดยเคาะในอัตราเร็ว 50-60 ครั้งต่อนาที จำนวน 200 ครั้ง และ 400 ครั้ง บันทึกค่าน้ำหนักผงยาที่ได้เป็น m_{200} และ m_{400} ตามลำดับ ถ้าน้ำหนักผงยาจากการอ่านค่าทั้งสองครั้งแตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 2 ค่า m_{400} คือค่า final tapped mass (m_f) ในกรณีนี้ที่แตกต่างกันมากกว่าร้อยละ

2 จะต้องเคาะต่ออีกรอบละ 200 ครั้ง จนกระทั่งค่าปริมาตรที่ได้แตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 2 จากนั้นคำนวณดังสมการดังต่อไปนี้

$$\rho_{tapped} = \frac{m_f}{100}$$

- การคำนวณ Compressibility index และ Hausner ratio เป็นการวัดความหนาแน่น ขนาด และรูปร่าง พื้นที่ผิว ความชื้นและการยึดเกาะกันของผงยาในทางอ้อม โดยสามารถคำนวณ Compressibility index และ Hausner ratio ได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{Compressibility index} = \frac{v_0 - v_f}{v_0} \times 100$$

หรือ

$$\text{Compressibility index} = \frac{\rho_{tapped} - \rho_{bulk}}{\rho_{tapped}} \times 100$$

การคำนวณ Hausner ratio สามารถคำนวณได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{Hausner ratio} = \frac{v_0}{v_f}$$

หรือ

$$\text{Hausner ratio} = \frac{\rho_{tapped}}{\rho_{bulk}}$$

ค่า Compressibility index และ Hausner ratio สามารถบ่งบอกสมบัติการไหลได้ดังตารางที่ 4 ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า compressibility index และ Hausner ratio กับสมบัติการไหลของผงยา

Compressibility index	Flow property	Hausner ratio
≤ 10	Excellent	1.00-1.11
11-15	Good	1.12-1.18
16-20	Fair	1.19-1.25
21-25	Passable	1.26-1.34
26-31	Poor	1.35-1.45
32-37	Very poor	1.46-1.59
> 38	Very, Very poor	> 1.60

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาตำรับยาในรูปแบบของแข็ง ได้แก่ ตำรับยาแผนปัจจุบันที่มีฤทธิ์ในการรักษา หรือผงยาสมุนไพร ก่อนที่จะทำการพัฒนาตำรับยาเม็ดผู้พัฒนาตำรับควรทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของตัวยาสำคัญ รวมถึงคุณสมบัติของสารช่วยในตำรับร่วมด้วย ซึ่งก่อนที่จะทำการตั้งตำรับหรือพัฒนาตำรับยาเม็ดจะต้องมีการศึกษาก่อนการตั้งตำรับ (preformulation studies) ก่อนด้วย โดยคุณสมบัติที่สำคัญที่ต้องทดสอบอย่างหนึ่งก็คือ คุณสมบัติการไหลของผงยา เพราะมีผลโดยตรงต่อความสามารถในการตอกอัด ความสม่ำเสมอของน้ำหนักเม็ดยาและการกระจายตัวของตัวยาสำคัญ

วรวรรณ สายงาม และคณะ [2015] ทำการพัฒนาตำรับยาเม็ดขมื่นชั้น โดยวิธีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินตำรับยาเม็ดขมื่นชั้นทั้งทางกายภาพและทางเคมี ที่ผลิตโดยวิธีการตอกโดยตรง เปรียบเทียบกับการเตรียมเป็นแกรนูลเปียก และจะทำการประเมินสารในตำรับก่อนตอกเป็นยาเม็ดผ่านหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้ 1) angle of repose 2) bulk density 3) tapped density 4) compressibility index และ 5) Hausner ratio และยาเม็ดขมื่นชั้นที่เตรียมได้จะนำมาประเมินดังนี้ 1) น้ำหนักเฉลี่ย 2) ความหนา 3) ความแข็ง 4) ความกร่อน และ 5) การแตกตัวของยาเม็ด นอกจากนี้ได้ทำการเปรียบเทียบปริมาณเคอร์คูมินอยด์ที่เตรียมได้ในยาเม็ดของแต่ละวิธีร่วมด้วย โดยในการประเมินคุณสมบัติการไหลของผงขมื่นชั้นพบว่าผงยาขมื่นชั้นที่เติมสารช่วยไหลในตำรับมีการไหลดี (Angle of repose = 23°) และสามารถเตรียมเป็นเม็ดยาโดยวิธีการตอกตรงได้ แต่อย่างไรก็ตามผงยาขมื่นชั้นมีคุณสมบัติการไหลที่ดีขึ้น (Angle of repose = 20°) เมื่อเตรียมโดยวิธีแกรนูลแบบเปียก

สุภาวดี บุญทา และคณะ [2016] ทำการพัฒนาตำรับยาเม็ดที่มีส่วนประกอบของสารสกัดจากใบและผลของยอ โดยทำการสกัดและหาปริมาณสารสำคัญ (สารรูติน) ในสารสกัดจากใบและผลของยอ จากนั้นพัฒนาตำรับยาเม็ดที่มีสารสกัดจากใบและผลของยอด้วยวิธีแกรนูลแบบเปียก โดยทำการศึกษาคูณสมบัติการไหลของผงยาที่เตรียมได้โดยประเมินค่า angle of repose, bulk density, tapped density, compressibility index และ Hausner ratio ของผงยาที่เตรียมได้พบว่า ส่วนผสมของผงยาที่เตรียมได้มีการไหลที่ดีมีคุณสมบัติเหมาะสมในการไปตอกอัดเป็นเม็ดยาที่มีส่วนประกอบของสารสกัดและทดสอบความคงตัวทางเคมีกายภาพในลำดับถัดไป

ในด้านงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องมือในห้องปฏิบัติการเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของงานในด้านการลดระยะเวลาในการทำงาน เพิ่มผลผลิตที่ได้ และการช่วยประหยัดงบประมาณที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ มีรายละเอียดดังนี้

ชिरารุร ปทุมธนทรัพย์ และคณะ [2012] ได้ทำการพัฒนาเครื่องปิดผนึกแอมพลูขึ้น ทำให้สามารถควบคุมการจุดติดได้รวดเร็วและสะดวก ให้เปลวไฟที่คม และเหมาะสมกับการปิดผนึกแอมพลู การปรับขนาดเปลวไฟได้ง่าย และติดตั้งสะดวกและง่ายตาย ใช้พื้นที่ในการติดตั้งไม่มาก สามารถนำไปใช้งานสามารถทำได้โดยง่าย สะดวก และยังสามารถนำไปใช้งานภายในบริเวณพื้นที่จำกัด เช่น ภายในตู้ปลอดเชื้อ (Laminar cabinet) ได้ เครื่องปิดผนึกแอมพลูที่พัฒนาขึ้น มีระยะเวลา ฟันเปลวไฟสูงสุด ต่อครั้งการบรรจุแก๊สเต็ม

กระบอก ไม่น้อยกว่า 50 นาที ระยะเวลาใช้งานต่อเนื่อง ไม่เกิน 20 นาที ประสิทธิภาพของเครื่องปิดผนึกแอมพลูที่พัฒนาขึ้น มี productivity rate เพิ่มขึ้นร้อยละ 50 จากเครื่องเดิม และอยู่ในช่วงเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องสำเร็จรูป เครื่องที่พัฒนาขึ้นทำให้เกิด productivity loss ลดลง ร้อยละ 50 จากเครื่องในระบบเดิม สามารถนำไปใช้ในการปฏิบัติการจริงในระดับการเรียนการสอนของนักศึกษาและการทำปฏิบัติการวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ กัญญา ชุมแวงวาปี และคณะ [2016] ในหัวข้อการพัฒนาตู้ควบคุมความชื้น (Controlled humidity cabinets) เพื่อช่วยลดงบประมาณเพราะมีราคาถูกกว่ามากเมื่อเปรียบเทียบกับตู้ป้องกันความชื้นสำเร็จรูปที่จัดซื้อ

จากข้อมูลข้างต้น การพัฒนานวัตกรรมชุดการเรียนรู้เรื่องการไหลของผงยาสำหรับนิสิตเภสัชศาสตร์ ได้แก่ 1) ชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method) และ 2) ชุดการเรียนรู้การไหลด้วยวิธีการประเมินด้วยการวัด angle of repose ของอนุภาค เพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติการ หัวข้อ อนุภาคศาสตร์ ของภาคปฏิบัติการของรายวิชา 341321 เภสัชกรรม 3 ในภาคเรียนที่ 1/2567 นั้น จะช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และเข้าถึงวิธีการประเมินการไหลของผงยาที่ถูกต้องด้วยนวัตกรรมชุดการเรียนรู้เรื่องการไหลของผงยา รวมทั้งเป็นการลดระยะเวลาและเพิ่มจำนวนนิสิตที่มีความเข้าใจอย่างถูกต้องเกี่ยวกับการวัด bulk volume ในการเรียนรู้วิธีการประเมินการไหลของผงยาของนิสิต รวมทั้งผู้วิจัยคาดว่าผลการวิจัยนี้ จะช่วยยกระดับงานวิจัยที่ถูกพัฒนาจากงานประจำของหน่วยงานภายในของมหาวิทยาลัยพะเยา ให้ทัดเทียมกับมหาวิทยาลัยชั้นนำของประเทศ และผลักดันให้เจ้าหน้าที่ที่ช่วยดูแลการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติการของหลักสูตรต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัยพะเยา ที่มีการใช้เครื่องมือในการเรียนการสอน ได้ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนางานวิจัยจากงานประจำในลำดับถัดไป



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

กรอบแนวคิดการพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้เรื่องการไหลของผงยาสำหรับนิสิตเภสัชศาสตร์ ในการเรียนภาคปฏิบัติการของรายวิชา 341321 เภสัชกรรม 3 ได้จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย ทฤษฎีเกี่ยวกับการไหลของผงยา แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน โดยผู้วิจัยได้นำมาสังเคราะห์เป็นกรอบแนวความคิดการวิจัยประกอบด้วย ตัวแปรอิสระ คือ การเรียนรู้เรื่องการไหลของผงยา ในภาคปฏิบัติการ หัวข้อ อนุภาคศาสตร์ ในรายวิชา 341321 เภสัชกรรม 3 โดยใช้วัตกรรมการเรียนรู้ 2 ชุด ได้แก่ 1) ชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method) และ 2) ชุดการเรียนรู้การไหลด้วยวิธีการประเมินด้วยการวัด angle of repose ของอนุภาค ตัวแปรตาม คือ ความพึงพอใจและจำนวนนิสิตที่มีทักษะการประเมินการไหลของผงยาด้วยเทคนิค 3-tap method และด้วยวิธีการประเมินด้วยการวัด angle of repose ที่ถูกต้อง

ตัวแปรต้น

การเรียนรู้ด้วยนวัตกรรมการเรียนรู้เรื่องการไหลของผงยา

1. ชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง
2. ชุดการเรียนรู้ด้วยวิธีการประเมิน angle of repose



ตัวแปรตาม

1. ความพึงพอใจของผู้เรียน
2. จำนวนนิสิตที่มีทักษะการประเมินการไหลของผงยาด้วยเทคนิคที่ถูกต้อง

ขอบเขตการวิจัย (Scope of the study)

- ด้านเนื้อหา พัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้เรื่องความฟูและอัตราการไหลของผงยา

- ชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method)

- ชุดการเรียนรู้การไหล (flowability) ของอนุภาค

โดยมีวิธีการวิจัยดังนี้คือ

- ในชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method) จะให้นิสิตคณะเภสัชศาสตร์

สาขาวิชาการบริหารเภสัชกรรม ที่เรียนในรายวิชา 341321 เภสัชกรรม 3 ภาคเรียนที่ 1/2567 ซึ่งเรียนบท

ปฏิบัติการ Micromeritics ใช้อุปกรณ์ในบทปฏิบัติการเดิม เปรียบเทียบกับชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3

ครั้ง (3-tap method) ที่ประดิษฐ์ขึ้นมาใหม่ แล้วนำข้อมูลความพึงพอใจไปเปรียบเทียบกัน โดยข้อคำถามเป็น

ดีขึ้นหรือแย่ลง

- ส่วนในชุดการเรียนรู้การไหล (flowability) ของอนุภาค จะให้นิสิต ๓ คนเดิม ซึ่งเรียนบทปฏิบัติการ Micromeritics ใช้อุปกรณ์ในบทปฏิบัติการเดิม เปรียบเทียบกับชุดการเรียนรู้การไหล (flowability) ของอนุภาค ที่ประดิษฐ์ขึ้นมาใหม่ แล้วนำข้อมูลความพึงพอใจไปเปรียบเทียบกัน โดยข้อความถามเป็นดีขึ้นหรือแย่ลง

- **ด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง** ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นิสิตคณะ เกษศาสตร สาขาวิชาการบริหารเภสัชกรรม ที่เรียนในรายวิชา 341321 เภสัชกรรม 3 ภาคเรียนที่ 1/2567 จำนวน 78 คน ทำการศึกษาโดยใช้ข้อมูลจากนิสิตกลุ่มละ 1 คน 12 กลุ่ม เท่ากับว่างานวิจัยนี้จะใช้ประชากร 12 คน หรือมากกว่า (เนื่องด้วยข้อจำกัดของการเรียนการสอนที่นิสิตจะไม่ได้ทำการทดลองทุกคน) ที่ได้ทำการทดลองใช้เครื่องมือเดิม และเครื่องมือที่เป็นนวัตกรรมชุดการเรียนรู้เรื่องความฟูและอัตราการไหลของผงยาที่ประดิษฐ์ขึ้น โดยให้นิสิตตอบแบบสอบถามความพึงพอใจเทียบกันระหว่างเครื่องมือทั้ง 2 ชนิด

- **ด้านระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย** มุ่งศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชา 341321 เภสัชกรรม 3 ภาคเรียนที่ 1/2567 และจะทำการเก็บข้อมูลเพียงครั้งเดียว จากการใช้งานจริงในชั่วโมงปฏิบัติการ

นิยามศัพท์ (Terms or Definitions)

1. Bulk density คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักต่อปริมาตรของผงยาที่ยังไม่ผ่านการเคาะ หรือทำให้อัดแน่น
2. Tapped density คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักต่อปริมาตรของผงยาที่ผ่านการเคาะ หรือทำให้อัดแน่น
3. Flowability คือ ความสามารถในการไหลของอนุภาคหรือผงยา

ระเบียบวิธีวิจัย (Research Methodology)

ในกระบวนการวิจัยนี้ มุ่งพัฒนาการพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงยา โดยมีกระบวนการวิจัยดังนี้

- การสำรวจ สังเคราะห์สภาพปัญหา
- การออกแบบพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้
- การทดลองใช้นวัตกรรมชุดการเรียนรู้
- การทดลองความพร้อมนำไปใช้
- การเผยแพร่ผลิตภัณฑ์วิธีการวิจัย หรือเครื่องมือที่ใช้ ผ่านการปรับปรุงในรูปแบบของการเสริมเนื้อหาในรายวิชาปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลความพึงพอใจความพึงพอใจของผู้เรียนในการใช้นวัตกรรมชุดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น มาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการทางสถิติ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนาในการหาค่าเฉลี่ย (mean) และการทดสอบค่าที (t-test dependent)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ เช่น ด้านวิชาการ ด้านนโยบาย ด้านเศรษฐกิจ/พาณิชย์ ด้านสังคม และชุมชน รวมถึงการเผยแพร่ในวารสาร จดสิทธิบัตร ฯลฯ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ สามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในวิชาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการไหลของผงยาได้

การดำเนินการวิจัย ในงานวิจัยนี้จะมีการพัฒนานวัตกรรมชุดการเรียนรู้เรื่องความฟูและอัตราการไหลของผงยา 1. ชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method) และ 2. ชุดการเรียนรู้การไหล (flowability) ของอนุภาค

การหาความหนาแน่นของอนุภาคตามการทดลองตามบทปฏิบัติการ เพื่อศึกษาวิธีการหา Tapped density และ Bulk density ของอนุภาค เมื่อเทผงยาหรือแกรนูลที่ทราบน้ำหนักแน่นนอนลงไปใส่กระบอกตวง โดยให้ผงยาหรือแกรนูลเคลื่อนที่ตกลงอิสระตามแรงดึงดูดของโลก อนุภาคจะจัดเรียงตัวและอัดแน่นตามแรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่ออนุภาค ปริมาตรที่อ่านได้เรียกว่า Bulk volume สำหรับ Bulk density คำนวณได้จากน้ำหนักของผงยาต่อปริมาตรของผงยานั้นๆ ค่า Bulk density จะบ่งบอกถึงความฟู (Bulkiness) ของผงยา

การหา Bulk volume ให้ใช้วิธี 3-tap method คือ หลังจากเทแกรนูลลงในกระบอกตวงแล้วให้เคาะ 3 ครั้ง โดยแต่ละครั้งห่างกัน 2 วินาที โดยยกกระบอกตวงสูงจากพื้น 1 นิ้ว แล้วปล่อยลงมาบนพื้นที่ราบแข็ง แล้วจึงอ่านค่าปริมาตรเริ่มต้น เป็นค่า Bulk volume

Bulk density จะขึ้นกับการกระจายขนาดอนุภาค รูปร่างอนุภาค และแนวโน้มที่อนุภาคจะเชื่อมกันให้เกิดช่องว่างใหญ่ขึ้นหรือแนวโน้มที่ผงยาจะอัดแน่นเพราะอนุภาคขนาดเล็กแทรกเข้าไปอยู่ในช่องว่างระหว่างอนุภาคขนาดใหญ่

ส่วน Tapped volume เป็นปริมาตรที่อ่านได้หลังจากการเคาะกระบอกตวงจนกระทั่งปริมาตรคงที่ และ Tapped density คำนวณจากน้ำหนักผงยาต่อ Tapped volume

โดยมีการเตรียมสารเคมีผงยา และอุปกรณ์ดังนี้

1. Avicel PH101
2. Avicel PH 102
3. Starch 1500
4. Emcompress
5. Aerosil 200
6. กระบอกตวงขนาด 100 มล.
7. ครอบผสมยาหรือถุงพลาสติก

แล้วทำการทดลอง โดยชั่งสารแต่ละชนิดมาในปริมาณที่ระบุดังตาราง ผสมสารให้เข้ากันโดยใช้ ครอบผสมผงยาหรือถุงพลาสติก

Sample	Weight (g.)				
	Avicel PH101	Avicel PH 102	Starch 1500	Emcompress	Aerosil 200
1	20	-	-	-	0.04
2	-	20	-	-	0.04
3	-	-	20	-	0.04
4	-	-	-	20	0.04
5	10	-	10	-	0.04
6	-	10	10	-	0.04
7	10	-	-	10	0.04
8	-	-	10	10	0.04

ค่อยๆ เทส่วนผสมใส่ในกระบอกตวงขนาด 100 มล. โดยขณะเทให้เอียงกระบอกตวงประมาณ 45 องศา หลังจากเทสารตัวอย่างลงในกระบอกตวงแล้วให้ปิดปากกระบอกตวงด้วยกระดาษฟอยล์ ให้ได้ตามรูปที่ 13 และเคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method) โดยแต่ละครั้งห่างกัน 2 วินาที โดยยกกระบอกตวงสูงจากพื้น 1 นิ้ว แล้วปล่อยลงมาบนพื้นทีราบแข็ง ตามรูปที่ 14 แล้วจึงอ่านค่าปริมาตรเริ่มต้น เป็นค่า Bulk volume และบันทึกผล

จากนั้นเคาะกระบอกตวงต่อด้วยเครื่องวัดความหนาแน่นแบบเคาะ (Tap Density Tester) โดยเริ่มนับ 1 และอ่านปริมาตรเมื่อเคาะครบ 5 ครั้ง, 10 ครั้ง, 20 ครั้ง และต่อไป ทุกๆ 20 ครั้ง จนปริมาตรคงที่ โดยที่ปริมาตรคงที่จะได้ค่า tapped volume

คำนวณ bulk density และ tapped density ของสารตัวอย่างต่างๆ จากสมการ $D = M/V$ และทำซ้ำอีก 2 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของ bulk density และ tapped density

สร้างกราฟระหว่างจำนวนครั้งที่เคาะผงยากับปริมาตรของผงยาและกราฟระหว่าง bulk density และ tapped density กับขนาดอนุภาคผงของผงยา

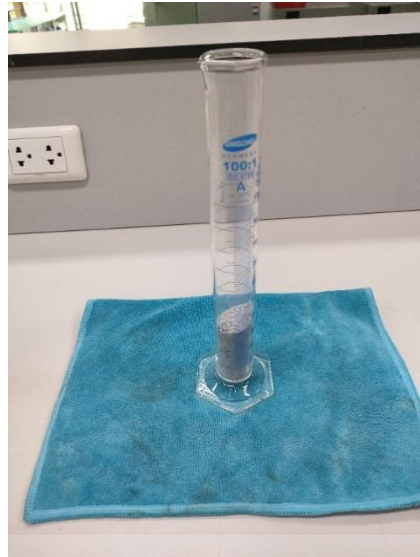
คำนวณค่า Carr' s index และ Hausner' s ratio และบันทึกผล

$$\text{Hausner's ratio} = V_b/V_t$$

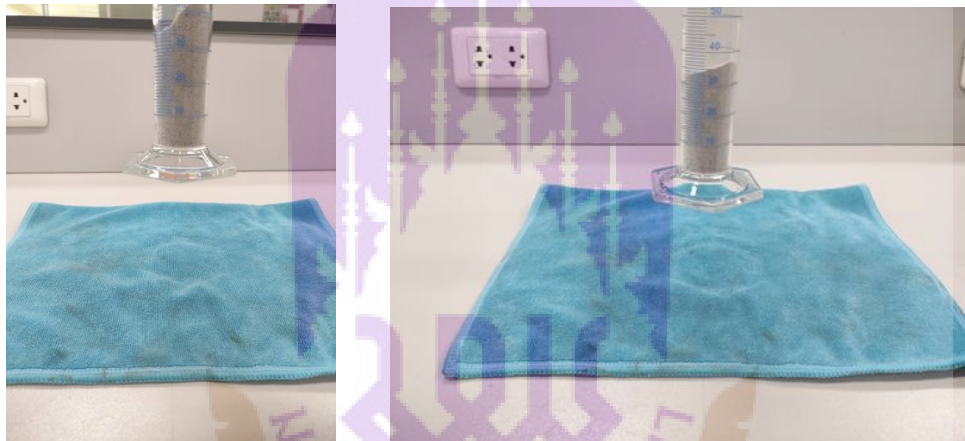
$$\text{Carr's index} = (1 - V_t/V_b) \times 100$$

โดย V_t = Tapped volume

V_b = Bulk volume



รูปที่ 13 อุปกรณ์การหาความหนาแน่นของอนุภาค



รูปที่ 14 การเคาะอุปกรณ์การหาความหนาแน่นของอนุภาค



รูปที่ 15 เครื่องวัดความหนาแน่นแบบเคาะ (Tap Density Tester)

การหาความหนาแน่นของอนุภาค โดยใช้ชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method) ที่ประดิษฐ์ขึ้น

การหา Bulk volume ให้ใช้วิธี 3-tap method โดยหลังจากที่เทแกรนูโลกลงในกระบอกตวงแล้วให้เคาะ 3 ครั้ง โดยใช้ชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method) แต่แต่ละครั้งห่างกัน 2 วินาที โดยยกกระบอกตวงขึ้นสูงสุด (ระยะที่ปรับตั้งแล้ว 1 นิ้ว) แล้วปล่อยลงอิสระตามแรงดึงดูดของโลก แล้วจึงอ่านค่าปริมาตรเริ่มต้น เป็นค่า Bulk volume

โดยมีการเตรียมสารเคมีผงยา และอุปกรณ์ดังนี้

1. Avicel PH101
2. Avicel PH 102
3. Starch 1500
4. Emcompress
5. Aerosil 200
6. กระบอกตวงขนาด 100 มล.
7. ครอบป้องกันหรือถุงพลาสติก
8. ชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method)

แล้วทำการทดลอง โดยชั่งสารแต่ละชนิดมาในปริมาณที่ระบุดังตารางข้างต้น ผสมสารให้เข้ากันโดยใช้ ครอบป้องกันหรือถุงพลาสติก



รูปที่ 16 ชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method) ที่ประดิษฐ์ขึ้น

การทดสอบปฏิบัติการการไหลของอนุภาค โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการวิเคราะห์ถึงคุณสมบัติการไหล (flowability) ของอนุภาค

การไหลของอนุภาคหรือแกรนูลมีความสำคัญต่อกระบวนการต่างๆ ในอุตสาหกรรมยา เช่น การผสมและแยกผงยา การผลิตยาในรูปยาผง การบรรจุแคปซูล การอัดเม็ด การบรรจุ ปักจี้ที่มีผลต่อการไหลของอนุภาคคือ ขนาดและการกระจายขนาดของอนุภาค รูปร่าง ความพรุน ลักษณะผิว อนุภาค และความชื้น ค่าตัวเลขที่นิยมใช้บ่งชี้ถึงการไหลของอนุภาค คือ อัตราการไหล (flow rate) และมุมลาด (angle of repose)

โดยมีการเตรียมสารเคมีผงยา และอุปกรณ์ดังนี้

1. Avicel PH101
2. Avicel PH 102
3. Starch 1500
4. Emcompress
5. Aerosil 200
6. กรวยแก้ว ขาดังพร้อมที่ยึดกรวย
7. ครอบผสมยาหรือถุงพลาสติก
8. กระดาษขาว
9. นาฬิกาจับเวลา

แล้วทำการทดลอง โดยชั่งสารแต่ละชนิดมาในปริมาณที่ระบุดังตาราง ผสมสารให้เข้ากันโดยใช้ ครอบผสมผงยาหรือถุงพลาสติก

Sample	Weight (g.)				
	Avicel PH101	Avicel PH 102	Starch 1500	Emcompress	Aerosil 200
1	20	-	-	-	0.04
2	-	20	-	-	0.04
3	-	-	20	-	0.04
4	-	-	-	20	0.04
5	10	-	10	-	0.04
6	-	10	10	-	0.04
7	10	-	-	10	0.04
8	-	-	10	10	0.04

- จัดขาตั้งพร้อมที่ยึดกรวย เพื่อให้กรวยถูกยึดแน่นอยู่กับที่ไมโยกไหวเมื่อทำการทดลอง

- วางกระดาษไว้ใต้กรวยที่ติดตั้งบนขาตั้ง โดยให้ปลายกรวยอยู่สูงจากกระดาษประมาณ 5 ซม.
- ใช้นิ้วมือปิดปลายกรวยแล้วสารตัวอย่างที่ซึ่งมาตามข้อ 1 ลงในกรวย

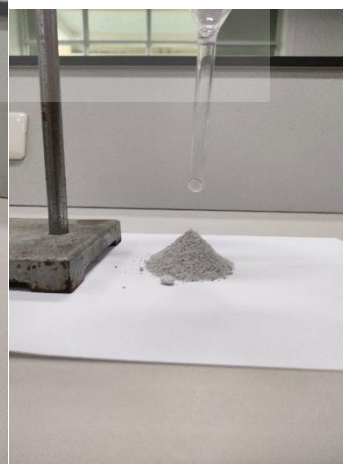
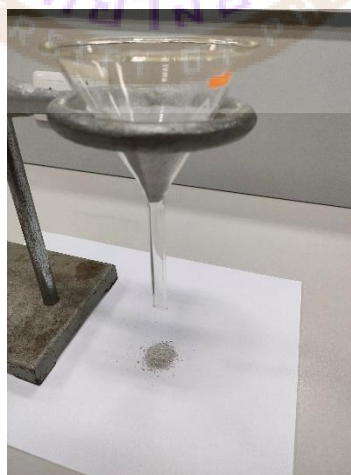
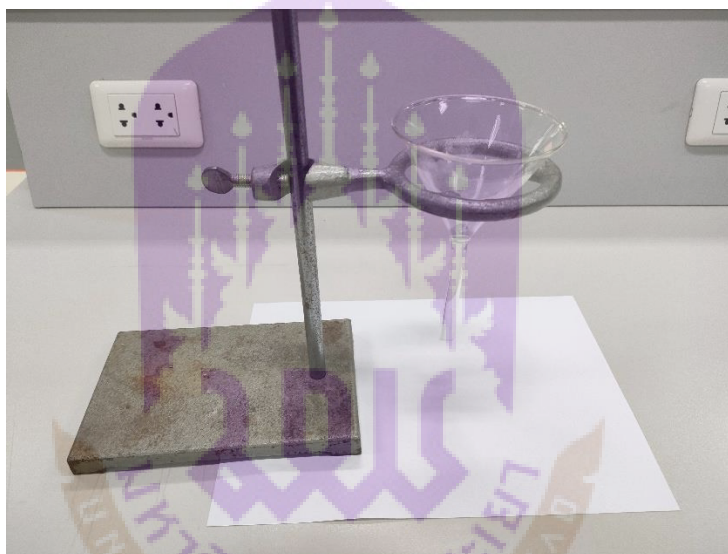
5. เปิดปลายกรวยพร้อมจับเวลาเมื่อสารเริ่มไหลออกจากปลายกรวย จนกระทั่งไหลผ่านกรวยหมด

6. วัดความสูงของกองสารที่เกิดขึ้น

7. ใช้ดินสอวาดเส้นรอบวงของฐานของกองสาร จากนั้นเทสารใส่ภาชนะและใช้แปรงอ่อนปิดกระดาษให้สะอาด และวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของกองอนุภาค

8. ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 1 – 7 อีก 2 ครั้ง

จากเวลาที่ได้ ให้คำนวณหาอัตราการไหล และจากความสูง (H) และรัศมี (R) ที่ได้ในการทดลองให้ คำนวณมุมลาด (angle of repose, θ) จากสูตร $\tan\theta = H / R$ โดยแสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลองทั้ง 3 ครั้ง และบันทึกผล



รูปที่ 17 อุปกรณ์หาค่าการไหล (flowability) ของอนุภาค

การทดสอบปฏิบัติการการไหลของอนุภาค โดยใช้ชุดการเรียนรู้การไหล (flowability) ของอนุภาค โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการวิเคราะห์ถึงคุณสมบัติการไหล (flowability) ของอนุภาค

การไหลของอนุภาคหรือแกรนูลมีความสำคัญต่อกระบวนการต่างๆ ในอุตสาหกรรมยา เช่น การผสมและแยกผงยา การผลิตยาในรูปยาผง การบรรจุแคปซูล การอัดเม็ด การบรรจุ ป้ายยี่ห้อที่มีผลต่อการไหลของอนุภาคคือ ขนาดและการกระจายขนาดของอนุภาค รูปร่าง ความพรุน ลักษณะผิว อนุภาค และความชื้น ค่าตัวเลขที่นิยมใช้บ่งชี้ถึงการไหลของอนุภาค คือ อัตราการไหล (flow rate) และมุมลาด (angle of repose)

โดยมีการเตรียมสารเคมีผงยา และอุปกรณ์ดังนี้

10. Avicel PH101
11. Avicel PH 102
12. Starch 1500
13. Emcompress
14. Aerosil 200
15. กรวยแก้ว ขาดั้งพร้อมที่ยึดกรวย
16. ครอบผสมผงยาหรือถุงพลาสติก
17. กระดาษขาว
18. นาฬิกาจับเวลา

แล้วทำการทดลอง โดยชั่งสารแต่ละชนิดมาในปริมาณที่ระบุดังตาราง ผสมสารให้เข้ากันโดยใช้ ครอบผสมผงยาหรือถุงพลาสติก

Sample	Weight (g.)				
	Avicel PH101	Avicel PH 102	Starch 1500	Emcompress	Aerosil 200
1	20	-	-	-	0.04
2	-	20	-	-	0.04
3	-	-	20	-	0.04
4	-	-	-	20	0.04
5	10	-	10	-	0.04
6	-	10	10	-	0.04
7	10	-	-	10	0.04
8	-	-	10	10	0.04

- จัดขาดั้งพร้อมที่ยึดกรวย เพื่อให้กรวยถูกยึดแน่นอยู่กับที่ไมโยกไหวเมื่อทำการทดลอง

- วางกระดาษไว้ใต้กรวยที่ติดตั้งบนขาตั้ง โดยให้ปลายกรวยอยู่สูงจากกระดาษประมาณ 5 ซม.
- ใช้นิ้วมือปิดปลายกรวยแล้วสารตัวอย่างที่ซึ่งมาตามข้อ 1 ลงในกรวย

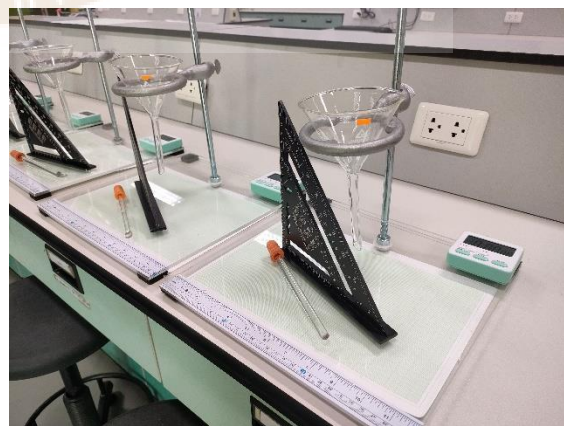
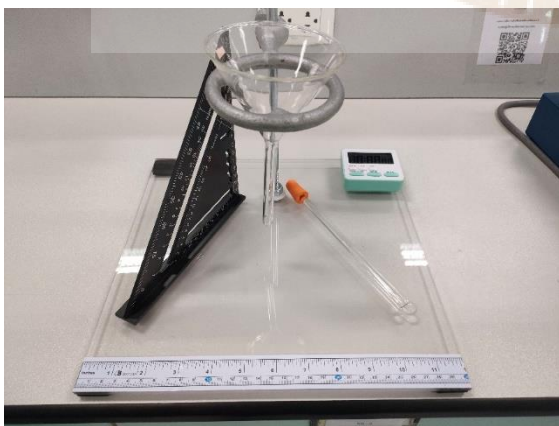
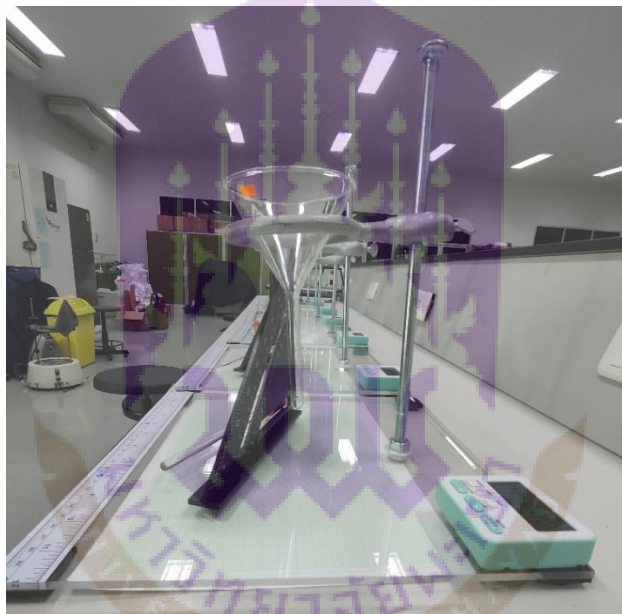
5. เปิดปลายกรวยพร้อมจับเวลาเมื่อสารเริ่มไหลออกจากปลายกรวย จนกระทั่งไหลผ่านกรวยหมด

6. วัดความสูงของกองสารที่เกิดขึ้น

7. ใช้ดินสอวาดเส้นรอบวงของฐานของกองสาร จากนั้นเทสารใส่ภาชนะและใช้แปรงอ่อนปิดกระดาษให้สะอาด และวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของกองอนุภาค

8. ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 1 – 7 อีก 2 ครั้ง

จากเวลาที่ได้ ให้คำนวณหาอัตราการไหล และจากความสูง (H) และรัศมี (R) ที่ได้ในการทดลองหาค่ามุมมุลาด (angle of repose, θ) จากสูตร $\tan\theta = H / R$ โดยแสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลองทั้ง 3 ครั้ง และบันทึกผล



รูปที่ 18 อุปกรณ์ชุดการเรียนรู้การไหล (flowability) ของอนุภาค ที่ประดิษฐ์ขึ้น

ประเมินความพึงพอใจ

สอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน และจำนวนนิสิตที่มีทักษะการประเมินการไหลของผงยาด้วยเทคนิคที่ถูกต้อง จากการได้ทดลองใช้ ชุดการเรียนรู้เรื่องการไหลของผงยา ทั้ง 2 ชุด

1. ชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง
2. ชุดการเรียนรู้ด้วยวิธีการประเมิน angle of repose

โดยใช้การประเมินโดยไม่ระบุตัวตน ของผู้ประเมินตามเกณฑ์จริยธรรมในการวิจัย ตามแบบฟอร์มออนไลน์ ตามลิงก์

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdR_OHPAjj8Q7LA8sPCfR9e7z27qkHRC0fUAs-BMK0mNH0qw/viewform

โดยมี 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป อธิบายเกี่ยวกับการพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงยา (Development of learning innovation for flowability study of medicinal) เป็นงานวิจัยสำหรับพัฒนาเครื่องมือในรายวิชาเภสัชกรรม 3 ของคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา และส่วนที่ 2 การประเมินความพึงพอใจต่อชุดนวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงยา ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ

ดำเนินการสอบถามความคิดเห็นต่อชุดนวัตกรรมการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method) โดยมีข้อความดังนี้

1. อุปกรณ์นี้ช่วยทำให้การเรียนรู้เรื่องความหนาแน่นของผงยาสะดวก และง่ายมากขึ้น และส่งผลให้นิสิตทำแลบด้วยเทคนิคที่ถูกต้อง
2. อุปกรณ์ชุดนี้มีความเหมาะสมในการใช้เรียนรู้เรื่องความหนาแน่นของผงยา
3. ความพึงพอใจเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีเดิมหรืออุปกรณ์เดิม ก่อนใช้ชุดนวัตกรรมการเรียนรู้เรื่องความหนาแน่นของผงยา
4. อุปกรณ์ชุดนี้ช่วยให้นิสิตมีความมั่นใจในการทดลองมากขึ้น
5. อุปกรณ์ชุดนี้เป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอน

กับดำเนินการสอบถามความคิดเห็นต่อชุดนวัตกรรมการเรียนรู้การไหล (flowability) ของผงยา โดยมีข้อความดังนี้

1. อุปกรณ์นี้ช่วยทำให้การเรียนรู้เรื่องการไหลของผงยาสะดวก และง่ายมากขึ้น และส่งผลให้นิสิตทำแลบด้วยเทคนิคที่ถูกต้อง
2. อุปกรณ์ชุดนี้มีความเหมาะสมในการใช้เรียนรู้เรื่องการไหลของผงยา
3. ความพึงพอใจเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีเดิมหรืออุปกรณ์เดิม ก่อนใช้ชุดนวัตกรรมการเรียนรู้เรื่องการไหลของผงยา
4. อุปกรณ์ชุดนี้ช่วยให้นิสิตมีความมั่นใจในการทดลองมากขึ้น
5. อุปกรณ์ชุดนี้เป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอน

รูปที่ 19 แบบประเมินการพัฒนาวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัตการไหลของผงยา

และได้ทำการใช้แบบประเมินก่อน-หลังการมีชุดนวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัตการไหลของผงยา ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

เป็นการเปรียบเทียบ โดยการให้คะแนน 1-5 (5 คือดีมาก จนถึง1คือต้องปรับปรุงหรือแย่กว่า) และ ส่วนที่ 2 จะเป็นข้อคำถามประเมิน

- คะแนนต่ออุปกรณ์การเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method)
- คะแนนต่ออุปกรณ์การเรียนรู้การไหล (flowability) ของผงยา

โดยให้กลุ่มตัวอย่างให้คะแนนอุปกรณ์การเรียนแบบเดิม เปรียบเทียบกับชุดนวัตกรรมการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method) และชุดนวัตกรรมการเรียนรู้การไหล (flowability) ของผงยา ดังลิงก์ https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdWYN4vqkeoE7L3xYgP68pWkmw_R77-rZKTvadutrjMhs8Pg/viewform

รูปที่ 20 แบบประเมินก่อน-หลังการมีชุดนวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัตการไหลของผงยา

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายที่จะศึกษาค้นคว้าหาหลักเกณฑ์และวิธีการพัฒนา นวัตกรรม ที่จะสร้างเครื่องมือใน "ชุดการเรียนรู้เรื่องการไหลของผงยาสำหรับนิสิตเภสัชศาสตร์ ในการเรียน ภาควิชาปฏิบัติการของรายวิชา 341321 เภสัชกรรม 3 โดยพัฒนาชุดการเรียนรู้ 2 ชุด ได้แก่ ชุดการเรียนรู้ เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method) และชุดการเรียนรู้การไหลด้วยวิธีการประเมินด้วยการวัด angle of repose ของอนุภาค" เพื่อนำมาใช้ในการเรียนการสอนในรายวิชาดังกล่าวในเรื่อง MICROMERITICS หัวข้อ การไหลของอนุภาค นอกจากนี้ยังมีความมุ่งหมายที่จะออกแบบการทดลองเพื่อใช้ กับชุดทดลอง ดังกล่าว ตลอดจนการเสนอหลักเกณฑ์ วิธีสร้าง และเทคนิคในการทดลอง ที่ได้ผลดี

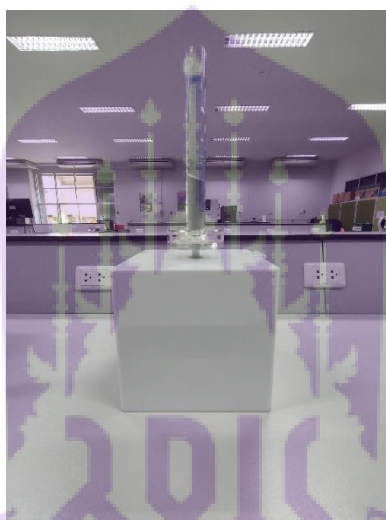
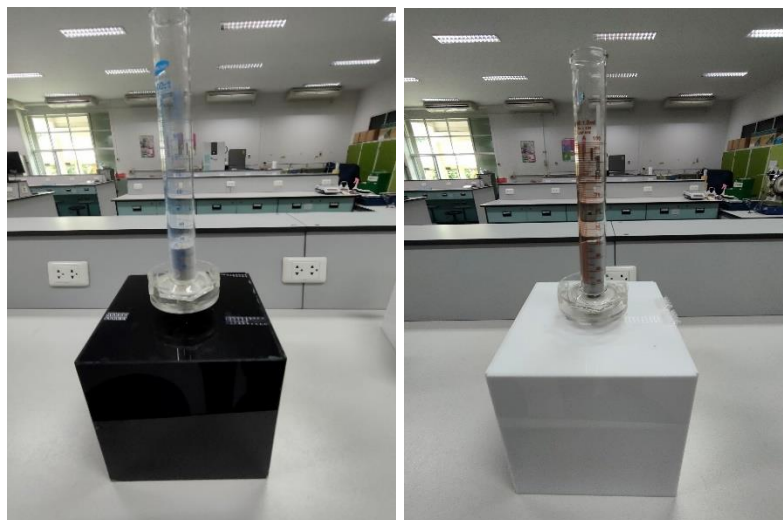
ผลการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จะเป็นแนวทางให้ผู้เรียนรายวิชา 341321 เภสัชกรรม 3 สามารถใช้ชุด การเรียนรู้เรื่องการไหลของผงยา และเห็นแนวทางที่จะออกแบบการทดลองที่จะนำมาใช้กับเครื่องมือที่สร้าง ขึ้น ซึ่งเป็นทางหนึ่งที่จะช่วยใน การแก้ปัญหาการขาดแคลนอุปกรณ์สำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการ

การสร้างเครื่องมือในชุดทดลอง ได้อาศัยหลักเกณฑ์ว่า เครื่องมือที่สร้างขึ้น จะต้องมาจากหลักที่ไม่ ซับซ้อนจนเกินไป ใช้วัสดุหาได้ง่าย และต้องออกแบบให้มีความสะดวกต่อการใช้ โดยจะช่วยให้การเรียน การสอนมีความรวดเร็ว วัดผลได้ตามวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนในบทปฏิบัติการดังกล่าว

เครื่องมือในชุดทดลองที่ได้ออกแบบสร้างขึ้นมีดังต่อไปนี้

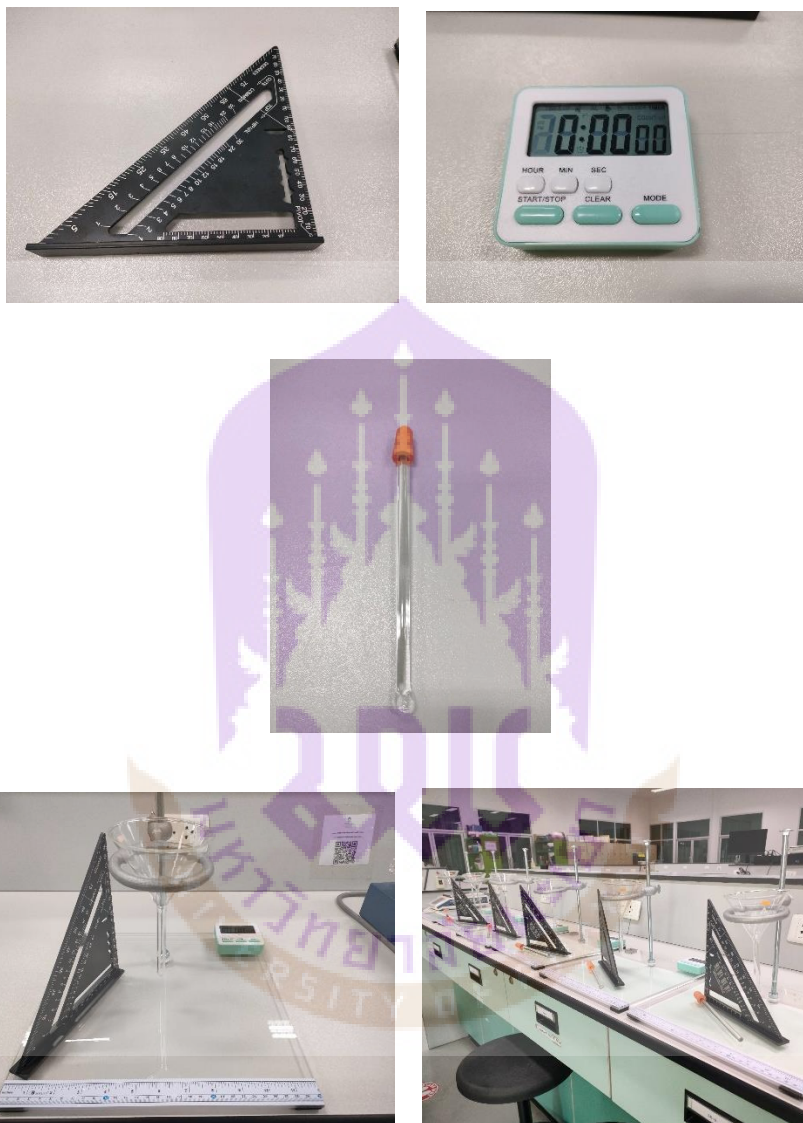
ชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method)

ในการวิจัยนี้ได้ประดิษฐ์อุปกรณ์ ชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง จำนวนทั้งหมด 6 ชุด การ เรียนรู้ เพื่อให้นิสิตสามารถใช้ประกอบการเรียนปฏิบัติการได้เพียงพอทุกกลุ่มฯ ละ 1 ชุด ดังรูปที่ 21



รูปที่ 21 ชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method)

ชุดการเรียนรู้การไหลด้วยวิธีการประเมินด้วยการวัด angle of repose ของอนุภาค ได้ประดิษฐ์อุปกรณ์ ชุดนวัตกรรมการเรียนรู้การไหล (flowability) ของผงยา จำนวนทั้งหมด 6 ชุดการเรียนรู้ เพื่อให้นิสิต สามารถใช้ประกอบการเรียนปฏิบัติการได้เพียงพอทุกกลุ่มฯ ละ 1 ชุด ดังรูปที่ 22



รูปที่ 22 ชุดนวัตกรรมการเรียนรู้การไหล (flowability) ของผงยา

การประเมินความพึงพอใจต่อชุดนวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงยา ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติการ

ความคิดเห็นต่อชุดนวัตกรรมการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method)

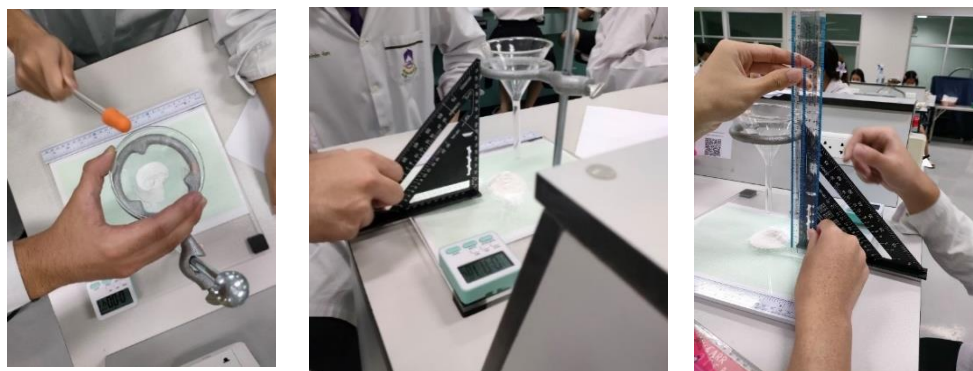
1. อุปกรณ์นี้ช่วยให้การเรียนรู้เรื่องความหนาแน่นของผงยาสะดวก และง่ายมากขึ้น และส่งผลให้นิสิตทำแลบด้วยเทคนิคที่ถูกต้อง

2. อุปกรณ์ชุดนี้มีความเหมาะสมในการใช้เรียนรู้เรื่องความหนาแน่นของผงยา
3. ความพึงพอใจเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีเดิมหรืออุปกรณ์เดิม ก่อนใช้ชุดนวัตกรรมการเรียนรู้เรื่องความหนาแน่นของผงยา
4. อุปกรณ์ชุดนี้ช่วยให้นิสิตมีความมั่นใจในการทดลองมากขึ้น
5. อุปกรณ์ชุดนี้เป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอน

ความคิดเห็นต่อชุดนวัตกรรมการเรียนรู้การไหล (flowability) ของผงยา

1. อุปกรณ์นี้ช่วยทำให้การเรียนรู้เรื่องความหนาแน่นของผงยาสะดวก และง่ายมากขึ้น และส่งผลให้นิสิตทำแลบด้วยเทคนิคที่ถูกต้อง
2. อุปกรณ์ชุดนี้มีความเหมาะสมในการใช้เรียนรู้เรื่องความหนาแน่นของผงยา
3. ความพึงพอใจเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีเดิมหรืออุปกรณ์เดิม ก่อนใช้ชุดนวัตกรรมการเรียนรู้เรื่องความหนาแน่นของผงยา
4. อุปกรณ์ชุดนี้ช่วยให้นิสิตมีความมั่นใจในการทดลองมากขึ้น
5. อุปกรณ์ชุดนี้เป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอน

โดยให้กลุ่มตัวอย่างได้ทดลองชุดนวัตกรรมการเรียนรู้ ทั้ง 2 ชนิดที่ทำขึ้นเปรียบเทียบกับชุดอุปกรณ์ที่มีอยู่เดิม ดังรูปที่ 23



รูปที่ 23 การใช้งานชุดนวัตกรรมการเรียนรู้



รูปที่ 23 การใช้งานชุดนวัตกรรมการเรียนรู้ (ต่อ)



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงยาสำหรับนิสิตเภสัชศาสตร์ ในรายวิชา 341321 เภสัชกรรม 3 เป็นการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนในการใช้นวัตกรรมชุดการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงยาที่ประดิษฐ์ขึ้น

ในการวิจัยการพัฒนาชุดการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงยา (Development of education sets for the flowability study of medicinal powders) นี้ ได้ชุดการเรียนรู้ 2 ชุด คือชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method) และชุดนวัตกรรมการเรียนรู้การไหล (flowability) ของผงยา ชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method) ศึกษาความหนาแน่นของผงยาเมื่อนำมาใช้งานจริง ช่วยให้นิสิตมีความสะดวกในการใช้งาน และช่วยลดความเสี่ยงในการทำกระบอกตวง ซึ่งเป็นอุปกรณ์ในการทดลองซึ่งมีราคาแพง ช่วยให้การแตกเสียหาย ลดน้อยลงไปมาก หรือแทบไม่มีการแตกเสียหายเลย เมื่อเทียบกับวิธีการเดิม

ชุดนวัตกรรมการเรียนรู้การไหล (flowability) ของผงยา เป็นการทดลองอีกชุดที่ศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงยาจากการทำงานจริง พบว่ามีความสะดวกในการใช้งาน มีความรวดเร็วในการประกอบชุดอุปกรณ์การศึกษาการไหล ประหยัดเวลาเมื่อเทียบกับชุดการทดลองเดิมมาก เมื่อนำชุดการเรียนรู้ทั้ง 2 ชุดไปใช้งาน พร้อมทั้งประเมินผล พบว่ามีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก ที่ค่าเฉลี่ย 4.88 ± 0.32 ของชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method) และมีค่าเฉลี่ย 4.89 ± 0.30 ในชุดนวัตกรรมการเรียนรู้การไหล (flowability) ของผงยา

ชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method) และชุดนวัตกรรมการเรียนรู้การไหล (flowability) ของผงยา มีคะแนนการรับรู้การใช้ประโยชน์ต่อการศึกษาคูณสมบัติการไหลของผงยาสูงกว่าอุปกรณ์การเรียนแบบเดิมของแต่ละวิธีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อทดสอบด้วยสถิติ T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น $\alpha = .05$ คะแนนการรับรู้การใช้ประโยชน์ต่อการศึกษาคูณสมบัติการไหลของผงยา ของชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method) และอุปกรณ์การเรียนแบบเดิมมีค่าเท่ากับ 4.83 ± 0.30 และ 2.89 ± 0.93 ตามลำดับ คะแนนการรับรู้การใช้ประโยชน์ต่อการศึกษาคูณสมบัติการไหลของผงยาของชุดนวัตกรรมการเรียนรู้การไหล (flowability) ของผงยาและอุปกรณ์การเรียนแบบเดิมมีค่าเท่ากับ 4.55 ± 0.54 และ 2.44 ± 0.94 ตามลำดับ

จากผลการประเมินคะแนนดังกล่าวบ่งชี้ว่า ชุดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นทั้งสองชุดมีประโยชน์ต่อการเรียนการสอนหัวข้อการคูณสมบัติการไหลของผงยา อย่างมีนัยสำคัญ

อภิปรายผลการวิจัย

จากงานวิจัยการพัฒนานวัตกรรมชุดการเรียนรู้เรื่องความฟูและอัตราการไหลของผงยา ซึ่งมีชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method) และชุดการเรียนรู้การไหล (flowability) ของอนุภาค มีประเด็นที่นำมาอภิปรายผล ดังนี้

ชุดการเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method) ตัวกล่องซึ่งเป็นส่วนล่าง สามารถหากกล่องที่มีขนาดพอดี หรือใช้กล่องสำเร็จรูปเพื่อให้อุปกรณ์มีความคงทนเพิ่มมากขึ้น และควรเพิ่มก๊ีบล็อคที่เหมาะสมกับขนาดของฐานกระบอกตวงที่มีหลายชนิด หลายยี่ห้อ

ชุดการเรียนรู้การไหล (flowability) ของอนุภาค หากเปลี่ยนฉาควัดเป็น Digital Vernier caliper และหาอุปกรณ์มาเพิ่มเติมเพื่อให้ชุดการทดลองมีประสิทธิภาพมากขึ้น อาทิเช่น อุปกรณ์ล้อครวยกรองแก้ว เพื่อไม่ให้ขยับตัวมาก และวงแหวนสำหรับยึดกับเสาเหล็กหรือใช้รองกรวย, โอริง (O-Ring) ต้องมีตัวล็อคตัวเสายึด

ข้อคิดเห็น และข้อเสนอแนะ

การศึกษางานวิจัยนี้ มีข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ชุดการเรียนรู้การไหล (flowability) ของอนุภาค ในการวัดค่าต่างๆ หากใช้ Vernier caliper จะสะดวกกว่า



รูปที่ 24 ข้อเสนอแนะในการปรับใช้ Vernier caliper แทนฉาเหล็ก

2. หาตัวล็อค funnel เพื่อให้ตอนเคาะ จะช่วยให้ไม่เคลื่อนที่ไปมา
3. ช่วยทำให้สะดวกขึ้น ทำให้ดูง่ายขึ้นครับ
4. อยากให้มีเครื่องมือที่วัดกองผงยา หรือความสูง ได้ง่ายและแม่นยำ
5. ดีมากๆเลยคะ ย่นเวลาได้เยอะ แล้วก็อาจจะลด error ของผลได้ด้วย
6. มีประโยชน์มาก
7. สะดวกขึ้นมากๆ ไม่ต้องใช้เทคนิคมากเกินไปและค่าที่ได้น่าจะแม่นยำมากขึ้น

บรรณานุกรม

1. The United States Pharmacopeial Convention, 2009, USP 32/NF 27 Volume 1, United BookPress, Maryland, pp. 688-691.
2. The United States Pharmacopeial Convention, 2010, USP 33/NF 28, United Book Press, Maryland, pp. R74-R76.
3. British Pharmacopoeia Commission, 2009, British Pharmacopoeia 2009 volume IV, the Stationery Office, London, pp. A448-A451.
4. Montanari D, Agostini A, Bonini M, Corti G, Ventisette CD. The Use of Empirical Methods for Testing Granular Materials in Analogue Modelling. *Materials*. 2017; 10(6):635.
5. Saingam W, Monton C, Suksaeree J, Charoenchai L, Songsak T, Duangjit S. Physical and chemical properties of khamin chan tablets: direct compression vs wet granulation method. *BHST*. 2015;13(2):56–62.
6. Boontha S, Chumchuensanoi A, Charachit W, Deepaen C, Jareontanakul C, Wongmano S, and Pitaksuteepong T. (2016). Comparative evaluation on rutin content, radical scavenging activity and physical properties of tablets prepared from noni leaf and fruit extracts. *NU. International Journal of Science* 2016, 13(1), 17 – 25.
7. ชีราวุธ ปทุมธนทรัพย์ และคณะ (2555) การพัฒนาเครื่องปิดผนึกแอมพูล (Development of AnAmpoule SealingMachine) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วารสารวิชาการ ปชมท.ปีที่ 5, ฉบับที่ 3 (ก.ย.-ธ.ค. 2559), หน้า 10-16
8. กัญญา ชุมแวงวาปี และคณะ, (2559) การพัฒนาตู้ควบคุมความชื้น (Controlled Humidity Cabinets). Pharm KKU Show & Share 2016. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 7 กันยายน 2559: หน้า 16-17

ภาคผนวก



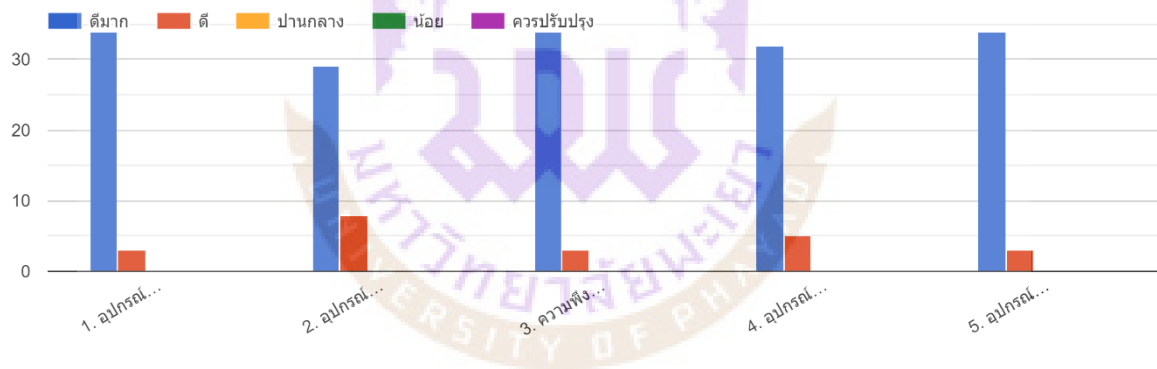
ผลแบบประเมินความพึงพอใจต่อชุดนวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงยา

- การประเมินความพึงพอใจต่อชุดนวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงยา ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติการ

ความคิดเห็นต่อชุดนวัตกรรมการเรียนรู้เคาะกระบอกดวง 3 ครั้ง (3-tap method)

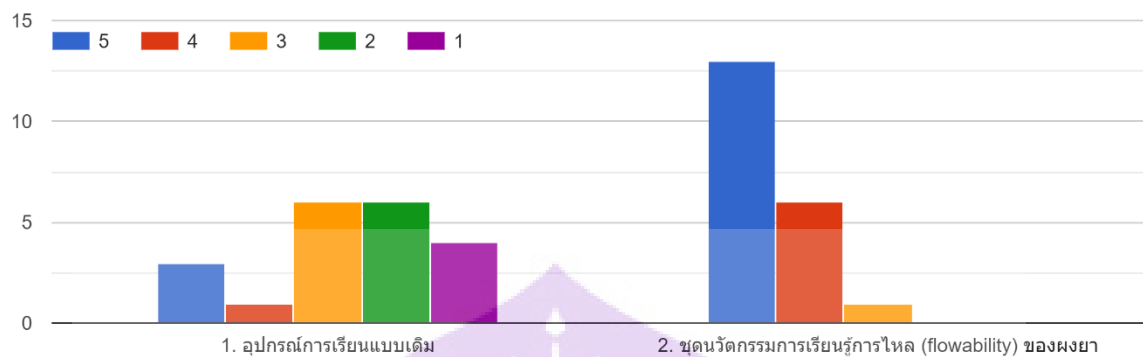


ความคิดเห็นต่อชุดนวัตกรรมการเรียนรู้การไหล (flowability) ของผงยา



- แบบประเมินก่อน-หลังการมีชุดนวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อการศึกษาคุณสมบัติการไหลของผงยา

คะแนนต่ออุปกรณ์การเรียนรู้การไหล (flowability) ของผงยา



คะแนนต่ออุปกรณ์การเรียนรู้เคาะกระบอกตวง 3 ครั้ง (3-tap method)



ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ชื่อภาษาไทย : นายอิทธิฤทธิ์ มูลเมือง
ชื่อภาษาอังกฤษ : Mr. Ittirit Moonmuang
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน : 3560500416702
3. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์
- งานปฏิบัติการ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา 19 หมู่ 2 ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000 โทรศัพท์ 06-3952-6199 e-mail : ittirit.mo@up.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

ปีที่สำเร็จการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สถาบันการศึกษา
2557	ปริญญาโท	วศ.ม. (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม)	วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา
2543	ปริญญาตรี	วท.บ (เคมี)	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
- Environ management, Chemistry management and Laboratory safety.
6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศโดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

1) ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : -

2) หัวหน้าโครงการวิจัย : -

3) งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

-ชื่อเรื่อง : การพัฒนากระบวนการการเคลือบยาเม็ด ปีงบประมาณ 2566

เจ้าของผลงาน : นาย อิทธิฤทธิ์ มูลเมือง

สังกัด : คณะเภสัชศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.ภญ.สุภาวดี บุญทา

-ชื่อเรื่อง : การพัฒนาประสิทธิภาพเครื่องทดลองอเนกประสงค์ในการเคลือบเม็ดยา ปีงบประมาณ2563

เจ้าของผลงาน : นาย อิทธิฤทธิ์ มูลเมือง

สังกัด : คณะเภสัชศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.ภญ.สุภาวดี บุญทา

-ชื่อเรื่อง : การประยุกต์ใช้งานระบบ QR Code กับด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยพะเยา ปีงบประมาณ 2560

เจ้าของผลงาน : นาย อธิธิฤทธิ์ มูลเมือง

สังกัด : คณะเภสัชศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.พรเทพ โรจนวสุ

-ชื่อเรื่อง : ระดับความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตคณะเภสัชศาสตร์ ปีงบประมาณ 2559

เจ้าของผลงาน : นาย อธิธิฤทธิ์ มูลเมือง

สังกัด : คณะเภสัชศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.เปรมวิทย์ วิวัฒน์เศรษฐ์

-ชื่อเรื่อง : ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ ปีงบประมาณ 2558

เจ้าของผลงาน : นาย อธิธิฤทธิ์ มูลเมือง

สังกัด : คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์พรรณพิมล สุขวงษ์

4) งานวิจัยที่กำลังทำ :

-ชื่อเรื่อง : การพัฒนาระบบฐานข้อมูลความปลอดภัยของสารเคมีในห้องปฏิบัติการ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

เจ้าของผลงาน : นาย อธิธิฤทธิ์ มูลเมือง สังกัด : คณะเภสัชศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ดร.ภญ.ศุภางค์ คนดี

ประวัติผู้วิจัยร่วม

1. ชื่อภาษาไทย : นายวิศิษฐ์ มั่งทศน์
ชื่อภาษาอังกฤษ : Mr.Wisit Mangthas
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน : 3659900043871
3. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์
- งานปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา 19 หมู่ 2 ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000 โทรศัพท์ 08-9644-2282 e-mail : wisit.ma@up.ac.th
4. ประวัติการศึกษา

ปีที่สำเร็จการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สถาบันการศึกษา
2548	ปริญญาตรี	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์)	มหาวิทยาลัยนเรศวร

