รายงานการวิจัย

การประเมินประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรองปราศจากเชื้อ

Efficiency Assessment of Computer Assisted Instruction entitled Sterilized Filter Integrity Test

โดย

ผศ.สถาพร นิ่มกุลรัตน์

ดร.จิตติมา มานะกิจ

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้โดยการสนับสนุนจากคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ซึ่งเป็นผู้ให้ทุนในการดำเนินงานวิจัย คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญทั้งทางด้านเนื้อหาและด้านเทคโนโลยีการศึกษา ที่สละเวลาทำการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่คณะผู้วิจัยจัดทำขึ้น รวมทั้งขอขอบคุณคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้การสนับสนุนสถานที่และอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัย

หากรายงานวิจัยฉบับนี้มีความผิดพลาดหรือไม่สมบูรณ์ของข้อมูล คณะผู้วิจัยขอน้อมรับในความบกพร่องที่เกิดขึ้นแต่เพียงผู้เดียว

คณะผู้วิจัย
มิถุนายน 2556

บทคัดย่อ

ชื่อโครงการ

การประเมินประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรองปราศจากเชื้อ

Efficiency Assessment of Computer Assisted Instruction entitled Sterilized Filter Integrity Test

ชื่อผู้วิจัย

1) ผศ.ดร.สถาพร นิ่มกุลรัตน์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โทรศัพท์ 037-395094-5 ต่อ 1618 โทรสาร 037395096 (หัวหน้าโครงการ)

2) ดร.จิตติมา มานะกิจ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โทรศัพท์ 037-395094-5 ต่อ 1604 โทรสาร 037395096 (ผู้ร่วมวิจัย)

งบประมาณและระยะเวลาทำวิจัย

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2555 เป็นจำนวนเงิน 69,200 บาท

ระยะเวลาทำวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ สิงหาคม 2555 ถึง กรกฎาคม 2556

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่อพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรองปราศจากเชื้อ โดยผู้วิจัยได้จัดทำบทเรียนขึ้นและได้ให้ผู้เชี่ยวชาญทั้งด้านเนื้อหาและด้านเทคโนโลยีการศึกษาประเมินคุณภาพของบทเรียน ซึ่งผลการประเมินอยู่ในระดับดีและดีมากตามลำดับ บทเรียนได้ถูกปรับปรุงและทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนิสิตคณะเภสัชศาสตร์ ชั้นปีที่ 4 ปีการศึกษา 2555 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ผลการทดสอบพบว่าบทเรียนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 95.0/86.7 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่คาดหวัง (80/80) คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมัน 95% และค่าดัชนีประสิทธิผลรายกลุ่มเท่ากับ 0.81 ผลการทดสอบเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพและสามารถพัฒนาการเรียนรู้ของนิสิตเภสัชศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิผล

Abstract

The purposes of this study were to develop and assess the efficiency of computer assisted instruction (CAI) entitled sterilized filter integrity test. After the CAI was developed, the content and the technological aspect were evaluated by specialists, and

they were rated as good and very good respectively. The CAI was improved and then tested for its efficiency by the samples which were the fourth year pharmacy students of Srinakharinwirot University. The results showed that the efficiency of the CAI was 95.0/86.7 which was beyond the expectation level (80/80). The average score from the post-test was significantly higher than that from the pre-test at 95% confidence, and the effectiveness index of the whole sample was 0.81. These results indicated that the developed CAI is qualified and can improve the learning of the pharmacy students effectively.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ii
บทคัดย่อ	1
สารบัญ	3
สารบัญตาราง	4
บทนำ	5
ทบทวนวรรณกรรม	7
วิธีดำเนินการวิจัย	15
ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผล	20
สรุปและข้อเสนอแนะ	30
บรรณานุกรม	32
ภาคผนวก	
ก ภาพสไลด์บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	33
ข รายนามผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและด้านเทคโนโลยีการศึกษา	68
ค แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ด้านเนื้อหา)	69
ง แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ด้านเทคโนโลยีการศึกษา)	70
จ แบบทดสอบระหว่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	72
ฉ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	74
ช รายชื่อนิสิตกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	78

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 21
ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา 21
ตารางที่ 3 แสดงการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 23
ตารางที่ 4 แสดงผลการทำแบบทดสอบก่อนและหลังการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 24
ตารางที่ 5 แสดงผลการทดสอบ Paired Samples T-Test 26
ตารางที่ 6 แสดงค่าดัชนีประสิทธิผลของผู้เรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 27

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

สาขาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มีหน้าที่ดูแลรับผิดชอบเนื้อหาการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับเภสัชกรรมการผลิตยาในรูปแบบต่างๆ ซึ่งถือว่าเป็นองค์ความรู้หลักที่สำคัญเรื่องหนึ่งที่นิสิตเภสัชศาสตร์ต้องศึกษาและมีทักษะความชำนาญจากการฝึกปฏิบัติ เนื้อหาการเรียนการสอนที่สำคัญเริ่มต้นจากรายวิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม 1 ที่มีเนื้อหาว่าด้วยเภสัชภัณฑ์รูปแบบยาน้ำใส (solution dosage form) ต่อด้วยวิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม 2 ซึ่งมีเนื้อหาว่าด้วยเภสัชภัณฑ์ระบบกระจายตัว (disperse system) วิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม 3 ที่มีเนื้อหาว่าด้วยเภสัชภัณฑ์รูปแบบของแข็ง (solid dosage form) และวิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม 4 ซึ่งมีเนื้อหาว่าด้วยเภสัชภัณฑ์ปราศจากเชื้อ (sterile dosage form) รวมถึงเภสัชภัณฑ์กลุ่มอื่นๆ เช่น เภสัชภัณฑ์กัมมันตรังสี แอโรโซล ฯลฯ

ในส่วนของวิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม 4 ซึ่งเนื้อหาเน้นที่รูปแบบและการผลิตเภสัชภัณฑ์ปราศจากเชื้อนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องให้ผู้เรียนมีความรู้ในเนื้อหาอย่างถ่องแท้ รวมถึงสร้างทักษะแก่ผู้เรียนในการผลิตยาปราศจากเชื้ออย่างเพียงพอ เนื่องจากยาปราศจากเชื้อเป็นรูปแบบเภสัชภัณฑ์ที่มีความเสี่ยงสูง หากยาที่ผลิตขึ้นไม่ปราศจากเชื้อจริง จะก่อให้เกิดอันตรายร้ายแรงแก่ผู้ที่ได้รับยาได้ ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนารูปแบบการสอนรายวิชานี้ให้ดียิ่งขึ้นเรื่อยๆ การจัดทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นการพัฒนารูปแบบการสอนวิธีหนึ่งที่ให้ผลดี เนื่องจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซึ่งเป็นสื่อมัลติมีเดียสามารถให้รายละเอียดเนื้อหาได้มาก อีกทั้งสร้างความสนใจให้เกิดแก่ผู้เรียนได้อย่างดี เนื่องจากสามารถมีรูปภาพประกอบ เสียงบรรยายประกอบ วีดิทัศน์ประกอบ และโต้ตอบกับผู้เรียนได้ รวมทั้งสามารถให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดและตรวจสอบเฉลยได้ด้วยตนเอง อย่างไรก็ตามบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่จัดทำขึ้นจำเป็นต้องได้รับการประเมินประสิทธิภาพตามหลักวิชาก่อนการนำไปใช้งานอย่างต่อเนื่อง

กระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อ (sterilization process) สำหรับการผลิตยาปราศจากเชื้อ มีด้วยกันสองวิธีหลักๆ วิธีแรกเป็นการทำให้ปราศจากเชื้อในขั้นตอนสุดท้าย (terminal sterilization) โดยอาศัยความร้อนหลังบรรจุผลิตภัณฑ์ลงในภาชนะบรรจุเสร็จเรียบร้อยแล้ว ส่วนอีกวิธีเป็นการเตรียมโดยกระบวนการปราศจากเชื้อ (aseptic preparation) ซึ่งทำโดยการกรองสารละลายยาผ่านแผ่นกรอง (membrane filter) ที่มีขนาดรูแผ่นกรองเล็กพอที่จะกรองจุลินทรีย์ได้ การเตรียมยาปราศจากเชื้อโดยวิธีหลังนี้มีความเสี่ยงสูงกว่าการเตรียมโดยวิธีแรก แต่จำเป็นสำหรับการเตรียมยาที่ไม่สามารถทนความร้อนสูงได้ ดังนั้นการเข้าใจเกี่ยวกับชนิดและคุณสมบัติของแผ่นกรอง ตลอดจนการตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรอง (filter integrity test) จึงเป็นเรื่องสำคัญอย่างมากสำหรับการเตรียมยาปราศจากเชื้อโดยวิธีนี้ เนื่องจากหากแผ่นกรองเกิดชำรุดหรือฉีกขาดแม้เพียงเล็กน้อย อาจทำให้ยาที่ผ่านการกรองไม่ปราศจากเชื้อจริง ในประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง การกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับหลักเกณฑ์และวิธีการในการผลิตยาแผนปัจจุบันตามกฎหมายว่าด้วยยา พ.ศ. ๒๕๕๔ หมวด ๑๔ ซึ่งว่าด้วยเรื่องการผลิตยาปราศจากเชื้อ[1] จึงได้มีการระบุไว้ดังนี้

ข้อ ๔๒๐ ต้องทำการตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรองปราศจากเชื้อก่อนใช้และทันทีหลังจากการกรองเสร็จโดยวิธีที่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น การทดสอบจุดเกิดฟอง (Bubble point test) การทดสอบการแพร่ของอากาศ (Diffusion flow test) หรือ การทดสอบการรักษาความดัน (Pressure hold test)

ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานและเภสัชกรผู้ควบคุมงานต้องมีความรู้ความเข้าใจ ตลอดจนทักษะและความรอบคอบในการปฏิบัติงานเป็นอย่างสูง ด้วยเหตุนี้การจัดทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรองปราศจากเชื้อ จะช่วยให้นิสิตเกิดความเข้าใจในเนื้อหาส่วนนี้มากขึ้น อีกทั้งยังทำให้ผู้เรียนสามารถฝึกปฏิบัติตามได้ง่ายขึ้นด้วย จึงถือว่าเป็นการพัฒนาการเรียนการสอนในเนื้อหาที่สำคัญส่วนหนึ่งของหลักสูตรเภสัชศาสตร์

วัตถุประสงค์การวิจัย

1.เพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรองปราศจากเชื้อ สำหรับใช้ประกอบการสอนนิสิตปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 หลักสูตรเภสัชศาสตร์ วิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม 4

2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่จัดทำขึ้น

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่มีประสิทธิภาพเหมาะแก่การนำไปใช้พัฒนาการเรียนการสอน

2. ได้รู้จักการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในการเรียนการสอน ช่วยสร้างความสนใจและบรรยากาศการเรียนรู้ที่แปลกใหม่

3. ส่งเสริมและกระตุ้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน

4. สามารถนำผลที่ได้จากการวิจัยไปเผยแพร่และเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้และพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับบทเรียนเรื่องอื่นๆได้

ทบทวนวรรณกรรม

1. ความเป็นมาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI : Computer Assisted Instruction) [2]

กระบวนการเรียนการสอน คือ การสื่อสารข้อมูลระหว่างผู้สอนและผู้เรียน เมื่อผู้เรียนรับรู้ข้อมูลแล้วแปลผล แสดงให้เห็นว่ามีการเรียนรู้เกิดขึ้น

การสื่อสารในกระบวนการเรียนการสอนมี 2 ลักษณะ ได้แก่

1. การสื่อสารทางเดียว หรือระบบวงจรเปิด (Open-loop system) คือ การสื่อสารผ่านสื่อต่างๆ ไปยังผู้เรียนทางเดียว ผู้เรียนไม่สามารถสื่อสารไปยังผู้สอนได้ เช่น การเรียนระบบทางไกลการอ่านจากเอกสารและตำรา เป็นต้น

2. การสื่อสารสองทาง หรือระบบวงจรปิด (Closed-loop system) คือ การสื่อสารที่ผู้เรียนและผู้สอนสามารถโต้ตอบกันได้ เช่น การสอนในห้องเรียน การสาธิต (Demonstration) เป็นต้น

การจัดการศึกษาตามเอกัตภาพ

ในกระบวนการเรียนการสอนนั้นผู้เรียนมีศักยภาพ แตกต่างกันทั้งทางร่างกาย ความรู้ความสามารถ และระดับสติปัญญา ผู้เรียนแต่ละคนจะรับรู้ได้ไม่เท่ากัน ทำให้ผู้เรียนช้าต้องใช้เวลามากในการเรียนรู้ ส่วนผู้เรียนที่เรียนรู้ได้เร็วต้องเสียเวลารอผู้ที่เรียนช้าซึ่งอาจทำให้เกิดการเบื่อได้ จึงได้มีนักการศึกษาทำการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนให้เป็นเอกภาพตามระดับความสามารถของผู้เรียนเรียกว่า การศึกษาตามเอกัตภาพ ซึ่งมีอยู่ 3 ลักษณะ ได้แก่

1. บทเรียนโปรแกรม (Programmed Instruction) เป็นบทเรียนที่จัดเป็นหน่วยๆ มีกระบวนการเรียนรู้ และการวัดผล เมื่อผู้เรียนผ่านเกณฑ์ในหน่วยหนึ่งแล้ว จึงผ่านไปเรียนในหน่วยต่อไปได้ บทเรียนโปรแกรมนี้ สกินเนอร์ (B.F. Skinner) เป็นผู้คิดขึ้นมา เพื่อแก้ปัญหาการเรียนอ่อนของบุตรสาวตนเอง

2. บทเรียนโมดูล (Module Instruction) เป็นบทเรียนที่จัดเป็นชุด (Package) ซึ่งประกอบไปด้วยบทเรียน อุปกรณ์ และสื่อ เพื่อประกอบการเรียนรู้ครบวงจร อยู่ในชุดการเรียน ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และทดลอง หาประสบการณ์ได้ด้วยตนเอง

3. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI: Computer Assisted Instruction) พัฒนามาจากบทเรียนโปรแกรมของ B.F. Skinner ตามวิวัฒนาการทางเทคโนโลยี โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวนำเสนอบทเรียน

บทเรียนทั้ง 3 ประเภทที่กล่าวมานั้น บทเรียน CAI มีประสิทธิภาพมากที่สุด ประกอบกับเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ได้มีการพัฒนาความสามารถเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งช่วยส่งเสริมให้ CAI มีบทบาทในกระบวนการจัดการเรียนการสอนในอนาคตมากขึ้น

ประวัติบทเรียน CAI

ปี ค.ศ.1958 มหาวิทยาลัยฟลอริดาได้นำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการสอน และทบทวนบทเรียนทางด้านวิชาฟิสิกส์และสถิติ ในปีเดียวกัน มหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ดได้นำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการสอนระดับมัธยมศึกษา ในวิชาภาษาอังกฤษและคณิตศาสตร์พื้นฐาน

ปี ค.ศ.1960 มหาวิทยาลัยอิลลินอยล์จัดทำ CAI แบบเทอร์มินัล (Terminal) ที่สามารถโต้ตอบกับผู้เรียนได้ ชื่อว่า PLATO

ปี ค.ศ.1963 มีการสัมมนาให้บุคคลทั่วไปได้เรียนรู้เกี่ยวกับบทเรียน CAI และขยายวงกว้างขึ้น

ปีค.ศ.1971 มหาวิทยาลัยบริกคัมยังและเทกซัสได้พัฒนาบทเรียน CAI ใช้กับมินิคอมพิวเตอร์ (Mini computer) ใช้โปรแกรมชื่อ TICCIT: Time Shared Interactive Controlled Information Television

ต่อมาญี่ปุ่นได้พัฒนาบทเรียน CAI จนสามารถใช้กับไมโครคอมพิวเตอร์และได้มีการเผยแพร่ทั่วไปใช้เป็นบทเรียนช่วยสอน ตั้งแต่ระดับประถมศึกษา

พัฒนาการในปัจจุบัน (ตั้งแต่ ค.ศ.1990 เป็นต้นมา) จากการที่คอมพิวเตอร์ (ทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์) ได้รับการพัฒนาไปอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว โปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงได้รับการพัฒนาให้มีศักยภาพมากขึ้นด้วยเช่นกัน ทั้งในแง่ของความสะดวกในการใช้และความสามารถในการรวมสื่อหลายรูปแบบหรือมัลติมีเดียเข้าด้วยกัน จนในขณะนี้สามารถกล่าวได้ว่า มัลติมีเดียได้กลายมาเป็นองค์ประกอบหลักของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแล้ว นอกจากนี้การนำคอมพิวเตอร์มาเชื่อมโยงเป็นเครือข่ายทำให้เกิดการเรียนการสอนในรูปแบบใหม่ที่น่าสนใจ

2. ประเภท โครงสร้าง และลักษณะของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน[3]

2.1 ประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ประเภทด้วยกัน คือ ประเภทติวเตอร์ ประเภทแบบฝึกหัด ประเภทเกม ประเภทแบบจำลอง และประเภทแบบทดสอบ

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทติวเตอร์ คือ บทเรียนทางคอมพิวเตอร์ซึ่งนำเสนอเนื้อหาแก่ผู้เรียน ไม่ว่าจะเป็นเนื้อหาใหม่หรือการทบทวนเนื้อหาเดิม ส่วนใหญ่คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทติวเตอร์จะมีแบบทดสอบหรือแบบฝึกหัด เพื่อทดสอบความเข้าใจของผู้เรียนอยู่ด้วย อย่างไรก็ตาม ผู้เรียนมีอิสระพอที่จะเลือกตัดสินใจว่าจะทำแบบทดสอบหรือแบบฝึกหัดหรือไม่ สามารถเลือกเรียนเนื้อหาส่วนไหน เรียงลำดับในรูปแบบใด เพราะการเรียนโดยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นผู้เรียนจะสามารถควบคุมการเรียนของตนได้ตามความต้องการของตนเอง

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทแบบฝึกหัด คือ บทเรียนทางคอมพิวเตอร์ซึ่งมุ่งเน้นให้ผู้ใช้ทำแบบฝึกหัดจนสามารถเข้าใจเนื้อหา ในบทเรียนนั้นๆได้ คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทแบบฝึกหัดเป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทที่ได้รับความนิยมมากโดยเฉพาะในระดับอุดมศึกษา ทั้งนี้เนื่องจากเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนที่เรียนอ่อน หรือเรียนไม่ทันคนอื่นๆ ได้มีโอกาสทำความเข้าใจบทเรียนสำคัญๆได้โดยที่ครูผู้สอน ไม่ต้องเสียเวลาในชั้นเรียนอธิบายเนื้อหาเดิมซ้ำแล้วซ้ำอีก

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทการจำลอง คือ บทเรียนทางคอมพิวเตอร์ที่การนำเสนอบทเรียนในรูปแบบของการจำลองแบบ (simulation) โดยการจำลองสถานการณ์ที่เหมือนจริงขึ้น และบังคับให้ผู้เรียนต้องตัดสินใจแก้ปัญหา (problem-solving) ในตัวบทเรียน จะมีคำแนะนำเพื่อช่วยในการตัดสินใจของผู้เรียนและแสดงผลลัพธ์ในการตัดสินใจนั้นๆ ข้อดีของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทการจำลอง คือ การลดค่าใช้จ่ายและการลดอันตรายอันอาจเกิดขึ้นได้จากการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จริง

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทเกม คือ บทเรียนทางคอมพิวเตอร์ที่ทำให้ผู้ใช้มีความสนุกสนาน เพลิดเพลิน จนลืมไปว่ากำลังเรียนอยู่ เกมคอมพิวเตอร์ทางการศึกษาเป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทที่สำคัญประเภทหนึ่ง เนื่องจากเป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่กระตุ้นให้เกิดความสนใจในการเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทนี้นิยมใช้กับเด็กตั้งแต่ระดับประถมศึกษา ไปจนถึงระดับมัธยมศึกษาตอน

ปลาย นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้กับผู้เรียนในระดับอุดมศึกษา เพื่อเป็นการให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกที่ดีกับการเรียนทางคอมพิวเตอร์ได้อีกด้วย

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทแบบทดสอบ คือ การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการสร้างแบบทดสอบ การจัดการสอบ การตรวจให้คะแนน การคำนวณผลสอบ ข้อดีของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทแบบทดสอบ คือ การที่ผู้เรียนได้รับ ผลป้อนกลับโดยทันที (immediate feedback) ซึ่งเป็นข้อจำกัดของการทดสอบที่ใช้กันอยู่ทั่วๆไป นอกจากนี้ การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณผลสอบให้ความแม่นยำและรวดเร็ว

อย่างไรก็ตาม การแบ่งประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนออกเป็นประเภทต่างๆ 5 ประเภทนี้เป็นการแบ่งตามลักษณะเฉพาะตัวที่โดดเด่นของแต่ละประเภทคอมพิวเตอร์ช่วยสอน อย่างไรก็ตามไม่ได้หมายความว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนทุกโปรแกรมที่ได้รับการพัฒนาออกมานั้นจะต้องเป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทใดประเภทหนึ่งเสมอไป คอมพิวเตอร์ช่วยสอนหลายโปรแกรมที่เริ่มด้วยลักษณะติวเตอร์และตามด้วยการฝึกปฏิบัติ นอกจากนี้ยังมีการผสมผสานกับประเภทเกมเพื่อให้การฝึกปฏิบัติเกิดความสนุกสนานเพลิดเพลิน ดังนั้นการแบ่งประเภทคอมพิวเตอร์ช่วยสอนออกเป็น 5 ประเภทจึงเป็นเสมือนพื้นฐานสำหรับผู้ที่ต้องการจะพัฒนาและออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอย่างมีประสิทธิภาพได้ยึดถือเป็นเกณฑ์ในการแบ่งเท่านั้น ไม่ได้เป็นเกณฑ์ตายตัวแต่อย่างใด

2.2 ลักษณะของบทเรียน CAI [4]

บทเรียน CAI เป็นบทเรียนที่ประยุกต์มาจากบทเรียนโปรแกรมของ B.F. Skinner โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์นำเสนอบทเรียน ซึ่งมีลักษณะเป็นโมเดล (Model) 2 แบบ คือ

แบบเชิงเส้น (Linear Programming)

เป็นบทเรียนที่ต้องเรียนทีละหน่วยตามลำดับ โครงสร้างบทเรียน CAI แบบเส้นตรงมีรูปแบบคล้ายกับบทเรียนแบบโปรแกรมการนำเสนอเนื้อหาและแบบฝึกหัดโดยจะนำเสนอเรียงต่อกันไป เมื่อเข้าสู่บทเรียนแล้วผู้เรียนจะศึกษากรอบเนื้อหาต่างๆเป็นลำดับ จากง่ายไปหายากตั้งแต่เริ่มต้นจนจบ ผู้ออกแบบอาจประเมินการเรียนรู้โดยแทรกกรอบคำถามหรือแบบฝึกหัดเป็นช่วงสั้นๆ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความแน่ใจว่าผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาในกรอบแรกก่อนที่จะศึกษาในกรอบต่อไป โครงสร้างแบบเส้นตรงนี้ จะไม่ค่อยตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล เนื่องจากผู้เรียนทุกคนจะศึกษาเนื้อหาและทำแบบฝึกหัดเป็นลำดับขั้นตอนเดียวกันทั้งหมด

แบบไม่เชิงเส้นหรือแบบสาขา (Branching Programming)

เป็นบทเรียนที่โยงระหว่างหน่วยถึงกันได้ตามความต้องการ ผู้เรียนสามารถเลือกเรียนหน่วยต่างๆ ที่จัดไว้ตามระดับความสามารถของตนเองได้ โครงสร้างบทเรียนแบบสาขา ให้การยืดหยุ่นในการเลือกรูปแบบการเรียน และกิจกรรมการเรียนมากขึ้น ผู้เรียนสามารถเลือกศึกษาเนื้อหาและกิจกรรมในบทเรียนได้อย่างหลากหลายตามความสนใจ ผู้ออกแบบทดสอบพื้นความรู้ผู้เรียนด้วยข้อสอบวัดระดับความรู้ (placement test) เพื่อกำหนดระดับความรู้ให้สอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียนที่ออกแบบไว้ การออกแบบเฟรมเสริมเนื้อหาเพื่ออธิบาย ยกตัวอย่างให้คำแนะนำ หรือแสดงผลป้อนกลับที่หลากหลายรูปแบบ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิดค้นแสวงหา หรือเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจ สามารถนำผู้เรียนไปยังจุดหมายปลายทางที่ต้องการได้

2.3 โครงสร้างของ CAI [5]

ลักษณะโครงสร้างของ CAI

CAI ประกอบด้วย 3 ลักษณะ คือ

1. การนำเสนอ (Presentation) คือ การนำเสนอข้อมูลหรือเนื้อหาบทเรียน เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหานั้นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ เข้าใจตามวัตถุประสงค์ ไม่ว่าจะเป็นขั้นความรู้ (Cognitive Domain) ขั้นความจำ (Effective Domain) หรือขั้นนำไปใช้ (Psycho-motive Domain) ในเวลาจำกัด จึงเรียกได้ว่า มีประสิทธิภาพ (Efficiency) และการที่จะนำเสนอให้มีประสิทธิภาพนั้นต้องนำเสนอด้วยระบบมัลติมีเดีย ได้แก่

1.1 สไลด์โชว์ (Slide Show) คือการพลิกไปทีละหน้า หรือเลื่อนขึ้น-ลง เหมือนอ่านหนังสือมีการเชื่อมโยงไปหน้าอื่นที่ต้องการความหมายหรือคำอธิบายเพิ่มเติม โดยไม่จำเป็นต้องเรียงตามลำดับหน้าที่เรียกว่า ไฮเปอร์เท็กซ์ (Hyper text) และอาจจะมีเสียงบรรยาย (Sound) หรือเสียงดนตรี (Midi) ประกอบด้วย

1.2 อะนิเมชัน (Animation) คือ การนำเสนอที่มีภาพเคลื่อนไหวในลักษณะเคลื่อนทั้งภาพ (Movement) และภาพเคลื่อน (Animation) เช่น การ์ตูนหรือการทำงานของชิ้นส่วน หรือการทำงานของเครื่องยนต์ เป็นต้น การสร้างสถานการณ์จำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ พร้อมทั้งมีเสียงประกอบให้เหมือนจริงจะช่วยดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

1.3 วิดีโอหรือภาพยนต์ (Video and Movie) คือ การนำเสนอด้วยลักษณะของภาพยนต์โดยจะมีความเหมือนจริงทั้งภาพและเสียง ในบางตอนอาจนำอะนิเมชันมาประกอบเพื่อให้เข้าใจง่าย เช่น การทำสื่อโฆษณาทางทีวี เป็นต้น ถือได้ว่าเป็นการนำเสนอที่ดีที่สุด

2. การปฏิสัมพันธ์ (Interactive) คือ การโต้ตอบกับผู้เรียน ในกระบวนการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพที่สุดนั้น จะต้องเป็นแบบสื่อสาร 2 ทาง หรือ Two-way Communication ซึ่งให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ดีกว่า การสื่อสารทางเดียว หรือ One-way Communication ที่จะมีการเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนได้ระดับหนึ่ง ลักษณะการปฏิสัมพันธ์ (Interactive) กับ CAI นั้นได้แก่

2.1 Mouse-Click คือใช้เมาส์คลิกที่ออบเจ็กต์ เช่น พลิกหน้า เลื่อนหน้า (Scroll) ขึ้น-ลง, เลื่อน ซ้าย-ขวา, เชื่อมโยงไปยังหน้าอื่น หรือไปสื่ออื่น เป็นต้น

2.2 Hot-key คือใช้นิ้วกดแป้นคีย์บอร์ดลัด เช่น แป้นลูกศร แป้นอักษร Y=YES (True), N=No (False) เป็นต้น

2.3 Text-Matching คือการพิมพ์ข้อความตามเงื่อนไข ถ้าตรงตามเงื่อนไขจะเป็นจริง (True) ถ้าไม่ตรงก็จะเป็นเท็จ (False) เช่น เติมคำในช่องว่าง พิมพ์ตัวเลขเพื่อนำไปประมวลผล เป็นต้น

2.4 Time คือกำหนดเวลาให้กระทำ จะเป็นตัวเร่งให้ผู้เรียนมีความสนใจ ต่อเนื้อหาบทเรียน

2.5 Sound คือการใช้เสียงเป็นสื่อโต้ตอบกับบทเรียน เช่น ฝึกการอ่านภาษา ถ้าอ่านไม่ถูกหรือ เสียงเพี้ยนก็จะให้ทบทวนใหม่หรือผ่านไปหน้าต่อไปไม่ได้

3. การประมวลผล (Evaluation) คือ การประมวลผลการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยจะรวบรวมผลของการโต้ตอบที่ต้องการมาเป็นข้อมูลและคำนวณผลออกมา โดยจะออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์เป็นเกณฑ์ หรือเป็นเกรดก็ได้ โดยปกติแล้วจะประมวลผลเพื่อเหตุผลต่อไปนี้

1.1 วัดผลการสอบหรือวัดผลสัมฤทธิ์ของการเรียนรู้

1.2 หาความเป็นมาตรฐานของข้อสอบ เช่น หาคำตอบเชื่อมั่น ข้อสอบมาตรฐาน เป็นต้น

1.3 หาเกณฑ์ตัดสิน เช่น ผ่าน-ไม่ผ่าน หรือไปเรียนในระดับหน่วยต่อไปได้

CAI ถ้าแบ่งตามการเรียนจะได้ 3 ส่วนคือ

1. ส่วนเนื้อหาบทเรียน (Mattress) คือ ส่วนที่เป็นเนื้อหาบทเรียน

2. ส่วนแบบฝึกหัด (Practice) คือ ส่วนที่ใช้ทบทวนความรู้ หรือฝึกทักษะ

3. ส่วนแบบทดสอบ (Test) คือ ส่วนที่ใช้วัดผลการเรียนรู้

2.4 ตัวอย่างโปรแกรมที่ใช้สร้าง CAI

Authorware เป็น Tools ที่ออกแบบให้มีการทำงานเป็น Flow line ทำให้ดูใกล้เคียงกับ Flow chart ง่ายต่อการออกแบบ และกำหนดให้การควบคุมวัตถุ (Object) ต่างๆที่จะปรากฏบนจอภาพเป็นแบบ Visual Graphics เกือบทั้งหมด ทำให้ผู้ใช้ไม่ต้องกังวลในการจดจำคำสั่งต่างๆ

Multimedia Toolbook 4.0 จะเน้นให้มีการควบคุมวัตถุ (Object) ด้วยภาษาสคริปต์เป็นหลัก ซึ่งดูยากกว่า Authorware แต่ความยืดหยุ่นในการใช้งานจะดีกว่า สามารถนำไปใช้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์หรือโปรแกรมสำเร็จรูปได้ในตัวเอง ทำให้สามารถสร้างโปรแกรมย่อยๆ สำหรับผู้ใช้ทั่วไปและสามารถสร้างเนื้อหาจากโปรแกรมได้ทันที

Macromedia Director 5.0 ทำการควบคุมออบเจ็กต์ด้วยภาษาสคริปต์เช่นเดียวกับ Multimedia Toolbook แต่จะเป็นแนวคิดของการสร้างภาพยนตร์ มีตารางแสดงช่วงเวลา (Time Duration) และการแสดง (Action) ของแต่ละออบเจ็กต์จึงยืดหยุ่นมากกว่า 2 ตัวแรก การใช้งานยากกว่า จึงเหมาะสำหรับผู้ที่มีความชำนาญหรือสามารถใช้ Authorware และ Multimedia Toolbook ได้เป็นอย่างดี

Adobe Captivate 5.0 เป็นโปรแกรมสร้างสื่อเรียนรู้หรือสื่อนำเสนอมัลติมีเดียได้อย่างง่าย สามารถสร้างสื่อเรียนรู้โดยนำภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวบรรจุเข้าไปในสื่อ สามารถอัดเสียงบรรยายประกอบ สร้างแบบทดสอบได้ง่ายและมีหลายแบบทดสอบให้เลือกทำได้หลายรูปแบบ สามารถส่งออกไฟล์แบบ stand alone คือการแสดงผลโดยไม่ต้องติดตั้งโปรแกรม Adobe captivate และยังสามารถส่งออกเป็นไฟล์ AVI ได้ด้วย ผู้ใช้จึงเปิดสื่อใช้ได้ทันที รวมถึงสามารถทำแบบทดสอบเพื่อพัฒนาตนเองได้ตามต้องการ

3. กระบวนการพัฒนาและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน[3]

ขั้นตอนในการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นขั้นตอนสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ควรมีการศึกษาและนำมาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติก่อนที่จะลงมือสร้างเพื่อให้สามารถทำได้ตรงตามวัตถุประสงค์ มีประสิทธิภาพ และไม่เกิดการเสียเวลา

3.1 แบบจำลองการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ประกอบไปด้วยขั้นตอนการออกแบบ 7 ขั้นตอน (Alessi and Trollip, 1991) ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1: ขั้นตอนการเตรียม (Preparation) เป็นขั้นตอนในการเตรียมพร้อมก่อนที่จะทำการออกแบบบทเรียน มีการกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน การรวบรวมข้อมูลเพื่อให้มีความพร้อมทางด้านทรัพยากรสารสนเทศทั้งหมดที่เกี่ยวข้องทั้งในส่วนของเนื้อหา การพัฒนาและออกแบบบทเรียนและสื่อในการนำเสนอบทเรียน มีการเรียนรู้เนื้อหาควบคู่กันไป รวมทั้งการสร้างความคิด กระตุ้นให้เกิดการใช้ความคิดสร้างสรรค์

ขั้นตอนที่ 2: ขั้นตอนการออกแบบบทเรียน (Design Instruction) เป็นขั้นตอนที่ครอบคลุมถึงการทอนความคิด การวิเคราะห์งานและแนวคิด การออกแบบบทเรียนขั้นแรกและการประเมินและแก้ไขการออกแบบ ขั้นตอนการออกแบบบทเรียนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดขั้นตอนหนึ่งในการกำหนดว่าบทเรียนจะออกมามีลักษณะใด

ขั้นตอนที่ 3 : ขั้นตอนการเขียนผังงาน (Flowchart Lesson) การเขียนผังงานเป็นสิ่งสำคัญทั้งนี้เพราะคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ดีจะต้องมีปฏิสัมพันธ์อย่างสม่ำเสมอและปฏิสัมพันธ์นี้จะสามารถถูกถ่ายทอดออกมาได้อย่างชัดเจนที่สุดในรูปของสัญลักษณ์ซึ่งแสดงกรอบการตัดสินใจและกรอบเหตุการณ์ ผังงานจะทำหน้าที่เสนอข้อมูลเกี่ยวกับโปรแกรม

ขั้นตอนที่ 4: ขั้นตอนการสร้างสตอรี่บอร์ด (Create storyboard) การสร้างสตอรี่บอร์ดเป็นขั้นตอนของการเตรียมการนำเสนอข้อความ ภาพ รวมทั้ง สื่อในรูปแบบมัลติมีเดียต่างๆลงบนกระดาษเพื่อให้การนำเสนอข้อความและสื่อในรูปแบบต่างๆเหล่านี้เป็นไปอย่างเหมาะสมบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ต่อไป รวมไปถึงการเขียนสคริปต์ (เนื้อหาข้อความในบทเรียน) ที่ผู้เรียนจะได้เห็นบนหน้าจอ ซึ่งควรมีการประเมินและทบทวนแก้ไขบทเรียนจากสตอรี่บอร์ดก่อนการสร้างโปรแกรม

ขั้นตอนที่ 5: ขั้นตอนการสร้าง/เขียนโปรแกรม (Program Lesson) เป็นกระบวนการเปลี่ยนสตอรี่บอร์ดให้กลายเป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งต้องมีการเลือกใช้โปรแกรมที่เหมาะสม ตรงกับความต้องการและทรัพยากรที่มี

ขั้นตอนที่ 6: ขั้นตอนการผลิตเอกสารประกอบบทเรียน (Produce Supporting Materials) เอกสารประกอบบทเรียนเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง อาจแบ่งได้เป็น คู่มือการใช้ของผู้เรียน คู่มือการใช้ของผู้สอน คู่มือสำหรับแก้ปัญหาเทคนิคต่างๆ และเอกสารประกอบเพิ่มเติมทั่วๆไป

ขั้นตอนที่ 7 : ขั้นตอนการประเมินและแก้ไขบทเรียน (Evaluation and Revise) บทเรียนและเอกสารทั้งหมด ควรที่จะได้รับการประเมิน โดยเฉพาะการประเมินในส่วนของการนำเสนอและการทำงานของบทเรียน ในส่วนของการนำเสนอนั้นผู้ที่ควรจะทำการประเมิน คือผู้ที่มีประสบการณ์ในการออกแบบมาก่อน ในการประเมินการทำงานของบทเรียนนั้น ผู้ออกแบบควรที่จะทำการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนในขณะที่ใช้บทเรียนหรือสัมภาษณ์ผู้เรียนหลังการใช้บทเรียน นอกจากนี้ยังอาจทดสอบความรู้ผู้เรียนหลังจากที่ได้ทำการเรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นๆแล้ว โดยผู้เรียนจะต้องมาจากผู้เรียนในกลุ่มเป้าหมาย ขั้นตอนนี้อาจครอบคลุมการทดสอบนำร่องและการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญได้

3.2 เทคนิคตรวจสอบคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน [6]

ภายหลังจากที่ได้ข้อมูลการวิเคราะห์ผู้เรียน วิเคราะห์เนื้อหา และออกแบบการสอนแล้วจึงนำข้อมูลต่างๆ เหล่านั้นมาใช้สร้างสื่อและเครื่องมือที่จะใช้ประกอบการสอน สื่อและเครื่องมือต่างๆที่สร้างขึ้นนั้นจะต้องได้รับการตรวจสอบคุณภาพและความเชื่อมั่นให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ก่อนที่จะนำไปใช้ โดยปฏิบัติตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. สร้างเครื่องมือประเมินเนื้อหา หากพบว่าเนื้อหาส่วนใดไม่ครอบคลุมวัตถุประสงค์ของบทเรียน ควรดำเนินการปรับปรุงหรือแก้ไขก่อนที่จะดำเนินการในขั้นตอนต่อไป
2. ตรวจสอบและประเมินความเที่ยงตรงของเครื่องมือประเมิน ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้
3. ประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เนื้อหาบทเรียนและแผนการสอน เครื่องมือเก็บข้อมูลอื่นๆ โดยใช้ความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและการสอน หรือผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง
4. นำเครื่องมือที่ได้รับการปรับปรุงแล้วนั้นไปทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องมือต่างๆในกลุ่มตัวอย่างอย่างน้อยที่สุดจำนวน 15 คน

5. วิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องมือ หากพบว่าเครื่องมือใดไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ควรดำเนินการปรับปรุงหรือแก้ไข และทำการทดสอบประสิทธิภาพซ้ำจนกว่าจะได้เกณฑ์ที่กำหนดเอาไว้

3.3 การทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ก่อนที่จะเริ่มทำการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้ปฏิบัติควรคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างจากประชากรจำนวนไม่น้อยกว่า 30 คน เพื่อให้ได้ค่าต่ำสุดที่อยู่ในโค้งปกติ (Normal Curve) โดยใช้วิธีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม

1. อธิบายวัตถุประสงค์และวิธีดำเนินการทดลองให้กลุ่มตัวอย่างเข้าใจ รวมทั้งเตรียมความพร้อมในด้านต่างๆ เช่น บุคลากรผู้ช่วย สถานที่ เครื่องมือใช้สอย และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะต้องมีเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เพียงพอกับกลุ่มตัวอย่าง อยู่ในสภาพพร้อมที่จะใช้งานทดสอบโปรแกรม ไม่มีข้อขัดข้องในการนำเสนอทางจอภาพ

2. เตรียมความพร้อม และซักซ้อมความเข้าใจในการปฏิบัติตนของผู้เรียนระหว่างดำเนินการทดลอง

3. จัดสภาวการณ์สำหรับการเรียนการสอนและควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนที่จะมีขึ้นในระหว่างการทดลอง โดยเฉพาะปัญหาข้อขัดข้องทางเทคนิคที่อาจจะเกิดขึ้นในระหว่างการใช้คอมพิวเตอร์ และควรมีการเตรียมความพร้อมในด้านความสามารถที่จะใช้คอมพิวเตอร์ให้กับผู้เรียน หรือจัดให้มีบุคลากรด้านเทคนิคคอยให้ความช่วยเหลือในระหว่างการทดลองเมื่อเกิดปัญหาในการใช้คอมพิวเตอร์

4. บันทึกข้อมูลการวัดพฤติกรรม โดยใช้แบบวัดพฤติกรรมก่อนการสอน หรือนำเสนอแบบวัดนี้โดยสร้างเงื่อนไขให้โปรแกรมบทเรียนบันทึกข้อมูลผลลัพธ์ไว้ ต่อจากนั้นทำการบันทึกข้อมูลซ้ำอีกครั้งภายหลังสิ้นสุดการเรียนหรือการใช้บทเรียน เพื่อนำเอาผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบหาความแตกต่างหรือเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมกับผลสัมฤทธิ์

5. จัดให้มีการฝึกปฏิบัติกิจกรรมในบทเรียน พร้อมทั้งใช้วิธีสังเกตพฤติกรรมหรือบันทึกข้อมูลโดยใช้เงื่อนไขภายในโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อรวบรวมผลของการปฏิบัติกิจกรรมควรจะประเมินด้วยเครื่องมือที่มีมาตรฐานเดียวกัน

6. จัดให้มีการทดสอบความรู้ด้วยแบบทดสอบความรู้ระหว่างการใช้บทเรียนพร้อมทั้งบันทึกคะแนนการทดสอบนั้นเอาไว้ เพื่อเปรียบเทียบกับคะแนนการทดสอบภายหลังการสิ้นสุดการเรียนแล้ว

3.4 การหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน [4]

การหาประสิทธิภาพของสื่อมัลติมีเดีย เป็นการหาประสิทธิภาพและการนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ในที่นี้การหาประสิทธิภาพตัวสื่อมัลติมีเดียจะเป็นการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้สื่อมีความมั่นใจว่า จะเกิดประโยชน์ต่อผู้เรียนจริงเมื่อใช้สื่อนั้นแล้ว การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน(E) หาจากอัตราส่วนของประสิทธิภาพของกิจกรรม หรืองานที่ได้รับมอบหมาย (E_1) ต่อ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์โดยพิจารณาจากผลการสอบ (E_2) หรือ

$E = E_1 : E_2$

E_1 หมายถึง การประเมินพฤติกรรมต่อเนื่องของการทำกิจกรรมหรือความรู้ที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียนที่ได้รับมอบหมาย

E_2 หมายถึง การประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้ายโดยพิจารณาจากคะแนนสอบหลังการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

E_1 หาจากร้อยละของ (Σ X/N)/A x100

Σ X หมายถึง คะแนนรวมของแบบฝึกหัดของผู้เรียนแต่ละคนในกิจกรรมที่ผู้เรียนได้รับมอบหมาย

A หมายถึง ผลรวมของคะแนนเต็มของแบบฝึกหัดทุกชิ้น

N หมายถึง จำนวนผู้เรียน

E_2 หาจากร้อยละของ (Σ F/N)/B x100

Σ F หมายถึง คะแนนรวมของผลลัพธ์หลังเรียน

B หมายถึง คะแนนเต็มของการสอบหลังเรียน

N หมายถึง จำนวนผู้เรียน

ระดับประสิทธิภาพจะช่วยให้ผู้เรียนได้รับความรู้จากการใช้สื่อมัลติมีเดียที่มีประสิทธิภาพถึงระดับที่ผู้สร้างตั้งใจ หรือเรียกว่า มีเกณฑ์ประสิทธิภาพ การกำหนด E_1 : E_2 ให้มีค่าเท่าใดนั้น ผู้สร้างเป็นผู้พิจารณาตามความเหมาะสม โดยปกติวิชาประเภทเนื้อหามักจะกำหนดเป็น 80 : 80 ถึง 90 : 90 ส่วนวิชาประเภททักษะจะกำหนดเป็น 75 : 75 แต่ไม่ควรตั้งเกณฑ์ไว้ต่ำ เพราะตั้งไว้เท่าใดมักจะได้ผลเท่านั้น

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรสำหรับการวิจัยครั้งนี้คือนิสิตคณะเภสัชศาสตร์ ชั้นปีที่ 4 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ต.องครักษ์ อ. องครักษ์ จ.นครนายก จำนวน 92 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

นิสิตคณะเภสัชศาสตร์ ชั้นปีที่ 4 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อ. องครักษ์ จ.นครนายก จำนวน 71 คน โดยใช้วิธีอาสาสมัครนิสิตที่สนใจเข้าร่วมงานวิจัย โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองดังนี้

การทดลองครั้งที่ 1 ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน

การทดลองครั้งที่ 2 ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 68 คน

รูปแบบของการศึกษา

เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (experimental study)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรองปราศจากเชื้อ ซึ่งจัดทำขึ้นโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Adobe Captivate 5
2. แบบฝึกหัดระหว่างบทเรียน
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
4. แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
   4.1 แบบประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา
   4.2 แบบประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา
5. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS for Windows เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

1. การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1.1 ศึกษาเนื้อหาสาระการเรียนรู้เกี่ยวกับรายวิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม 4 ค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับการตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรองปราศจากเชื้อ

1.2 กำหนดผลการเรียนรู้ที่คาดหวังตามหลักสูตรรายวิชา

1.3 จัดแบ่งสาระการเรียนรู้ออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ประกอบด้วย

- Sterilization process
- Sterilizing Grade Filter
- Rationale for testing filter integrity

ตอนที่ 2 Bubble point test

ตอนที่ 3 ประกอบด้วย

- Diffusion flow test
- Pressure hold test
- Water intrusion test
- Test consideration

1.4 ศึกษาการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1.5 ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และเขียนแผนในการนำเสนอ โดยเขียนแผนภูมิสายการผลิตงาน (Flow Chart) และบทภาพ (Storyboard)

1.6 สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยใช้โปรแกรม Adobe Captivate 5

1.7 สร้างภาพ วิดิทัศน์ และบันทึกเสียง ตามสาระการเรียนรู้ของบทเรียน

1.8 สร้างแบบฝึกหัดระหว่างบทเรียน ให้ครอบคลุมสาระการเรียนรู้และสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของบทเรียน เป็นแบบ ถูก-ผิด ทั้ง 3 ตอน รวม 25 ข้อ

1.9 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย (เทคโนโลยี) เพื่อประเมินคุณภาพ โดยใช้แบบประเมินที่จัดเตรียมขึ้น

1.10 ทำการปรับปรุงบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ

1.11 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้เพื่อหาประสิทธิภาพ

2. การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.1 ศึกษาทฤษฎี หลักการ วิธีการสร้างเครื่องมือวัดผลทางการศึกษา

2.2 ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ และกำหนดผลการเรียนที่คาดหวัง

2.3 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.4 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบปรนัย 4 ตัวเลือก ตามเนื้อหาการเรียนรู้ที่ได้แบ่งไว้ ดังนี้

- Sterilization process, Sterilizing Grade Filter & Rationale จำนวน 3 ข้อ
- Bubble point test จำนวน 8 ข้อ
- Diffusion flow test, Pressure hold test, Water intrusion test & Test consideration จำนวน 9 ข้อ

รวมทั้งหมด 20 ข้อ

2.5 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสมตามเนื้อหาและลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3. การสร้างแบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผู้วิจัยศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบประเมินที่ใช้ในการวิจัยและวิเคราะห์คุณสมบัติที่ต้องการประเมิน แล้วสร้างแบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย โดยแยกออกเป็น 2

ชุด คือแบบประเมินด้านเนื้อหา และแบบประเมินด้านเทคโนโลยีการศึกษา โดยสร้างเป็นรายการประเมินที่เป็นมาตราส่วนประมาณค่า 10 ระดับ มีเกณฑ์ในการให้น้ำหนักคะแนน ดังนี้

9-10	คะแนน	หมายถึง	มีคุณภาพดีมาก
7-8	คะแนน	หมายถึง	มีคุณภาพดี
5-6	คะแนน	หมายถึง	มีคุณภาพพอใช้
3-4	คะแนน	หมายถึง	ควรปรับปรุง
1-2	คะแนน	หมายถึง	ไม่เหมาะสม

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยของผลการประเมิน เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ที่ยอมรับคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ใช้เกณฑ์ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	8.51-10.00	หมายถึง	มีคุณภาพดีมาก
คะแนนเฉลี่ย	6.51-8.50	หมายถึง	มีคุณภาพดี
คะแนนเฉลี่ย	4.51-6.50	หมายถึง	มีคุณภาพพอใช้
คะแนนเฉลี่ย	2.51-4.50	หมายถึง	ควรปรับปรุง
คะแนนเฉลี่ย	1.00-2.50	หมายถึง	ไม่เหมาะสม

เกณฑ์ที่ยอมรับว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีคุณภาพ ผู้วิจัยกำหนดให้มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 6.51 ขึ้นไป

การดำเนินการพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

การทดลองครั้งที่ 1

เพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในด้านต่างๆ ได้แก่ ความคมชัดของการนำเสนอเนื้อหา ความคมชัดของภาษา ความชัดเจนของเสียงบรรยาย ความชัดเจนของตัวอักษรและรูปภาพตลอดจนความสอดคล้องกับสภาพการเรียนการสอนที่เป็นจริง ทำการทดลองกับนิสิตจำนวน 3 คน โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ 1 เครื่องต่อ 1 คน จากนั้นสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน ดูปฏิกิริยาระหว่างเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น ซักถามปัญหา ข้อบกพร่อง และข้อเสนอแนะ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข

การทดลองครั้งที่ 2

เป็นการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้ปรับปรุงแก้ไขจากการทดลองครั้งที่ 1 ไปทดลองกับนิสิตจำนวน 68 คน โดยใช้คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง ต่อ 1 คน โดยก่อนเรียน ให้นิสิตทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (pre-test) จากนั้นให้นิสิตเรียนเนื้อหาแต่ละส่วน และให้นิสิตทำแบบฝึกหัดระหว่างบทเรียนเมื่อเรียนจบแต่ละส่วน ทำเช่นนี้จนครบทุกส่วน แล้วจึงให้ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอีกครั้ง (post-test) แล้วนำผลการทดสอบทั้งหมดมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การประเมินประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (E)

ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน(E) หาจากอัตราส่วนของประสิทธิภาพของกิจกรรม หรืองานที่ได้รับมอบหมาย (E_1) ต่อ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์โดยพิจารณาจากผลการสอบ (E_2) หรือ

$E = E_1 : E_2$

E_1 หมายถึง การประเมินพฤติกรรมต่อเนื่องของการทำกิจกรรมหรือความรู้ที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียนที่ได้รับมอบหมาย ซึ่งในการวิจัยนี้คือการให้ผู้ศึกษาทำแบบฝึกหัดระหว่างบทเรียน

E_2 หมายถึง การประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้ายโดยพิจารณาจากคะแนนสอบหลังการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

E_1 หาจากร้อยละของ $(\Sigma X/N)/A \times 100$

ΣX หมายถึง คะแนนรวมของแบบฝึกหัดของผู้เรียนแต่ละคนในกิจกรรมที่ผู้เรียนได้รับมอบหมาย

A หมายถึง ผลรวมของคะแนนเต็มของแบบฝึกหัดทุกชิ้น

N หมายถึง จำนวนผู้เรียน

E_2 หาจากร้อยละของ $(\Sigma F/N)/B \times 100$

ΣF หมายถึง คะแนนรวมของผลลัพธ์หลังเรียน

B หมายถึง คะแนนเต็มของการสอบหลังเรียน

N หมายถึง จำนวนผู้เรียน

ในการวิจัยครั้งนี้ จะกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ ($E_1 : E_2$) ไว้เท่ากับ 80 : 80

การทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

เป็นการหาความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยในการทำแบบทดสอบก่อนและหลังการเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยทดสอบกับนิสิตชั้นปีที่ 4 จำนวน 68 คน ที่ทำการทดลองในครั้งที่ 2 ซึ่งในกรณีนี้ตัวอย่างมีขนาดใหญ่ คือ มากกว่า 30 คนขึ้นไป และข้อมูลมีการแจกแจงปกติ จะใช้การทดสอบที (t-test) เป็นสถิติเปรียบเทียบหรือทดสอบสมมุติฐาน เพื่อศึกษาว่าคะแนนเฉลี่ยในการทำแบบทดสอบหลังเรียนแตกต่างจากคะแนนเฉลี่ยในการทำแบบทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ระดับ 0.05 ในที่นี้ใช้การคำนวณโดยโปรแกรม SPSS for Windows version 12

การหาประสิทธิผลของการเรียน[7]

อาจเรียกอีกอย่างว่าการหาดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index; EI) ตามแนวคิดของ Hofland โดยดัชนีประสิทธิผลที่ใช้ได้ควรมีค่า 0.50 ขึ้นไป ซึ่งมีสูตรทั้งกรณีรายบุคคลและทั้งกลุ่ม ดังนี้

กรณีรายบุคคล

$$\text{สูตร EI} = \frac{\text{คะแนนหลังเรียน - คะแนนก่อนเรียน}}{\text{คะแนนเต็ม - คะแนนก่อนเรียน}}$$

กรณีรายกลุ่ม

$$\text{สูตร EI} = \frac{\text{ผลรวมของคะแนนหลังเรียนทุกคน – ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน}}{\text{(จำนวนนักเรียน x คะแนนเต็ม) - ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน}}$$

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

1. สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
2. สถิติที่ใช้ในการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและผลการเรียน
   - การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยใช้สูตร E_1/E_2
   - การทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยการทดสอบ pair t-test
   - การหาประสิทธิผล โดยดูจากค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index)

ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผล

ผลการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อพัฒนาและประเมินหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรองปราศจากเชื้อ สำหรับพัฒนาการสอนนิสิตคณะเภสัชศาสตร์ ชั้นปีที่ 4 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 ผลของการวิจัยเป็นดังนี้

1. การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

งานวิจัยครั้งนี้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรองปราศจากเชื้อ เป็นบทเรียนที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม Adobe Captivate 5 ซึ่งบทเรียนประกอบด้วยหน้าจอหลัก วัตถุประสงค์การเรียนรู้ สารบัญเนื้อหา เนื้อหาของบทเรียน และแบบทดสอบหลังการเรียน ลักษณะของบทเรียนมีลักษณะเป็นมัลติมีเดีย คือ มีข้อความ ภาพนิ่ง วิดิทัศน์ เสียงบรรยาย เสียงดนตรี โดยมีการโต้ตอบระหว่างโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับผู้เรียน ทั้งนี้ผู้เรียนสามารถทราบผลการเรียนรู้หลังจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ เนื้อหาตามสารบัญแบ่งออกเป็น 4 ส่วนได้แก่

1. Sterilization process
2. Sterilizing Grade Filter
3. Filter Integrity Test
4. แบบทดสอบ

แต่เนื่องจากเนื้อหาในแต่ละส่วนมากน้อยต่างกัน ในการสร้างแบบฝึกหัดระหว่างบทเรียน และแบบทดสอบหลังบทเรียน (แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน) จึงแบ่งเนื้อหาแต่ละตอนให้ใกล้เคียงกันเป็นดังนี้

ตอนที่ 1 ประกอบด้วย

- Sterilization process
- Sterilizing Grade Filter
- Rationale for testing filter integrity

ตอนที่ 2 Bubble point test

ตอนที่ 3 ประกอบด้วย

- Diffusion flow test
- Pressure hold test
- Water intrusion test
- Test consideration

2. การประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยผู้เชี่ยวชาญ

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนถูกประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหา (3 ท่าน) และ ด้านเทคโนโลยีการศึกษา (3 ท่าน) ผลที่ได้ปรากฏดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

รายการประเมิน	ระดับความความคิดเห็น	
	ค่าเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
1. เนื้อหาบทเรียนครอบคลุมวัตถุประสงค์	8.0	ดี
2. การแยกย่อยเนื้อหาเหมาะสมกับวัตถุประสงค์	8.0	ดี
3. การจัดลำดับขั้นการนำเสนอเนื้อหา	8.3	ดี
4. ความถูกต้องของเนื้อหา	8.3	ดี
5. ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	8.3	ดี
6. เนื้อหาความเหมาะสมกับระดับความรู้ของผู้เรียน	8.0	ดี
7. ปริมาณเนื้อหาเหมาะสม	7.0	ดี
8. ความน่าสนใจของเนื้อหาบทเรียน	7.3	ดี
เฉลี่ยโดยรวม	7.9	ดี

จากตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหา 3 ท่าน พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยทุกด้านอยู่ในระดับดี ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหายังให้ข้อแนะนำเพิ่มเติม เช่น ให้จัดลำดับวัตถุประสงค์ใหม่ ให้สอดคล้องกับความสำคัญของเนื้อหา ให้หัวข้อเป็นภาษาไทย ลดรายละเอียดของเนื้อหาบางส่วนลง เป็นต้น

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา

รายการประเมิน	ระดับความความคิดเห็น	
	ค่าเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
1.ภาพ		
1.1 ความตรงตามเนื้อหาของภาพที่นำเสนอ	9.3	ดีมาก
1.2 ขนาดภาพที่ใช้ประกอบบทเรียนเหมาะสม	9.3	ดีมาก
1.3 การสื่อความหมายของภาพประกอบบทเรียน	9.3	ดีมาก
1.4 ความชัดเจนของภาพในบทเรียน	9.0	ดีมาก
2.เสียง		
2.1 ความเหมาะสมของเสียงดนตรีที่ประกอบบทเรียน	9.7	ดีมาก
2.2 ความชัดเจนของเสียงบรรยายประกอบบทเรียน	9.0	ดีมาก
2.3 ความถูกต้องของไวยากรณ์ในการให้คำอธิบาย	9.0	ดีมาก
3. ด้านการออกแบบจอภาพ		

รายการประเมิน	ระดับความความคิดเห็น	
	ค่าเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
3.1 แบบอักษรที่ใช้นำเสนอเนื้อหาอ่านได้ชัดเจน	9.7	ดีมาก
3.2 ขนาดตัวอักษรในการนำเสนอเนื้อหาเหมาะสม	9.0	ดีมาก
3.3 ความเหมาะสมของการเลือกใช้สีตัวอักษร	9.7	ดีมาก
3.4 ความชัดเจนของตัวอักษรบนพื้นหลังสีต่างๆ	9.7	ดีมาก
3.5 ความเหมาะสมของการเลือกใช้สีพื้นจอภาพ	9.0	ดีมาก
3.6 จังหวะการปรากฏตัวอักษรเพื่อนำเสนอเนื้อหา	9.0	ดีมาก
3.7 การเน้นข้อความโดยใช้อักษรและสีเหมาะสม	8.7	ดีมาก
4. การจัดการในบทเรียน		
4.1 คำอธิบายการปฏิบัติในบทเรียนชัดเจน	9.3	ดีมาก
4.2 ความต่อเนื่องของการนำเสนอเนื้อหา	9.3	ดีมาก
4.3 ความสะดวกในการใช้บทเรียน	9.0	ดีมาก
4.4 ความเหมาะสมของวิธีโต้ตอบกับบทเรียน	9.0	ดีมาก
4.5 ความสะดวกในการใช้งานของหน้าเมนู	9.0	ดีมาก
เฉลี่ยโดยรวม	9.2	ดีมาก

จากตารางที่ 2 ซึ่งแสดงผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยผู้เชี่ยวชาญทางเทคโนโลยีการศึกษา 3 ท่าน พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยทุกด้านอยู่ในระดับดีมาก ผู้เชี่ยวชาญยังให้ความเห็นเพิ่มเติม เช่น ต้องการให้เนื้อหาที่ซ่อนอยู่ปรากฏขึ้นพร้อมกับคำบรรยาย ให้ทำข้อความเน้นเป็นพิเศษสำหรับเนื้อหาที่สำคัญของแต่ละหัวข้อ ให้ปรับแก้คำที่พิมพ์ผิดหรือขนาดเล็กเกินไป เสียงบรรยายบางช่วงมีเสียงอื่นรบกวน และระดับความดังของเสียงไม่สม่ำเสมอ ภาพบางภาพไม่ชัด หรือควรตัดบางภาพที่ไม่จำเป็นออก เป็นต้น ซึ่งผู้วิจัยได้นำคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญทั้งสองส่วนมาทำการปรับปรุงบทเรียนให้ดียิ่งขึ้น

3. การดำเนินการพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้วิจัยได้ดำเนินตามขั้นตอนดังนี้

การทดลองครั้งที่ 1

การทดลองครั้งนี้เป็นการตรวจสอบเพื่อหาข้อบกพร่องของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในด้านต่างๆ โดยกลุ่มตัวอย่างจากนิสิตเภสัชศาสตร์ ชั้นปีที่ 4 ปีการศึกษา 2555 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 3 คน จากการสังเกตพฤติกรรมของผู้ทดลอง พบว่าผู้เรียนให้ความสนใจ และตั้งใจในการเรียนเป็นอย่างดี จากการสัมภาษณ์พบว่าผู้เรียนมีความพอใจในการเรียนรู้กับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทำให้ผู้เรียนรู้สึกสนุกสนานและไม่น่าเบื่อกับบทเรียน ผู้เรียนเห็นว่าเนื้อหามีความเหมาะสมกับระดับความรู้ มีการจัดลำดับขั้นตอนการนำเสนออย่างเป็นขั้นเป็นตอน ทำให้เข้าใจง่ายไม่สับสน และมีความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา อย่างไรก็ดี ผู้เรียนมีข้อวิจารณ์ที่เป็นประโยชน์ในการนำไปปรับปรุงบทเรียนให้ดีขึ้น เช่น

- ปริมาณเนื้อหาทั้งหมดค่อนข้างมาก อาจทำให้ผู้เรียนลดความสนใจในเนื้อหาลงเมื่อเรียนไปซักพัก
- มีบางหัวข้อที่การอธิบายเนื้อหายังไม่ชัดเจน วกวนเข้าใจยาก เช่น bubble point test theory และบางสไลด์เนื้อหาอัดแน่นเกินไป
- วิดิทัศน์ที่ใช้ประกอบ ภาพไม่คมชัดเท่าที่ควร และเสียงบรรยายค่อนข้างก้อง
- ระดับเสียงที่บรรยายเนื้อหาบทเรียน มีบางสไลด์ที่เสียงค่อนข้างเบา
- บางข้อความ ขนาดตัวอักษรเล็กเกินไป และวรรณยุกต์ไม่ครบ

ผู้วิจัยได้นำข้อวิจารณ์ของผู้เรียนมาปรับปรุงแก้ไขให้บทเรียนดียิ่งขึ้น และนำมาใช้ในการทดลองครั้งที่ 2 ต่อไป

การทดลองครั้งที่ 2

มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจากที่ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติมจากการทดลองครั้งที่ 1 การทดลองครั้งที่ 2 นี้ ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตเภสัชศาสตร์ ชั้นปีที่ 4 ปีการศึกษา 2555 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 68 คน โดยไม่ได้รวมนิสิตจากการทดลองแรกในกลุ่มนี้ โดยให้ผู้เรียนทั้งหมดศึกษาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และให้ทำแบบฝึกหัดระหว่างบทเรียน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของบทเรียน (แบบทดสอบหลังการศึกษา) แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพบทเรียนในสามด้านด้วยกัน ได้แก่ ประสิทธิภาพ (E) ของบทเรียน การทดสอบความแตกต่างของความรู้ผู้เรียนหลังศึกษาเทียบกับก่อนศึกษาบทเรียน และการหาประสิทธิผลของการเรียน ผลที่ได้ดังต่อไปนี้

3.1 การหาประสิทธิภาพ (E) ของบทเรียน

ตารางที่ 3 แสดงการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

รายการ	แบบฝึกหัดระหว่างเรียน			แบบทดสอบหลังเรียน			ประสิทธิภาพ E_1/E_2
	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	E_1	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	E_2	
ตอนที่ 1 Sterilization process, Sterilizing Grade Filter & Rationale	5	4.82	96.40	3	2.79	93.00	96.40/93.00
ตอนที่ 2 Filter integrity test: Bubble point test	10	9.49	94.90	8	6.94	86.75	94.90/86.75
ตอนที่ 3 Diffusion flow test, Pressure hold test, Water intrusion test & Test consideration	10	9.44	94.40	9	7.60	84.44	94.40/84.44
รวม	25	23.75	95.00	20	17.34	86.70	95.00/86.70

จากตารางที่ 3 ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่จัดทำขึ้น พบว่าประสิทธิภาพโดยรวมของบทเรียนเท่ากับ 95.0/86.7 โดยตอนที่ 1 Sterilization process, Sterilizing Grade Filter & Rationale มีประสิทธิภาพ 96.4/93.0 ตอนที่ 2 Filter integrity test: Bubble point test มีประสิทธิภาพ 94.9/86.8 ตอนที่ 3 Diffusion flow test, Pressure hold test, Water intrusion test & Test consideration มีประสิทธิภาพ 94.4/84.4 ซึ่งผลที่ได้สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือที่ 80/80

3.2 การทดสอบความแตกต่างของความรู้ผู้เรียนหลังศึกษาเทียบกับก่อนศึกษาบทเรียน

คะแนนทดสอบทั้งก่อนและหลังการศึกษาบทเรียนของผู้ทำแบบทดสอบทั้ง 68 คน ปรากฏตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลการทำแบบทดสอบก่อนและหลังการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผู้เรียนคนที่	คะแนนสอบ (เต็ม 20 คะแนน)		
	ก่อนศึกษา	หลังศึกษา	เพิ่ม
1	4	19	15
2	4	18	14
3	11	17	6
4	9	17	8
5	8	19	11
6	5	13	8
7	5	18	13
8	2	18	16
9	10	18	8
10	2	18	16
11	7	16	9
12	8	19	11
13	5	19	14
14	9	19	10
15	6	19	13
16	4	20	16
17	4	16	12
18	4	20	16
19	7	19	12
20	4	17	13
21	6	20	14
22	2	20	18

ผู้เรียนคนที่	คะแนนสอบ (เต็ม 20 คะแนน)		
	ก่อนศึกษา	หลังศึกษา	เพิ่ม
23	8	17	9
24	8	17	9
25	8	16	8
26	8	19	11
27	7	19	12
28	8	18	10
29	7	17	10
30	5	19	14
31	2	19	17
32	5	19	14
33	9	17	8
34	4	19	15
35	4	19	15
36	4	19	15
37	3	17	14
38	7	16	9
39	7	15	8
40	0	19	19
41	7	18	11
42	5	18	13
43	10	16	6
44	16	15	-1
45	4	19	15
46	6	18	12
47	8	19	11
48	4	17	13
49	2	17	15
50	6	19	13
51	8	18	10
52	3	17	14
53	11	14	3
54	5	10	5
55	6	11	5
56	7	17	10

ผู้เรียนคนที่	คะแนนสอบ (เต็ม 20 คะแนน)		
	ก่อนศึกษา	หลังศึกษา	เพิ่ม
57	12	15	3
58	5	16	11
59	12	15	3
60	11	13	2
61	5	17	12
62	5	17	12
63	3	18	15
64	8	16	8
65	8	17	9
66	5	15	10
67	10	19	9
68	6	18	12
เฉลี่ย	6.3	17.3	11.0

จากผลที่ได้พบว่าผู้ที่ทำแบบทดสอบทั้ง 68 คน มีเพียงคนเดียวที่คะแนนทดสอบหลังการเรียนต่ำกว่าก่อนการเรียน โดยคะแนนเฉลี่ยก่อนการเรียนบทเรียนอยู่ที่ 6.3 คะแนน แต่หลังจากศึกษาบทเรียนแล้วทำแบบทดสอบเดิมซ้ำ คะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 17.3 คะแนน คือเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 11.0 คะแนน และเมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาทดสอบความแตกต่างโดยวิธี pair sample t-test โดยโปรแกรม SPSS for Window version 12.0 โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ 0.05 ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงผลการทดสอบ Paired Samples T-Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 post-test - pre-test	11.044	4.028	.488	10.069	12.019	22.612	67	.000

จากตารางที่ 5 ค่า Sig. (2-tailed)/2 = 0.000/2 = 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า คะแนนเฉลี่ยในการทำแบบทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยในการทำแบบทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

3.3 การหาประสิทธิผลของการเรียน

ตารางที่ 6 แสดงค่าดัชนีประสิทธิผลของผู้เรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผู้เรียนที่	ดัชนีประสิทธิผล	ผู้เรียนที่	ดัชนีประสิทธิผล
1	0.94	35	0.94
2	0.88	36	0.94
3	0.67	37	0.82
4	0.73	38	0.69
5	0.92	39	0.62
6	0.53	40	0.95
7	0.87	41	0.85
8	0.89	42	0.87
9	0.80	43	0.60
10	0.89	44	-0.25
11	0.69	45	0.94
12	0.92	46	0.86
13	0.93	47	0.92
14	0.91	48	0.81
15	0.93	49	0.83
16	1.00	50	0.93
17	0.75	51	0.83
18	1.00	52	0.82
19	0.92	53	0.33
20	0.81	54	0.33
21	1.00	55	0.36
22	1.00	56	0.77
23	0.75	57	0.38
24	0.75	58	0.73
25	0.67	59	0.38
26	0.92	60	0.22
27	0.92	61	0.80
28	0.83	62	0.80
29	0.77	63	0.88
30	0.93	64	0.67
31	0.94	65	0.75

ผู้เรียนที่	ดัชนีประสิทธิผล	ผู้เรียนที่	ดัชนีประสิทธิผล
32	0.93	66	0.67
33	0.73	67	0.90
34	0.94	68	0.86

กรณีรายกลุ่ม

$$EI = \frac{\text{ผลรวมของคะแนนหลังเรียนทุกคน – ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน}}{\text{(จำนวนนักเรียน x คะแนนเต็ม) - ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน}}$$

เมื่อแทนค่าในสูตรได้ดังนี้

$$E1 = \frac{1179 - 428}{(68 \times 20) - 428}$$

$$= 751/932$$

$$= 0.81$$

จากผลการคำนวณหาค่าดัชนีประสิทธิผลรายบุคคล พบว่ามีผู้เรียนจำนวนเพียง 7 รายจากทั้งหมด 68 ราย ที่มีค่าดัชนีประสิทธิผลต่ำกว่า 0.50 ส่วนการคำนวณดัชนีประสิทธิผลรายกลุ่มพบว่ามีค่าเท่ากับ 0.81

การวิจารณ์ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการประเมินประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรองปราศจากเชื้อ ซึ่งผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นเพื่อช่วยพัฒนาการสอนในวิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม 4 ของนิสิตคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยหลังจากผู้วิจัยได้จัดทำบทเรียนขึ้นมาแล้ว ได้ให้ผู้เชี่ยวชาญทั้งทางด้านเนื้อหาและด้านเทคโนโลยีการศึกษาทำการประเมินบทเรียนที่จัดทำขึ้น และนำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงบทเรียนให้ดียิ่งขึ้น หลังจากนั้นจึงได้ทำการทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพของบทเรียนกับนิสิตชั้นปีที่ 4 ของคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ซึ่งเป็นนิสิตกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการให้ศึกษาบทเรียนดังกล่าว โดยการประเมินประสิทธิภาพบทเรียน ได้ทำใน 3 วิธีการด้วยกัน ได้แก่ การหาประสิทธิภาพ (E) จากอัตราส่วนของประสิทธิภาพของกิจกรรมหรืองานที่ได้รับมอบหมาย (E_1) ต่อ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์โดยพิจารณาจากผลการสอบ (E_2) การทดสอบความแตกต่างของความรู้ผู้เรียนหลังและก่อนการศึกษาบทเรียน และการหาประสิทธิผลของการเรียนโดยการวัดค่าดัชนีประสิทธิผล (effectiveness index) ซึ่งสามารถอภิปรายผลการทดสอบได้ดังนี้

1) การหาประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ของบทเรียน

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ตั้งค่าเป้าหมายประสิทธิภาพของบทเรียนไว้ที่ 80/80 แต่ผลการทดสอบพบว่าสูงกว่าค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ทุกตอนของการทำแบบทดสอบ โดยค่า E_1/E_2 ของเนื้อหาบทเรียนตอนที่1 ตอนที่ 2 และตอนที่ 3 เท่ากับ 96.4/93.0, 94.9/86.8 และ 94.4/86.4 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยจากทุกตอนเท่ากับ 95.0/86.7 แสดงให้เห็นว่าหลังจากศึกษาบทเรียนแล้ว ผู้เรียนสามารถทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบได้คะแนนสูงกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ จึงน่าจะกล่าวได้ว่าบทเรียนที่จัดทำขึ้นมีประสิทธิภาพช่วยให้

ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในบทเรียนได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามข้อน่าสังเกตคือ ค่า E_1 ซึ่งเป็นคะแนนจากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน มีค่าสูงกว่าค่า E_2 ซึ่งเป็นคะแนนจากการทำแบบทดสอบหลังศึกษาบทเรียนจนจบ ในทั้งสามตอนของเนื้อหาบทเรียน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการทำแบบฝึกหัดหลังจากจบบทเรียนในแต่ละตอนทันที ผู้เรียนยังคงสามารถจำเนื้อหาของบทเรียนได้เป็นอย่างดี

2) การทดสอบความแตกต่างของความรู้หลังการศึกษาเทียบกับก่อนการศึกษาบทเรียน

เมื่อทำการทดสอบความรู้ของผู้เรียนทั้งก่อนและหลังเรียน พบว่าคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบก่อนเรียนอยู่ที่ 6.3 ขณะที่คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบหลังการศึกษาบทเรียนแล้วอยู่ที่ 17.3 นั่นคือคะแนนทดสอบเฉลี่ยหลังการเรียนบทเรียนสูงกว่าก่อนการเรียน 11.0 คะแนน เมื่อนำค่าที่ได้มาทดสอบหาความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม SPSS พบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เหตุผลสำคัญอาจเนื่องมาจากผู้เรียนซึ่งเป็นนิสิตชั้นปีที่ 4 คณะเภสัชศาสตร์ แม้จะได้ผ่านการเรียนเกี่ยวกับเรื่องการตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรองปราศจากเชื้อมาบ้างแล้ว แต่เนื้อหาที่เรียนในชั้นเรียนที่ผ่านมามิได้ลงรายละเอียดมากเหมือนเนื้อหาในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ เมื่อทำแบบทดสอบก่อนการเรียน ผู้เรียนจึงทำคะแนนได้ต่ำ แต่เมื่อศึกษาบทเรียนจบแล้ว ผู้เรียนมีความรู้ในเนื้อหาของบทเรียนเพิ่มขึ้นมาก จึงทำคะแนนได้สูง ทำให้คะแนนทดสอบก่อนและหลังการศึกษาบทเรียนมีความแตกต่างกันมาก

3) การหาประสิทธิผลของการเรียน

เมื่อหาประสิทธิผลของการเรียนโดยการวัดค่าดัชนีประสิทธิผล (effectiveness index) พบว่าจากจำนวนผู้เรียนทั้งหมด 68 คน มีเพียง 7 คน ที่ดัชนีประสิทธิผลต่ำกว่า 0.5 และค่าดัชนีประสิทธิผลรายกลุ่มอยู่ที่ 0.81 แสดงให้เห็นว่าหลังจากศึกษาบทเรียนแล้ว ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนเพิ่มขึ้นมาก ซึ่งค่าดัชนีประสิทธิผลที่สูงนี้สอดคล้องกับค่าประสิทธิภาพ (E) ที่ได้ และยืนยันให้เห็นว่าหลังจากผู้เรียนได้ศึกษาบทเรียนแล้ว มีความรู้เพิ่มขึ้นมาก และสามารถทำคะแนนสอบได้สูงกว่าก่อนการศึกษาบทเรียนอย่างชัดเจน

สรุปและข้อเสนอแนะ

ในการการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรองปราศจากเชื้อ สำหรับพัฒนาการเรียนการสอนนิสิตคณะเภสัชศาสตร์ ชั้นปีที่ 4 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ซึ่งสามารถสรุปผลและข้อเสนอแนะได้ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

จากการประเมินหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรองปราศจากเชื้อ ที่ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้น สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผู้วิจัยได้จัดทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรองปราศจากเชื้อ โดยเนื้อหาตามสารบัญแบ่งออกเป็น 4 หัวข้อ ได้แก่

1) Sterilization process
2) Sterilizing Grade Filter
3) Filter Integrity Test
4) แบบทดสอบ

แต่เนื่องจากเนื้อหาในแต่ละหัวข้อไม่เท่ากัน ในการสร้างแบบผึกหัดระหว่างบทเรียน และแบบทดสอบหลังบทเรียน จึงแบ่งเนื้อหาแต่ละตอนให้ใกล้เคียงกันเป็นดังนี้

ตอนที่ 1 ประกอบด้วย

- Sterilization process
- Sterilizing Grade Filter
- Rationale for testing filter integrity

ตอนที่ 2 Bubble point test

ตอนที่ 3 ประกอบด้วย

- Diffusion flow test
- Pressure hold test
- Water intrusion test
- Test consideration

2. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.1 คุณภาพด้านเนื้อหา

จากการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทด้านเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาพบว่าบทเรียนมีคุณภาพเนื้อหาอยู่ในระดับดี

2.2 คุณภาพด้านเทคโนโลยีการศึกษา

จากการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเทคโนโลยีการศึกษาจากผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา พบว่าบทเรียนมีคุณภาพด้านเทคโนโลยีการศึกษาอยู่ในระดับดีมาก

2.3 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

จากการทดลองหาประสิทธิภาพ พบว่าบทเรียนมีประสิทธิภาพ 95.0/86.7 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (80/80) โดยแต่ละตอนมีประสิทธิภาพดังนี้

ตอนที่ 1 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 96.4/93.0

ตอนที่ 2 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 94.9/86.8

ตอนที่ 3 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 94.4/84.4

2.4 การทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

พบว่าคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงให้เห็นว่าหลังจากศึกษาบทเรียน ผู้เรียนมีความรู้ในเนื้อหาของบทเรียนเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

2.5 การหาประสิทธิผล (Effectiveness Index)

จากผู้เรียนทั้งหมด 68 คน พบว่ามี 61 คนที่ดัชนีประสิทธิผลมีค่า 0.50 ขึ้นไป มีเพียง 7 คนที่ดัชนีประสิทธิผลต่ำกว่า 0.50 ส่วนค่าดัชนีประสิทธิผลรายกลุ่มมีค่าเท่ากับ 0.81 จึงชี้ให้เห็นว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้มีคุณภาพดีและสามารถช่วยเพิ่มการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิผล

ข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรองปราศจากเชื้อ เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนสำหรับนิสิตคณะเภสัชศาสตร์ ชั้นปีที่ 4 ที่ได้กล่าวไปข้างต้น ผู้ทำวิจัยมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. ในการพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจำเป็นต้องอาศัยความชำนาญในหลายๆ ด้าน เช่น ด้านคอมพิวเตอร์กราฟฟิก ด้านเนื้อหา ด้านเทคโนโลยีการศึกษา โดยผู้จัดทำบทเรียนต้องมีทั้งความรู้และความชำนาญทั้งด้านเนื้อหาและวิธีการจัดทำบทเรียนด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคู่กันไป และเมื่อจัดทำขึ้นแล้วจำเป็นต้องให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาและให้ข้อเสนอแนะเพื่อทำการปรับปรุงบทเรียนที่จัดทำขึ้นจึงจะมีประสิทธิภาพ และดึงดูดให้ผู้เรียนสนใจอยากศึกษา

2. ควรสนับสนุนให้มีการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการเรียนการสอนหัวข้อหรือวิชาต่างๆ เพื่อส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในบทเรียน ไม่เกิดความเบื่อหน่าย ทั้งนี้ให้เป็นการเรียนรู้ที่ไม่จำกัดเวลา ในการเรียนรู้ผู้เรียนสามารถเรียนซ้ำเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ได้

3. ในการศึกษาครั้งต่อไป อาจเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เทียบกับการสอนในรูปแบบอื่นๆ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับคณาจารย์ในการพัฒนารูปแบบการสอนให้ดียิ่งขึ้นเรื่อยๆ

บรรณานุกรม

1) สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง การกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับหลักเกณฑ์และวิธีการในการผลิตยาแผนปัจจุบันตามกฎหมายว่าด้วยยา พ.ศ.๒๕๕๔. นนทบุรี 2554

2) บูรณะ สมชัย. การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน Computer Assisted Instruction. พิมพ์ครั้งที่ 1. เม็ดทรายพริ้นติ้ง. กรุงเทพฯ. 2538.

3) ถนอมพร (ตันพิพัฒน์) เลาหจรัสแสง. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัทวงกมล. กรุงเทพฯ. 2541.

4) บุปผชาติ ทัฬหิกรณ์ และคณะ. ความรู้เกี่ยวกับสื่อมัลติเพื่อการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว. กรุงเทพฯ. 2544.

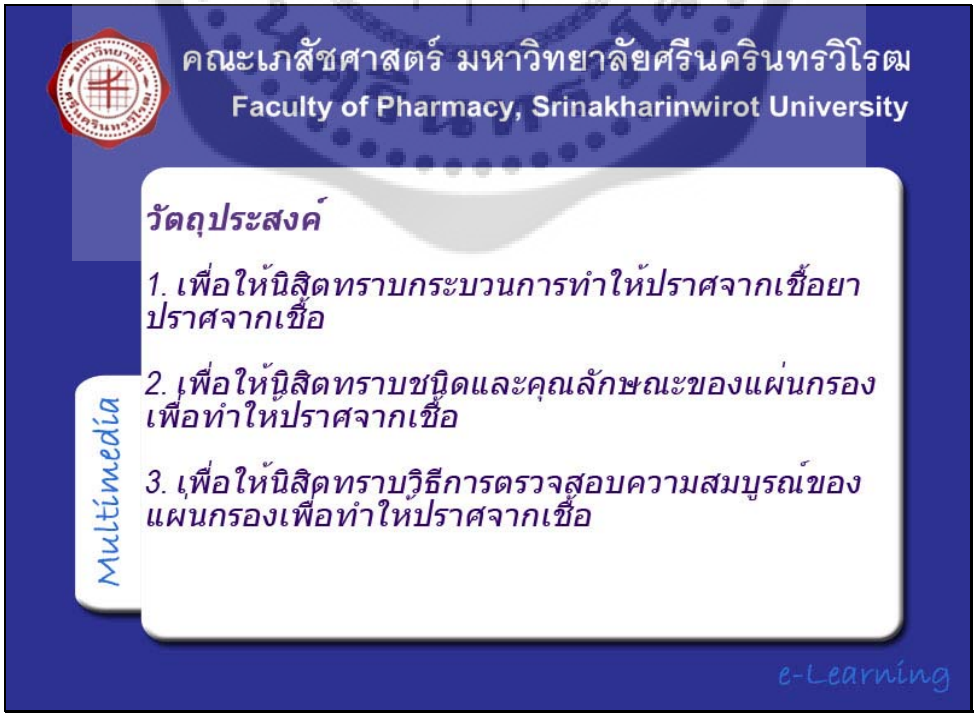
5) บูรณะ สมชัย. การสร้าง CAI Multimedia ด้วย Authorware 4.0. พิมพ์ครั้งที่ 1. เอ็ช เอน กรุ๊ป. กรุงเทพฯ. 2542.

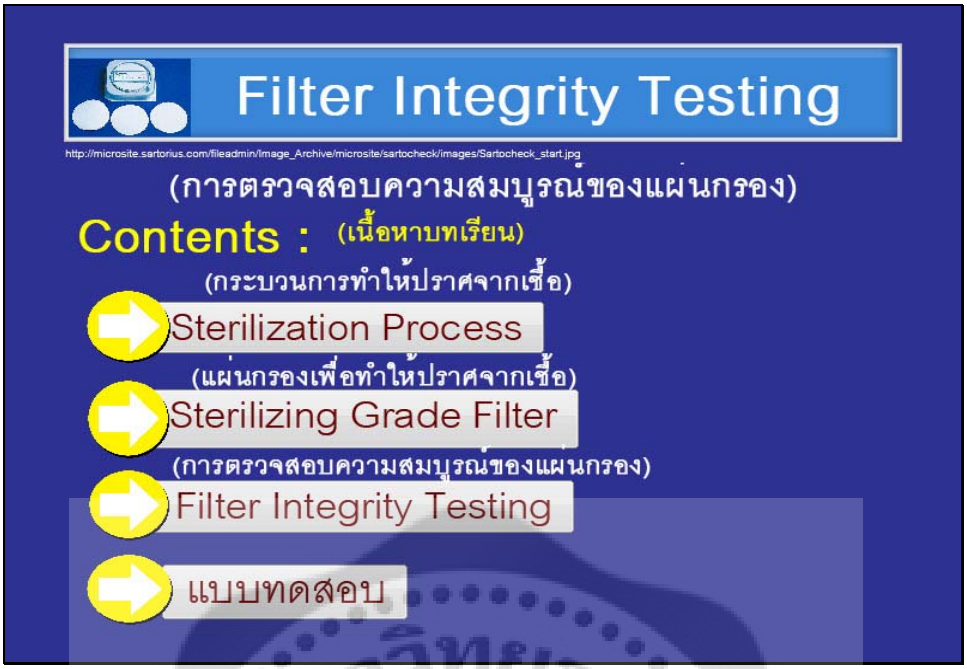
6) วุฒิชัย ประสารสอย. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน : นวัตกรรมเพื่อการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 1. วี.เจ.พริ้นติ้ง. กรุงเทพฯ. 2543.

7) พิษณุ ฟองศรี. วิจัยชั้นเรียน : หลักการและเทคนิคปฏิบัติ. พิมพ์ครั้งที่ 1. พิมพ์งาม. กรุงเทพฯ. 2549.

ภาคผนวก ก

ภาพสไลด์บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรองปราศจากเชื้อ




Filter Integrity Testing
http://microsite.sartorius.com/fileadmin/Image_Archive/microsite/sartocheck/images/Sartocheck_start.jpg
(การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรอง)
Contents : (เนื้อหาบทเรียน)
(กระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อ)
Sterilization Process
(แผ่นกรองเพื่อทำให้ปราศจากเชื้อ)
Sterilizing Grade Filter
(การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรอง)
Filter Integrity Testing
แบบทดสอบ

Sterilization Process
(กระบวนการทำให้ปราศจากเชื้อ)
Terminal sterilization
(การทำให้ปราศจากเชื้อในขั้นตอนสุดท้าย เป็นการใช้ความร้อนฆ่าเชื้อหลังบรรจุยาลงภาชนะบรรจุแล้ว)
Aseptic processing
(การทำให้ปราศจากเชื้อโดยอาศัยกระบวนการปราศจากเชื้อ ทำโดยการกรองสารละลายยาผ่านแผ่นกรองปราศจากเชื้อที่มีขนาดรูแผ่นกรองเล็กพอที่จะกรองจุลินทรีย์ได้
กลับไปสารบัญ
http://www.getinge.com/life-science/production1/terminal-sterilization1/
http://1.bp.blogspot.com/_cCU1vJAsuTc/TFI0wkceq7I/AAAAAAAAAZA/wdwbHU3oQhk/s1600/MF.jpg

Sterilizing Grade Filter

(แผ่นกรองเพื่อทำให้ปราศจากเชื้อ)

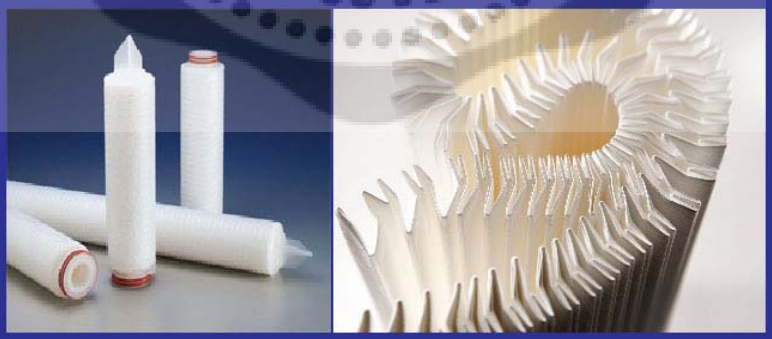
- ทำจากพอลิเมอร์ เช่น cellulose acetate, cellulose nitrate, polyamide etc.
- โดยทั่วไปมี pore size 0.2 หรือ 0.22 micron (แต่ในบางกรณี อาจใช้ 0.1 micron)

Sterilizing grade filter

http://microsite.sartorius.com/fileadmin/Image_Archive/microsite/sartocheck/images/Sartocheck_start.jpg

Sterilizing Grade Filter (continued)

(แผ่นกรองเพื่อทำให้ปราศจากเชื้อ)

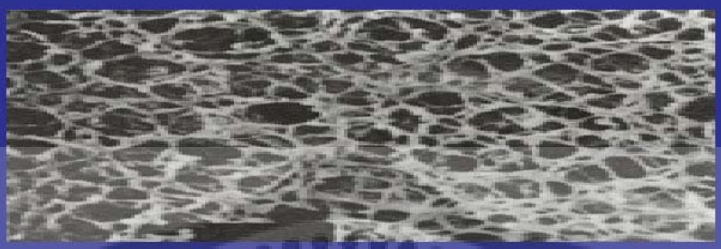


Filter cartridge (Courtesy from Sartorius AG)

Sterilizing Grade Filter (continued)

(แผ่นกรองเพื่อทำให้ปราศจากเชื้อ)

FDA guidance on aseptic process ให้คำจำกัดความว่า "A filter that can retain a minimum challenges of 1 x 10^7 cfu of *Pseudomonas diminuta* per square centimeter of effective filter surface".



Scanning electron micrograph of a microporous membrane
(Courtesy of Sartorius AG)

กลับไปสารบัญ

Filter Integrity Testing

(การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรอง)

- Rationale
  (หลักการและเหตุผล)
- Test Method
  (วิธีการทดสอบ)
- Integrity Test Consideration
  (ข้อควรคำนึงในการทดสอบ)

http://microsite.sartorius.com/fileadmin/Image_Archive/microsite/sartocheck/images/Sartocheck_start.jpg

กลับไปสารบัญ

Rationale for Filter Integrity Testing

(หลักการและเหตุผลของการตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรอง)

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง การกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับหลักเกณฑ์และวิธีการในการผลิตยาแผนปัจจุบันตามกฎหมายว่าด้วยยา พ.ศ. ๒๕๕๔

หมวด ๑๔ การผลิตยาปราศจากเชื้อ

ข้อ ๔๒๐

ต้องทำการตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรองปราศจากเชื้อก่อนใช้ และทันทีหลังจากการกรองเสร็จโดยวิธีที่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น

การทดสอบจุดเกิดฟอง (Bubble point test)

การทดสอบการแพร่ของอากาศ (Diffusion flow test) หรือ

การทดสอบการรักษาความดัน (Pressure hold test)

(หลักการและเหตุผลของการตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรอง)

Rationale for Filter Integrity Testing

(continued)

USP 32, (2009), p. 723 :

A membrane filter assembly should be tested for initial integrity prior to use, provided that such a test does not impair the validity of the system, and should be tested after the filtration process is completed to demonstrate that the filter assembly maintained its integrity throughout the entire filtration procedure. Typical use tests are the bubble point test, the diffusive airflow test, the pressure hold test, and the forward flow test. These tests should be correlated with microorganism retention.

กลับไปสารบัญ

Method for Integrity Test

(วิธีการตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรอง)

(Bubble point test)

Bubble Point Test

(Diffusion flow test)

Diffusion Flow Test

(Pressure hold test)

Pressure Hold Test

(Water intrusion test)

Water Intrusion Test

http://microsite.sartorius.com/fileadmin/Image_Archive/microsite/sartocheck/images/Sartoche

กลับไปสารบัญ

Bubble Point Test

(การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรองโดยการทดสอบ bubble point)

(ทฤษฎีที่ใช้ในการทดสอบ bubble point)

The Bubble Point Test Theory

(การวัดค่า bubble point)

Bubble Point Measurement

(วีดิทัศน์สาธิตการทดสอบ bubble point)

Demonstration of Bubble Point Test

(ปัจจัยที่มีผลต่อค่า bubble point)

Factors Affecting Bubble Point Value

(ข้อดี-ข้อเสียของการทดสอบ bubble point)

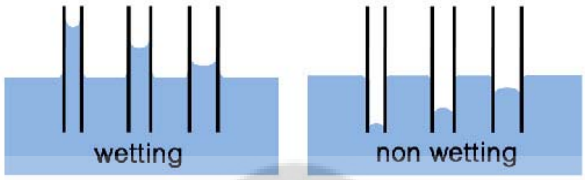
Advantages & Disadvantages

กลับไปสารบัญ

The Bubble Point Test Theory

(ทฤษฎีที่ใช้ในการทดสอบ bubble point)

หากมีหลอดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็กจุ่มลงไปในของเหลว เช่น น้ำ โมเลกุลของน้ำจะมีแรงดึงดูดกับผิวของหลอด ทำให้น้ำจำนวนหนึ่งถูกดึงเข้าไปในหลอด โดยแรงที่ดึงน้ำเข้าไปในหลอด คือ แรงตึงผิว หรือ surface tension ของน้ำ ดังนั้นปริมาณน้ำที่ถูกดึงเข้าไปในหลอดจึงมีน้ำหนักเท่ากับแรงตึงผิวดังกล่าว



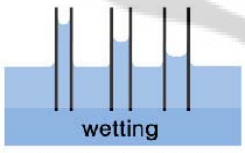
Capillary ascension Capillary depression

Bubble point test หรือ การทดสอบจุดเกิดฟอง
อาศัยหลักการของ capillary rise phenomenon

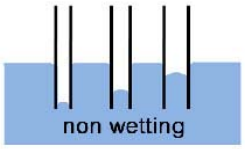
(ทฤษฎีที่ใช้ในการทดสอบ bubble point)

The Bubble Point Test Theory

(continued)



Capillary ascension



Capillary depression

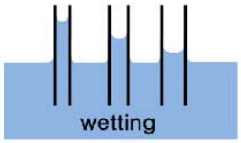
- $F_\gamma = F_G$
- $F_\gamma = 2\pi r\gamma$
- $F_G = \pi r^2 hg\rho$

γ = surface tension of wetting liquid
ρ = density of liquid
h = height
g = force of gravity

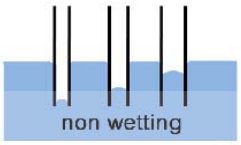
(ทฤษฎีที่ใช้ในการทดสอบ bubble point)

The Bubble Point Test Theory

(continued)



Capillary ascension



Capillary depression

- $2\pi r\gamma = \pi r^2 hg\rho$

  When wetting is not complete, $\gamma = \gamma_l \cos\theta$

  $2\pi r \gamma_l \cos\theta = \pi r^2 hg\rho$

  $4\gamma_l \cos\theta = dhg\rho$

- $P = 4\gamma_l \cos\theta / d$, with $P = hg\rho$
- $P = K / d$

γ = surface tension of wetting liquid

ρ = density of liquid, h = height

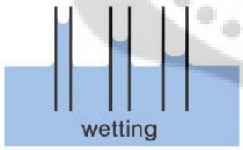
g = force of gravity, P = pressure

θ = contact angle

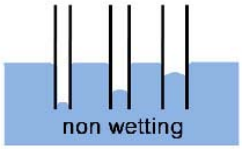
(ทฤษฎีที่ใช้ในการทดสอบ bubble point)

The Bubble Point Test Theory

(continued)



Capillary ascension



Capillary depression

- Bubble point pressure (P)

  $P = 4\gamma_l \cos\theta / d$

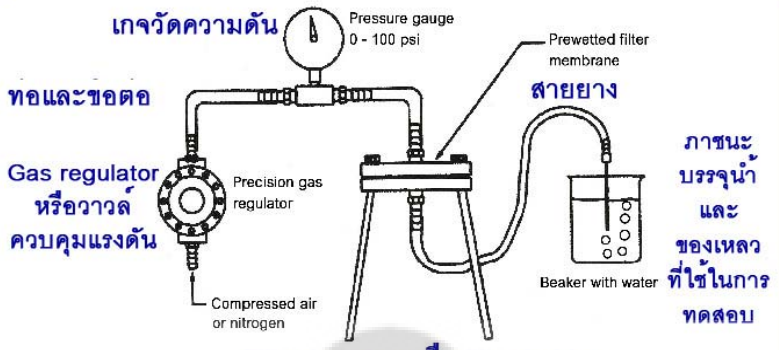
- The endpoint can be observed from a steady stream of bubbles.

ทฤษฎีการหาจุดเกิดฟอง หรือ bubble point อาศัยหลักการเดียวกับปรากฏการณ์ capillary rise โดยรูพรุนภายในตัวกรองหรือ filter เปรียบเสมือนหลอด capillary หากตัวกรองทำจากวัสดุที่ชอบน้ำ น้ำจะถูกดึงเข้าไปในรูพรุน การจะดันน้ำออกจากรูพรุนจึงต้องอาศัยแรงดันจำนวนหนึ่งซึ่งมีค่าสูงพอที่จะเอาชนะแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลน้ำกับผิวของรูพรุน แรงดันนี้คือ bubble point pressure

กลับไปสารบัญ

Bubble Point Measurement

(การวัดค่า bubble point)



Manual bubble point test setup (From PDA, 1998)

Practical Consideration on Bubble Point Test

(ข้อพึงระวังสำหรับการทดสอบ bubble point)

- Manufacturer's procedure should be followed.
- Sufficient stabilization time has to be allowed after every pressure increase.
- The tubing should be minimized, transparent and should not kink.
- The filter housing has to be free of leaks.
- Temperature during test period has to be maintained constant.

กลับไปสารบัญ

Demonstration of Bubble Point Test

(วีดิทัศน์สาธิตการทดสอบ bubble point)

กลับไปสารบัญ

Factors Affecting Bubble Point Value

(ปัจจัยที่มีผลต่อค่า bubble point)

(ปัจจัยส่วนตัวของผู้ทดสอบ)

Operator Subjectivity

(สารที่ใช้เป็น wetting liquid)

Wetting Liquid

(วิธีการทำให้แผ่นกรองเปียก)

Wetting procedure

(การเพิ่มแรงดันอย่างรวดเร็ว)

Rapid Pressure Rise

(อุณหภูมิ)

Temperature

กลับไปสารบัญ

Operator Subjectivity

(ปัจจัยส่วนตัวของผู้ทดสอบ)

- Minimized by rigid adherence to protocol, SOP.
- Training the operator is of utmost importance.
- The use of automated integrity test machines is recommended.

กลับไปสารบัญ

Wetting Liquid

(สารที่ใช้เป็น wetting liquid)

- More often, postfiltration integrity testing is performed by using the product to be filtered as the wetting agent.
- In this case, minimum product bubble point has to be determined.

Wetting Liquid (continued)

(สารที่ใช้เป็น wetting liquid)

- $PBP_{min} = WBP_{min*} \times PBP_{average} / WBP_{average}$
- $PBP_{min} = WBP_{min*} \times$ correction factor

Example

$PBP_{min} = 46 \text{ psi} \times 36 \text{ psi} / 49 \text{ psi}$

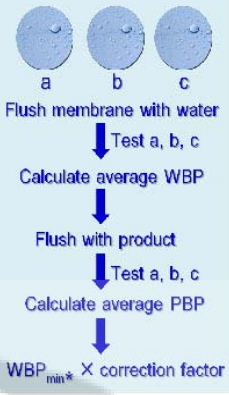
$PBP_{min} = 46 \text{ psi} \times 0.73$

$PBP_{min} = 33.79 \text{ psi}$

PBP = product bubble point

WBP = water bubble point

* indicated by manufacturer



กลับไปสารบัญ

Wetting Procedure

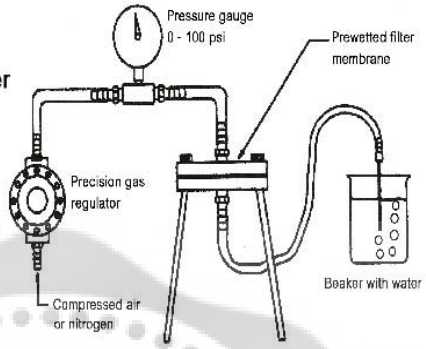
(วิธีการทำให้แผ่นกรองเปียก)

- Membrane filters must be wetted preparatory to performing an integrity test.
- A greater variability in bubble point is always found in hydrophobic filter.
- Soaking the filter may not sufficient, dynamic water flow may be required.
- Incomplete wetting can cause low bubble point value.

กลับไปสารบัญ

Rapid Pressure Rise
(การเพิ่มแรงดันอย่างรวดเร็ว)

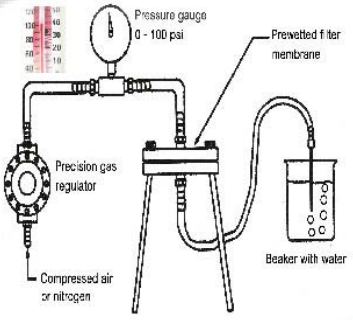
- Bubbles caused by an earlier, lower pressure setting may become evident only after a higher pressure has been recorded.
- More careful and smaller pressure adjustments coupled with longer waiting periods should be performed to secure accurate readings.



กลับไปสารบัญ

Temperature
(อุณหภูมิ)

- Temperature increase, surface tension of liquid decrease.
- Temperature change affects diffusion and solubility of gas in liquid.
- Temperature change results in pressure change.
- Therefore, temperature of test liquid, filter system, and test gas should be equal and stay constant.



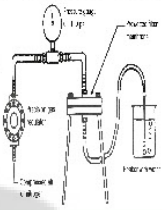
กลับไปสารบัญ

(ขอดี-ขอเสียของการทดสอบ bubble point)

Advantages and Disadvantages of Bubble Point Testing

Advantages of Bubble Point Testing

- Can be directly correlated to membrane pore size.
- Easy to perform on small to medium-scale filters.
- The only test that can be performed on small-scale filtration devices.
- Test time can be fast due to short stabilization periods and faster pressure rises.
- Correlation between bubble point and bacterial challenge is reliably and easily established.
- Temperature influences are not as critical as for the diffusive flow or pressure hold test.

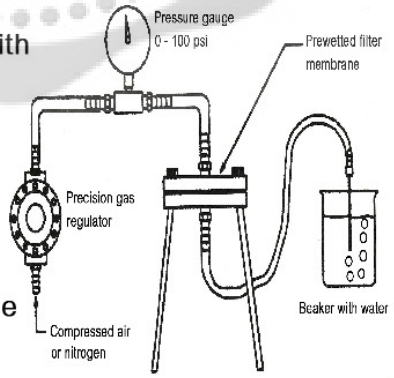


(ขอดี-ขอเสียของการทดสอบ bubble point)

Advantages and Disadvantages of Bubble Point Testing

Disadvantages of Bubble Point Testing

- High degree of test person subjectivity is involved.
- Sensitivity decreases with increasing filtration area.
- More critical with filter membranes of smaller pore size rating.
- Does not take membrane thickness into account.



กลับไปสารบัญ

Diffusion Flow Test

(Diffusion Flow Test)

(หลักการของ diffusive airflow)

Principle of Diffusive Airflow

(การวัด diffusive airflow)

Diffusive Airflow Measurement

(ปัจจัยที่มีผลต่อ diffusive airflow)

Factors Affecting Diffusive Airflow

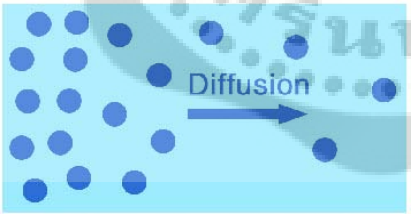
(ข้อดี-ข้อเสียของการทดสอบ diffusive airflow)

Advantages & Disadvantages

กลับไปสารบัญ

Principle of Diffusive Airflow

(หลักการของ diffusive airflow)



Gas diffusion through a liquid layer due to differential pressure.

เมื่อมีการให้แรงดันผ่านแผ่นกรองที่เปียก ความแตกต่างระหว่างความดันที่ด้านทั้งสองของแผ่นกรอง หรือที่เรียกว่า differential pressure จะทำให้เกิดการแพร่ หรือ diffusion ของก๊าซจากด้านที่มีความดันสูงไปสู่ด้านที่มีความดันต่ำกว่า ซึ่งการแพร่ดังกล่าวเป็นไปตาม Fick's law of diffusion

The diffusive airflow occurs in accordance with Fick's law of diffusion.

(หลักการของ diffusive airflow)

Principle of Diffusive Airflow

(continued)

$$N = \frac{DH\,(p_1 - p_2)}{L} \times \rho$$

where

N = permeation rate (moles of gas per unit time)

D = diffusivity of the gas in the liquid

H = solubility coefficient of the gas

L = thickness of liquid in the membrane (equal to the membrane thickness if the membrane pores are completely filled with liquid)

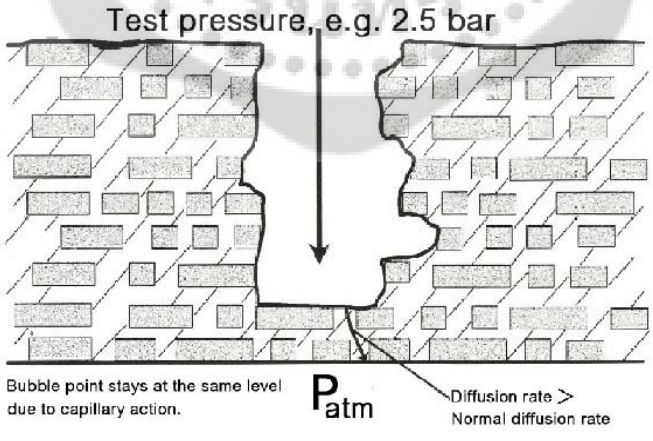
$p_1 - p_2$ = transmembrane pressure or differential pressure

ρ = void volume of the membrane, its membrane porosity commonly around 80%.

(หลักการของ diffusive airflow)

Principle of Diffusive Airflow

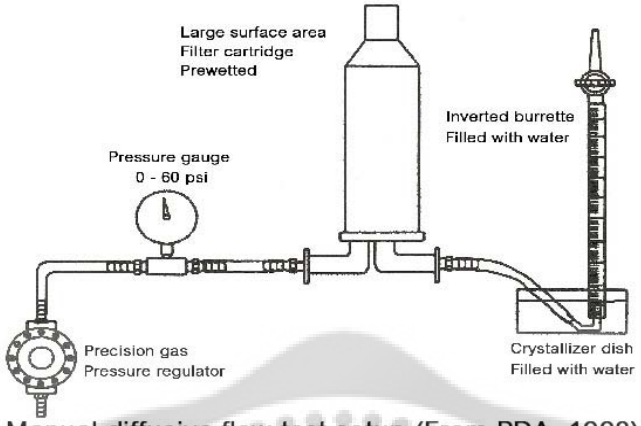
(continued)



กลับไปสารบัญ

Diffusive Airflow Measurement

(การวัด diffusive airflow)



Manual diffusive flow test setup (From PDA, 1998).

กลับไปสารบัญ

Factors Affecting Diffusive Airflow

(ปัจจัยที่มีผลต่อ diffusive airflow)

(สารที่ใช้เป็น wetting liquid)

- Wetting Liquid

(วิธีการทำให้แผ่นกรองเปียก)

- Wetting Procedure

(พื้นที่ของแผ่นกรอง)

- Filter Area

(อุณหภูมิ)

- Temperature

กลับไปสารบัญ

Wetting Liquid

(สารที่ใช้เป็น wetting liquid)

- Commonly the diffusive flow is measured at around 80% of the bubble point pressure.
- Product used to wet the filter can shift bubble point value, therefore one has to determine the product-wetted test pressure.
  - $TP_{PW} = MTP_{WW} \times (PBP_{avg} / WBP_{avg})$

TP_{PW} = product-wetted test pressure

MTP_{WW} = water-wetted test pressure specified by the manufacturer

PBP_{avg} = average product-wetted bubble point

WBP_{avg} = average water-wetted bubble point

Wetting Liquid (continued)

(สารที่ใช้เป็น wetting liquid)

- $DFL_{PW} = DFL_{WW*} \times DF_{PW} / DF_{WW}$
- $DFL_{PW} = DFL_{WW*} \times$ correction factor

Example

$DFL_{PW} = 15$ ml/min $\times$ 16 ml/min / 9 ml/min

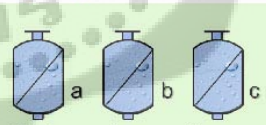
$DFL_{PW} = 15$ ml/min $\times$ 1.77

$DFL_{PW} = 26.5$ ml/min

DF_{ww} = water-wetted diffusive flow

DF_{PW} = product-wetted diffusive flow

* indicated by manufacturer



Flush membrane with water

Test a, b, c with MTP_{ww}

$TP_{PW} = MTP_{WW} \times (PBP_{avg} / WBP_{avg})$

Calculate average DF_{ww}

Flush with product

Test a, b, c with TP_{PW}

Calculate average DF_{PW}

กลับไปสารบัญ

Wetting Procedure

(วิธีการทำให้แผ่นกรองเปียก)

- If the entire thickness of membrane is not wetted properly, the diffusive flow test will give a false negative result.
- The manufacturer's recommendations should be followed.

แผ่นกรองที่นำมาทดสอบต้องทำให้เปียกโดยสมบูรณ์ก่อน โดยปฏิบัติตามวิธีที่ผู้ผลิตแนะนำอย่างเคร่งครัด เนื่องจากหากภายในรูพรุนของแผ่นกรองมีของเหลวบรรจุอยู่ไม่เต็ม จะทำให้ชั้นความหนาของของเหลวต่ำกว่าที่ควรจะเป็น ซึ่งจะมีผลให้ค่า airflow ที่วัดได้สูงกว่าความเป็นจริง จึงมีผลเหมือนกับว่าแผ่นกรองนั้นชำรุด

กลับไปสารบัญ

Filter Area

(พื้นที่ของแผ่นกรอง)

- The measurement is not suitable for a too small filter, as the restricted filter area would not allow a large enough volume of air to diffuse to be measured accurately.
- Normally, this test is used for the filter with surface area of 0.19 m^2 (2 ft^2) or greater.

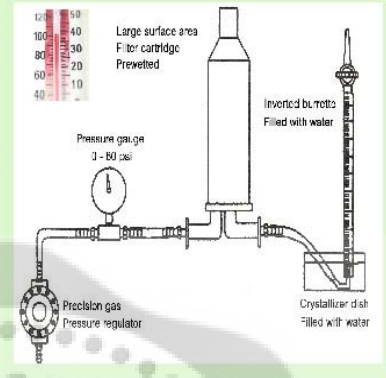
วิธี diffusion flow test นี้ไม่เหมาะที่จะทดสอบกับตัวกรองหรือแผ่นกรองที่มีขนาดเล็ก เนื่องจากหากพื้นที่ในการกรองน้อยเกินไป จะทำให้อัตราการแพร่ของก๊าซต่ำมากจนเกิดความคลาดเคลื่อนสูงในการวัด ดังนั้นโดยทั่วไปวิธีนี้จะใช้ทดสอบกับตัวกรองแบบคาทริทหรือแผ่นกรองที่มีพื้นที่การกรองตั้งแต่ 0.19 ตารางเมตรขึ้นไป

กลับไปสารบัญ

Temperature

(อุณหภูมิ)

- Temperature increases, surface tension of liquid decreases, the liquid layer becomes thinner and the diffusive flow increase.
- Temperature change affects diffusion and solubility of gas in liquid.
- Temperature change results in pressure change.
- Therefore, temperature of test liquid, filter system, and test gas should be equal and stay constant.



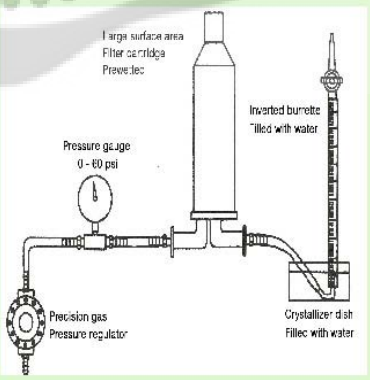
กลับไปสารบัญ

(ขอดี-ขอเสียของการทดสอบ diffusion flow test)

Advantages and Disadvantages of Diffusion Flow Test

Advantages of diffusion flow test

- A very sensitive test, sensitivity increases with increases in filter surface area.
- Suitable for membranes with small pore size, e.g. 0.1 micron.
- Can be used to gauge the completeness of a filter's wettability.

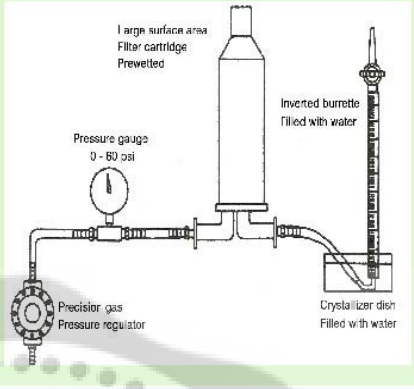


(ข้อดี-ข้อเสียของการทดสอบ diffusion flow test)

Advantages and Disadvantages of Diffusion Flow Test

Disadvantages of diffusion flow test

- The measurement is not suitable for a too small filter.
- Temperature deviations during the test time will have strong impact on the result.



กลับไปสารบัญ

Pressure Hold Test

(pressure hold test)

(หลักการของ pressure hold test)

Principle of Pressure Hold Test

(การวัด pressure hold)

Pressure Hold Measurement

(ข้อดี-ข้อเสียของการทดสอบ pressure hold)

Advantages & Disadvantages

กลับไปหน้าสารบัญ

Principle of Pressure Hold Test

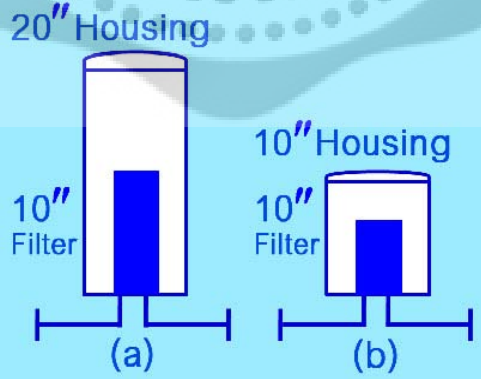
(หลักการของ pressure hold test)

- Also called pressure decay or pressure drop test.
- The test is a variant of diffusion airflow test, principle is the same.
- When the stipulated applied pressure is reached, the pressure source is valved offf, the decay of pressure is then observed as a function of time.
- Source of pressure decay could be a leak in the filter system setup.

(หลักการของ pressure hold test)

Principle of Pressure Hold Test

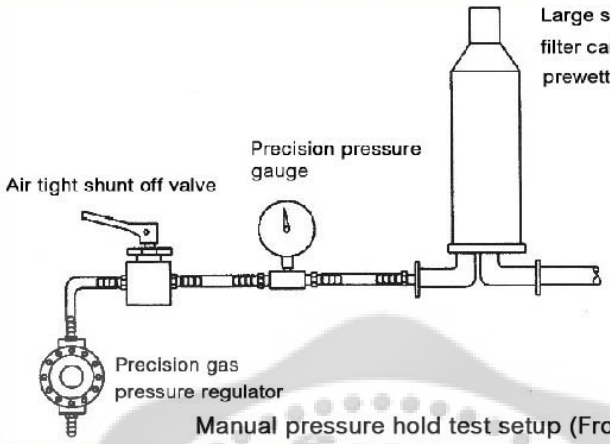
(continued)



กลับไปสารบัญ

Pressure Hold Measurement

(การวัด pressure hold)



Manual pressure hold test setup (From PDA, 1998).

กลับไปสารบัญ

(ขอดี-ขอเสียของการทดสอบ pressure hole)

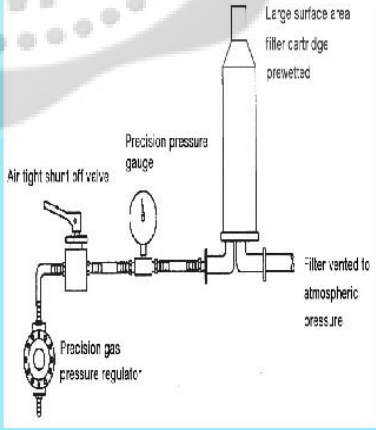
Advantages and Disadvantages of Pressure Hold Testing

Advantages :

- Capable of revealing imperfection in the assembly.
- Can be made on the upstream side, without compelling invasion of the downstream side of the system.

Disadvantage :

- Strongly influenced by temperature.



กลับไปสารบัญ

Water Intrusion Test

- Used for testing the integrity of hydrophobic air filters.
- Certain pressure is required to force the water through the membrane, called water penetration pressure (WPP).
- Water penetration pressure depends on filter material and pore size.

water intrusion test เป็นวิธีที่ใช้ทดสอบแผ่นกรองที่เปียกน้ำยาก ซึ่งมักเป็นแผ่นกรองที่ใช้กรองอากาศ วิธีนี้อาศัยหลักที่ว่าเมื่อแผ่นกรองไม่ชอบน้ำ จึงต้องอาศัยแรงดันจำนวนหนึ่งในการดันน้ำให้ทะลุผ่านรูของแผ่นกรอง แรงดันนี้เรียกว่า water penetration pressure ซึ่งเป็นค่าเฉพาะที่ขึ้นกับชนิดและขนาดรูของแผ่นกรอง เมื่อวัดค่านี้เทียบกับค่าที่ผู้ผลิตระบุจะสามารถบอกถึงความสมบูรณ์ของแผ่นกรองได้ เนื่องจากแผ่นกรองที่ใช้กรองผลิตภัณฑ์เพื่อให้ปราศจากเชื้อส่วนใหญ่เป็นเป็นแผ่นกรองที่ชอบน้ำ ในบทเรียนนี้จึงไม่ขอกล่าวถึงรายละเอียดของวิธีทดสอบนี้

กลับไปสารบัญ

Integrity Test Consideration

(ข้อควรคำนึงในการทดสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรอง)

- The test should be performed both prefiltration and post filtration.
- Prefiltration testing should be performed after sterilization of the filter.
- In case of redundant filter system, the primary filter has to pass pre- and post-use integrity tests, whereas the secondary filter need only prefiltration test as long as the primary filter passed the postfiltration.
- Incompatibility between product and filter could lead to filter failure.

กลับไปสารบัญ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
เรื่อง
การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรอง

คำแนะนำ :
- แบบทดสอบมีทั้งหมด 20 ข้อ เป็นแบบเลือกตอบ
- ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดแล้วคลิกหน้าตัวเลือกนั้น
- กดปุ่ม "ส่งคำตอบ" ก่อนทำข้อต่อไป
- เมื่อพร้อมทำแบบทดสอบ ให้กดปุ่มด้านล่าง

เริ่มทำแบบทดสอบ

กลับไปสารบัญ

1. Sterilizing grade filter หมายถึง

1) แผ่นกรองที่ผ่านการทำให้ปราศจากเชื้อ

2) แผ่นกรองที่สามารถกรองเชื้อ Pseudomonas diminuta ออกจากของเหลว ได้ในจำนวนไม่น้อยกว่า 10 ล้าน CFU ต่อพื้นที่การกรอง 1 ตารางเซ็นติเมตร

3) แผ่นกรองที่สามารถกรองเชื้อ Pseudomonas aeruginosa ออกจากของเหลว ได้ในจำนวนไม่น้อยกว่า 10 ล้าน CFU ต่อพื้นที่การกรอง 1 ตารางเซ็นติเมตร

4) แผ่นกรองที่สามารถกรองเชื้อ Pseudomonas aeruginosa ออกจากของเหลว ได้ในจำนวนไม่น้อยกว่า 1 ล้าน CFU ต่อพื้นที่การกรอง 1 ตารางเซ็นติเมตร

ต้องตอบข้อนี้ก่อน

Review Area

ส่งคำตอบ

Question 1 of 20

2. ข้อใดผิด

- ○ 1) Sterilizing grade filter อาจทำจากวัสดุพวก polyamide
- ○ 2) Sterilizing grade filter มีขนาดรูพรุนเล็กกว่า 0.22 ไมครอน ลงมา
- ○ 3) Filter แบบ cartridge มีพื้นที่ในการกรองมากกว่าแบบ disc
- ◉ 4) ใน PIC/S GMP ระบุให้มีการทำ filter integrity test แต่ USP ไม่ได้กลาวถึง

Review Area

ต้องตอบข้อนี้ก่อน

ส่งคำตอบ

Question 2 of 20

3. วิธีทดสอบ **filter integrity** แบบใด ที่ **PIC/S GMP** ไม่ได้อ้างถึง

- ○ 1) Pressure hold test
- ○ 2) Bubble point test
- ◉ 3) Water intrusion test
- ○ 4) Diffusion flow test

Review Area

ต้องตอบข้อนี้ก่อน

ส่งคำตอบ

Question 3 of 20

4. Bubble point test อาศัยหลักการใด

- 1) Capillary rise
- 2) Newton's law
- 3) Stokes' law
- 4) Fick's law of diffusion

ต้องตอบข้อนี้ก่อน

Review Area

ส่งคำตอบ

Question 4 of 20

5. ค่าใดที่ไม่ได้อยู่ใน **bubble point equation**

- 1) แรงตึงผิวของของเหลว
- 2) ขนาดรูพรุนของแผ่นกรอง
- 3) มุมสัมผัสระหว่างของเหลวกับแผ่นกรอง
- 4) แรงตึงระหว่างผิวของเหลวกับแผ่นกรอง

ต้องตอบข้อนี้ก่อน

Review Area

ส่งคำตอบ

Question 5 of 20

6. เกี่ยวกับ **bubble point pressure** ข้อใดผิด

- 1) เมื่อเทียบระหว่างแผ่นกรองและของเหลวชนิดเดียวกัน แผ่นกรองที่มีขนาดรูใหญ่กว่า ค่า bubble point pressure จะต่ำกว่า
- 2) Bubble point pressure เป็นแรงดันที่ใช้ไล่ของเหลวออกจากรูที่มีขนาดเล็กที่สุดของแผ่นกรอง
- 3) Minimum bubble point เป็นค่าคงที่ซึ่งผู้ผลิตแผ่นกรองจะทำการทดสอบและกำหนดขึ้น เพื่อให้ผู้ใช้งานได้ทราบ
- 4) หากมุมสัมผัสระหว่างแผ่นกรองกับของเหลวมีค่าลดลง bubble point pressure จะมีค่าสูงขึ้น

Review Area

ต้องตอบข้อนี้ก่อน

ส่งคำตอบ

Question 6 of 20

7. อุปกรณ์ใดที่ไม่ได้เป็นส่วนประกอบในการทดสอบ **manual bubble point**

- 1) Compressed air
- 2) Pressure gauge
- 3) Silicone tube
- 4) Burette

Review Area

ต้องตอบข้อนี้ก่อน

ส่งคำตอบ

Question 7 of 20

8. เกี่ยวกับการวัดค่า bubble point pressure ข้อใดผิด

- 1) เมื่อถึง bubble point อากาศที่ไหลผ่านแผ่นกรองจัดเป็น diffusive airflow
- 2) ก่อนเริ่มทดสอบควรชะล้างแผ่นกรองให้สะอาดก่อน
- 3) ระหว่างทดสอบ ควรเพิ่มแรงดันอากาศทีละน้อย และหยุดพักเป็นระยะ
- 4) หากแผ่นกรองฉีกขาด ค่าที่วัดได้จะต่ำลง

Review Area

ต้องตอบข้อนี้ก่อน

ส่งคำตอบ

Question 8 of 20

9. ในการทดสอบหาค่า minimum product bubble point จะต้องหาค่า correction factor ก่อน ซึ่งคำนวณได้จากค่า

- 1) Average water bubble point คูณด้วย average product bubble point
- 2) Average water bubble point หารด้วย average product bubble point
- 3) Average product bubble point บวกด้วย average water bubble point
- 4) Average product bubble point หารด้วย average water bubble point

Review Area

ต้องตอบข้อนี้ก่อน

ส่งคำตอบ

Question 9 of 20

10. ในการทดสอบหาค่า minimum product bubble point หากค่า correction factor ที่คำนวณได้เท่ากับ 0.8 และค่า minimum bubble point ที่ผู้ผลิตแผ่นกรองกำหนดเท่ากับ 40 psi ค่า minimum product bubble point ที่ใช้ในการอ้างอิงจะเท่ากับ

- 1) 50 psi
- 2) 500 psi
- 3) 32 psi
- 4) 320 psi

Review Area

ต้องตอบข้อนี้ก่อน

ส่งคำตอบ

Question 10 of 20

11. เกี่ยวกับข้อดีของ bubble point test ข้อใดผิด

- 1) สัมพันธ์กับขนาดรูของแผ่นกรองโดยตรง
- 2) เหมาะกับการทดสอบกับแผ่นกรองทุกขนาด
- 3) ใช้เวลาทดสอบสั้น
- 4) สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า bubble point กับ bacterial challenge ได้ง่าย

Review Area

ต้องตอบข้อนี้ก่อน

ส่งคำตอบ

Question 11 of 20

12. Diffusion flow test อาศัยหลักการใด

- 1) Capillary rise
- 2) Interfacial phenomenon
- 3) Stokes' law
- 4) Fick's law of diffusion

Review Area

ต้องตอบข้อนี้ก่อน

ส่งคำตอบ

Question 12 of 20

13. ค่าใดที่ไม่ได้อยู่ในสมการที่ใช้หา diffusive airflow

- 1) สัมประสิทธิ์การแพร่ของก๊าซ
- 2) ความหนาของแผ่นกรอง
- 3) ขนาดรูของแผ่นกรอง
- 4) Differential pressure ระหว่างสองด้านของแผ่นกรอง

Review Area

ต้องตอบข้อนี้ก่อน

ส่งคำตอบ

Question 13 of 20

14. ความดันที่ใช้ในการทดสอบ diffusive airflow โดยปกติจะอยู่ที่กี่เปอร์เซ็นต์ของค่า bubble point

- 1) 90%
- 2) 70%
- 3) 80%
- 4) 60%

Review Area

ต้องตอบข้อนี้ก่อน

ส่งคำตอบ

Question 14 of 20

15. อุปกรณ์ใดที่ไม่ได้เป็นส่วนประกอบในการทดสอบ manual diffusion airflow

- 1) Compressed air
- 2) Pressure gauge
- 3) Burette
- 4) Beaker บรรจุน้ำ

Review Area

ต้องตอบข้อนี้ก่อน

ส่งคำตอบ

Question 15 of 20

16. เกี่ยวกับการทดสอบ diffusion airflow ข้อใดผิด

- 1) ไม่เหมาะกับแผ่นกรองที่มีขนาดใหญ่
- 2) หากแผ่นกรองเบียกไม่สมบูรณ์ ค่าที่วัดได้จะสูงกว่าความเป็นจริง
- 3) การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมีผลต่อค่าที่วัดได้อย่างมาก
- 4) เหมาะกับแผ่นกรองที่มีขนาดรูเล็กมาก

Review Area

ต้องตอบข้อนี้ก่อน

ส่งคำตอบ

Question 16 of 20

17. Pressure hold test มีหลักการทดสอบเหมือนกับวิธีใด

- 1) Bubble point test
- 2) Diffusion airflow test
- 3) Water intrusion test
- 4) ไม่มีข้อใดถูก

Review Area

ต้องตอบข้อนี้ก่อน

ส่งคำตอบ

Question 17 of 20

18. เกี่ยวกับ pressure hold test ข้อใดผิด

- 1) อาจเรียกอีกอย่างว่า pressure decay test
- 2) ในการทดสอบไม่จำเป็นต้องต่อท่อหรือสายยางออกจากแผ่นกรอง
- 3) หากแผ่นกรองชำรุด ค่า pressure drop จะต่ำกว่าค่าที่ผู้ผลิตแผ่นกรองกำหนด
- 4) ข้อดีของวิธีนี้คือสามารถตรวจสอบการรั่วซึมของระบบและอุปกรณ์ได้

Review Area

ต้องตอบข้อนี้ก่อน

ส่งคำตอบ

Question 18 of 20

19. เกี่ยวกับ water intrusion test ข้อใดผิด

- 1) ใช้ทดสอบกับแผ่นกรองที่เปียกน้ำยาก
- 2) มักใช้ทดสอบกับแผ่นกรองอากาศ
- 3) Water penetration pressure ไม่ขึ้นกับขนาดรูของแผ่นกรอง
- 4) Water penetration pressure ไม่ขึ้นกับความหนาของแผ่นกรอง

Review Area

ต้องตอบข้อนี้ก่อน

ส่งคำตอบ

Question 19 of 20

20. เกี่ยวกับ filter integrity test ข้อใดผิด

- 1) ควรทำทั้งก่อนและหลังการกรอง
- 2) ควรทำการทดสอบก่อนที่จะนำแผ่นกรองไปทำให้ปราศจากเชื้อด้วย autoclave
- 3) การทดสอบก่อนการกรอง สามารถทดสอบกับผลิตภัณฑ์ได้โดยตรง
- 4) ในกรณีที่มีการกรองสองครั้ง หลังกรองเสร็จ หากแผ่นกรองตัวแรกทดสอบผ่าน ไม่จำเป็นต้องทดสอบแผ่นกรองตัวที่สอง

Review Area

ต้องตอบข้อนี้ก่อน

ส่งคำตอบ

Question 20 of 20

คำนิยมสำหรับผู้สนับสนุนการจัดทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรอง

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรอง เป็นสื่อการสอนที่ผลิตขึ้นสำหรับโครงการวิจัย เรื่อง การประเมินประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรอง (Filter Integrity Testing) ซึ่งได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากคณะเภสัชศาสตร์ มศว ประจำปีงบประมาณ 2555

คณะผู้จัดทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
เรื่อง การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรอง (Filter Integrity Testing) ขอขอบคุณคณะเภสัชศาสตร์ มศว มา ณ ที่นี้

Multimedia

e-Learning

ภาคผนวก ข
รายนามผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและด้านเทคโนโลยีการศึกษา

รายนามผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

1. ผศ.ดร.ศุจิมน ตันวิเชียร อาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. อ.ดร.ลลนา คงคาเนรมิตร อาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. อ.ดร.ดวงรัตน์ ชูวิสิฐกุล อาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

รายนามผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีการศึกษา

1. อ.ดร.กำพล วรดิษฐ์ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. อ.ธนู ทองนพคุณ อาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. นายปราโมทย์ พงศ์พิสุทธิโกศล เจ้าหน้าที่โสตทัศโนปกรณ์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ภาคผนวก ค

แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ด้านเนื้อหา)
เรื่อง การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรองปราศจากเชื้อ

คำชี้แจง แบบประเมินนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัย เรื่อง การประเมินประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรองปราศจากเชื้อ
โปรดแสดงความคิดเห็นของท่าน โดยทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องระดับความคิดเห็น

รายการประเมิน	ระดับความความคิดเห็น									
	ดีมาก		ดี		พอใช้		ควรปรับปรุง		ไม่เหมาะสม	
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
1. เนื้อหาบทเรียนครอบคลุมวัตถุประสงค์										
2. การแยกย่อยเนื้อหาเหมาะสมกับวัตถุประสงค์										
3. การจัดลำดับขั้นการนำเสนอเนื้อหา										
4. ความถูกต้องของเนื้อหา										
5. ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา										
6. เนื้อหาความเหมาะสมกับระดับความรู้ของผู้เรียน										
7. ปริมาณเนื้อหาเหมาะสม										
8. ความน่าสนใจของเนื้อหาบทเรียน										

ข้อเสนอแนะ :

.....

.....

.....

ลงชื่อ .....ผู้ประเมิน

วันที่...../...../.....

ภาคผนวก ง

แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ด้านเทคโนโลยีการศึกษา) เรื่อง การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรองปราศจากเชื้อ

คำชี้แจง แบบประเมินนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัย เรื่อง การประเมินประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรองปราศจากเชื้อ
โปรดแสดงความคิดเห็นของท่าน โดยทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องระดับความคิดเห็น

รายการประเมิน	ระดับความความคิดเห็น									
	ดีมาก		ดี		พอใช้		ควรปรับปรุง		ไม่เหมาะสม	
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
1. ภาพ										
1.1 ความตรงตามเนื้อหาของภาพที่นำเสนอ										
1.2 ขนาดภาพที่ใช้ประกอบบทเรียนเหมาะสม										
1.3 การสื่อความหมายของภาพประกอบบทเรียน										
1.4 ความชัดเจนของภาพในบทเรียน										
2.เสียง										
2.1 ความเหมาะสมของดนตรีที่ประกอบบทเรียน										
2.2 ความชัดเจนของเสียงประกอบบทเรียน										
2.3 ความถูกต้องของไวยากรณ์ในการให้คำอธิบาย										
3. ด้านการออกแบบจอภาพ										
3.1 แบบอักษรที่ใช้ในการนำเสนอเนื้อหาอ่านได้ชัดเจน										
3.2 ขนาดอักษรในการนำเสนอเนื้อหาเหมาะสม										
3.3 ความเหมาะสมของการเลือกใช้สีตัวอักษร										
3.4 ความชัดเจนของตัวอักษรบนพื้นหลังสีต่าง										
3.5 ความเหมาะสมของการเลือกใช้สีพื้นจอภาพ										
3.6 จังหวะการปรากฏตัวอักษรเพื่อนำเสนอ										

รายการประเมิน	ระดับความความคิดเห็น									
	ดีมาก		ดี		พอใช้		ควรปรับปรุง		ไม่เหมาะสม	
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
เนื้อหา										
3.7 การเน้นข้อความโดยใช้อักษรและสีเหมาะสม										
4. การจัดการในบทเรียน										
4.1 คำอธิบายในการปฏิบัติในบทเรียนชัดเจน										
4.2 ความต่อเนื่องในการนำเสนอเนื้อหา										
4.3 ความสะดวกในการใช้บทเรียน										
4.4 ความเหมาะสมกับวิธีโต้ตอบของบทเรียน										
4.5 ความสะดวกของการใช้งานหน้าเมนู										

ข้อเสนอแนะ :

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ .....ผู้ประเมิน

วันที่...../...../.....

ภาคผนวก จ

แบบทดสอบระหว่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
เรื่อง การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรองปราศจากเชื้อ

<u>คำสั่ง</u> ให้ทำเครื่องหมาย / หน้าข้อความที่คิดว่าถูก และ X หน้าข้อความที่คิดว่าผิด หลังจากศึกษาบทเรียนจบแต่ละตอน

ตอนที่ 1 Sterilization process, Sterilizing Grade Filter & Rationale

.....1. การเตรียมยาปราศจากเชื้อโดยกระบวนการปราศจากเชื้อมีความเสี่ยงต่ำกว่าการเตรียมโดยวิธีทำให้ปราศจากเชื้อในขั้นตอนสุดท้าย

.....2. แผ่นกรองเพื่อทำให้ปราศจากเชื้อ หมายถึงแผ่นกรองที่สามารถกรองเชื้อ *Psedomonas diminuta* ออกจากของเหลวได้ในจำนวนไม่น้อยกว่า 10^6 colony-forming unit ต่อพื้นที่ในการกรอง 1 ตารางเซ็นติเมตร

.....3. Sterilizing Grade Filter บางชนิดอาจมีขนาดรูเพียง 0.1 ไมครอน

.....4. Filter cartridge คือแผ่นกรองรูปทรงกระบอกที่เกิดจากการนำแผ่นกรองมาจีบทบไปมา

.....5. ใน USP 32 ระบุให้ตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรองทั้งก่อนกรองและหลังจากกรองเสร็จ

ตอนที่ 2 Filter integrity test: Bubble point test

.....1. Bubble point test อาศัยหลักการ capillary rise ซึ่งถือเป็นปรากฏการณ์แรงตึงผิว

.....2. แรงดันที่ใช้ดันของเหลวออกจากหลอด capillary มีค่าแปรตามเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอด

.....3. Bubble point pressure คือแรงดันที่ใช้ในการไล่ของเหลวออกจากรูพรุนที่มีขนาดใหญ่สุด

.....4. หากค่า bubble point ที่วัดได้ต่ำกว่าที่กำหนด แสดงว่าแผ่นกรองอาจเกิดการอุดตัน

.....5. ในการทดสอบ bubble point ต้องค่อยๆ เพิ่มแรงดันผ่านแผ่นกรองทีละน้อยและต่อเนื่อง ห้ามหยุดพัก

.....6. สายยางที่ใช้ในการทดสอบต้องยาวมากพอ เพื่อให้เห็นฟองอากาศได้ชัดเจน

.....7. ในการหาค่า minimum product bubble point ต้องคำนวณหาค่า correction factor ซึ่งโดยปกติมักมีค่ามากกว่า 1

.....8. การทดสอบ bubble point ก่อนการใช้งาน หากพบว่าค่าที่ได้ต่ำกว่าที่ผู้ผลิตแผ่นกรองกำหนดอาจเป็นไปได้ว่าแผ่นกรองยังเปียกไม่สมบูรณ์

.....9. Bubble point test เป็นวิธีเดียวที่สามารถใช้ทดสอบกับเครื่องกรองขนาดเล็กได้

.....10. กรณีแผ่นกรองที่มีขนาดรูพรุนที่เล็กมาก อาจไม่สามารถหาค่า bubble point ได้

ตอนที่ 3 Diffusion flow test, Pressure hold test, Water intrusion test & Test consideration

.....1. ตามหลักของ Fick's law ขนาดรูของแผ่นกรองไม่มีผลต่ออัตราการแพร่ผ่านของก๊าซ

.....2. Diffusive flow test อาศัยหลักการที่ว่าหากรูแผ่นกรองฉีกขาด อัตราการแพร่ของก๊าซจะลดลง

.....3. แรงดันที่ใช้ทดสอบ diffusive flow โดยปกติจะอยู่ที่ประมาณ 70% ของค่า bubble point

.....4. หากแผ่นกรองที่นำมาทดสอบ diffusive flow เปียกไม่สมบูรณ์ จะทำให้ค่าที่วัดได้ต่ำกว่าความเป็นจริง

.....5. วิธี diffusion flow test ไม่เหมาะจะใช้ทดสอบกับแผ่นกรองที่มีขนาดเล็ก

.....6. Diffusion flow test เป็นวิธีที่ไวต่ออุณหภูมิน้อยกว่า bubble point test

.....7. ในการทดสอบ pressure hold test หากความดันลดลงเร็วกว่าค่าที่กำหนด แสดงว่าแผ่นกรองอาจชำรุด

.....8. ข้อดีของการทดสอบ pressure hold test คือสามารถตรวจสอบการรั่วซึมของระบบได้

.....9. Water intrusion test เป็นวิธีทดสอบที่เหมาะกับแผ่นกรองที่เปียกน้ำยาก

.....10. หากใช้ผลิตภัณฑ์ในการทดสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรองก่อนการกรอง เมื่อทดสอบเสร็จแล้ว ต้องทิ้งผลิตภัณฑ์ส่วนนั้น

ภาคผนวก ฉ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแผ่นกรองปราศจากเชื้อ

<u>คำสั่ง</u> เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดจากคำถามต่อไปนี้ และทำเครื่องหมาย X บนตัวเลือกในกระดาษคำตอบ

<u>ตอนที่ 1</u> Sterilization process, Sterilizing Grade Filter & Rationale

1. Sterilizing grade filter หมายถึง
   - ก. แผ่นกรองที่ผ่านการทำให้ปราศจากเชื้อ
   - ข. แผ่นกรองที่สามารถกรองเชื้อ ***Pseudomonas diminuta*** ออกจากของเหลวได้ในจำนวนไม่น้อยกว่า 10^7 CFU ต่อพื้นที่การกรอง 1 cm^2
   - ค. แผ่นกรองที่สามารถกรองเชื้อ ***Pseudomonas aeruginosa*** ออกจากของเหลวได้ในจำนวนไม่น้อยกว่า 10^7 CFU ต่อพื้นที่การกรอง 1 cm^2
   - ง. แผ่นกรองที่สามารถกรองเชื้อ ***Pseudomonas aeruginosa*** ออกจากของเหลวได้ในจำนวนไม่น้อยกว่า 10^6 CFU ต่อพื้นที่การกรอง 1 cm^2
2. ข้อใด<u>ผิด</u>
   - ก. Sterilizing grade filter อาจทำจากวัสดุพวก polyamide
   - ข. Sterilizing grade filter มีขนาดรูพรุนเล็กกว่า 0.22 ไมครอน ลงมา
   - ค. Filter แบบ cartridge มีพื้นที่ในการกรองมากกว่าแบบ disc
   - ง. ใน PIC/S GMP ระบุให้มีการทำ filter integrity test แต่ USP ไม่ได้กล่าวถึง
3. วิธีทดสอบ filter integrity แบบใด ที่ PIC/S GMP ไม่ได้อ้างถึง
   - ก. Pressure hold test
   - ข. Bubble point test
   - ค. Water intrusion test
   - ง. Diffusion flow test

<u>ตอนที่ 2</u> Filter integrity test: Bubble point test

4. Bubble point test อาศัยหลักการใด
   - ก. Capillary rise
   - ข. Newton's law
   - ค. Stokes' law
   - ง. Fick's law of diffusion
5. ค่าใดที่<u>ไม่</u>ได้อยู่ใน bubble point equation
   - ก. แรงตึงผิวของของเหลว

ข. ขนาดรูพรุนของแผ่นกรอง
ค. มุมสัมผัสระหว่างของเหลวกับแผ่นกรอง
ง. แรงตึงระหว่างผิวของเหลวกับแผ่นกรอง

6. เกี่ยวกับ bubble point pressure ข้อใดผิด
ก. เมื่อเทียบระหว่างแผ่นกรองและของเหลวชนิดเดียวกัน แผ่นกรองที่มีขนาดรูใหญ่กว่า ค่า bubble point pressure จะต่ำกว่า
ข. Bubble point pressure เป็นแรงดันที่ใช้ไล่ของเหลวออกจากรูที่มีขนาดเล็กที่สุดของแผ่นกรอง
ค. Minimum bubble point เป็นค่าคงที่ซึ่งผู้ผลิตแผ่นกรองจะทำการทดสอบและกำหนดขึ้น เพื่อให้ผู้ใช้งานได้ทราบ
ง. หากมุมสัมผัสระหว่างแผ่นกรองกับของเหลวมีค่าลดลง bubble point pressure จะมีค่าสูงขึ้น

7. อุปกรณ์ใดที่ไม่ได้เป็นส่วนประกอบในการทดสอบ manual bubble point
ก. Compressed air
ข. Pressure gauge
ค. Silicone tube
ง. Burette

8. เกี่ยวกับการวัดค่า bubble point pressure ข้อใดผิด
ก. เมื่อถึง bubble point อากาศที่ไหลผ่านแผ่นกรองจัดเป็น diffusive airflow
ข. ก่อนเริ่มทดสอบควรชะล้างแผ่นกรองให้สะอาดก่อน
ค. ระหว่างทดสอบ ควรเพิ่มแรงดันอากาศทีละน้อย และหยุดพักเป็นระยะ
ง. หากแผ่นกรองฉีกขาด ค่าที่วัดได้จะต่ำลง

9. ในการทดสอบหาค่า minimum product bubble point จะต้องหาค่า correction factor ก่อน ซึ่งคำนวณได้จากค่า
ก. Average water bubble point คูณด้วย average product bubble point
ข. Average water bubble point หารด้วย average product bubble point
ค. Average product bubble point คูณด้วย average water bubble point
ง. Average product bubble point หารด้วย average water bubble point

10. ในการทดสอบหาค่า minimum product bubble point หากค่า correction factor ที่คำนวณได้เท่ากับ 0.8 และค่า minimum bubble point ที่ผู้ผลิตแผ่นกรองกำหนดเท่ากับ 40 psi ค่า minimum product bubble point ที่ใช้ในการอ้างอิงจะเท่ากับ
ก. 50 psi
ข. 500 psi
ค. 32 psi
ง. 320 psi

11. เกี่ยวกับข้อดีของ bubble point test ข้อใดผิด
ก. สัมพันธ์กับขนาดรูของแผ่นกรองโดยตรง
ข. เหมาะกับการทดสอบกับแผ่นกรองทุกขนาด
ค. ใช้เวลาทดสอบสั้น

ง. สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า bubble point กับ bacterial challenge ได้ง่าย

ตอนที่ 3 Diffusion flow test, Pressure hold test, Water intrusion test & Test consideration

12. Diffusion flow test อาศัยหลักการใด
    ก. Capillary rise
    ข. Interfacial phenomenon
    ค. Stokes' law
    ง. Fick's law of diffusion
13. ค่าใดที่ไม่ได้อยู่ในสมการที่ใช้หา diffusive airflow
    ก. สัมประสิทธิ์การแพร่ของก๊าซ
    ข. ความหนาของแผ่นกรอง
    ค. ขนาดรูของแผ่นกรอง
    ง. Differential pressure ระหว่างสองด้านของแผ่นกรอง
14. ความดันที่ใช้ในการทดสอบ diffusive airflow โดยปกติจะอยู่ที่กี่เปอร์เซ็นต์ของค่า bubble point
    ก. 90%
    ข. 70%
    ค. 80%
    ง. 90%
15. อุปกรณ์ใดที่ไม่ได้เป็นส่วนประกอบในการทดสอบ manual diffusion airflow
    ก. Compressed air
    ข. Pressure gauge
    ค. Burette
    ง. Beaker บรรจุน้ำ
16. เกี่ยวกับการทดสอบ diffusion airflow ข้อใดผิด
    ก. ไม่เหมาะกับแผ่นกรองที่มีขนาดใหญ่
    ข. หากแผ่นกรองเปียกไม่สมบูรณ์ ค่าที่วัดได้จะสูงกว่าความเป็นจริง
    ค. การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมีผลต่อค่าที่วัดได้อย่างมาก
    ง. เหมาะกับแผ่นกรองที่มีขนาดรูเล็กมาก
17. Pressure hold test มีหลักการทดสอบเหมือนกับวิธีใด
    ก. Bubble point test
    ข. Diffusion airflow test
    ค. Water intrusion test
    ง. ไม่มีข้อใดถูก
18. เกี่ยวกับ pressure hold test ข้อใดผิด
    ก. อาจเรียกอีกอย่างว่า pressure decay test
    ข. ในการทดสอบ ไม่จำเป็นต้องต่อท่อหรือสายยางออกจากแผ่นกรอง

ค. หากแผ่นกรองชำรุด ค่า pressure drop จะต่ำกว่าค่าที่ผู้ผลิตแผ่นกรองกำหนด
ง. ข้อดีของวิธีนี้คือสามารถตรวจสอบการรั่วซึมของระบบและอุปกรณ์ได้

19. เกี่ยวกับ water intrusion test ข้อใดผิด
ก. ใช้ทดสอบกับแผ่นกรองที่เปียกน้ำยาก
ข. มักใช้ทดสอบกับแผ่นกรองอากาศ
ค. Water penetration pressure ไม่ขึ้นกับขนาดรูของแผ่นกรอง
ง. Water penetration pressure ไม่ขึ้นกับความหนาของแผ่นกรอง

20. เกี่ยวกับ filter integrity test ข้อใดผิด
ก. ควรทำทั้งก่อนและหลังการกรอง
ข. ควรทำการทดสอบก่อนที่จะนำแผ่นกรองไปทำให้ปราศจากเชื้อด้วย autoclave
ค. การทดสอบก่อนการกรอง สามารถทดสอบกับผลิตภัณฑ์ได้โดยตรง
ง. ในกรณีที่มีการกรองสองครั้ง หลังกรองเสร็จ หากแผ่นกรองตัวแรกทดสอบผ่าน ไม่จำเป็นต้องทดสอบแผ่นกรองตัวที่สอง

ภาคผนวก ช

รายชื่อนิสิตกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

รายชื่อนิสิตที่ศึกษาบทเรียนในการทดลองครั้งที่ 1

1. น.ส.ธรณ์ธันย์ นพเก้ารัตนมณี
2. น.ส.เขมจิรา มูลศิลป์
3. น.ส.ศิริพักตร์ ตรรกนันท์

รายชื่อนิสิตที่ศึกษาบทเรียนในการทดลองครั้งที่ 2

1. น.ส.กานต์ธีรา ธุถาวร
2. นายชัชวาลย์ ธนกิจเจริญพัฒน์
3. น.ส.ณัฐทินี สุขโข
4. น.ส.ธนัชชา สหสุนทร
5. นายปวิณ เสน่ห์กลศาสตร์
6. น.ส.กนกรัตน์ คงทิพย์
7. น.ส.กมลวรรณ กัสยากร
8. นายกิตติพงศ์ หงษ์กา
9. นายกิติศักดิ์ ไกรสัย
10. น.ส.เกตน์สิรี วังอนุสรณ์
11. น.ส.เกศินี ทรัพย์ถิระ
12. น.ส.จิตเกษม วัฒนวิเชียร
13. น.ส.จิตรลดา นุ่มเจริญ
14. นายจิรวัฒน์ ทฤษฎีรักษ์
15. น.ส.เจนจิรา อังศุสิงห์
16. นายชฤต รุธีรยุทธ
17. น.ส.ญาณิศา เพ็งอร่าม
18. นายณัฐพล คงถาวร
19. น.ส.ณัฐพิมพ์ สงวนศักดิ์
20. น.ส.ทิวาพร รอดทิม

21. นายทีปพิพัฒน์ วงศ์สุวรรณพร

22. นายธนชิต ไลไธสง

23. น.ส.ธัญวรัตม์ พาทีทิน

24. น.ส.พรพิรุณ ดีสวัสดิ์

25. น.ส.พิชญานิล ชาธรรมา

26. น.ส.เพชรลดา จันทร์ชำนาญ

27. น.ส.ภณิดา ปุณณภุม

28. น.ส.ภัทรภร สุวัฒนสุข

29. น.ส.ลลิตา ผึ้งด้วง

30. น.ส.วชิรพร จวงจันทร์

31. น.ส.วทันยา วรรธนะเอมอร

32. น.ส.วรพรรณ หมดภัย

33. น.ส.วรัญญา รักขิตะวัฒนา

34. น.ส.วัลลภา มาลัย

35. น.ส.ศศลักษณ์ อุบลวิโรจน์

36. น.ส.ศันสนีย์ ฮะสูน

37. น.ส.ศิรดา กังวานสุรไกร

38. น.ส.ศิรประภา สุทธิพรหมพันธุ์

39. น.ส.สินีนาถ ศรีสัตตรัตน์

40. น.ส.สิริเพ็ญ เกรียงไกรลิปิกร

41. นายสุวิทย์ ชื่นมนัส

42. น.ส.สุวิมล ลิมประภาส

43. น.ส.โสมศจี เอกมรกต

44. นายอนุกูล ชื่นอารมย์

45. น.ส.อรพรรณ เหลืองอร่าม

46. น.ส.อัญชนา วิรุฬห์ชัยโชติ

47. น.ส.กมลภัทร์ วงศ์ทวีปกิจ

48. น.ส.กัลยรัตน์ สุสัณฐิตพงษ์

49. น.ส.กาญจนา มิ่งมิตรไทยกูล

50. น.ส.ชญานิศ บุญนาศักดิ์

51. น.ส.ชุติกาญจน์ โชติสิงห์

52. น.ส.ธนพร เอกกาญจนกร

53. นายธนากร ดุลนีย์

54. น.ส.ธิติภา ล้อพงค์พานิชย์

55. น.ส.นิษฐ์วดี เกษมวริศพงศ์

56. น.ส.นุชศรา จองวิจิตรกุล

57. น.ส.ประภาพร ชาญฐิติเวช

58. น.ส.ปาริฉัตร ชินธนานนท์

59. น.ส.ปุณยวีร์ วิเศษขจี

60. นายภุชชงค์ เพ็ชรขัน

61. น.ส.เมธินี ประสานดี

62. น.ส.ลิลลี่ วาระเสน

63. น.ส.วรัญญา โชตินิสากรณ์

64. น.ส.สุพิชา อินทรชุมนุม

65. น.ส.สุภัสสรา กี่เจริญ

66. น.ส.หัสตกานต์ รักอิสระ

67. นายอนุชา นาทอง

68. น.ส.อัญชลี ชัยชีวชื่น