ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

นางสาวกษมาภรณ์ ผาสุข

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Innovative Product of UV Germicidal Irradiation Lamp Indicators

Miss Kasamaporn Phasuk

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Technopreneurship and Innovation Management

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค
โดย	นางสาวกษมาภรณ์ ผาสุข
สาขาวิชา	ธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.มงคล สุขวัฒนาสินิทธิ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.อัจฉรา จันทร์ฉาย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงศ์พันธ์ อนันต์วรณิชย์)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. มงคล สุขวัฒนาสินิทธิ์)

……อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร. อัจฉรา จันทร์ฉาย)

……กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ต้นพงศ์ แก้วคงคา)

……กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. กมลวรรณ ธรรมเจริญ)

กษมาภรณ์ ผาสุข : ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค. (Innovative Product of UV Germicidal Irradiation Lamp Indicators) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร.มงคล สุขวัฒนาสินิทธิ์, อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : ศ.กิตติคุณ ดร.อัจฉรา จันทร์ฉาย, 139 หน้า.

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค และศึกษาความเป็นไปได้ทางการตลาดของผลิตภัณฑ์ โดยแบ่งออกเป็นสามขั้นตอน คือ 1) การวิจัยทางการตลาดก่อนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ 2) การพัฒนาและสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์ และ 3) การวิจัยหลังการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ในส่วนแรกคือการวิจัยทางการตลาดเป็นการศึกษาปัญหาและความต้องการของกลุ่มลูกค้าเป้าหมาย เพื่อนำมาสร้างแนวคิดผลิตภัณฑ์ต้นแบบ โดยการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก กลุ่มผู้ใช้งานหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคเพื่อฆ่าเชื้อโรคบนพื้นผิวของวัตถุจำนวน 8 คน จากการสัมภาษณ์พบว่าผู้ใช้งานโดยส่วนใหญ่ไม่ทราบถึงประสิทธิภาพของหลอดที่ใช้งานอยู่ และมีความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ซึ่งสามารถใช้งานง่ายและราคาไม่แพงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าบริการจากบริษัทที่รับตรวจสอบ ในส่วนที่สอง ได้นำผลจากการสัมภาษณ์มาออกแบบและทำอินดิเคเตอร์ต้นแบบ โดยใช้สารในกลุ่มไดอะเซทีลีนชนิดที่เปลี่ยนสีแบบไม่เปลี่ยนกลับ หลังจากทำการทดลองหลายครั้ง พบว่า เทคนิคการจุ่มย้อมเป็นเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับการนำสารไดอะเซทิลีนลงบนพื้นผิวกระดาษ และเมื่อนำตัวอย่างต้นแบบผลิตภัณฑ์ไปทดสอบกับหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคในห้องปฏิบัติการและสถานที่ใช้งานจริง ผลการศึกษาพบว่า อินดิเคเตอร์สามารถเปลี่ยนสีได้หลายสี ตามความเข้มแสงของรังสียูวี C จากสีขาวเป็นสีน้ำเงิน ม่วง และแดง ที่สัมพันธ์กับปริมาณพลังงานรังสียูวีที่ได้รับในช่วง 0-1 J/cm^2 ซึ่งสอดคล้องกับระดับพลังงานรังสียูวีที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรค ในส่วนที่สาม เป็นการวิจัยเชิงปริมาณในการสำรวจตลาดในกลุ่มผู้ใช้งานจำนวน 30 คน โดยใช้แบบสอบถามเพื่อทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ จากการศึกษาพบว่า มีระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับการออกแบบผลิตภัณฑ์และการใช้งานสูง มีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.20 $\pm$ .498 (คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้เท่ากับ 5.0) และพบว่าประมาณร้อยละ 77 ของผู้ตอบแบบสอมถามสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ในราคา 150 บาท ต่อกล่อง ซึ่งมีอินดิเคเตอร์จำนวน 5 ชิ้น

สาขาวิชา ธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม ลายมือชื่อนิสิต .....

ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา 2553 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

5187339720 : MAJOR TECHNOPRENEURSHIP AND INNOVATION MANAGEMENT
KEYWORDS : UV radiation / Indicator / germicide / Innovation

KASAMAPORN PHASUK : INNOVATIVE PRODUCT OF UV GERMICIDAL IRRADIATION LAMP INDICATORS. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. MONGKOL SUKWATTANASINITT, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR : PROF. EMERITUS ACHARA CHANDRACHAI, Ph.D., 139 pp.

This thesis aims to develop a prototype of UV indicator useful for efficiency evaluation of UV germicidal lamp and market feasibility study of this product. The research can be divided is into 3 steps: 1) pre-inventive marketing research 2) inventing and creating of the product prototype and 3) post-inventive marketing research. The first one is the marketing research studying the problems and needs of targeting consumers to obtain designing concept for the product prototype. The target customers of 8 persons who have experience in utilization of UV germicidal lamps are interviewed in depth. The information obtained from the interviews indicate that almost all users do not know the efficiency of their lamps and they are interested in purchasing a UV indicator provided that it is easy to use and inexpensive comparing to the service cost charged by an inspection company. Based on the interviewing results, the second part involves the design and preparation of the indicator prototypes from irreversible photochromic polydiacetylene material. After several experimental trials, the dip-coating technique is identified as an appropriate technique for fabrication of polydiacetylene on paper substrates. The prototype samples are tested with UV germicidal lamps in the laboratory and real working places. The results show multiple color changes upon exposure to UVC radiation from white to blue, violet and red in relation to the UV dosage of 0-1J/cm^2 corresponding well with the germicidal range. The third part of this research is a quantitative market survey of 30 potential customers using questionnaires to test the acceptance of the invented products. The questionnaire results turn in a high satisfaction score with an average of 4.20 $\pm$ .498 (the highest score possible is 5.0) in the product design and function. About 77 % of the respondents also show interests in purchasing the products at a set price of 150 bahts per a package of 5 indicators.

Field of Study : Technopreneurship and Innovation Management Student's Signature .....
Advisor's Signature .....
Academic Year : 2010 Co-Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยได้รับความช่วยเหลือจาก รองศาสตราจารย์ ดร. มงคล สุขวัฒนาสินิทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์, ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร. อัจฉรา จันทร์ฉาย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รวมทั้งประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงศ์พันธ์ อนันต์วรณิชย์ และคณะกรรมการทุกท่านซึ่งได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ต้นพงศ์ แก้วคงคา และ ดร. กมลวรรณ ธรรมเจริญ ซึ่งได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ตลอดจนความช่วยเหลือต่างๆในงานวิจัย จนวิทยานิพนธ์สำเร็จเรียบร้อย

ขอขอบคุณศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) สำหรับทุนวิจัย นายชัยวัฒน์ ผลลูกอินทร์ สำหรับสารไดอะเซทิลีนและแผ่นทดสอบ และขอบคุณผศ.ดร.อรวรรณ สัตยาลัยที่อนุญาตให้ใช้ตู้ปลอดเชื้อในการเก็บข้อมูลการวิจัย

ท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องตลอดจนเพื่อนๆทุกคน ซึ่งคอยสนับสนุนและเป็นกำลังใจเสมอมา ประโยชน์ใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน ซึ่งมีส่วนช่วยเหลือให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลงด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฎ
สารบัญภาพ ..... ฑ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับนวัตกรรม 3
2.1.1 นิยามและคำจำกัดความ 3
2.1.2 แหล่งที่มาของนวัตกรรม (Source of innovation) 4
2.1.3 ประเภทของนวัตกรรม (Types of Innovation) 5
2.1.4 มิติของนวัตกรรม 6
2.2 แนวความคิดในการกำหนดขั้นตอนในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ 7
2.2.1 แนวความคิดของ Ulrich และ Eppinger 7
2.2.2 แนวความคิดของคูเปอร์ 8
2.2.3 แนวความคิดของ ครอว์ฟอร์ดและได เบเนเดตโท 10
2.3 การฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค (UV Germicidal Irradiation, UVGI) 12
2.3.1 คุณสมบัติของรังสีอัลตราไวโอเลต 12
2.3.2 คุณสมบัติของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค 13
2.3.3 ประเภทของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค 15
2.3.4 การประยุกต์การใช้งานของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค 16

หน้า

2.4 การทดสอบประสิทธิภาพของหลอดไฟรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค 19
2.4.1 วิธีทดสอบประสิทธิภาพของหลอดไฟรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค 19
2.4.2 วิธีทดสอบประสิทธิภาพระบบการฆ่าเชื้อโรคฆ่าเชื้อโรคในอากาศ 20
2.4.3 ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค 23
2.5 การใช้สารเปลี่ยนสีในการทดสอบประสิทธิภาพหลอดไฟฆ่าเชื้อโรค
และงานวิจัยที่ เกี่ยวข้อง 27
2.6 กระบวนการทางด้านการพิมพ์ 30
2.6.1 กระบวนการทางด้านการพิมพ์ 30
2.6.2 หมึกพิมพ์ 35
2.7 การยอมรับผลิตภัณฑ์ 36
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 38
3.1 การศึกษาแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค 39
3.1.1 ศึกษาแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางด้านเทคโนโลยีและการตลาดการ
สำรวจโอกาสของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ 39
3.1.2 สร้างแนวคิดผลิตภัณฑ์ชุดทดสอบประสิทธิภาพหลอดไฟฆ่าเชื้อโรค 39
3.1.3 การประเมินแนวความคิดผลิตภัณฑ์ 40
3.2 การศึกษาทางด้านเทคนิคในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ 41
3.2.1 การวัดความเข้มแสงหลอดรังสียูวีในตู้ปลอดเชื้อ และการทดสอบการเปลี่ยน
สีของสารกลุ่มไดอะเซทีลีนจากเทคนิคการพิมพ์สกรีน 41
3.2.2 การศึกษาส่วนผสมของหมึกพิมพ์และเทคนิคการพิมพ์ที่ควรใช้ในการพัฒนา
ผลิตภัณฑ์ 41
3.2.3 การทำผลิตภัณฑ์ต้นแบบ 42
3.2.4 การทดสอบประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสี
ยูวีฆ่าเชื้อโรค 42
3.3 การศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ 43
3.3.1 กลุ่มตัวอย่าง 43
3.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 43
3.3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล 44
3.3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (Instrument design) 44

หน้า

3.3.5 การทดสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 46
3.3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล 47
บทที่ 4 ผลการวิจัย 49
4.1 การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ 49
4.1.1 การศึกษาข้อมูลผู้บริโภค 49
4.1.2 การสร้างแนวความคิดของผลิตภัณฑ์ 51
4.1.3 การประเมินแนวคิดผลิตภัณฑ์ 54
4.1.4 การทดสอบแนวคิดของผลิตภัณฑ์ (Concept Testing) 55
4.1.5 การกำหนดคุณสมบัติสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ (Set Final Specification) 61
4.2 การทำผลิตภัณฑ์ต้นแบบ 62
4.2.1 การวัดความเข้มแสงหลอดรังสียูวีในตู้ปลอดเชื้อ และการทดสอบการเปลี่ยนสี ของสารกลุ่มไดอะเซทีลีนจากเทคนิคการพิมพ์สกรีน 62
4.2.2 การทดสอบการเปลี่ยนสีของสารกลุ่มไดอะเซทีลีนด้วยแผ่นอินดิเคเตอร์ที่มีอยู่เดิม 65
4.2.3 การศึกษาส่วนผสมของหมึกพิมพ์และเทคนิคการพิมพ์ที่ควรใช้ในการพัฒนา ผลิตภัณฑ์ 65
4.2.4 การออกแบบผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ 71
4.2.5 การขึ้นต้นแบบและทดสอบประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัด ประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค 73
4.3 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค 78
4.3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง 79
4.3.2 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพ หลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค 82
4.3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลตามสมมติฐาน 87
บทที่ 5 การศึกษาความเป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์ในเชิงธุรกิจ 91
5.1 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการตลาด 91
5.1.1 สภาวะอุตสาหกรรมและแนวโน้มทางตลาด 91
5.1.2 ตลาดเป้าหมาย (Target Market) 94
5.1.3 การวิเคราะห์สภาพการแข่งขัน (Five Forces Analysis) 95
5.1.4 การวิเคราะห์ปัจจัยของธุรกิจ 97

หน้า

5.1.5 กลยุทธ์ทางการตลาด (Marketing Strategy) 98
5.2 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค 104
5.2.1 การลงทุน 105
5.2.2 สถานที่ตั้งสำนักงาน 105
5.2.3 กระบวนการผลิต 106
5.3 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านบริหาร 107
5.3.1 โครงสร้างองค์กร และทีมผู้บริหาร 107
5.3.2 หน้าที่และความรับผิดชอบ 108
5.4 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการเงิน 109
5.4.1 สมมติฐานที่ใช้ในการจัดทำแผนการเงิน 109
5.4.2 แผนฉุกเฉินหรือแผนประเมินความเสี่ยง 114
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 118
6.1 สรุปผลการวิจัย 118
6.1.1 การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ 118
6.1.2 การทำผลิตภัณฑ์ต้นแบบ 118
6.1.3 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค 118
6.2 ข้อเสนอแนะ 120
รายการอ้างอิง 122
ภาคผนวก 126
ภาคผนวก ก. 127
แบบฟอร์มการสัมภาษณ์เพื่อสอบถามข้อมูลของผู้บริโภคในการใช้งานหลอดไฟฆ่าเชื้อโรค (UV Germicidal Irradiation Lamp) 128
ภาคผนวก ข. 130
แบบสอบถามเพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อ ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค 131
ภาคผนวก ค. 134
แบบสอบถามเพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้บริโภคในการใช้ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค 135
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 139

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 ตารางแสดงการเปรียบเทียบขั้นตอนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของแต่ละแนวคิด11
ตารางที่ 2-2 แสดงการประยุกต์ใช้และชนิดของระบบ UVGI..... 18
ตารางที่ 2-3 อัตราค่าคงที่ของรังสียูวี (k) ของตัวแทนจุลินทรีย์บางชนิด..... 20
ตารางที่ 2-4 แสดงปริมาณความเข้มของรังสียูวี ($\mu W/cm^2$) ที่จำเป็นในการฆ่าเชื้อโรค..... 21
ตารางที่ 2-5 แสดงการเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของผลิตภัณฑ์ทดสอบรังสีอัลตราไวโอเลต 26
ตารางที่ 3-1 แสดงรายละเอียดการเลือกตัวอย่างวิธีกำหนดโควต้าแต่ละกลุ่ม..... 39
ตารางที่ 3-2 แสดงรายละเอียดการเลือกตัวอย่างวิธีกำหนดโควต้าแต่ละกลุ่ม..... 40
ตารางที่ 3-3 การเตรียมสีในแต่ละประเภทการพิมพ์..... 42
ตารางที่ 3-4 แสดงค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม..... 46
ตารางที่ 4-1 การระบุความปัญหาและความต้องการของลูกค้า 50
ตารางที่ 4-2 การจัดกลุ่มความต้องการของลูกค้า 51
ตารางที่ 4-3 ตารางการให้คะแนนของผู้วิจัยในการประเมินแบบ
ผลิตภัณฑ์โดยวิธีการให้คะแนน (The Scoring Model) อย่างง่าย..... 54
ตารางที่ 4-4 แสดงข้อมูลร้อยละจำแนกตามลักษณะทางประชากร
และข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับบริษัท..... 56
ตารางที่ 4-5 แสดงข้อมูลร้อยละจำแนกตามข้อมูลพฤติกรรมและ
ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อ..... 59
ตารางที่ 4-6 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับเพศของกลุ่มตัวอย่าง..... 79
ตารางที่ 4-7 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับอายุ..... 79
ตารางที่ 4-8 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับระดับการศึกษา..... 79
ตารางที่ 4-9 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับหน่วยงานที่รับผิดชอบ 80
ตารางที่ 4-10 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับประเภทธุรกิจหรืออุตสาหกรรม..... 80
ตารางที่ 4-11 จำนวนการติดตั้งหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค 81
ตารางที่ 4-12 จำนวนการใช้งานหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคโดยเฉลี่ยต่อวัน..... 81
ตารางที่ 4-13 ความถี่ในการตรวจวัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค..... 81
ตารางที่ 4-14 ความสนใจใช้ในผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค 82

หน้า

ตารางที่ 4-15 ประสบการณ์ในการใช้ผลิตภัณฑ์ชุดทดสอบหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค 82
ตารางที่ 4-16 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์ชี้วัด
ประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคมีประโยชน์ในการใช้งาน..... 83
ตารางที่ 4-17 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการรับรู้ผลิตภัณฑ์ชี้วัด
ประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคง่ายต่อการใช้งาน..... 84
ตารางที่ 4-18 ทัศนคติต่อการใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค 84
ตารางที่ 4-19 ความไว้วางใจต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค 85
ตารางที่ 4-20 ความตั้งใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค 85
ตารางที่ 4-21 ความสนใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค..... 86
ตารางที่ 4-22 ปัจจัยที่ใช้พิจารณาในการเลือกซื้อ/ใช้ ผลิตภัณฑ์ชี้วัด
ประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค..... 86
ตารางที่ 4-23 ระยะเวลาที่วางแผนจะใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพ
หลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคในอนาคต 87
ตารางที่ 4-24 ความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์นชี้วัดประสิทธิภาพ
หลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคมีประโยชน์ มีความสัมพันธ์ต่อทัศนคติ
ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค..... 87
ตารางที่ 4-25 ความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพ
หลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคง่ายต่อการใช้งาน มีความสัมพันธ์ต่อ
ทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค..... 88
ตารางที่ 4-26 ความสัมพันธ์ระหว่างทัศนคติต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพ
หลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค มีความสัมพันธ์ต่อความตั้งใจในการใช้
ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค..... 89
ตารางที่ 4-27 ความสัมพันธ์องค์ประกอบด้านคุณลักษณะด้านประเภทธุรกิจ มีผลกระทบ
ต่อความตั้งใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค..... 89
ตารางที่ 5-1 แสดงจำนวนสถานประกอบการ จำแนกตามรูปแบบการจัดตั้งตามกฎหมาย
และประเภทอุตสาหกรรม ปี 2550..... 92
ตารางที่ 5-2 แสดงค่าใช้จ่ายทางด้านการส่งเสริมการตลาด..... 104
ตารางที่ 5-3 แสดงค่าใช้จ่ายทางด้านบุคลากร..... 108
ตารางที่ 5-4 แสดงรายการทรัพย์สินถาวรเบื้องต้นและค่าเสื่อมราคา..... 110

หน้า

ตารางที่ 5-5 แสดงรายการค่าใช้จ่ายก่อนดำเนินการตัดจ่าย 110
ตารางที่ 5-6 รายการค่าใช้จ่ายของต้นทุนวัตถุดิบและบรรจุภัณฑ์ในปีแรก 111
ตารางที่ 5-7 แสดงสมมติฐานการประมาณการต้นทุนขาย 112
ตารางที่ 5-8 ยอดประมาณการยอดขายในปีแรก 113
ตารางที่ 5-9 แสดงการประมาณการเติบโตของยอดขาย 113
ตารางที่ 5-10 แสดงการประมาณการกำไรขาดทุน 114
ตารางที่ 5-11 แสดงการประมาณจุดคุ้มทุน(Break Even Point) 115
ตารางที่ 5-12 อัตราผลตอบแทนและมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 116

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2-1 มิติของนวัตกรรม 6
ภาพที่ 2-2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่แบบ Front-End Process 7
ภาพที่ 2-3 แผนภาพแสดงกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (NPD Process) 9
ภาพที่ 2-4 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ตามความคิดของครอว์ฟอร์ดและได เบเนเดตโท . 10
ภาพที่ 2-5 แสดง Spectrum of electromagnetic radiation 13
ภาพที่ 2-6 ภาพแสดงช่วงความยาวคลื่นของ UVGI Lamp 14
ภาพที่ 2-7 ภาพแสดงหลอดไฟอัลตราไวโอเลตชนิดต่างๆ 15
ภาพที่ 2-8 ภาพแสดงค่าโดยประมาณของการติดตั้งระบบการฆ่าเชื้อโรคในอากาศ 17
ภาพที่ 2-9 ภาพแสดงส่วนแบ่งตลาดโดยประมาณแบ่งตามประเภทของระบบ UVGI 17
ภาพที่ 2-10 แสดงการจัดเตรียมอุปกรณ์การทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโรค 23
ภาพที่ 2-11 ภาพแสดงผลิตภัณฑ์ทดสอบหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค 24
ภาพที่ 2-12 ภาพแสดงผลิตภัณฑ์ทดสอบหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค 24
ภาพที่ 2-13 ภาพแสดงผลิตภัณฑ์เครื่องวัดแสงยูวี (IL-1400 RADIOMETERS) 24
ภาพที่ 2-14 ผลิตภัณฑ์การ์ดทดสอบปริมาณการดูดซับรังสี (Wallet Card Dosimeters) 25
ภาพที่ 2-15 ภาพแสดงผลิตภัณฑ์การ์ดทดสอบปริมาณการดูดซับรังสี SIRAD 25
ภาพที่ 2-16 ภาพแสดงผลิตภัณฑ์ฉลากทดสอบความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเลต 26
ภาพที่ 2-17 แสดงปฏิกิริยาโฟโตพอลิเมอไรเซชันของไดอะเซทิลีนมอนอเมอร์ 28
ภาพที่ 2-18 ภาพถ่ายการเปลี่ยนสีของ BV^{2}+/PVA ฟิล์ม เมื่อได้รับการฉายรังสีด้วยแสง UVB 29
ภาพที่ 2-19 ภาพถ่ายการเปลี่ยนแปลงสีของฟิล์มไดอะเซทิลีน จากการฉายรังสียูวี 30
ภาพที่ 2-20 ภาพระบบการพิมพ์แบบออฟเซต 31
ภาพที่ 2-21 แท่นพิมพ์ระบบเลตเตอร์เพรส 3 แบบ 32
ภาพที่ 2-22 ภาพการพิมพ์ระบบกราวัวร์ 33
ภาพที่ 2-23 ภาพการพิมพ์ระบบสกรีน 33
ภาพที่ 2-24 ภาพแสดงโมเดลการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) 37
ภาพที่ 3-1 แสดงขั้นตอนการทำวิจัย 38
ภาพที่ 3-2 กรอบแนวคิดการศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ 43
ภาพที่ 4-1 แนวคิดผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค แบบที่ 1 52

หน้า

ภาพที่ 4-2 แนวคิดผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค แบบที่ 2 53
ภาพที่ 4-3 แนวคิดผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค แบบที่ 3 53
ภาพที่ 4-4 แนวคิดผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดไฟฆ่าเชื้อโรค แบบที่ 4 54
ภาพที่ 4-5 แสดงการกำหนดคุณสมบัติสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ 62
ภาพที่ 4-7 ค่าความเข้มแสง(μW/cm^2) ที่วัดได้ ณ จุดต่างๆ ในตู้ที่มีหลอดไฟใช้งานมา 20 ปี (ก)
ตู้ที่มีหลอดไฟใช้งานมา 10 ปี (ข) และหลังจากการเปลี่ยนหลอดไฟ (ค) 64
ภาพที่ 4-8 แสดงการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ ที่ค่าความเข้มแสง (μW/cm^2)
และระยะเวลาที่แตกต่างกัน 65
ภาพที่ 4-9 ผลการทดสอบการเปลี่ยนสีการพิมพ์เลตเตอร์เพลสในกระดาษแต่ละประเภท 67
ภาพที่ 4-10 ผลการทดสอบการเปลี่ยนสีระบบการพิมพ์สกรีนกึ่งอัตโนมัติใน
กระดาษแต่ละประเภท 68
ภาพที่ 4-11 แสดงขั้นตอนการเตรียมอินดิเคเตอร์จากสารกลุ่มไดอะเซทิลีน 68
ภาพที่ 4-12 รูปผลการทดสอบการพิมพ์ซิลค์สกรีนในกระดาษแต่ละประเภท 69
ภาพที่ 4-13 แสดงการเปลี่ยนสีในตัวทำละลายประเภทต่างๆ เมื่อฉายด้วย
หลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคที่ค่าความเข้มแสง 900 μW/cm^2 70
ภาพที่ 4-14 แสดงการเปลี่ยนสีใน เตดตระไฮโดรฟูแรน (Tetrahydrofuran)
เมื่อฉายด้วยหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคที่ค่าความเข้มแสง 900 μW/cm^2 71
ภาพที่ 4-15 แสดงภาพแผ่นทดสอบและตำแหน่งแสดงผลการตรวจวัด 71
ภาพที่ 4-16 แสดงภาพซองบรรจุภัณฑ์ด้านใน 72
ภาพที่ 4-17 แสดงภาพกล่องบรรจุภัณฑ์ด้านหน้า 72
ภาพที่ 4-18 แสดงภาพกล่องบรรจุภัณฑ์ด้านหลัง 73
ภาพที่ 4-19 แถบสีวัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค 74
ภาพที่ 4-20 แสดงภาพการทดสอบการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ 75
ภาพที่ 4-21 แสดงภาพของตู้ปลอดเชื้อ และตำแหน่งทดสอบผลิตภัณฑ์บนพื้นตู้ 75
ภาพที่ 4-22 แสดงการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ และความเข้มแสง (μW/cm^2)
ของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคในตู้ปลอดเชื้อที่มีการติดตั้งหลอดบริเวณหน้าตู้ที่ 1 76
ภาพที่ 4-23 แสดงการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ และความเข้มแสง (μW/cm^2)
ของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคในตู้ปลอดเชื้อที่มีการติดตั้งหลอดบริเวณหน้าตู้ที่ 2 77

หน้า

ภาพที่ 4-24 แสดงการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ และความเข้มแสง (μW/cm^2)
ของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคในตู้ปลอดเชื้อที่มีการติดตั้งหลอดบริเวณหลังตู้..... 78
ภาพที่ 5-1 แสดงจำนวนโรงพยาบาลและสถานพยาบาลเอกชน ปี 2534-2549..... 93
ภาพที่ 5-2 กราฟแสดงแนวโน้มมูลค่านำเข้าหลอดอัลตราไวโอเลต ปีพ.ศ. 2544-2549..... 93
ภาพที่ 5-3 กราฟแสดงแนวโน้มมูลค่านำเข้าอุปกรณ์ที่ใช้วัดรังสีทางแสง ปีพ.ศ. 2544-2549..... 93
ภาพที่ 5-4 แบบจำลองการวิเคราะห์สภาวะการแข่งขันของอุตสาหกรรม..... 95
ภาพที่ 5-5 ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค..... 99
ภาพที่ 5-6 แสดงแผ่นทดสอบชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค..... 100
ภาพที่ 5-7 แสดงการอ่านผลการทดสอบประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค..... 100
ภาพที่ 5-8 แสดงตราสินค้าของผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค..... 102
ภาพที่ 5-9 แสดงแผนผังโรงงานและสำนักงาน..... 105
ภาพที่ 5-10 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสี
ยูวีฆ่าเชื้อโรค..... 105
ภาพที่ 5-11 แผนผังโครงสร้างองค์กร..... 107

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จุลินทรีย์ ถือเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดโรค ซึ่งสามารถถ่ายทอดและแพร่กระจายจากที่หนึ่งไปสู่อีกที่หนึ่งได้ โดยอาศัยพาหะหลายประเภท เช่น มนุษย์ สัตว์ อาหาร น้ำ อากาศ และวัตถุสิ่งของ ดังนั้นสถานประกอบการหลายประเภทเช่น โรงพยาบาล ศูนย์วิจัย อุตสาหกรรมอาหาร การบรรจุ เครื่องดื่ม ยาและเวชภัณฑ์ เป็นต้น จึงให้ความสำคัญกับความเข้มงวดในการป้องกันการปนเปื้อนจุลินทรีย์เป็นอย่างมาก ซึ่งวิธีการยับยั้งและทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่นิยมมากที่สุดวิธีหนึ่งในปัจจุบันคือ การฉายรังสีอัลตราไวโอเลต ประเภท UVC ที่มีความยาวคลื่น 254 nm (Coker *et al*., 2001) ซึ่งสามารถฆ่าเชื้อโรคได้ และมีผลข้างเคียงที่ไม่พึงปรารถนาน้อยกว่าการใช้สารเคมีและความร้อน โดยอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคนี้ก็คือ หลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค หรือ Ultraviolet Germicidal Irradiation Lamp (UVGI Lamp)

พลังงานของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคนั้นจะเสื่อมลงเรื่อยๆตามระยะเวลาการใช้งาน ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโรค โดยทั่วไปการที่จะบอกว่าเมื่อไรที่พลังงานของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคจะลดลงจนอยู่ในระดับที่ไม่เหมาะสมกับการใช้งานแล้ว มักกำหนดจากจำนวนชั่วโมงการใช้งานของหลอดตามที่ระบุโดยผู้ผลิต แต่ด้วยปัจจัยแวดล้อมและความต่อเนื่องในการใช้งานที่แตกต่างกัน จึงอาจทำให้ปริมาณแสงที่ตกกระทบในช่วงเวลาหนึ่งๆ มีประสิทธิภาพและอายุการใช้งานไม่เป็นไปตามที่ระบุไว้ (U. V. Process Supply, Inc., 2005) ในปัจจุบันการตรวจสอบประสิทธิภาพของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคมักใช้มิเตอร์ตรวจวัด ที่อ่านค่าและแปรผลโดยผู้ชำนาญการ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายที่สูง และมีการสูญเสียชั่วโมงการทำงานไปกับการตรวจสอบด้วย

จากการศึกษาข้อมูล พบว่าในปัจุบันยังไม่มีชุดตรวจวัดที่สามารถใช้งานได้ง่ายโดยผู้ประกอบการและผู้ใช้งานเอง จำหน่ายในท้องตลาด ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคที่มีวิธีการตรวจสอบที่ง่าย ราคาถูกและสามารถใช้งานในระหว่างกระบวนการฆ่าเชื้อได้ โดยอาศัยสมบัติการเปลี่ยนสีของสารในกลุ่มไดอะเซทีลีนชนิดที่เปลี่ยนสีแบบไม่เปลี่ยนกลับ ซึ่งให้ผลการทดสอบที่สามารถเก็บไว้เป็นหลักฐานได้ โดยได้เลือกใช้แนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของ Merle Crawford และ Anthony Di Benedetto (Crawford and Di Benedetto, 2003) มาเป็นตัวแบบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เนื่องจากกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ตามทฤษฎีนี้มีขั้นตอนการพัฒนาที่ไม่ซับซ้อนและสามารถนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดได้อย่างรวดเร็ว จึงเป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวาง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. พัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค
2. ศึกษาความเป็นไปได้ทางการตลาดในการยอมรับผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาการสร้างนวัตกรรมใหม่ของผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

1. ศึกษาข้อมูลด้านเทคโนโลยีทางการพิมพ์ และทดลองหาเทคนิคการพิมพ์ที่เหมาะสมสำหรับการพิมพ์สารไดอะเซทิลีนลงบนกระดาษหรือแผ่นโพลีไวนิลคลอไรด์พลาสติก
2. กลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษาอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร เป็นผู้ที่ใช้หลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคบนพื้นผิวของวัตถุ ในกลุ่มโรงพยาบาล ศูนย์วิจัย อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมยาและเวชภัณฑ์
3. ศึกษาความต้องการของลูกค้า โดยเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative) โดยทำการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (In-depth Interview)
4. สร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค
5. ศึกษาความเป็นไปได้ทางการตลาดโดยใช้การวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research Method) และใช้การเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม (Questionnaire) เพื่อวิจัยในส่วนของการยอมรับผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค เพื่อนำข้อมูลที่ได้นั้น มาหาแนวทางในการนำนวัตกรรมสู่เชิงพาณิชย์ในประเทศไทย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สร้างผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยง่าย สะดวก ราคาถูก และผลการทดสอบสามารถเก็บไว้เป็นหลักฐานได้
2. แนวทางในการนำผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคสู่เชิงพาณิชย์

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยเรื่อง “ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค” มีแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาใช้เป็นกรอบแนวคิดในการศึกษา มีดังต่อไปนี้

1. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับนวัตกรรม
2. แนวความคิดในการกำหนดขั้นตอนในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่
3. การฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค (UV Germicidal Irradiation, UVGI)
4. วิธีการทดสอบประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค
5. การใช้สารเปลี่ยนสีในการทดสอบประสิทธิภาพหลอดหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
6. กระบวนการทางด้านการพิมพ์
7. การยอมรับผลิตภัณฑ์

2.1 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับนวัตกรรม

2.1.1 นิยามและคำจำกัดความ

“นวัตกรรม” (Innovation) มาจากรากศัพท์ในภาษาลาติน คำว่า nova ซึ่งแปลว่า ใหม่ คำว่า “นวัตกรรม” จึงเป็นที่เข้าใจกันโดยทั่วไปว่าหมายถึง การแนะนำสิ่งใหม่หรือวิธีการใหม่ ซึ่ง ศาสตราจารย์เอ็ด โรเบิร์ต (Ed Roberts) แห่งสถาบัน MIT ได้ให้คำนิยามของคำว่า นวัตกรรม คือ การรวบรวม การผสมผสาน หรือการสร้างสรรค์สร้างความรู้ที่ไม่เคยมีมาก่อนที่มีความเกี่ยวข้องและเพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์ กระบวนการ หรือบริการใหม่ๆ (แคท ราล์ฟ, 2007)

แต่เนื่องจากในปัจจุบันนี้นวัตกรรมได้เข้ามามีบทบาททั้งในเชิงเศรษฐศาสตร์และสังคมอย่างมาก ทำให้มีการนิยามความของนวัตกรรมไว้อย่างมากมาย ดังนี้

Porter (1998) แห่ง Harvard Business School ได้ให้คำนิยามไว้ว่า “นวัตกรรม” คือ สิ่งสำคัญที่ทำให้บริษัทมีศักยภาพในการแข่งขัน และได้มองนวัตกรรมในความหมายที่กว้าง โดยรวมเอาเทคโนโลยีใหม่ และแนวทางใหม่ในการทำสิ่งต่าง ๆ เข้าไว้ด้วยกัน (พันธุ์อาจ ชัยรัตน์, 2550)

Drucker (1985) ได้ให้คำนิยามของคำว่า “นวัตกรรม” คือเครื่องมือเฉพาะของผู้ประกอบการ ซึ่งเป็นวิธีการที่พวกเขาใช้การเปลี่ยนแปลงให้เป็นโอกาสหนึ่งสำหรับธุรกิจหรือบริการต่างๆ โดยมันสามารถแสดงให้เห็นในลักษณะเป็นสาขาหนึ่ง สามารถเรียนรู้ สามารถฝึกปฏิบัติได้

Tidd และ Bessant. (2009) ได้ให้คำนิยามนวัตกรรมว่าคือ กระบวนการของการทำโอกาสให้กลายเป็นความคิดใหม่ๆ และนำความคิดเหล่านั้นเข้ามาสู่การปฏิบัติอย่างกว้างขวาง

จากคำนิยามและคำจำกัดความของนั้นนวัตกรรมในข้างต้น สรุปได้ว่า นวัตกรรมคือ สิ่งที่เกิดจากการคิดค้นขึ้นมาใหม่หรือการนำสิ่งที่มีอยู่เดิมมาปรับปรุงพัฒนาให้เกิดเป็นสิ่งใหม่ก่อให้เกิดคุณค่าและมูลค่าที่มีประโยชน์ในทางเศรษฐกิจและสังคม

การเกิดขึ้นของนวัตกรรมนั้น อาจกล่าวได้ว่านวัตกรรมสามารถเกิดขึ้นได้จากหลายแหล่งด้วยกัน ส่วนใหญ่มักเกิดขึ้นจากบุคคลหรือองค์กร ที่พยายามค้นหาโอกาสในการแก้ปัญหา หรือสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า ที่มีความต้องการของตลาดเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ประกอบกับความก้าวหน้าของเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาอย่างไม่หยุดยั้ง โดยที่ปัจจัยสำคัญที่ทำให้บุคคลหรือองค์กรสร้างนวัตกรรมขึ้นมาได้นั้นก็คือ

1) ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) ซึ่งความคิดสร้างสรรค์ในตัวบุคคลนั้นจะประกอบขึ้นจาก ความเชี่ยวชาญ ทักษะในการคิดอย่างสร้างสรรค์ และแรงจูงใจของบุคคลนั้น โดยมีสิ่งแวดล้อมและการปฏิบัติงานองค์กรถือเป็นปัจจัยสำคัญที่จะกระตุ้นให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ ก่อให้เกิดการสร้างนวัตกรรมใหม่ขึ้นมาได้
2) สภาพแวดล้อมแห่งการเรียนรู้ ถือเป็นสิ่งที่สำคัญ เพราะการเรียนรู้เป็นเครื่องมือสำคัญของมนุษย์ในการสร้าง ประดิษฐ์กรรมต่าง ๆ มนุษย์จะเรียนรู้ได้น้อย หรือไม่ได้เลย ถ้าทั้งหมดทั้งมวลของบริบทแวดล้อมไม่เอื้อต่อการเรียนรู้

2.1.2 **แหล่งที่มาของนวัตกรรม** (Source of innovation)

นวัตกรรมนั้นมีแหล่งที่มาได้หลากหลาย ที่สำคัญได้แก่

นวัตกร: นวัตกรรมสามารถเกิดขึ้นได้จากบุคลากรในองค์กร ที่มีความรู้ความสามารถความคิดสร้างสรรค์ และมีแรงจูงใจให้คิดค้นหรือทำสิ่งใหม่ๆ

ฝ่ายวิจัยและพัฒนา: บริษัทจำนวนมากใช้วิธีจัดตั้งทีมงานเป็นฝ่ายวิจัยและพัฒนาเพื่อดำเนินกิจกรรมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์และบริการที่มุ่งเน้นนวัตกรรมส่วนเพิ่ม และเป็นประโยชน์ต่อหน่วยธุรกิจโดยตรง

ลูกค้า: บริษัทส่วนใหญ่ที่ให้ความสำคัญกับความคิดเห็นของลูกค้า ในฐานะที่เป็นแหล่งความคิดใหม่ๆ สามารถนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรมที่ ทำวิจัยทางการตลาด ซึ่งลูกค้านั้นสามารถ

บอกได้ว่าจุดด้อยของผลิตภัณฑ์คืออะไร และสามารถชี้ให้เห็นถึงความต้องการที่ยังไม่ได้รับการตอบสนองอีกด้วย

สิทธิบัตร: นวัตกรรมหลายอย่างเกิดขึ้นจากการแลกเปลี่ยนความคิดเสรีระหว่างฝ่ายต่างๆ ผ่านทางการซื้อลิขสิทธิ์จากองค์กรภายนอกเพื่อผลิตสินค้า การตั้งกิจการร่วมทุน และการสร้างสัมพันธมิตรทางธุรกิจ

ความรู้หรือเทคโนโลยีใหม่: การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์หรือเทคโนโลยีการผลิตนั้นอาจเป็นผลมาจากการที่เทคโนโลยีดำเนินมาถึงจุดอิ่มตัว หรือมีการรวมหลายเทคโนโลยีเข้าด้วยกันเกิดเป็นความรู้ใหม่

2.1.3 ประเภทของนวัตกรรม (Types of Innovation)

นวัตกรรมสามารถแบ่งออกได้หลายแบบ ขึ้นกับกรอบการพิจารณาและวัตถุประสงค์การนำไปใช้ Tidd และ Bessant (2009) ได้แบ่งรูปแบบของนวัตกรรม ออกเป็น 4 ประเภท (4P's of Innovation) ดังนี้

- นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ (Product Innovation) การเปลี่ยนแปลงในสิ่งของ ซึ่งสามารถ เป็นได้ทั้งผลิตภัณฑ์หรือบริการ
- นวัตกรรมกระบวนการ (Process Innovation) การเปลี่ยนแปลงในวิธีการที่ผลิตภัณฑ์หรือบริการ ถูกสร้างขึ้นมาหรือนำเสนอให้แก่ลูกค้า
- นวัตกรรมการวางตำแหน่งของสินค้าและบริการ (Position Innovation) คือ การเปลี่ยนแปลงกลยุทธ์ในการทำตลาด ที่สินค้าหรือบริการถูกนำเสนอ
- นวัตกรรมกระบวนทัศน์ (Paradigm Innovation) เป็นการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบวิธีการคิดที่จะทำให้องค์กรมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการปฏิบัติ

แต่โดยทั่วไปนั้น จะแบ่งประเภทของนวัตกรรมเป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ

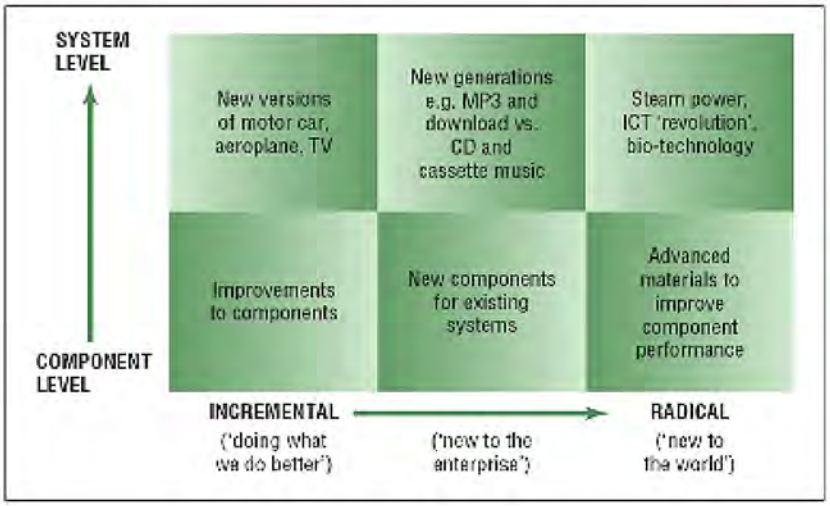
- นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ (Product Innovation) คือผลิตภัณฑ์ที่ถูกผลิตขึ้นในเชิงพาณิชย์ที่ได้ปรับปรุงให้ดีขึ้น หรือเป็นสิ่งใหม่ในตลาด นวัตกรรมนี้อาจจะเป็นสิ่งใหม่ของโลก หรือประเทศ หรือแม้แต่องค์กรเอง (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2548) โดยที่นวัตกรรมผลิตภัณฑ์นี้ยังสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ
  - ผลิตภัณฑ์ที่จับต้องได้ (Tangible Product) หรือสินค้าทั่วไป เช่น รถยนต์รุ่นใหม่, โทรทัศน์ระบบ High definition (HDTV), digital video disc (DVD) เป็นต้น

- ผลิตภัณฑ์ที่จับต้องไม่ได้ (Intangible Product) หรือการบริการ (service) เช่น แพ็คเกจทัวร์อนุรักษ์ธรรมชาติ, Telephone banking เป็นต้น

- นวัตกรรมกระบวนการ (Process Innovation) เป็นการเปลี่ยนแนวทางหรือวิธีการผลิตสินค้า หรือการให้บริการในรูปแบบที่แตกต่างออกไปจากเดิม เช่น Just In Time(JIT), Total Quality Management (TQM), และ Lean Production เป็นต้น

2.1.4 มิติของนวัตกรรม

กระบวนการเปลี่ยนแปลงของนวัตกรรมมีหลายระดับ แบ่งตามระดับความยาก-ง่ายในการคิดค้นนวัตกรรมนั้นๆ โดยจะมีตั้งแต่การเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเรียกว่า Incremental innovation ที่มีการพัฒนาหรือปรับปรุงสินค้าหรือบริการที่มีอยู่แล้วให้ดีขึ้นเช่น การออกแบบรถรุ่นใหม่ๆ แต่หากมีการเปลี่ยนแปลงวัสดุใหม่หมดทั้งคัน เปลี่ยนจากใช้เหล็กเป็นใช้วัสดุอื่นที่ดีกว่า หรือการเปลี่ยนระบบเครื่องยนต์โดยสิ้นเชิงจะเรียกว่าเป็น Radical innovation บางครั้งการเปลี่ยนแปลงต่างๆ นี้ ก็เป็นการเปลี่ยนแปลงทั่วไปโดยอาจจะอยู่ในอุตสาหกรรม หรือธุรกิจใดธุรกิจหนึ่ง แต่บางครั้งก็เป็นการเปลี่ยนแปลงที่รุนแรงและรวดเร็วเป็นการเปลี่ยนพื้นฐานของสังคมไปอย่างสิ้นเชิง จากภาพที่ 2-1 ที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ตั้งแต่การเปลี่ยนแปลงในระดับ incremental จนถึงระดับ radical ที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ทั้งระดับองค์ประกอบ (Component Level) หรือกระทั่งเป็นการเปลี่ยนแปลงทั้งระบบ (System Level)



ภาพที่ 2-1 มิติของนวัตกรรม

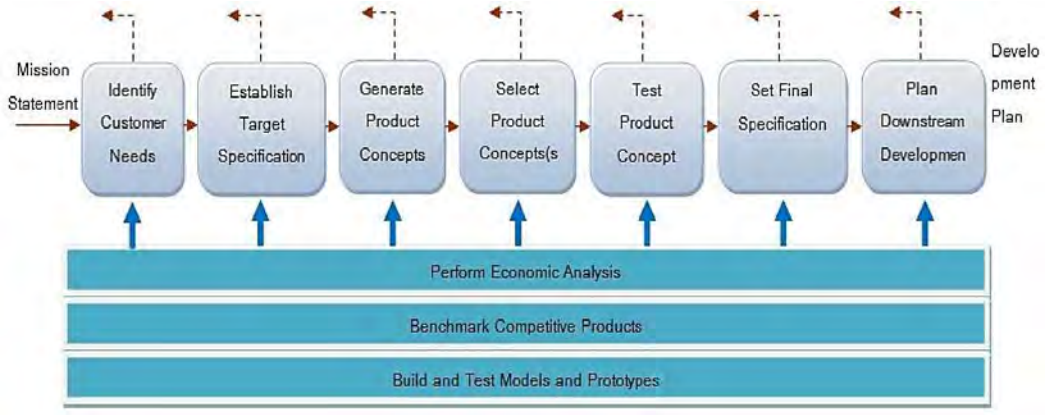
ที่มา: Tidd *et al.,* 2009

จากนิยามและการแบ่งประเภทของนวัตกรรม แสดงให้เห็นว่าการพัฒนา ชุดทดสอบประสิทธิภาพหลอดไฟฆ่าเชื้อโรคในโครงการวิจัยนี้ถือเป็นนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ (Product Innovation) ที่สามารถจับต้องได้ เป็นนวัตกรรมแบบค่อยเป็นค่อยไป (incremental innovation) เนื่องจากมีการพัฒนาหรือปรับปรุงจากสารตรวจรับรังสีอัลตราไวโอเลต ซึ่งได้จากการทดลอง มาพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ง่าย สะดวก ราคาถูก และผลการทดสอบสามารถเก็บไว้เป็นหลักฐานได้

2.2 แนวความคิดในการกำหนดขั้นตอนในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่

2.2.1 แนวความคิดของ Ulrich และ Eppinger

ในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ตามแนวความคิดของ Ulrich และ Eppinger (2008) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ หรือที่เรียกกันว่า New Product Development Process ซึ่งยึดหลักของการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ การเปรียบเทียบกับสินค้าคู่แข่ง และการสร้างและทดสอบตัวรูปแบบและต้นแบบของผลิตภัณฑ์ ในทุกๆ ขั้นตอนของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยเฉพาะการเริ่มต้นการพัฒนาด้วยการศึกษาความต้องการของลูกค้าเป็นหลัก ทำให้สามารถเชื่อได้ว่ากระบวนการทุกๆ ขั้นตอนนั้นสื่อสารและตอบสนองถึงความต้องการของลูกค้าอย่างแท้จริง ดังภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่แบบ Front-End Process

ที่มา: Ulrich and Eppinger (2008)

คำอธิบายภาพ

ขั้นตอนที่ 1 การระบุความต้องการของลูกค้า (Identification of customer needs) เป้าหมายของขั้นตอนนี้ คือเพื่อศึกษาและระบุความต้องการของลูกค้า ซึ่งผลลัพธ์จากกระบวนการ

นี้จะช่วยให้สามารถเรียงลำดับความสำคัญของแต่ละความต้องการของลูกค้า ซึ่งช่วยให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ต้องการของกลุ่มเป้าหมาย

ขั้นตอนที่ 2 การระบุข้อกำหนดทางเทคนิคของผลิตภัณฑ์ (Establish Target Specifications) เป็นขั้นตอนที่ระบุรายละเอียดถึงคุณสมบัติการทำงานของผลิตภัณฑ์ โดยการแปลความต้องการของลูกค้าให้อยู่ในรูปแบบของรูปลักษณะและลักษณะของการทำงานหลักของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการ

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างแนวคิดของผลิตภัณฑ์ (Generate Product Concepts) เป็นขั้นตอนการสร้างแนวความคิดของผลิตภัณฑ์ จากการค้นคว้าข้อมูลและระดมความคิดสร้างสรรค์ภายในทีม เพื่อที่จะตอบโจทย์ของความต้องการของกลุ่มลูกค้า และรวบรวมข้อมูลที่ได้นี้อย่างเป็นระบบเพื่อนำไปต่อยอดให้กับการพัฒนาผลิตภัณฑ์

ขั้นตอนที่ 4 การเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดของผลิตภัณฑ์ (Select Product Concepts) เป็นการคัดเลือกแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยทำการคัดเลือกแนวคิดที่ไม่ตรงความต้องการของลูกค้าออกจนเหลือแต่แนวความคิดที่มีโอกาสที่จะประสบความสำเร็จ และตรงต่อความต้องการของลูกค้ามากที่สุดมาพัฒนาต่อไป

ขั้นตอนที่ 5 การทดสอบแนวคิดและสร้างข้อกำหนดของระบบย่อย (Test product concept) ขั้นตอนนี้เป็นการทดสอบแนวความคิดเพื่อที่จะพิสูจน์ว่าแนวความคิดนี้จะสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ รวมถึงการประเมินศักยภาพในการทำตลาดของผลิตภัณฑ์ และมีการบ่งชี้ถึงสิ่งที่ต้องมีการแก้ไขก่อน ในช่วงระหว่างการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ได้สิ่งที่ลูกค้าต้องการมากที่สุด

ขั้นตอนที่ 6 การกำหนดคุณสมบัติสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ (Set Final Specification) เป็นการนำผลสรุปของการทดสอบแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กับลูกค้า โดยนำแนวคิดผลิตภัณฑ์มาแปลงเป็นคุณลักษณะและคุณสมบัติของตัวผลิตภัณฑ์ เพื่อนำเข้าสู่การออกแบบเพื่อการผลิต

ขั้นตอนที่ 7 การวางแผนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด (Plan Downstream Development) เป็นการวางแผนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด ซึ่งจะประกอบไปด้วย การวางแผนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ การวางแผนกระบวนการผลิต การวางแผนการตลาด และการนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด

2.2.2 แนวความคิดของคูเปอร์

คูเปอร์ได้เสนอแนวคิดในการวางแผนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เรียกว่า Cooper's Stage-Gate™ ซึ่งเป็นกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ประกอบด้วย ขั้นตอน (Stages) คือ กระบวนการการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่โดยแบ่งเป็นจำนวนขั้นตอน หรือระยะเวลาในการ

ปฏิบัติงานโดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อกำหนดต่างๆที่ได้รับของทีมที่จะพัฒนาตัวผลิตภัณฑ์ จุดตรวจ (Gates) คือจุดที่ใช้บอกเส้นทางที่ประกอบด้วยการกำหนดการระบุการส่งมอบและเกณฑ์ต่างๆซึ่งถือว่าเป็นจุดที่ใช้ควบคุมคุณภาพของการปฏิบัติงานว่าทำงานเป็นอย่างไร ซึ่งขั้นตอนของโมเดลของคูเปอร์มีจุดเริ่มต้นจากการเกิดแนวความคิดใหม่ (Discovery) ซึ่งแนวความคิดใหม่นี้จะถูกนำเข้าสู่ กำหนดไว้ 5 ขั้นตอนดังภาพที่ 2-3

ภาพที่ 2-3 แผนภาพแสดงกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (NPD Process)

ที่มา: Robert G.Cooper (2006)

คำอธิบายภาพ (ธีรกิติ นวรัตน ณ อยุธยา, 2552)

ขั้นตอนที่ 1 การกลั่นกรองแนวคิดเบื้องต้น (Scoping) เพื่อเป็นการกลั่นกรองเบื้องต้นก่อนว่าแนวความคิดดังกล่าวสมควรที่จะได้รับการสนับสนุนทางด้านการเงิน บุคลากร และอื่นๆจากบริษัทเพื่อเข้าสู่กระบวนการขั้นต่อไปหรือไม่ การพิจารณาครั้งแรกนี้ใช้เวลาไม่นานนัก และถ้าผ่านการพิจารณา แนวความคิดดังกล่าวก็จะได้รับการกลั่นกรองอีกเป็นครั้งที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางธุรกิจ (Build business case) จะมีการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางธุรกิจในการนำแนวความคิดดังกล่าวไปพัฒนาต่อให้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่

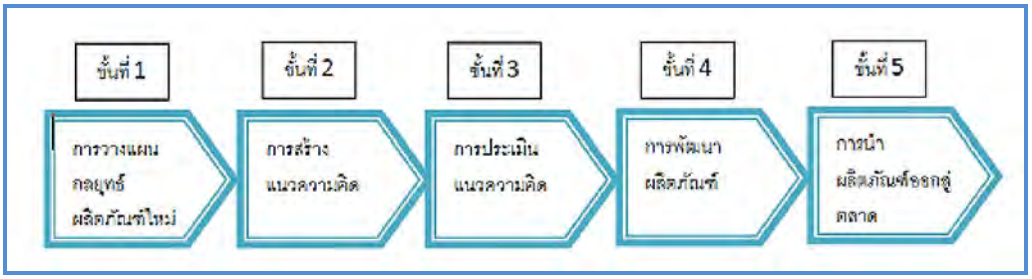
ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Development) ในขั้นนี้จะมีการนำแนวคิดมาพัฒนาให้เป็น ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (Prototype) เพื่อที่จะสามารถทดสอบได้ว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีคุณสมบัติตรงตามแผนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่

ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบผลิตภัณฑ์ (Testing and Validation) จะเป็นการทดสอบผลิตภัณฑ์โดยพนักงานในบริษัทและผู้บริโภคว่าคุณสมบัติและการใช้งานผลิตภัณฑ์เป็นอย่างไร รวมถึงมีการทดสอบทางด้านการผลิตเพื่อทดลองผลิตภัณฑ์ในจำนวนจำกัดเพื่อค้นหาปัญหาในกระบวนการผลิต นอกจากนั้นยังมีการทดสอบตลาด (Test Market) ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเพื่อให้ทราบถึงผลตอบรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ และมีการวิเคราะห์ทางธุรกิจและด้านการเงินเกี่ยวกับต้นทุนและรายได้จากข้อมูลล่าสุดที่ได้จากการทดลองผลิต และการทดสอบตลาดอีกด้วย

ขั้นตอนที่ 5 การนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด (Launch) กล่าวคือลงมือปฏิบัติตามแผนการนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดและแผนการผลิตและการดำเนินงานที่ได้กำหนดไว้ก่อนหน้านี้ซึ่งจะต้องมีทรัพยากรที่เหมาะสมมารองรับอย่างเพียงพอ หลังจากการนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดเป็นระยะเวลานานพอสมควรประมาณ 6-19 เดือน จะมีการทบทวนผลการดำเนินงานผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งในช่วงเวลานั้นได้เปลี่ยนสถานะมาเป็นผลิตภัณฑ์ปกติของกิจการแล้วว่าเป็นอย่างไร ซึ่งถือว่าเป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์

2.2.3 แนวความคิดของ ครอว์ฟอร์ดและได เบเนเดตโท

Crawford และ Di Benedetto (2003) ได้แบ่งกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ออกเป็น 5 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังภาพที่ 2-4



ภาพที่ 2-4 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ตามความคิดของครอว์ฟอร์ดและได เบเนเดตโท

ที่มา: Crawford และ Di Benedetto (2003)

คำอธิบายภาพ (ธีรกิติ นวรัตน ณ อยุธยา, 2552)

ขั้นตอนที่ 1 การวางแผนกลยุทธ์สำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่: การกำหนดและคัดเลือกโอกาส (strategic planning for new product: opportunity identification and selection) เป็นการสร้างโอกาสสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่แยกออกจากการดำเนินงานตามปกติของกิจการ ดำเนินงานตามปกติของกิจการ ประกอบด้วยกิจกรรมการวางแผนกลยุทธ์และข้อเสนอแนะในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ เพื่อเป็นแนวทางในการทำงานในกระบวนการขั้นต่อไปที่จะตามมา

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างแนวคิด (Concept Generation) เป็นการสร้างหรือแสวงหาแนวคิดที่มีศักยภาพจากแหล่งต่างๆทั้งภายในและภายนอกบริษัทเพื่อที่จะนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินแนวคิด (Concept/Project Evaluation) เป็นขั้นตอนที่เกี่ยวกับกิจกรรมการประเมินแนวความคิดที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ใหม่ในด้านเทคนิค การตลาด การเงิน คัดเลือกจากแนวความคิดที่มีอยู่ทั้งหมดให้เหลือเพียง 2-3 แนวคิดที่ดีที่สุด เพื่อค้นหาศักยภาพหรือความเป็นไปได้ในการนำแนวความคิดที่ผ่านการประเมินในขั้นนี้ไปดำเนินการพัฒนาในขั้นต่อไป

ขั้นตอนที่ 4 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Product Development) ขั้นตอนนี้ประกอบด้วยกิจกรรมหลัก 2 ด้านคือ ด้านเทคนิคหรือการผลิต และด้านการตลาด ซึ่งในด้านการผลิตจะเกี่ยวกับการออกแบบและดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์ต้นแบบ เพื่อนำไปทดสอบต่อไป ส่วนงานด้านการตลาดเพื่อกำหนดเป็นแผนการตลาดและแผนธุรกิจต่อไป

ขั้นตอนที่ 5 การนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด (Launch/Commercialization) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมหลักในการนำแผนงานต่างๆที่กำหนดไว้แล้วในขั้นที่ 4 ไปดำเนินการทางปฏิบัติเพื่อให้เกิดผลสำเร็จตามเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้

จากการศึกษาในส่วนของกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ทำให้เห็นถึงแนวคิดที่หลากหลาย ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนในการพัฒนาได้ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ตารางแสดงการเปรียบเทียบขั้นตอนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของแต่ละแนวคิด

ขั้นที่	Robert G.Cooper (2001)	Crawford and Di Benedetto (2003)	Ulrich and Eppinger (2008)
1	กลั่นกรองเบื้องต้น	การวางแผนกลยุทธ์ผลิตภัณฑ์ใหม่	การระบุความต้องการของลูกค้า
2	วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางธุรกิจ	การสร้างแนวคิด	การระบุข้อกำหนดทางเทคนิคของผลิตภัณฑ์
3	การพัฒนาผลิตภัณฑ์	การประเมินแนวคิด	การสร้างแนวคิดของผลิตภัณฑ์
4	การทดสอบผลิตภัณฑ์	การพัฒนาผลิตภัณฑ์	การคัดเลือกแนวคิดของผลิตภัณฑ์
5	นำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด	การนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด	การทดสอบแนวคิดและสร้างข้อกำหนดของระบบย่อย
6			การกำหนดคุณสมบัติสุดท้ายของผลิตภัณฑ์
7			การวางแผนพัฒนาผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด

จากตารางที่ 2-1 จะเห็นได้ว่า แนวคิดของคูเปอร์ และครอว์ฟอร์ดและได เบเนเดตโทนั้นมีขั้นตอนการพัฒนาทั้งหมด 5 ขั้นตอนเช่นกัน แต่ทั้งสองแนวคิดนั้นแตกต่างกันที่ ขั้นตอนของคูเปอร์นั้น มีด่านประเมินเพื่อพิจารณาถึงข้อกำหนดและความเป็นไปได้ทุกครั้งก่อนจะเข้าสู่ขั้นตอนพัฒนาตั้งแต่ค้นพบแนวคิดใหม่จนกระทั่งการนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด แต่ในขั้นตอนของครอว์ฟอร์ดและได เบเนเดตโทนั้นไม่มี จึงทำให้ขั้นตอนนั้นไม่ซับซ้อน และสามารถนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดได้รวดเร็วกว่า ส่วนแนวคิดของยูริคและเอพพินเจอร์นั้น มีขั้นตอนที่มากกว่าใน 2 แนวคิดแรก โดยจะมีทั้งหมด 7 ขั้นตอนด้วยกัน ซึ่งแตกต่างจากสองแนวคิดแรกคือ มีการแยกขั้นตอนในส่วนของขั้นตอนการพัฒนาออกมาให้ชัดเจนมากขึ้น อย่างเช่นในขั้นตอนที่ 3 การประเมินแนวคิดของครอว์ฟอร์ดและได เบเนเดตโทนั้น ในแนวคิดของยูริคและเอพพินเจอร์ได้แยกออกเป็น 2 ขั้นตอนด้วยกันคือ การคัดเลือกแนวคิดและการทดสอบแนวคิด ซึ่งในขั้นตอนการพัฒนาที่แท้จริงนั้นใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ในแนวคิดของยูริคและเอพพินเจอร์ได้ให้ความสำคัญกับการศึกษาความต้องการของผู้บริโภคเป็นอย่างมาก และเน้นการออกแบบผลิตภัณฑ์ในทุกขั้นตอนเพื่อให้ตรงกับความต้องการของลูกค้ามากที่สุด

ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกแนวความคิดของครอว์ฟอร์ดและได เบเนเดตโทมาเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค เนื่องจากกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่นี้เป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวาง มีขั้นตอนการพัฒนาที่ไม่ซับซ้อนและสามารถนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดได้รวดเร็วกว่าแนวคิดอื่น

2.3 การฆ่าเชื้อด้วยรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค (UV Germicidal Irradiation, UVGI)

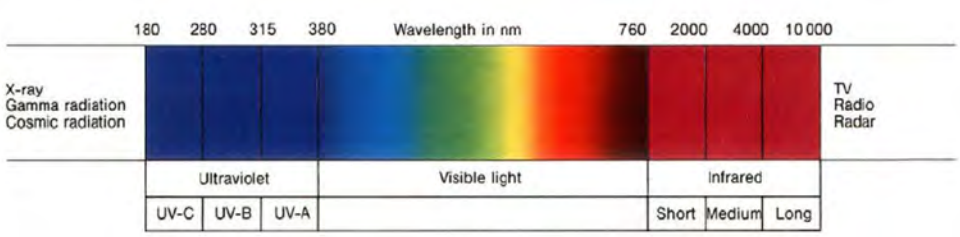
2.3.1 คุณสมบัติของรังสีอัลตราไวโอเลต

รังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet Radiation : UV) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สั้น ช่วงต่อจากแสงสีม่วง (ระหว่างVisible Spectrum กับ X-ray) เป็นรังสีที่ตาคนมองไม่เห็นและไม่สามารถรับรู้ได้ แบ่งเป็นสามประเภท (อุดม สิทธิการุณ, 2003) ดังนี้

1. UV-A ช่วงความยาวคลื่น 315-380 nm เป็นรังสียูวีที่ไม่ค่อยมีอันตรายมากนัก สามารถนำมาใช้เป็นประโยชน์ได้หลายด้าน โดยเฉพาะทางด้านเคมี ฟิสิกส์

2. UV-B ช่วงความยาวคลื่น 280-315 nm มีผลต่อร่างกายและสิ่งของได้ ก่อให้เกิดการไหม้ของผิวหนัง (Sunburn or Erythematic) และการอักเสบของตาดำได้ แต่มีคุณประโยชน์ในการรักษาโรคผิวหนังบางชนิดได้ รวมถึงการประยุกต์ในงานอุตสาหกรรมเคมี

3. UV-C ช่วงความยาวคลื่น 100-280 nm เป็นรังสีที่มีอันตรายต่อร่างกายได้อย่างรุนแรง เช่น ผิวแดงไหม้เกรียม (Erythema) หรือเยื่อบุตาอักเสบ (Conjunctivitis) ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ในการฆ่าเชื้อโรคได้



ภาพที่ 2-5 แสดง Spectrum of electromagnetic radiation

ที่มา: อุดม สิทธิการุณ (2003)

ประโยชน์ของรังสียูวี มีการนำไปประยุกต์ใช้ที่หลากหลาย อาทิเช่น

1. การเร่งปฏิกิริยาเคมีด้วยแสง (Photochemical Process) เช่น การทำให้อยู่ตัวหรือแข็งตัวโดยวิธีโพลีเมอไรเซชั่นทำให้หมึกสีแล็คเกอร์นั้นแห้งได้ในระยะเวลาที่รวดเร็ว

2. การตรวจและวิเคราะห์ชิ้นงาน (Detection, Inspection and Analysis) เช่นการตรวจผลิตภัณฑ์เคมีว่าเป็นชนิดใด การตรวจหาเชื้อราในผลิตภัณฑ์ ใช้วิเคราะห์แร่ธาตุต่างๆ วิเคราะห์ลายนิ้วมือ หรือสารเคลือบพื้นผิววัตถุ

3. การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) ด้วยหลอดให้แสง UV-C ที่มีความยาวคลื่น 253.7nm ซึ่งเรียกหลอดนี้ว่า UV Germicidal Irradiation Lamp

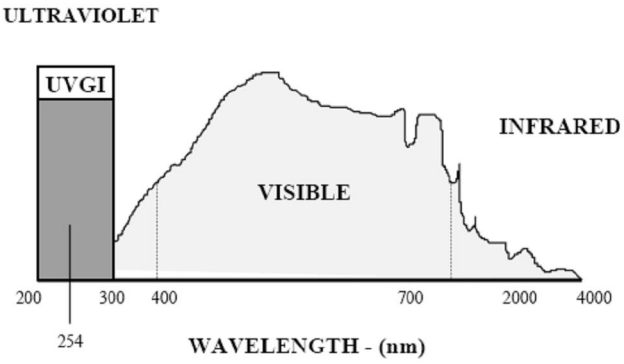
4. ล่อแมลง (Insect Trap) เช่น จับไปขาย ทำลายทิ้ง หรือล่อออกไป

5. รักษาโรคผิวหนัง

6. การถ่ายเอกสาร ถ่ายพิมพ์เขียว

2.3.2 คุณสมบัติของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

จากประโยชน์ของการฉายรังสียูวีในการฆ่าเชื้อโรค จึงก่อให้เกิดการประดิษฐ์และผลิตหลอดไฟที่ให้รังสียูวีสำหรับการฆ่าเชื้อโรค หรือที่เรียกว่า UV Germicidal Irradiation (UVGI) Lamp ซึ่งเป็นหลอดไฟที่ให้รังสีคลื่นสั้น UV-C 254 nm แสดงดังภาพที่ 2-6 ใช้ประโยชน์ในการฆ่าเชื้อโรค ในอุตสาหกรรมบรรจุหีบห่อ อุตสาหกรรมอาหาร โรงพยาบาล และห้องปลอดเชื้อ (Coker *et al*., 2001)



ภาพที่ 2-6 ภาพแสดงช่วงความยาวคลื่นของ UVGI Lamp

ที่มา: Coker *et al.* (2001)

เราสามารถแบ่งประเภทของการฆ่าเชื้อโรคโดย UVGI Lamp ออกเป็น 3 ประเภทใหญ่คือ

1. การฆ่าเชื้อโรคในอากาศ (Air Disinfection) การฆ่าเชื้อโรคที่ลอยอยู่ในอากาศ ในสถานที่ที่มีคนอยู่เป็นจำนวนมากหรืออยู่เป็นเวลานาน เช่น ห้องเรียน ค่ายทหาร โรงภาพยนตร์ หอประชุม โรงพยาบาล สำนักงาน เป็นต้น โดยมักติดตั้งหลอดไว้บนเพดาน ในท่ออากาศหรือท่อลม และการฉายรังสีสู่อากาศด้านบนของห้องหรือพื้นห้อง

2. ฆ่าเชื้อโรคที่พื้นผิวของวัตถุ (Surface Disinfection)

3. ฆ่าเชื้อโรคในของเหลว (Liquid Disinfection)

ในทางปฏิบัติการฆ่าเชื้อโรคด้วยการฉายรังสียังต้องคำนึงถึงสมบัติสำคัญ 2 ประการของรังสี UV-C คือ

1. ความลึกในการแทรกซึม (Depth of Penetration) ของรังสี UV-C ที่มีขีดจำกัดในการแทรกซึมผ่านวัตถุ ทำให้รังสีไม่สามารถทะลุผ่านวัตถุเข้าไปได้ลึกมากนักจากพื้นผิว ดังนั้นการฆ่าเชื้อโรคจึงทำได้แค่เพียงบนพื้นผิวของวัตถุ และต้องให้มั่นใจว่าพื้นผิวทั้งหมดได้รับการฉายแสงเป็นระยะเวลานานพอซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อโรค เชื้อโรคที่ซ่อนอยู่ในเงาของวัตถุจะไม่ตาย นอกจากนี้ควรฉายแสงในที่อากาศแห้งเพราะจะมีประสิทธิภาพของการฉายแสงดี และประสิทธิภาพจะลดลงถึงสองเท่าในสภาวะอากาศชื้น

2. อันตรายจากรังสีที่อาจเกิดขึ้นจากการรับรังสีในปริมาณที่มากเกินระดับความปลอดภัยโดยไม่รู้ตัว จึงต้องมีการออกแบบติดตั้งหลอดและอุปกรณ์ป้องกันไม่ให้ใช้รังสี UV-C เล็ดลอดออกมาตกกระทบตาและผิวหนังมนุษย์โดยตรง

2.3.3 ประเภทของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

Cold Cathode Germicidal UV Lamps

หลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคชนิดนี้ สามารถเริ่มการทำงานในการฆ่าเชื้อโรคได้ทันทีเมื่อเปิดสวิตช์ มีรูปทรงกระบอกซึ่งภายในของหลอดแคโทดบรรจุด้วยเส้นใยทังสเตน มีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าหลอดประเภทอื่นๆ เหมาะแก่การฆ่าเชื้อโรคในอากาศและพื้นผิวของวัตถุ

Hot Cathode Germicidal UV Lamps

หลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคประเภทนี้ มีการทำงานคล้ายกับหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ทั่วไป ใช้ตัวแบลลัสต์และสตาร์ดเตอร์ในการทำงาน คอยเลี้ยงแคโทดให้ร้อน เพื่อปล่อยอิเล็กตรอน (กระแสไฟฟ้า)ไปทำให้ก๊าซเฉื่อยเกิดการแตกตัวเป็นไอออน และเกิดความร้อนขึ้น อายุการใช้งานของหลอดไฟชนิดนี้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน อุณหภูมิและการเก็บรักษา

Slimline Germicidal Ultraviolet Lamps

หลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคชนิดนี้มีลักษณะคล้ายกับหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ มีการปล่อยก๊าซประเภทโอโซนในระดับที่ต่ำจนถึงสูงและสูงมาก อายุการใช้งานขึ้นกับขั้วไฟฟ้าและจำนวนการใช้งาน นิยมใช้ในการฆ่าเชื้อโรคในอากาศ สายลำเลียง และฆ่าเชื้อโรคบนพื้นผิว

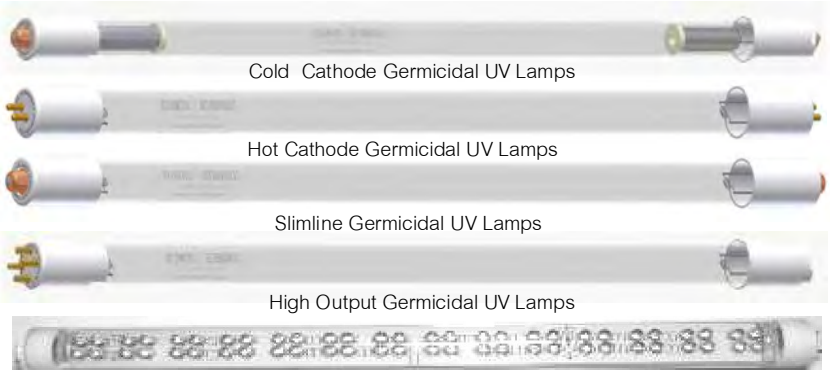
High Output Germicidal UV Lamps

หลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคประเภทนี้ผลิตจากวัสดุคุณภาพดี สามารถปรับการทำงานโดยอัตโนมัติ มีเสถียรภาพการให้แสงยูวีสูงและมีอายุการใช้งานโดยเฉลี่ยถึง 12,000 ชม.

Light Emitting Diodes (LED) UV Lamps

เป็นเทคโนโลยีล่าสุดสำหรับการผลิตรังสียูวี และมีคุณสมบัติดีกว่าหลอดไฟชนิดอื่นๆในการให้พลังงานรังสียูวีต่อพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่า

โดยหลอดไฟฆ่าเชื้อโรคแต่ละประเภทที่กล่าวมาแสดงดังภาพที่ 2-7



ภาพที่ 2-7 ภาพแสดงหลอดไฟอัลตราไวโอเลตชนิดต่างๆ

ที่มา: Atlantic Ultraviolet Corporation, http://www.ultraviolet.com/pdflib/981039.pdf

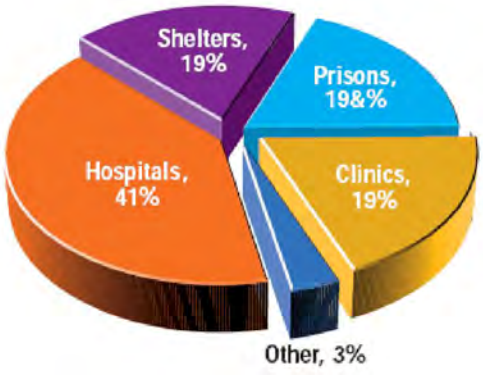
หลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคได้มีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา ในช่วงสองสามทศวรรษที่ผ่านมา การพัฒนาเทคโนโลยีหลอดประเภทปรอทเพิ่มมากขึ้น ซึ่งในเชิงพานิชย์หลอดไฟฆ่าเชื้อโรคที่นิยมใช้กันมากเป็นหลอดประเภทปรอทความดันไอต่ำ และความดันไอปานกลาง แต่หลอดไฟประเภทนี้ยังมีราคาค่อนข้างสูง ต้องมีการติดตั้งและดูแลรักษาโดยช่างที่มีความรู้ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอนาคตนั้นจึงมุ่งเน้นไปที่การลดค่าใช้จ่ายโดยรวม และการเพิ่มอายุการใช้งานของหลอดไฟให้มากขึ้น โดยปกติหลอดไฟประเภทความดันต่ำมีอายุการใช้งานประมาณ 15,000 ชั่วโมง โดยผู้ผลิตหวังว่าจะสามารถพัฒนาให้สามารถใช้งานได้ถึง 30,000 ชั่วโมง หรือมากกว่าโดยใช้เทคโนโลยี เช่น รังสีอัลตราไวโอเลตไมโครเวฟ หรือการพัฒนาการเคลือบสารเพื่อเพิ่มอายุการใช้งานของหลอดไฟ (Dussert, 2008)

2.3.4 การประยุกต์การใช้งานของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

เนื่องจาการฆ่าเชื้อโรคด้วยหลอด UVGI นี้มีผลในการฆ่าเชื้อโรคที่ดีโดยมีผลกระทบข้างเคียงที่น้อยกว่าการใช้ยาหรือสารเคมีมาก จึงทำให้มีการนำหลอด UVGI ไปใช้งานในสถานประกอบการหลากหลายประเภท เช่น

โรงพยาบาล คลินิก ห้องผ่าตัด:

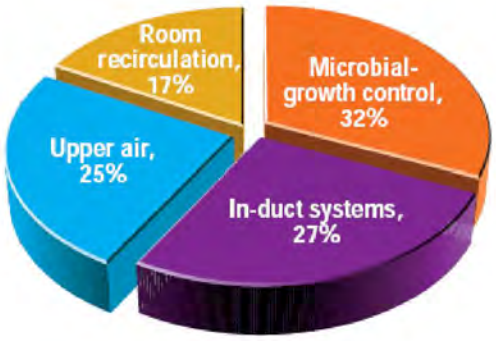
การปนเปื้อนจุลินทรีย์ในอากาศภายในอาคาร ถือเป็นปัญหาทางสาธารณสุข ซึ่งอาจทำให้เกิดการแพร่กระจายโรคและติดเชื้อภายในอาคาร โดยเฉพาะโรคทางเดินหายใจ ซึ่งการแก้ปัญหาและการป้องกันการติดเชื้อทางอากาศนี้จึงมักใช้วิธีการติดตั้งหลอด UVGI เพื่อใช้ในการฆ่าเชื้อจุลชีพต่างๆ ในอากาศ (Christopher *et al*., 2002) ซึ่งการฆ่าเชื้อโรคด้วยการฉายแสงอัลตราไวโอเลตนี้มีการใช้กันมากขึ้นทั้งใน ห้องปฏิบัติการโรงพยาบาล และสถานพยาบาล เพื่อทำลายเชื้อโรคที่อยู่ในอากาศและเพื่อใช้สำหรับควบคุมการแพร่กระจายเชื้อโรคที่ติดต่อทางอากาศนี้ โดยการใช้วิธีฉายรังสีใส่อากาศด้านบนของห้อง แต่ถ้าเป็นพื้นที่ที่ต้องการความสะอาดเป็นพิเศษ เช่นห้องผ่าตัด หรือห้องคลอด จะมีการติดหลอดไฟฆ่าเชื้อ เพื่อฉายรังสีใส่อากาศในส่วนของพื้นห้อง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศ (Farhad *et al*., 2004) จากภาพที่ 2-8 แสดงให้เห็นว่ามีการติดตั้งหลอด UVGI เพื่อใช้ในการฆ่าเชื้อในโรงพยาบาลจำนวนสูงสุดถึง 41 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ คลินิก เรือนจำ และอาคารสำนักงานต่างๆ



ภาพที่ 2-8 ภาพแสดงค่าโดยประมาณของการติดตั้งระบบการฆ่าเชื้อโรคในอากาศ

ที่มา: Kowalski และ Bahnfleth (2000)

ภาพที่ 2-9 แสดงชนิดของระบบ UVGI ที่ใช้สำหรับติดตั้งในอาคาร และส่วนแบ่งตลาดโดยประมาณจากการประมาณการของผู้ผลิตรายใหญ่ ซึ่งการใช้ระบบการฆ่าเชื้อโรคในอากาศเพื่อควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มีการเติบโตสูงมากขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกาและยุโรป ส่วนในประเทศโลกที่สามก็มีความต้องการในการใช้ระบบการฆ่าเชื้อสูงด้วยเช่นกันเนื่องจากเพื่อป้องกันปัญหาของการติดต่อโรคทางเดินหายใจ



ภาพที่ 2-9 ภาพแสดงส่วนแบ่งตลาดโดยประมาณแบ่งตามประเภทของระบบ UVGI

ที่มา: Kowalski และ Bahnfleth (2000)

อุตสาหกรรมผลิตอาหาร ยา และเวชภัณฑ์:

เพื่อความสะอาดตามมาตรฐานในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร จึงต้องมีการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์กับอาหารด้วยการฉายรังสี ในหลายขั้นตอน เช่น ขณะผลิต ขณะบรรจุหีบห่อหรือจัดเก็บ เพื่อให้สิ่งของบริโภคจากโรงงาน สะอาดปลอดเชื้อโรคและไม่เน่าเสียเร็วในสถานการผลิตเภสัชภัณฑ์ซึ่งรวมถึง สารปฏิชีวนะ ยา และเครื่องสำอาง ต้องมีสภาพอากาศที่สะอาดและปลอดเชื้อในทุกขั้นตอน ดังนั้นจึงมีการใช้หลอดไฟยูวีฆ่าเชื้อโรค เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอากาศกันอย่างกว้างขวาง (อุดม สิทธิการุณ, 2004)

อุตสาหกรรมผลิตน้ำและงานบำบัดน้ำเสีย (Water Purification): เช่น อุตสาหกรรมน้ำดื่ม สระว่ายน้ำ และการบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น

อุตสาหกรรม การบรรจุ (Packaging):

มีการฉายรังสียูวี ใส่หีบห่อก่อนทำการบรรจุ เช่น กล่องนม แต่ถ้าเป็นอาหารที่ห่อด้วยพลาสติกใสสามารถฉายรังสียูวีหลังการปิดผนึก (Sealing) เป็นต้น

นอกจากนี้ Kowalski และ Bahnfleth (2004) ยังได้อธิบายถึงระบบของ UVGI ที่ประยุกต์ใช้ในแหล่งต่างๆ ดังตารางที่ 2-2 ซึ่งแสดงรายละเอียดถึงระบบที่ใช้ในแต่ละชนิด โดยระบบของ UVGI ในแต่ละประเภทนั้นยังถูกแบ่งออกตามชนิดของการฆ่าเชื้อโรคอีกด้วย

ตารางที่ 2-2 แสดงการประยุกต์ใช้และชนิดของระบบ UVGI

Application	Type of UVGI System	Disinfection Type
Health Care	Surgical site Infection Control	Air and Surface
	Isolation Wards & Rooms	Air
	General Hospital Areas	Air
	Emergency Rooms	Air and Surface
	AIDS Clinics	Air
	Equipment Disinfection	Surface
Commercial Buildings	Biode Growth Control	Air
	Mold Growth Control	Surface
	Respiratory Diseasa Control	Air
	Mail Disinfection	Surface
	Building Remediation	Surface
Residential	Allergen & Pathogen Control	Air
	Mold Growth Control	Surface
Hotels	Allergent & Pathogen Control	Air
	Mold Growth Control	Surface
School	Respiratory Disease Control	Air and Surface
Airplanes	Respiratory Disease Control	Air
Ships	Disease Control	Air and Surface
Laboratories	Biohazard Control	Air and Surface
Libraries & Museums	Mold Growth Control	Air
Sewage & Waste Facilities	Biohazard Control	Air and Surface
Food industry	Biocontamination Cotrol	Air and Surface
Industrial Facilities	Biohazard Control	Air and Surface
Prisons & Jails	Respiratory Disease Control	Air and Surface
Homeless Shelters	Respiratory Disease Control	Air and Surface

ที่มา: Kowalski และ Bahnfleth (2004)

2.4 การทดสอบประสิทธิภาพของหลอดไฟรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

2.4.1 วิธีทดสอบประสิทธิภาพของหลอดไฟรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

U. V. PROCESS SUPPLY, INC. (2005) ได้กล่าวว่า ปัจจุบันหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค ได้ถูกใช้งานในอุตสาหกรรมอย่างหลากหลาย โดยพลังงานของหลอดไฟยูวีฆ่าเชื้อโรคนั้นจะเสื่อมลงเมื่อเวลาผ่านไป ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อ แต่เป็นเรื่องยากที่จะบอกว่าเมื่อไรที่พลังงานของรังสียูวีลดลงจนอยู่ในระดับที่ไม่เหมาะสมกับการใช้งานแล้ว โดยทั่วไปนั้นแสงยูวีที่ใช้ในอุตสาหกรรมจะมีความยาวอยู่ในช่วง 200-400 nm ซึ่งความยาวคลื่นแสงนั้นสั้นเกินไปที่จะสามารถมองเห็นได้ด้วยตามนุษย์ การสังเกตโดยการมองดูความเข้มแสงด้วยตาจึงไม่สามารถบอกได้ว่าหลอดไฟรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคนั้นยังมีประสิทธิภาพในการทำงานอยู่หรือไม่ สิ่งเดียวที่จะบอกได้คือการตรวจสอบประสิทธิภาพของรังสียูวีโดยใช้เครื่องมือที่สามารถวัดรังสียูวีเฉพาะ

การตรวจสอบประสิทธิภาพของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค มีความสำคัญต่อการควบคุมกระบวนการฆ่าเชื้อให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นการป้องกันไม่ให้สินค้าที่ไม่ได้ผ่านการฆ่าเชื้ออย่างสมบูรณ์จำนวนมากเล็ดลอดออกสู่ตลาดและมือลูกค้าที่สามารถให้เกิดความเสียหายแก่ชื่อเสียงของตราสินค้า เสียค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนสินค้าและการดำเนินการทั้งหมด และเนื่องจากหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคมีราคาแพง และยังมีค่าใช้จ่ายช่างชำนาญการในแต่ละครั้งของการเปลี่ยน ดังนั้นผู้ใช้จึงต้องการทราบถึงประสิทธิภาพการทำงานของหลอดว่าได้ลดต่ำลงจนมีความจำเป็นต้องเปลี่ยนแล้วหรือไม่ การตรวจสอบประสิทธิภาพของหลอดรังสียูวีที่ทำได้ง่ายโดยผู้ใช้งานเองจึงเป็นที่ต้องการ

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องมือตรวจวัดหลากหลายชนิดด้วยกัน แต่โดยทั่วไปมักใช้เครื่องวัดรังสียูวี (radiometer) สำหรับใช้ในการหาปริมาณรังสียูวี (UV Dosage) ในหน่วย $\mu J/cm^2$ และวัดความเข้มรังสียูวี (UV Intensity) ในหน่วย $\mu W/cm^2$ เพื่อรับรองว่าผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติเหมาะสมในการใช้งานโดยสูตรในการคำนวณปริมาณรังสียูวีมีความสัมพันธ์กับความเข้มรังสียูวีดังสมการ

ความเข้มของแสงยูวี ($\mu W/cm^2$) × เวลา (s) = ปริมาณของรังสียูวี ($\mu J/cm^2$)

W	คือ	วัตต์ หน่วยวัดกำลังไฟฟ้า
cm^2	คือ	พื้นที่ในหน่วยตารางเซ็นติเมตร
J	คือ	จูล หน่วยวัดพลังงานไฟฟ้า (กำลังไฟฟ้า x เวลา)

การใช้หลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคให้มีประสิทธิภาพนั้น ต้องใช้ค่าปริมาณรังสียูวีให้เหมาะสมกับเชื้อโรคแต่ละประเภท ซึ่งสำหรับหลอดไฟที่ให้ความเข้มคงที่ปริมาณรังสียูวีจะสัมพันธ์ช่วงเวลาสำหรับการฆ่าเชื้อโรคแต่ละชนิดโดยเฉพาะ

2.4.2 วิธีทดสอบประสิทธิภาพระบบการฆ่าเชื้อโรคฆ่าเชื้อโรคในอากาศ

จากการศึกษาของ Sung *et al.* (2008) กล่าวว่า ความสามารถในการฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคโดยเฉพาะ UVC (ช่วง 100 นาโน เมตร ~ 280 นาโนเมตร) เป็นที่รู้จักกันมากกว่าศตวรรษ และได้มีการศึกษาทดลองจำนวนมากที่ศึกษาถึงประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อโรค ซึ่งโดยทั่วไปนั้นจะขึ้นกับความเข้มแสง เวลา และประเภทของจุลินทรีย์ ซึ่งอัตราในการฆ่าจุลินทรีย์ (KR) นั้นสามารถแสดงได้จากสมการที่ 2.1

$$KR = 1-e^{-klt} \quad (2.1)$$

k คือ อัตราคงที่ของรังสียูวี [m^2/J]

I คือ ความเข้มของรังสียูวี [W/m^2]

t คือ เวลา (s)

และจากตารางที่ 2-3 แสดงให้เห็นถึงอัตราคงที่ของรังสียูวีของตัวแทนจุลินทรีย์บางชนิด ซึ่งสามารถถูกฆ่าโดยแสงยูวีได้โดยง่าย และยิ่งอัตราค่าคงที่ของของรังสียูวียิ่งสูงศักยภาพในการฆ่าเชื้อโรคก็จะมากตามขึ้นไปด้วย

ตารางที่ 2-3 อัตราค่าคงที่ของรังสียูวี (k) ของตัวแทนจุลินทรีย์บางชนิด

TYPE	Microbe	UV rate constant (*k*)	Reference
Fungi	Aspergillus niger	0.000128361	Luckiesh 1949
	Penicillium chrysogenum	0.001004561	Luckiesh 1949
Bacteria	Bacillus subtillis	0.027	Peccia 2001
	Mycobacterium tuberculosis	0.4721	Riley 1976
Virus	Vaccinia virus	0.1528	Collier 1955

ที่มา: Sung *et al.* (2008)

Solar Light Co., Inc. (1999) ได้ศึกษาประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสียูวีที่ความยาวคลื่น 254 nm ซึ่งพบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการรอดชีวิตของจุลินทรีย์กับความเข้มและเวลาในการฉายแสง ณ. สภาวะหนึ่งๆดังสมการที่ 2.2

$$(P / P_0) = e^{-tKE} \quad (2.2)$$

โดย P คือ ความเข้มข้นของแบคทีเรียที่รอดชีวิต

P_0 คือ ความเข้มข้นเริ่มต้นของแบคทีเรีย

K คือ ค่าคงที่ที่ถูกกำหนดจากสิ่งแวดล้อม (ความชื้น อุณหภูมิ ตัวแปร)

E คือ ความเข้มของการฆ่าเชื้อโรค

t คือ เวลาในการแสดงผล

สมการดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ณ. สภาวะหนึ่งๆ ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคจากการฉายแสงขึ้นอยู่กับปริมาณของรังสียูวี (Et) และตารางที่ 2-4 แสดงให้เห็นถึงปริมาณขั้นต่ำที่ต้องใช้ในการฆ่าเชื้อโรคแต่ละชนิด ด้วยหลอดไฟฆ่าเชื้อโรคที่ความยาวคลื่น

ตารางที่ 2-4 แสดงปริมาณความเข้มของรังสียูวี ($\mu W/cm^2$) ที่จำเป็นในการฆ่าเชื้อโรค

Organisms:	Energy Dosage of Ultraviolet radiation (UV dose) in µWs/cm2 needed for kill factor	
Bacteria	90% (1 log reduction)	99% (2 log reduction)
Bacillus anthracis - Anthrax	4,520	8,700
Bacillus anthracis spores – Anthrax spores	24,320	46,200
Bacillus magaterium sp. (spores)	2,730	5,200
Bacillus magaterium sp. (veg.)	1,300	2,500
Bacillus paratyphusus	3,200	6,100
Bacillus subtilis spores	11,600	22,000
Bacillus subtilis	5,800	11,000
Clostridium tetani	13,000	22,000
Corynebacterium diphtheriae	3,370	6,510
Ebertelia typhosa	2,140	4,100
Escherichia coli	3,000	6,600
Leptospiracanicola - infectious Jaundice	3,150	6,000
Micrococcus candidus	6,050	12,300
Micrococcus sphaeroides	1,000	15,400
Mycobacterium tuberculosis	6,200	10,000
Neisseria catarrhalis	4,400	8,500
Phytomonas tumefaciens	4,400	8,000
Proteus vulgaris	3,000	6,600
Pseudomonas aeruginosa	5,500	10,500
Pseudomonas fluorescens	3,500	6,600
Salmonella enteritidis	4,000	7,600
Salmonella typhimurium	8,000	15,200
Sarcina lutea	19,700	26,400
Serratia marcescens	2,420	6,160
Shigella dyseteriae - Dysentery	2,200	4,200
Shigella flexneri - Dysentery	1,700	3,400
Shigella paradysenteriae	1,680	3,400

Organisms:	Energy Dosage of Ultraviolet radiation (UV dose) in μWs/cm2 needed for kill factor	Organisms:
Spirillum rubrum	4,400	6,160
Staphylococcus albus	1,840	5,720
Staphylococcus aerius	2,600	6,600
Staphylococcus hemolyticus	2,160	5,500
Staphylococcus lactis	6,150	8,800
Streptococcus viridans	2,000	3,800
Vibrio comma - Cholera	3,375	6,500
Molds	90%	99%
Aspergillius flavus	60,000	99,000
Aspergillius glaucus	44,000	88,000
Aspergillius niger	132,000	330,000
Mucor racemosus A	17,000	35,200
Mucor racemosus B	17,000	35,200
Oospora lactis	5,000	11,000
Penicillium expansum	13,000	22,000
Penicillium roqueforti	13,000	26,400
Penicillium digitatum	44,000	88,000
Rhisopus nigricans	111,000	220,000
Virus	90%	99%
Bacteriopfage - E. Coli	2,600	6,600
Infectious Hepatitis	5,800	8,000
Influenza	3,400	6,600
Poliovirus - Poliomyelitis	3,150	6,600
Tobacco mosaic	240,000	440,000

ที่มา: http://www.americanairandwater.com/uv-facts/uv-dosage.htm

Douglas and Karin (2002) ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ UVGI โดยทำการทดสอบระบบการทำงานของท่อที่ติดตั้งหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคดังรูปภาพที่ 2-10 โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างจำนวนจุลชีพตอนเริ่มต้นและตอนปลายของหลอดไฟ และควบคุมการตรวจวัดของอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 10 และ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ 35-85% และอัตราการไหลของอากาศ 17-85 m^3/min จากนั้นนำจำนวนจุลชีพในอากาศที่เก็บได้มาคำนวณประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อโรค ดังสมการที่ 2.3

$$N_t/N_0 = \exp(-k\,E_{eff}\,.\Delta t) = \exp(-k.Dose) \qquad (2.3)$$

โดย N_0 คือ จำนวนจุลินทรีย์ตอนเริ่มต้น

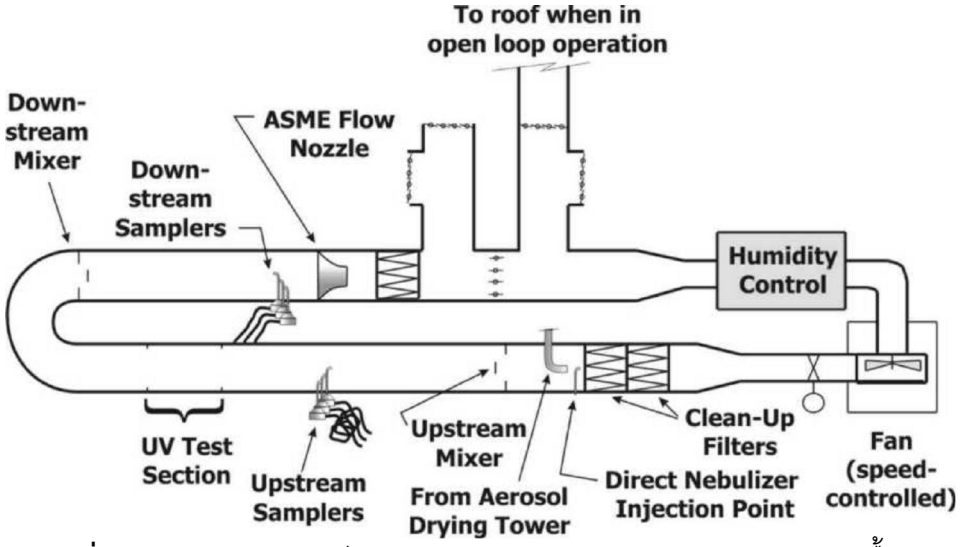
N_t คือ จำนวนจุลินทรีย์หลังจากเวลา Δt

N_t/N_0 คือ อัตราส่วนของจำนวนจุลินทรีย์ที่รอดชีวิต

k คือ จำนวนจุลินทรีย์ - ค่าคงที่ ($cm^2/\mu W - s$)

E_{eff} คือ ประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อโรคที่ได้จากจุลชีพ ($\mu W/ cm^2$)

Dose คือ ปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลต ($\mu Ws/ cm^2$)



ภาพที่ 2-10 แสดงการจัดเตรียมอุปกรณ์การทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโรคของหลอดรังสีอัลตราไวโอเลต

ที่มา : Douglas and Karin (2002)

2.4.3 ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์สำหรับทดสอบประสิทธิภาพของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์จำพวกเครื่องมือตรวจวัดปริมาณรังสียูวี C อัตโนมัติ นอกเหนือจากเครื่องมือตรวจวัดอัตโนมัติจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นชุดทดสอบปริมาณการดูดซับรังสียูวีโดยใช้หลักการการเปลี่ยนสี โดยจะมีทั้งลักษณะเป็นการ์ดทดสอบและเป็นฉลากสติ๊กเกอร์วัดปริมาณการดูดซับรังสียูวีจากแสงอาทิตย์หรือแสงฟลูออเรสเซนต์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะเห็นว่ายังไม่มีผลิตภัณฑ์ที่เป็นชุดทดสอบประสิทธิภาพของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคโดยเฉพาะ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการตรวจสอบประสิทธิภาพของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

รุ่น GLM10

รุ่น GLM100

ภาพที่ 2-11 ภาพแสดงผลิตภัณฑ์ทดสอบหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค (Germicidal Lamp Monitor)

ที่มา: http://www.solarlight.com/products/glm10.html

ข้อมูลผลิตภัณฑ์ ตรวจสอบประสิทธิภาพของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค ในระบบการฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสียูวีในน้ำ ตอบสนองความยาวคลื่นที่ 240 - 275 nm

รุ่น PMA

ภาพที่ 2-12 ภาพแสดงผลิตภัณฑ์ทดสอบหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค(Germicidal UVC Detectors)

ที่มา: http://www.solarlight.com/products/pma2122.html

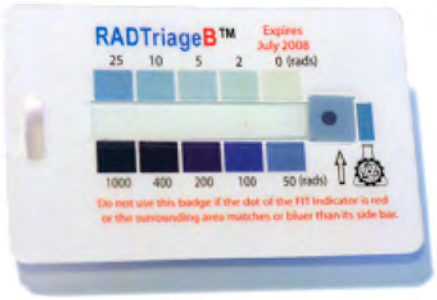
ข้อมูลผลิตภัณฑ์ สามารถตรวจประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อโรคด้วยการฉายรังสียูวี ด้วยความรวดเร็วและแม่นยำ ราคาประมาณ 24,300 บาท

ภาพที่ 2-13 ภาพแสดงผลิตภัณฑ์เครื่องวัดแสงยูวี (IL-1400 RADIOMETERS)

ที่มา: http://www.uvprocess.com/product.asp?code=RDMTRCBL+D

ข้อมูลผลิตภัณฑ์ ออกแบบมาเพื่อวัดแสงยูวี แสดงการอ่านค่าโดยอัตโนมัติด้วยความแม่นยำ สามารถใช้ตรวจวัดแสงยูวีได้หลากหลายรวมถึงตรวจวัดประสิทธิภาพหลอดไฟรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค ในช่วงรังสี 250 nm - 310 nm ราคาประมาณ 63,800 บาท

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทดสอบรังสียูวีโดยใช้หลักการการเปลี่ยนสีของตัวชี้วัด



ภาพที่ 2-14 ผลิตภัณฑ์การ์ดทดสอบปริมาณการดูดซับรังสี (Wallet Card Dosimeters)

ที่มา: http://www.stanforddosimetry.com/SIRAD/walletdosimeter.html

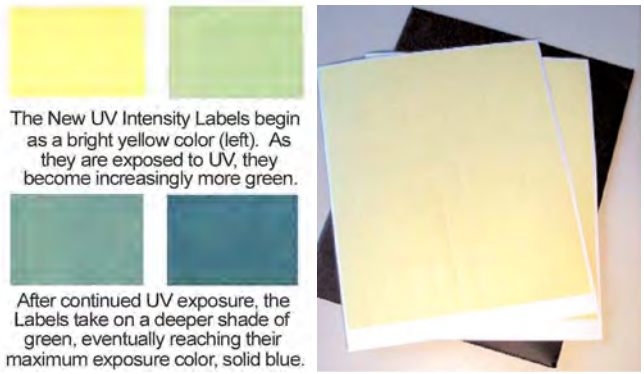
ข้อมูลผลิตภัณฑ์ ใช้เทคโนโลยีของสารพอลีไดอะเซทีลีน โดยวัสดุเส้นแถบสีในการ์ดจะเปลี่ยนสีตามปริมาณการดูดซับรังสี (rads) ที่มากขึ้น เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการทราบถึงปริมาณการดูดซับรังสีจากแสงฟลูออเรสเซนต์หรือแสงยูวีจากดวงอาทิตย์ ราคาประมาณ 660 บาท

ภาพที่ 2-15 ภาพแสดงผลิตภัณฑ์การ์ดทดสอบปริมาณการดูดซับรังสี SIRAD

(Self-indicating Instant Radiation Alert Dosimeter)

ที่มา: http://www.croweandco.com/Articles.asp?ID=147

ข้อมูลผลิตภัณฑ์ บอกถึงระดับปริมาณการดูดซับรังสีและระดับอันตรายของปริมาณการรับรังสีจากแหล่งกำเนิดรังสียูวีจากแสงอาทิตย์หรือแสงฟลูออเรสเซนต์ โดยสีที่เข้มขึ้นจะแสดงถึงอันตรายที่เพิ่มมากขึ้นด้วย สามารถใช้งานง่าย พกพาสะดวก ราคาประมาณ 680 บาท



ภาพที่ 2-16 ภาพแสดงผลิตภัณฑ์ฉลากทดสอบความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเลต (UV INTENSITY LABELS)

ที่มา: http://www.uvprocess.com/product.asp?code=INTS+LBL+A

ข้อมูลผลิตภัณฑ์ สำหรับวัดปริมาณรังสียูวี ซึ่งฉลากจะเปลี่ยนสีจากพลังงานรังสียูวี ที่ได้รับ สามารถวัดปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตตั้งแต่ 0mJ/cm ² ถึงมากกว่า 5,000 MJ (5J)/cm ² และสามารถใช้ตรวจวัดความเสื่อมของหลอดไฟอัลตราไวโอเลตประเภท UVA และ UVB ได้ ขนาดฉลาก 19 มม.× 25 มม. 1 แพคบรรจุ 9 แผ่น (1แผ่นมี110ฉลาก) ราคาประมาณ 4125 บาท

จากการสืบค้นข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค และผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทดสอบการดูดซับรังสีอัลตราไวโอเลตโดยใช้หลักการในการเปลี่ยนสี สามารถสรุปข้อดี และข้อเสีย โดยแบ่งออกเป็นปัจจัยด้านต่าง ดังแสดงในตารางที่ 2-5

ตารางที่ 2-5 แสดงการเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของผลิตภัณฑ์ทดสอบรังสีอัลตราไวโอเลต

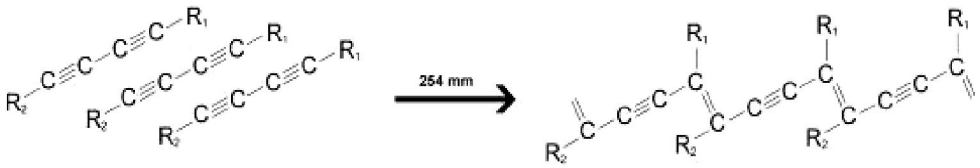
ปัจจัย / ผลิตภัณฑ์	ความยากง่ายในการใช้งาน	ประสิทธิภาพของการใช้งาน	ความรวดเร็วในการทดสอบ	ราคา
Germicidal Lamp Monitor	ใช้งานยาก ขั้นตอนการทดสอบค่อนข้างซับซ้อน จึงต้องอาศัยผู้ชำนาญในการตรวจสอบ	ผลการตรวจสอบค่อนข้างแม่นยำ	อ่านค่าตัวเลขได้ทันที แต่ยังต้องมีการนำไปคำนวนค่าต่อเพื่อหาประสิทธิภาพที่แท้จริง	แพง
Germicidal UVC Detectors	ใช้งานยาก ต้องอาศัยผู้ชำนาญในการตรวจสอบ	ผลการตรวจสอบค่อนข้างแม่นยำ	อ่านค่าตัวเลขได้ทันที แต่ยังต้องมีการนำไปคำนวนค่าต่อเพื่อหาประสิทธิภาพที่แท้จริง	แพง

ปัจจัย / ผลิตภัณฑ์	ความยากง่ายในการใช้งาน	ประสิทธิภาพของการใช้งาน	ความรวดเร็วในการทดสอบ	ราคา
Radiometers	ใช้งานยาก ต้องมีการตั้งค่าของการตรวจวัด จึงต้องอาศัยผู้ชำนาญในการตรวจสอบ	ผลการตรวจสอบค่อนข้างแม่นยำ สามารถใช้งานได้หลากหลายประเภท	อ่านค่าตัวเลขได้ทันที แต่ยังต้องมีการนำไปคำนวนค่าต่อเพื่อหาประสิทธิภาพที่แท้จริง	แพงมาก
Wallet Card Dosimeters	ใช้งานได้ง่าย พกพาสะดวก	สามารถบอกระดับของปริมาณการดูดซับรังสี	อ่านค่าการตรวจวัดได้ทันทีโดยสังเกตการเปลี่ยนสี และค่าตัวเลขแสดงระดับปริมาณการดูดซับรังสี	ถูก
SIRAD	ใช้งานได้ง่าย พกพาสะดวก	สามารถบอกระดับของอันตรายและปริมาณการดูดซับรังสี	อ่านค่าการตรวจวัดได้ทันทีโดยสังเกตการเปลี่ยนสี และค่าตัวเลขแสดงระดับปริมาณการดูดซับรังสี	ถูก
UV Intensity Lables	ใช้งานได้ง่าย ขั้นตอนไม่ซับซ้อน	สามารถบอกระดับของความเข้มรังสีอัลตราไวโอเลตได้	อ่านค่าการตรวจวัดได้ทันทีจากการสังเกตการเปลี่ยนสี	ถูก

2.5 การใช้สารเปลี่ยนสีในการทดสอบประสิทธิภาพหลอดไฟฆ่าเชื้อโรค และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 สารพอลิไดอะเซทิลีน(polydiacetylene)

You *et al*. (2009) ได้อธิบายถึงคุณสมบัติของสารพอลิไดอะเซทิลีนไว้ว่า พอลิไดอะเซทิลีนเป็นคอนจูเกตพอลิเมอร์ที่ได้จากปฏิกิริยาโฟโตพอริเมอไรเซชันของไดอะเซทิลีนมอนอเมอร์ด้วยแสงยูวีโดยจะเกิดปฏิกิริยาการเติมที่คาร์บอนตรงตำแหน่งที่ 1 และ 4 เกิดเป็นโครงสร้างที่มีพันธะคู่สลับพันธะเดี่ยว เรียกว่า คอนจูเกตหรือเรียกว่ามีโครงสร้างเป็นอีน-ไอน์ พอลิเมอร์ ดังภาพที่ 2-17



ภาพที่ 2-17 แสดงปฏิกิริยาโฟโตพอลิเมอไรเซชันของไดอะเซทิลีนมอนอเมอร์

พอลิไดอะเซทิลีนมีสมบัติเฉพาะตัวที่น่าสนใจ คือ สมบัติทางสี ซึ่งจะเกิดการเปลี่ยนสีเมื่อได้รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้าภายนอก เช่น การดูดกลืนของแสงอัลตราไวโอเลต แสงฟลูออเรสเซ็นต์ อุณหภูมิ pH และชนิดของตัวทำละลาย ซึ่งทำให้มีการเปลี่ยนสีจากน้ำเงินซึ่งมีการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 640 nm เป็นสีแดงซึ่งมีการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 540 nm ซึ่งสีของพอลิไดอะเซทิลีนขึ้นอยู่กับความยาวของสายคอนจูเกต ความเป็นระนาบของโมเลกุลตลอดจนความเครียดในสายคอนจูเกชัน ซึ่งแปรเปลี่ยนไปตามชนิดของไดอะเซทิลีนมอนอเมอร์ โดยส่วนใหญ่พอลิไดอะเซทิลีนมีสีแดง หรือน้ำเงิน แต่บางชนิดอาจมีสีม่วง ส้ม หรือเหลืองได้เช่นกัน

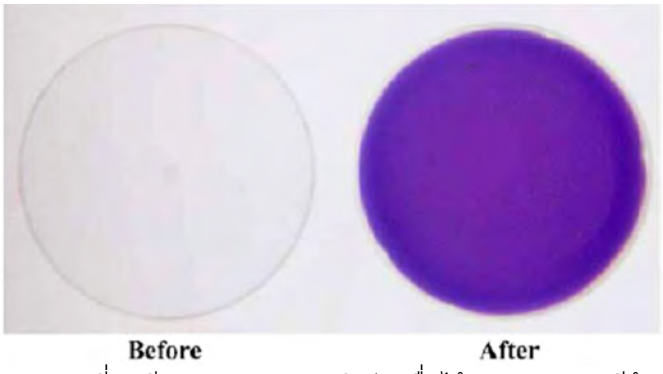
และเนื่องจากการที่พอลิไดอะเซทิลีนเป็นพอลิเมอร์ที่มีสมบัติการเปลี่ยนสีเมื่อมีการเปลี่ยนสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม จึงนำไปสู่การพัฒนาไปเป็นเซนเซอร์วัดการเปลี่ยนสีที่สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงด้วยตาได้ในรูปแบบฟิล์มบางซึ่งถือว่ามีประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้เป็นชุดทดสอบ (Potisatityuenyong *et al*., 2005)

2.5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยของ Abdel-Fattah *et al*. (1997) ซึ่งทำการศึกษาในการพัฒนาตัวชี้วัดรังสีประเภท UVA UVB และ UVC ซึ่งพัฒนาฟิล์มจากสาร bromophenol blue (BPB) / poly vinyl batyrai (PVB) ขึ้น เพื่อเป็นตัวชี้วัดปริมาณการรับรังสีโดยใช้หลักการการเปลี่ยนสีของฟิล์มในการบ่งชี้ปริมาณรังสีแต่ละชนิดโดยพัฒนาตัวชี้วัดจากสาร BPB/PVB ฟิล์มจะเปลี่ยนสีจากสีฟ้าเป็นสีเขียวและสีเหลืองเป็นสีสุดท้ายเมื่อได้รับการฉายรังสียูวีซึ่งการเปลี่ยนสีนี้จะขึ้นกับความเข้มข้นของสารประกอบและช่วงความยาวคลื่นของรังสี โดยความไวของฟิล์มต่อช่วงความยาวคลื่นรังสีจะเพิ่มขึ้นเมื่อความยาวคลื่นรังสีลดลง และฟิล์มตัวชี้วัดรังสียูวีนี้จะแสดงความสามารถที่ดีเมื่อถูกเก็บไว้ในที่มืดและวัดค่าที่ช่วง 421-601 nm หรือถูกเก็บไว้โดยไม่ให้ถูกแสงในช่วงกลางวันและวัดค่าที่ช่วง 421 nm ซึ่งตัวชี้วัดปริมาณรังสียูวีนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในทางการแพทย์หรืออุตสาหกรรมต่างๆที่เกี่ยวข้องกับสเปกตรัมในช่วง UVA UVB และ UVC ได้

เช่นเดียวกับ Mills *et al*. (2006) ซึ่งทำการศึกษาเกี่ยวกับตัวชี้วัดรังสีประเภทUVB โดยได้พัฒนาฟิล์มจากสาร benzyl viologen (BV^{2+}) / polyvinyl alcohol (PVA) ขึ้น เพื่อเป็นตัวชี้วัดปริมาณรังสีเพื่อบอกอันตรายต่อสภาพผิวจากแสงยูวีจากดวงอาทิตย์โดยใช้หลักการการเปลี่ยนสี

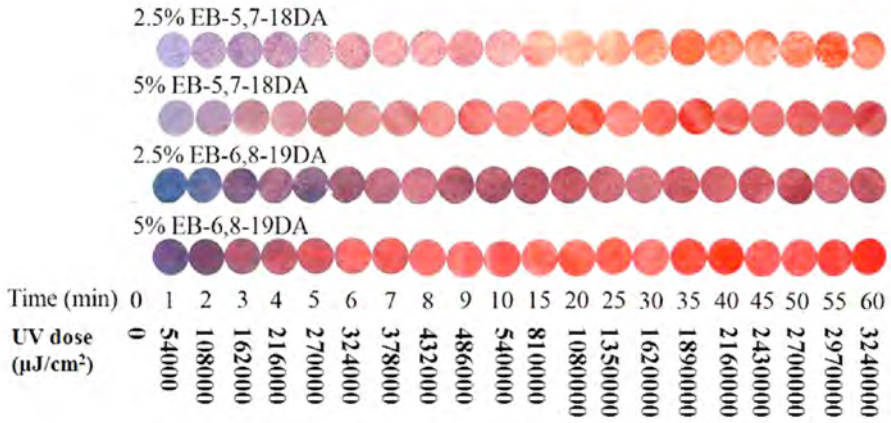
ซึ่งจากภาพที่ 2-18 แสดงถึงภาพถ่ายของ BV^{2+}/PVA ฟิล์มเมื่อได้รับการฉายรังสีของแสง UVB ที่ 4 mW/cm^{-2} โดยฟิล์มจะเปลี่ยนสีจากไม่มีสีเป็นสีม่วงหลังจากการฉายรังสีไป 300 วินาที



ภาพที่ 2-18 ภาพถ่ายการเปลี่ยนสีของ BV2+/PVA ฟิล์ม เมื่อได้รับการฉายรังสีด้วยแสง UVB

ที่มา: Mills *et al*. (2006)

และจากรายงานวิจัยของ Phollookin *et al*. (2009) ซึ่งได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับตัวชี้วัดเปลี่ยนสีที่ตอบสนองต่อการฉายรังสียูวีประเภท UVC จากการทดลองสามารถพัฒนาฟิล์มจากการเตรียมสารประเภทไดอะซิทีลีนที่สามารถตรวจจับรังสียูวีจากการเปลี่ยนสี และสามารถบอกระดับความสามารถในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แต่ละประเภทได้จากการฉายรังสียูวีที่ความเข้มข้นแสง 900 $\mu W/cm^2$ ในช่วงเวลาที่แตกต่างกันออกไป โดยฟิล์มจะเปลี่ยนสีจากไม่มีสี เป็นสีฟ้า ม่วงอมแดง และแดง ตามลำดับ ดังภาพที่ 2-19 ซึ่งจากการทดลองนั้นฟิล์มจะเปลี่ยนสีจากไม่มีสีเป็นสีฟ้าในช่วงเวลา 1-2 นาทีซึ่งจะมีปริมาณรังสียูวี (UV dose) อยู่ในช่วง 54,000-108,000 $\mu J/cm^2$ ถือเป็นปริมาณรังสียูวีที่น้อยที่สุดที่ต้องการสำหรับการฆ่าเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด และเมื่อเพิ่มเวลาการฉายรังสีถึงช่วงเวลา 4-5 นาทีจะเปลี่ยนจากสีฟ้าเป็นสีม่วงอมแดงโดยค่าปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตจะอยู่ในช่วง 216,000-270,000 $\mu J/cm^2$ ซึ่งถือเป็นปริมาณรังสียูวีที่น้อยที่สุดที่ต้องการสำหรับฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ประเภทฟังไจ จากนั้นเมื่อเพิ่มเวลาในการฉายรังสีเป็น 10 นาที จะเปลี่ยนจากสีม่วงอมแดงเป็นสีแดงโดยค่าปริมาณรังสียูวีจะอยู่ในช่วงมากกว่า 540,000 $\mu J/cm^2$ ซึ่งถือเป็นช่วงที่ต้องการสำหรับการฆ่าไวรัสดังภาพที่ 2-19 ซึ่งฟิล์มที่ได้จากการทดลองนั้นมีต้นทุนไม่สูง มีความสะดวกและง่ายในการตรวจวัด



ภาพที่ 2-19 ภาพถ่ายการเปลี่ยนแปลงสีของฟิล์มไดอะเซทิลีน จากการฉายรังสียูวี บนกระดาษประเภท PVC

ที่มา : Chaiwat Phollookin (2009)

ซึ่งจากจุดนี้ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะทำการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค โดยใช้หลักการการเปลี่ยนสีของสารในกลุ่มไดอะเซทิลีนที่เปลี่ยนสีจากการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตชนิดที่เปลี่ยนสีแบบไม่เปลี่ยนกลับ เนื่องจากในปัจจุบันในประเทศไทยยังไม่มีการใช้วิธีการดังกล่าวมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชี้วัดเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค ซึ่งจากวิธีการดังกล่าวนั้นจะช่วยให้การทดสอบประสิทธิภาพของหลอดไฟฆ่าเชื้อโรคนั้นมีวิธีการตรวจสอบที่ง่ายขึ้น ราคาถูก สามารถใช้งานร่วมไปกับกระบวนการฆ่าเชื้อได้ และสามารถผลการทดสอบสามารถเก็บไว้เป็นหลักฐานได้อีกด้วย

2.6 กระบวนการทางด้านการพิมพ์

2.6.1 กระบวนการทางด้านการพิมพ์

ภาวนา ไชยสมบูรณ์ (2549) ระบบการพิมพ์มีหลายระบบ โดยสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

ระบบออฟเซต การพิมพ์ในระบบออฟเซต (offset printing) เป็นการพิมพ์ในระบบอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถพิมพ์ได้เร็ว จำนวนมากและค่าใช้จ่ายน้อย แต่ควรมีจำนวนพิมพ์ตั้งแต่ 3,000 แผ่นขึ้นไป เพราะถ้าน้อยกว่านี้ราคาต่อหน่วยจะสูง นอกจากนี้ค่าใช้จ่ายในการพิมพ์ขึ้นอยู่กับจำนวนสีที่พิมพ์ ถ้าต้องการพิมพ์สีเดียวไม่ว่าจะเป็นสีใดก็ตามกระดาษจะพิมพ์ผ่านแผ่นแม่พิมพ์เพียงครั้งเดียว ถ้าต้องการพิมพ์มากกว่าหนึ่งสีกระดาษก็จะผ่านแม่พิมพ์ตามจำนวนสี ซึ่งทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มตามไปด้วย

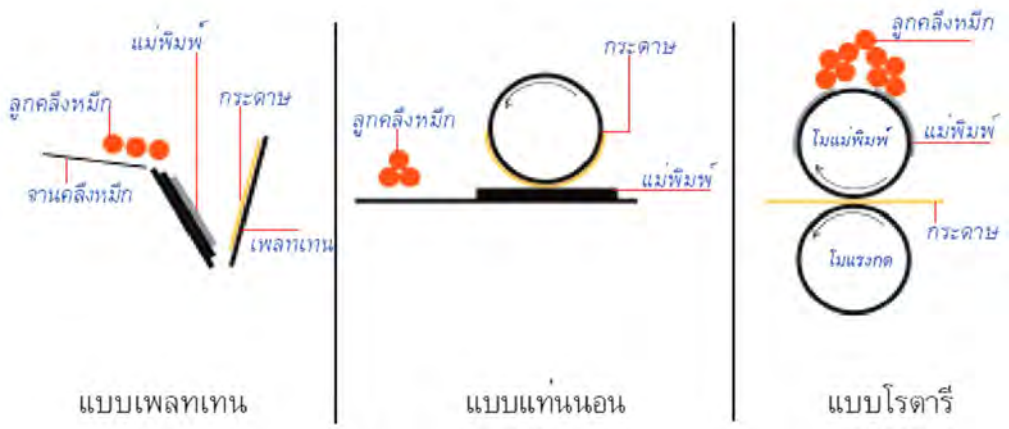
การพิมพ์ในระบบออฟเซตใช้แม่พิมพ์เป็นแผ่นโลหะพื้นแบนติดบนโมแม่พิมพ์มีส่วนที่ต้องการพิมพ์และส่วนพื้นอยู่บนระนาบเดียวกัน ลูกคลึงน้ำเป็นตัวหล่อน้ำบนส่วนพื้นที่ไม่ต้องการพิมพ์ และมีน้ำมันเคลือบอยู่บนส่วนที่ต้องการพิมพ์ เมื่อผ่านลูกคลึงหมึกลงบนโมแม่พิมพ์ ส่วนที่เป็นหมึกจะไม่ติดส่วนพื้น แต่จะติดส่วนที่ต้องการพิมพ์ซึ่งมีเคลือบน้ำมันไว้ โมยางจะกลิ้งผ่านส่วนที่ต้องการพิมพ์โดยมีโมแม่พิมพ์กดไว้ได้ภาพกลับซ้ายเป็นขวา กระดาษเปล่าจะถูกป้อนเข้าไประหว่างโมยางและโมแรงกดเพื่อรับหมึกจากโมยางได้ออกมาเป็นงานพิมพ์แสดงดังภาพที่ 2-20

ภาพที่ 2-20 ภาพระบบการพิมพ์แบบออฟเซต

ที่มา: ภาวนา ไชยสมบูรณ์ (2549)

ระบบเลตเตอร์เพรส การพิมพ์ในระบบเลตเตอร์เพรส (letterpress printing) เป็นระบบการพิมพ์ที่เก่าแก่มาก เหมาะกับงานพิมพ์ที่มีจำนวนพิมพ์ไม่เกิน 2,000-3,000 ชุด ไม่ต้องการงานคุณภาพสูงมาก มีภาพประกอบน้อย ไม่ควรเป็นงานพิมพ์หลายสี สี่สี หรือสอดสีและมีงบประมาณในการพิมพ์จำกัด ซึ่งการพิมพ์ในระบบเลตเตอร์เพรสมี 3 ชนิด คือการพิมพ์ด้วยแท่นแบบเพลตเทน (platen press) การพิมพ์ด้วยแท่นนอน (flat - bed cylinder press) และการพิมพ์ด้วยแท่นแบบโรตารี (rotary letterpress) ปัจจุบันยังใช้อยู่ทั้ง 3 ชนิด แต่ที่นิยมคือการพิมพ์ด้วยแท่นแบบเพลตเทน

การพิมพ์ระบบเลตเตอร์เพรสเป็นการพิมพ์ซึ่งใช้แม่พิมพ์ที่มีส่วนที่เป็นภาพนูนสูงกว่าพื้นและเป็นภาพกลับซ้ายเป็นขวาดังภาพที่ 2-21 วิธีการคือนำตัวเรียงเข้าหน้าตามดัมมี่ให้กลับด้านอัดกรอบให้แน่น นำเข้าสู่แท่นรองรับชิ้นพิมพ์ซึ่งตั้งฉากกับพื้น เวลาเดินเครื่องลูกกลิ้งยางจะเคลื่อนจากจานคลึงหมึกลงไปเกลี่ยบนพื้นหน้าชิ้นพิมพ์บนแท่นรองรับชิ้นพิมพ์ หมึกจะติดเฉพาะส่วนที่นูนขึ้นมา เมื่อช่างพิมพ์ป้อนกระดาษเข้าไป โมกดกระดาษจะเข้าหาแท่นรองรับชิ้นพิมพ์ซึ่งนิ่งอยู่ แล้วอัดหรือกดกระดาษทั้งแผ่นกระทบชิ้นพิมพ์กระดาษรับหมึกจากพื้นหน้าของชิ้นพิมพ์แล้วถอยออกมาได้ภาพและตัวอักษรตามต้องการ

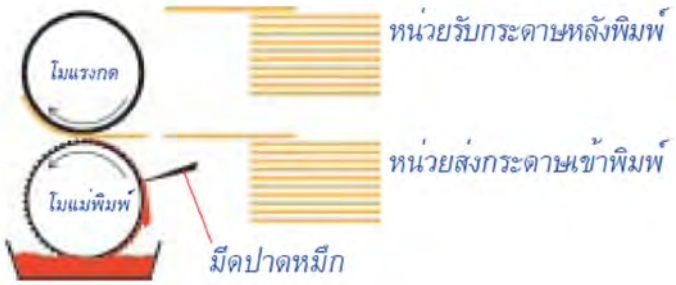


ภาพที่ 2-21 แท่นพิมพ์ระบบเลตเตอร์เพรส 3 แบบ

ที่มา: ภาวนา ไชยสมบูรณ์ (2549)

ระบบกราวัวร์ การพิมพ์ระบบกราวัวร์ (gravure printing) ในปัจจุบันสามารถพิมพ์ได้ทั้งกระดาษแบบป้อนแผ่นและแบบป้อนม้วน โดยเฉพาะถ้าพิมพ์ด้วยกระดาษแบบป้อนม้วนจะไวกว่าการพิมพ์ระบบออฟเซตถึง 2 เท่า ค่าใช้จ่ายในการพิมพ์ก็สูงกว่าการพิมพ์ระบบอื่นเพราะต้นทุนราคาแท่นพิมพ์ที่สูงกว่า กระบวนการทำแม่พิมพ์ต้องทำใหม่ทุกครั้งทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นการพิมพ์ระบบนี้จึงเหมาะกับงานที่ต้องการคุณภาพสูง และพิมพ์จำนวนมากอย่างต่ำ 500,000 สำเนาขึ้นไป

การพิมพ์ระบบกราวัวร์เป็นการพิมพ์ร่องลึก โดยส่วนที่ต้องการพิมพ์ในแม่พิมพ์นั้นจะเป็นร่องลึกสำหรับขังหมึกไว้คายบนกระดาษที่ใช้ในการพิมพ์ แม่พิมพ์จะสัมผัสกับกระดาษที่ใช้ในการพิมพ์เช่นเดียวกับการพิมพ์ในระบบเลตเตอร์เพรส ต่างกันตรงแม่พิมพ์ระบบกราวัวร์ต้องสร้างภาพหรือตัวอักษรที่ต้องการบนแผ่นทองแดง โดยการกัดกรดหรือใช้เลเซอร์ให้เป็นหลุมเล็กๆ มีขนาดหรือความตื้นลึกต่างกัน ซึ่งจะทำให้ผลงานมีความเข้มของสีแตกต่างกันดังภาพที่ 2-22 วิธีทำงานของแท่นพิมพ์จะคล้ายการพิมพ์ระบบเลตเตอร์เพรสแต่หมึกจะขังอยู่ในร่องแทนที่จะอยู่บนส่วนที่นูนเหมือนเลตเตอร์เพรส เครื่องพิมพ์จะมีมีดบางๆปาดหมึกที่ล้นออกมา เมื่อป้อนกระดาษเข้าไปกระดาษจะทำหน้าที่เหมือนกระดาษซับคือดูดซับหมึกพิมพ์ขึ้นมา โทนสีที่หลากหลายเกิดจากความหนาบาง ของหมึกที่ตกตะกอนในหลุมปฏิกิริยาเหล่านี้ทำให้ภาพที่ออกมามีลักษณะลายเส้นคมชัดมาก

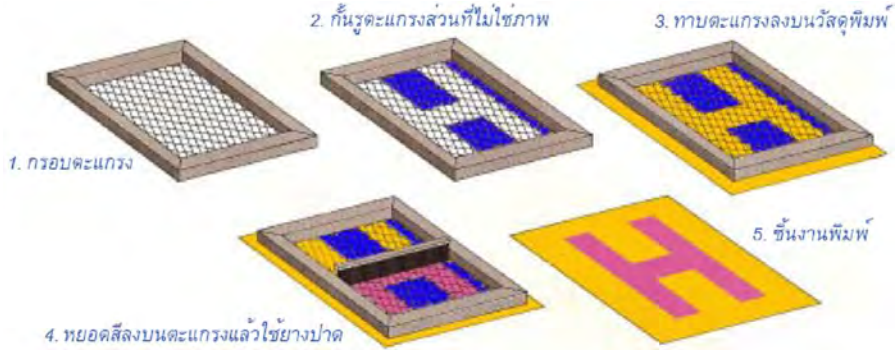


ภาพที่ 2-22 ภาพการพิมพ์ระบบกราวัวร์

ที่มา: ภาวนา ไชยสมบูรณ์ (2549)

ระบบสกรีน การพิมพ์ในระบบสกรีน (screen printing) เป็นระบบการพิมพ์พื้นฐานที่มีวิธีการทำงานแบบง่ายๆ ส่วนมากมักใช้แรงงานคน สามารถพิมพ์ได้หลายสีโดยไม่จำกัดและผลงานยังออกมาประณีตพอสมควร ค่าใช้จ่ายในการพิมพ์ระบบสกรีนไม่สูงนัก แต่ทำได้น้อยชิ้นกว่าระบบอื่นและเสียเวลาเพราะหมึกที่ใช้พิมพ์มีคุณสมบัติแห้งช้า มักใช้พิมพ์สิ่งที่เล็กมากๆหรือใหญ่มากๆ

การพิมพ์ในระบบสกรีนทำโดยปาดหมึกลอดผ่านผิววัสดุ ซึ่งอาจเป็นตะแกรงไนล่อน ผ้าไหม หรือสแตนเลส ซึ่งขึงอยู่บนกรอบไม้หรือกรอบโลหะดังภาพที่ 2-23 สร้างภาพที่ต้องการพิมพ์ลงบนตะแกรงไนล่อน ผ้าไหมหรือสแตนเลสดังกล่าวซึ่งมีสภาพเป็นฉากพิมพ์ โดยส่วนที่ไม่ต้องการจะถูกกั้นไว้ ตะแกรงแม่พิมพ์จะมีลักษณะเป็นโพสิทีฟ (positive) ตรงกับภาพที่ต้องการ นำตะแกรงแม่พิมพ์ที่สร้างแล้วไปทาบบนวัสดุที่จะใช้พิมพ์ หยอดสีลงบนตะแกรงแม่พิมพ์ แล้วใช้ยางปาดซึ่งมีผิวหน้าเรียบปาดสีให้ทะลุผ่านตะแกรงแม่พิมพ์ไปติดบนพื้นวัสดุที่รองรับจะได้ชิ้นงานพิมพ์ตามต้องการ



ภาพที่ 2-23 ภาพการพิมพ์ระบบสกรีน

ที่มา: ภาวนา ไชยสมบูรณ์ (2549)

ระบบการพิมพ์อิงค์เจท (Inkjet printing) ระบบการพิมพ์อิงค์เจทเป็นเทคโนโลยีการพิมพ์ชนิดรูปแบบจุดที่ปราศจากการกระแทก (non-impact dot-matrix printing) ซึ่งหยดหมึกขนาดเล็กถูกพ่นออกจาก รูเปิดขนาดเล็กไปยังตำแหน่งเฉพาะเจาะจงบนแผ่นสื่อ (media) เพื่อกำเนิดภาพ โดยหมึกพิมพ์จะแบ่งออกเป็น 3 ประเภท (Hue *et al*., 1998)

Water-based ink: ใช้อยู่ทั่วๆไปในเครื่องปริ้นท์เตอร์ตามบ้าน และธุรกิจขนาดเล็ก เช่น HP DeskJet series, Canon BJC series, Epson color stylus series โดยกลไกของหมึกจะเกาะได้ดีบนผิวของแผ่นสื่อชนิดไม่ได้เคลือบ (uncoated media) เช่น plain paper หมึกมีแนวโน้มที่จะกระจายตัวไปตามเส้นใยและทะลวง (penetrate) ลงไปในเนื้อกระดาษ ดังนั้นกลไกการแห้งของหมึก (drying mechanism) จึงขึ้นกับการทะลุทะลวงและการดูดจับ (penetration and adsorption) เป็นกลไกการแห้งที่อาศัยการระเหยของน้ำที่ค่อนข้างช้ามาก

Oil-based inks: ถูกใช้อย่างกว้างขวางใน large-format inkjet printer ซึ่งข้อดีของหมึกชนิดนี้คือแห้งเร็วกว่าและไม่มีรอยย่น (cockle) ของกระดาษเมื่อเทียบกับ water-based ink

Solvent-based inks: โดยทั่วไปที่ถูกใช้ใน industrial marking หรือ coating บนพื้นผิวที่ปราศจากรูพรุน เช่นพลาสติก โลหะ แก้ว ดังนั้นจึงไม่เกิดการดูดซึม ภาพพิมพ์ที่ได้จึงขึ้นกับการระเหยไปอย่างรวดเร็วของตัวทำละลาย (solvent) เพื่อให้เกิดการยึดติดบนแผ่นสื่อ

จากข้อมูลดังกล่าว ทำให้เห็นว่าหมึกพิมพ์ประเภทโซลเวนท์เบสอิงค์เจทนั้น ไม่เหมาะกับการมาพิมพ์ลงผลิตภัณฑ์เนื่องจาก วัสดุที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคนี้ทำจากกระดาษ ซึ่งหมึกพิมพ์ในระบบพิมพ์นี้จะไม่เกิดการดูดซึมและกระจายตัวลงในเส้นใยของกระดาษ ทำให้เกิดการแห้งตัวที่ช้ามาก จึงทำให้คุณภาพสีและภาพที่ได้ไม่ดี

จากการศึกษาเทคนิคการพิมพ์ที่เหมาะสมกับการผลิตผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค พบว่า การพิมพ์สกรีนโดยใช้การพิมพ์สีสกรีนระบบกึ่งอัตโนมัติ มีความสามารถในการพิมพ์สีต่อเนื่องหลายสีหรือการพิมพ์สีชุด (Process Color) ได้อย่างต่อเนื่องและรวดเร็วมากขึ้นกว่าระบบการพิมพ์ซิลค์สกรีน (สมาคมการพิมพ์สกรีนไทย, 2553*)* จึงเหมาะกับสำหรับการผลิตอินดิเคเตอร์ในปริมาณที่มากขึ้น ส่วนเทคนิคการพิมพ์อื่นที่อาจนำมาใช้ได้คือ การพิมพ์ระบบเลตเตอร์เพรสเนื่องจากเนื่องจากเป็นระบบการพิมพ์ที่ง่าย มีค่าใช้จ่ายในการพิมพ์ค่อนข้างต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับการพิมพ์ในระบบอื่น การแก้ไขข้อผิดพลาดทำได้ง่าย ใช้ในการพิมพ์ประเภท ฉลากสินค้า พิมพ์กราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ การ์ด หรือการพิมพ์ขนาดเล็กต่าง ๆ *(*ภาวนา ไชยสมบูรณ์, 2549*)* แต่มักเสียเวลาในการพิมพ์มาก ใช้เวลาในการแห้งของหมึกพิมพ์ช้า และเหมาะกับงานที่ไม่ต้องการรายละเอียดของภาพมากนัก

2.6.2 หมึกพิมพ์

หมึกพิมพ์เป็นองค์ประกอบสำคัญในกระบวนการพิมพ์ที่ทำให้เกิดภาพพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ ในอุตสาหกรรมการพิมพ์ต้องการหมึกพิมพ์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับแต่ละระบบการพิมพ์ วัสดุพิมพ์ และประโยชน์ใช้สอยของสิ่งพิมพ์ หมึกพิมพ์จึงแบ่งออกเป็นหลายประเภทตามระบบการพิมพ์ดังต่อไปนี้ (รติกร อลงกรณ์โชติกุล, 2550)

เล็ตเตอร์เพรส (letterpress) หรือดรายออฟเซต (dry offset) หมึกพิมพ์ชนิดนี้มีสมบัติเหนียวและความหนืดค่อนข้างสูง การนำไปใช้งานให้ชั้นฟิล์มของหมึกพิมพ์หนา ไม่สามารถรวมตัวกับน้ำได้

ออฟเซต (offset) หมึกพิมพ์ชนิดนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

หมึกพิมพ์ออฟเซตป้อนม้วน เนื่องจากต้องพิมพ์ด้วยความเร็วสูง หมึกพิมพ์ชนิดนี้จึงออกแบบมาเฉพาะให้มีสมบัติความหนืด ความเหนียวหนืด และสมบัติการรวมตัวกับน้ำของหมึกพิมพ์ ไม่ควรมีค่ามาก

หมึกออฟเซตป้อนแผ่น หมึกพิมพ์ชนิดนี้ส่วนใหญ่ออกแบบมาให้แห้งตัวด้วยวิธีออกซิเดชัน และแห้งตัวด้วยรังสียูวี

เฟล็กโซกราฟี (flexography) เป็นหมึกพิมพ์เหลวมีความหนืดต่ำที่ออกแบบมาใช้งานให้สามารถแห้งตัวด้วยวิธีการดูดซึมหรือการระเหย แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ หมึกพิมพ์ฐานน้ำ ฐานตัวทำละลายและฐานยูวี

กราวัวร์ (gravure) เป็นหมึกพิมพ์เหลวที่แห้งตัวด้วยการระเหย ในประเทศไทยมีอยู่ 2 ประเภท ได้แก่ หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย และฐานน้ำ

หมึกพิมพ์สกรีนหรือฉลุลายผ้า (screen) ใช้กับเครื่องพิมพ์สกรีนที่มีความคล่องตัวสูง สามารถใช้พิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์ได้หลากหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นกระดาษ พลาสติก โลหะ แก้ว หนัง เซรามิก และไม้ รวมทั้งการพิมพ์โปสเตอร์

หมึกพิมพ์พ่นหมึก (inkjet ink) เป็นหมึกเหลวที่สามารถพ่นออกจากท่อพ่นหมึกของเครื่องพิมพ์พ่นหมึก ปัจจุบันเป็นที่นิยมใช้กันตามสำนักงาน บ้าน และแหล่งทำป้ายโฆษณาตามท้องถนน หมึกพิมพ์ชนิดนี้มีอยู่ 3 ประเภท ได้แก่ หมึกฐานน้ำ ฐานตัวทำละลาย และฐานยูวี

หมึกพิมพ์พิเศษ (specialty ink) ตัวอย่างหมึกพิมพ์ชนิดนี้ได้แก่ หมึกพิมพ์แวววโลหะ หมึกพิมพ์แมกเนติก หมึกพิมพ์ป้องกันการปลอมแปลง และหมึกพิมพ์ฉลากพิเศษ เป็นต้น

องค์ประกอบของหมึกพิมพ์ ทั้งนี้ไม่ว่าหมึกพิมพ์จะผลิตขึ้นมาเพื่อใช้ในระบบการพิมพ์ที่ต่างกันก็ล้วนแต่มีองค์ประกอบหลักที่สำคัญ 3 กลุ่ม คือ

สารให้สี (colorant) มีหน้าที่ให้สีในหมึกพิมพ์ ทำให้เมื่อหมึกพิมพ์แห้งตัวบนวัสดุใช้พิมพ์แล้ว ทำให้เกิดภาพปรากฏขึ้นมาได้ โดยทั่วไปได้แก่ ผงสี และสีย้อม

ตัวพาหมึก (ink vehicle) เป็นตัวกลางสำหรับให้สีผงกระจายตัวอยู่และเป็นตัวทำละลายสีย้อม ทำให้สารให้สีเกิดการถ่ายโอนไปยังวัสดุใช้พิมพ์ได้ และเกิดการยึดติดกับวัสดุใช้พิมพ์ อีกทั้งทำให้หมึกพิมพ์มีสมบัติต่างๆตามต้องการ ได้แก่ความเหนียว ความหนืด การไหล และ การแห้งตัว

สารเติมแต่ง หรือตัวปรับหมึก (supplementary additives) เป็นสารที่ช่วยปรับคุณสมบัติด้านต่างๆของหมึกพิมพ์ให้ดีขึ้น รวมทั้งช่วยลดปัญหาการพิมพ์ และการใช้งานสิ่งพิมพ์ที่มีสาเหตุมาจากสมบัติที่ไม่เหมาะสมของหมึกพิมพ์

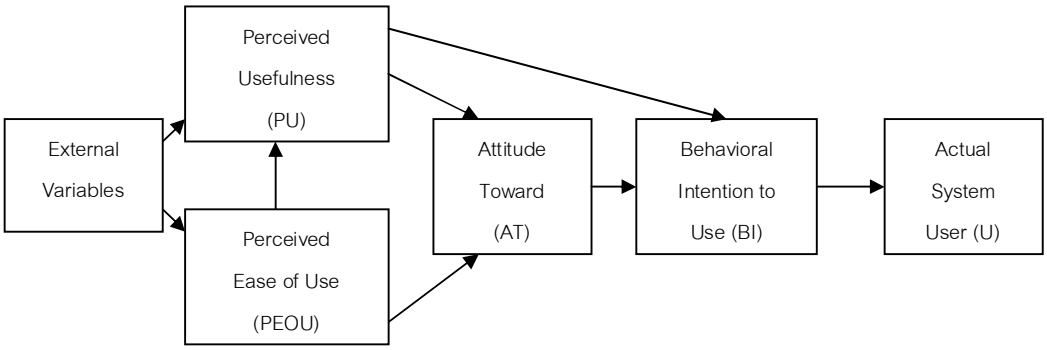
2.7 การยอมรับผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ใหม่บางครั้งอาจล้มเหลวไม่ประสบความสำเร็จจากการยอมรับของตลาด เนื่องจากลูกค้านั้นไม่ยอมรับในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ นักวิชาการยอมรับว่า ชื่อเสียงของผลิตภัณฑ์มีผลต่อการยอมรับในผลิตภัณฑ์ใหม่ เพราะผู้บริโภคไม่ได้รับข้อมูลจากหลายแหล่งในการตัดสินใจในเรื่องของคุณภาพของผลิตภัณฑ์ใหม่ ความคิดเห็นของผู้บริโภคกลายเป็นสัญญาณสำคัญเกี่ยวกับชื่อเสียงและความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากการความคิดเห็นของผู้บริโภคนั้นสะท้อนถึงความเกี่ยวข้องของผลิตภัณฑ์ใหม่ รวมทั้งการยอมรับหรือปฏิเสธของผู้ซื้อ (Emery *et al*., 2009)

การศึกษาความเข้าใจเกี่ยวกับทัศนคติของผู้บริโภคเป็นมิติหนึ่งที่ต้องให้ความสำคัญทัศนคติในแง่บวก ถือเป็นปัจจัยสำคัญในการนำไปสู่การตัดสินใจเลือกซื้อสินค้า ในปัจจุบันการสำรวจทัศนคติ ได้ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในการสำรวจข้อมูลทางการตลาด ทั้งนี้เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับทัศนคติ (Attitudes) การรับรู้ (Perceptions) และแรงจูงใจ (Motivations) ของผู้บริโภค (ณัฐสพันธ์ เผ่าพันธ์, 2552)

จากการศึกษาเรื่องการยอมรับทัศนคติของผู้บริโภค แนวคิดและทฤษฎีของตัวแบบการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model: TAM) ถือเป็นเครื่องมือที่ดีและมีประสิทธิภาพมาก เหมาะสำหรับการคาดการในการยอมรับของผู้บริโภค (Viswanath and Fred, 2000) ซึ่งแนวคิดนี้ได้มีการดัดแปลงและประยุกต์มาจากทฤษฎีของการกระทำตามหลักเหตุและผล โดยจะเกี่ยวข้องกับการทำความเข้าใจและการพยากรณ์พฤติกรรมของมนุษย์ (Theory of Reasoned Action: TRA) แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีนี้ใช้พยากรณ์และอธิบายการยอมรับเทคโนโลยี และบอกว่าทำไมผู้ใช้แต่ละคนถึงยอมรับหรือปฏิเสธเทคโนโลยี ซึ่งแนวคิดนี้ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ

การรับรู้ว่ามีประโยชน์ (Perceived Usefulness: PU) หมายถึง ระดับที่ผู้ใช้งานเชื่อว่าเทคโนโลยีใหม่ๆจะช่วยให้ผลการปฏิบัติงานดีขึ้น เช่น ทำงานได้เร็วขึ้น ให้ข้อมูลที่ทันสมัยขึ้น เป็นต้น การรับรู้ว่าง่ายต่อการใช้ (Perceived ease of use: PEOU) หมายถึง ระดับที่ผู้ใช้งานเชื่อว่าเทคโนโลยีใหม่ๆไม่ต้องใช้ความสามารถหรือความพยายามมาก หรือถ้าต้องใช้ก็อยู่ในระดับที่น้อย ซึ่งมีตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ก็คือ ความง่ายในการใช้งาน



ภาพที่ 2-24 ภาพแสดงโมเดลการยอมรับเทคโนโลยี (TAM)
ที่มา : Davis *et al*. (1989)

จากการศึกษาในข้างต้น จึงได้ประยุกต์ใช้แนวคิดและทฤษฎีของตัวแบบการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model) มาเป็นกรอบในการศึกษาในการยอมรับผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคของผู้บริโภค

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) เพื่อศึกษาแนวคิดของผลิตภัณฑ์ การวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบของผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค และส่วนการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ในการศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคโดยใช้การเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม (Questionnaire) ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดแนวทางในการดำเนิน การวิจัยดังมีรายละเอียดขั้นตอนการทำวิจัยไว้ ดังแผนภาพที่ 3-1

แผนภาพที่ 3-1 แสดงขั้นตอนการทำวิจัย

ขั้นตอนการทำวิจัย

3.1 การศึกษาแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

3.1.1 ศึกษาแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางด้านเทคโนโลยีและการตลาดการสำรวจโอกาสของการพัฒนาผลิตภัณฑ์

ศึกษาแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางด้านเทคโนโลยีและการตลาด โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ การศึกษาค้นคว้าเอกสาร (Document Study) ด้วยการค้นคว้าข้อมูลจากเอกสารวิชาการ วารสารวิชาการ วิทยานิพนธ์ที่เกี่ยวข้อง ผลงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง หนังสือ และสื่อออนไลน์ที่มีประเด็นสอดคล้องกับหัวข้อที่สนใจในการศึกษา

ทำการวางแผนกลยุทธ์สำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่โดยการสำรวจโอกาสและกำหนดเป้าหมายการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากศึกษาปัญหาและความต้องการของผู้บริโภค โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (In-depth Interview) โดยการสัมภาษณ์ลูกค้าในเขตกรุงเทพมหานคร ในลักษณะที่เป็นแบบ One-on-one ในกลุ่มผู้ใช้งานหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค (UV Germicidal Irradiation Lamp) เพื่อฆ่าเชื้อโรคบนพื้นผิวของวัตถุ จำนวน 8 คน โดยใช้เทคนิคการเลือกตัวอย่างแบบไม่อาศัยความน่าจะเป็น ด้วยวิธีกำหนดโควต้าแต่ละกลุ่ม (Quota Sampling) ซึ่งแบ่งการสัมภาษณ์ออกตามประเภทของธุรกิจหรืออุตสาหกรรม ดังนี้

ตารางที่ 3-1 แสดงรายละเอียดการเลือกตัวอย่างวิธีกำหนดโควต้าแต่ละกลุ่ม (Quota Sampling)

ประเภทธุรกิจ/อุตสาหกรรม	จำนวน (คน)
โรงพยาบาล	2
สถาบันวิจัย	2
อุตสาหกรรมผลิตอาหาร	2
อุตสาหกรรมผลิตยาและเวชภัณฑ์	2

หลังจากทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเรียบร้อย นำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ มาวิเคราะห์ผล และประมวลความต้องการของผู้บริโภค

3.1.2 สร้างแนวคิดผลิตภัณฑ์ชุดทดสอบประสิทธิภาพหลอดไฟฆ่าเชื้อโรค

การสร้างแนวคิดผลิตภัณฑ์โดยใช้วิธีการสร้างแนวคิดจากผู้วิจัยและทีมวิจัย โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดจากผลิตภัณฑ์จากลูกค้า โดยใช้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (In-depth Interview) จากขั้นตอนในข้อ 3.1.1 มาประมวลผลความต้องการของโครงการ (Project Requirement) จากนั้นนำไปสังเคราะห์แนวความคิดผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งจะประกอบด้วย 3 ปัจจัยหลักดังนี้

ความจำเป็น/ประโยชน์ (Need/Benefit)

รูปแบบ (Form)

เทคโนโลยี (Technology) ซึ่งหมายถึงแหล่งที่มาของรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้อาศัยสมบัติการเปลี่ยนสีของสารในกลุ่มไดอะเซทีลีนชนิดที่เปลี่ยนสีแบบไม่เปลี่ยนกลับ (Phollookin, 2009)

3.1.3 การประเมินแนวความคิดผลิตภัณฑ์

คัดเลือกแนวคิดด้วยประเมินแบบผลิตภัณฑ์เบื้องต้นทั้ง 4 แบบ โดยวิธีการให้คะแนน (The Scoring Model) อย่างง่าย ตามเกณฑ์การประเมินเปรียบเทียบ 4 ด้าน คือ Business Landscape, Technology Boundary, Customer Concerns และ Project Priorities โดยกำหนดเกณฑ์คะแนนสำหรับระดับความสำคัญ ออกเป็น 5 ระดับ คือ น้อยมาก = 1, น้อย = 2, พอใช้ = 3, มาก = 4 และ มากที่สุด= 5

หลังจากให้เกณฑ์ประเมินแต่ละแนวคิดแล้วจะถูกนำมาเปรียบเทียบซึ่ง แนวความคิดที่มีคะแนนรวมสูงสุดจะถูกนำไปพัฒนาต่อไป

การทดสอบแนวความคิดนี้เพื่อให้เกิดความมั่นใจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ก่อนที่จะเข้าสู่ขั้นตอนการพัฒนาต้นแบบและออกสู่ตลาดว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ตรงกับความต้องการของลูกค้ามากที่สุด ซึ่งในขั้นตอนนี้จะทำการสัมภาษณ์ผู้ใช้งานหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค (UV Germicidal Irradiation Lamp) เพื่อฆ่าเชื้อโรคบนพื้นผิวของวัตถุ จำนวน 8 คน โดยใช้เทคนิคการเลือกตัวอย่างแบบไม่อาศัยความน่าจะเป็นด้วยวิธีกำหนดโควต้าแต่ละกลุ่ม (Quota Sampling) ซึ่งแบ่งการสัมภาษณ์ออกตามประเภทและขนาดของธุรกิจหรืออุตสาหกรรม ดังนี้

ตารางที่ 3-2 แสดงรายละเอียดการเลือกตัวอย่างวิธีกำหนดโควต้าแต่ละกลุ่ม (Quota Sampling)

ประเภทธุรกิจ/อุตสาหกรรม	จำนวน (คน)
โรงพยาบาล	2
สถาบันวิจัย	2
อุตสาหกรรมผลิตอาหาร	2
อุตสาหกรรมผลิตยาและเวชภัณฑ์	2

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบถามประเมินความต้องการและความสนใจในแนวคิดของผลิตภัณฑ์ จากนั้นนำมาข้อมูลที่ได้มาสรุปผลเชิงพรรณนา เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนารูปแบบคุณลักษณะและคุณสมบัติของตัวผลิตภัณฑ์สุดท้ายก่อนนำเข้าสู่ขั้นตอนการพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์ต่อไป

3.2 การศึกษาทางด้านเทคนิคในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

3.2.1 การวัดความเข้มแสงหลอดรังสียูวีในตู้ปลอดเชื้อ และการทดสอบการเปลี่ยนสีของสารกลุ่มไดอะเซทีลีนจากเทคนิคการพิมพ์สกรีน

3.2.1.1 การวัดความเข้มแสงหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

ในการขั้นตอนนี้ทำวัดความเข้มแสง ($\mu W/cm^2$) ของหลอดรังสียูวีด้วยเครื่องวัดความเข้มแสง (UVC Light Meter 850010; Sper Scientific, America) ในตู้ปลอดเชื้อ (CLEAN; model V3-4) ที่ใช้หลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคที่มีการใช้งานจริง โดยมีติดตั้งหลอดไฟรังสียูวีขนาด 30 วัตต์ ความยาวคลื่น 254 nm (G30W; Sylvania, Japan) ความยาว 90 ซม. และกำหนดให้จุดการวัดความเข้มที่กึ่งกลางพื้นตู้เป็นตำแหน่ง (0, 0) และกำหนดสเกลที่ห่างจากจุดกึ่งกลางตู้สำหรับทุกระยะห่าง 30 ซม. ตามแนวความกว้างตู้ (แกน X) และสำหรับทุกระยะห่าง 16 ซม. ตามแนวลึกของตู้ (แกน Y) บันทึกค่าการวัดความเข้มแสง และอุณหภูมิก่อนและหลังการทดลอง จากนั้นนำมาทำการสรุปผล

3.2.1.2 การทดสอบการเปลี่ยนสีของสารกลุ่มไดอะเซทีลีนจากเทคนิคการพิมพ์สกรีน

นำอินดิเคเตอร์ไดอะเซทิลีนที่นักวิจัยเดิม (นายชัยวัฒน์ ผลลูกอินทร์) (Phollookin, 2009) ได้เตรียมไว้ มาทดสอบการเปลี่ยนสีโดยการฉายแสงด้วยหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคภายในตู้ปลอดเชื้อที่ระดับความเข้มต่างๆ โดยแบ่งช่วงเวลาการทดสอบออกเป็น 1 2 5 10 15 30 และ 60 นาที ตามลำดับ และถ่ายภาพบันทึกผลการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ด้วยกล้องดิจิตอล

3.2.2 การศึกษาส่วนผสมของหมึกพิมพ์และเทคนิคการพิมพ์ที่ควรใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

ศึกษาหาสูตรของหมึกพิมพ์ที่โดยการผสมสารกลุ่มไดอะเซทีลีนกับตัวทำละลาย (solvent) และตัวยึดผงสี (binder) ที่ใช้ในระบบการพิมพ์ประเภทต่างๆ ว่าสารไดอะเซทิลีนยังคงแสดงสมบัติการเปลี่ยนสีภายใต้การฉายรังสีจากหลอดไฟฆ่าเชื้อโรค (UV Germicidal Irradiation Lamp) เป็นเฉดสีต่างๆ ได้เหมือนเดิมหรือไม่ ในระบบการพิมพ์ ดังต่อนี้

1. การพิมพ์อิงค์เจท (Inkjet printing)
2. การพิมพ์แบบเลตเตอร์เพรส (Letterpress printing)
3. การพิมพ์สกรีน (screen printing) ซึ่งแบ่งการทดสอบการสกรีนออกเป็น 2 ประเภท คือ การทดสอบสีสกรีนกึ่งอัตโนมัติและสีซิลค์สกรีน

โดยมีขั้นตอนในการศึกษาดังต่อไปนี้

1) ผสมสารให้สี (colorant) หรือผงสี (pigment) จากสารกลุ่มไดอะเซทีลีนชนิดที่เปลี่ยนสีแบบไม่เปลี่ยนกลับ (Phollookin, 2009) กับตัวทำละลาย (solvent) และเรซินที่เป็นตัวยึดผงสี (binder) ของแต่ระบบการพิมพ์ ดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 การเตรียมสีในแต่ละประเภทการพิมพ์

ประเภทระบบการพิมพ์	**ส่วนประกอบที่ใช้ผสมกับตัวผงสี** (pigment)
1. การพิมพ์องค์เจท(Inkjet printing)	ตัวทำละลาย+ตัวยึดผงสีที่ใช้ในระบบการพิมพ์แบบดิจิตอลอิงค์เจท
2. การพิมพ์แบบเลตเตอร์เพรส (Letterpress printing)	ตัวทำละลาย+ตัวยึดผงสีที่ใช้ในระบบการพิมพ์แบบเลตเตอร์เพรส
3. การพิมพ์สกรีน (Screen printing) 3.1 สีสกรีนกึ่งอัตโนมัติ 3.2 สีซิลค์กรีน	ตัวทำละลาย+ตัวยึดผงสีที่ใช้ในระบบการพิมพ์แบบสกรีน

2) นำไปทาลงบนกระดาษ ทิ้งไว้จนสีแห้ง

3) นำไปทดสอบกับหลอดไฟฆ่าเชื้อโรค (UV Germicidal Irradiation Lamp) ที่ความเข้มแสง 900 μW/cm^2 ในช่วงเวลาที่แตกต่างกันออกไป

4) สังเกตความสามารถในการเปลี่ยนสีที่ได้

5) บันทึกผลด้วยกล้องดิจิตอลและสรุปผลการทดลอง

3.2.3 การทำผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

นำรูปแบบสุดท้ายที่ได้จากการประเมินแนวคิดผลิตภัณฑ์จากข้อ 3.1.3 มาทดลองทำผลิตภัณฑ์ต้นแบบโดยกระบวนการพิมพ์ตามระบบการพิมพ์ที่มีความเป็นไปได้ จากผลการทดลองในข้อ 3.2.2 จำนวน 50 ชิ้นต่อกระบวนการพิมพ์แต่ละประเภท

3.2.4 การทดสอบประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

นำผลิตภัณฑ์ต้นแบบในระบบการพิมพ์ที่มีความเป็นไปได้ มาทดสอบประสิทธิภาพของการใช้งาน โดยนำผลิตภัณฑ์ต้นแบบมาทดสอบกับหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค (UV Germicidal Irradiation Lamp) ที่ความเข้มแสง 900 μW/cm^2 และสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสีตัวชี้วัด

และทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการพิมพ์แต่ละประเภทโดยพิจารณาเปรียบเทียบจากปริมาณน้ำหมึกขั้นต่ำที่ใช้ในการพิมพ์แต่ละครั้งและค่าใช้จ่ายในการพิมพ์แต่ละระบบ

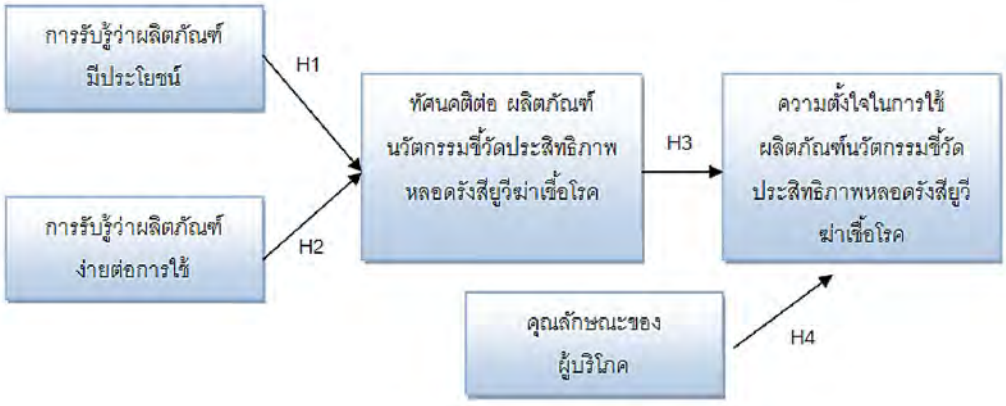
3.3 การศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์

3.3.1 กลุ่มตัวอย่าง

ในการสำรวจการยอมรับผลิตภัณฑ์นี้ จะใช้กลุ่มตัวอย่างจากผู้บริโภคที่มีการใช้งานหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค (UV Germicidal Irradiation Lamp) เพื่อฆ่าเชื้อโรคบนพื้นผิวของวัตถุ ในกลุ่มโรงพยาบาล ศูนย์วิจัย อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมผลิตยาและเวชภัณฑ์ ซึ่งเป็นการสุ่มตัวอย่างแบบไม่อาศัยความน่าจะเป็น (Non-probability samples) ด้วยวิธีใช้วิจารณญาณของนักวิจัย (Purposive Sampling) ทั้งนี้จะทำการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร จำนวน 30 แห่ง

3.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยการยอมรับผลิตภัณฑ์ในเชิงปริมาณ (Quantitative) ผู้วิจัยได้เลือกวิธีการทดสอบตลาด (Market testing) โดยใช้ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค และแบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล จากกลุ่มตัวอย่างในข้อ 3.3.1 ซึ่งในส่วนของแบบสอบถาม (Questionnaire) ได้ประยุกต์ใช้แนวคิดทฤษฎีของตัวแบบการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model) มาเป็นกรอบในการศึกษา ดังแผนภาพที่ 3-2 ซึ่งประกอบด้วย 5 ส่วน คือ คุณลักษณะของผู้บริโภค การรับรู้ว่าชุดทดสอบมีประโยชน์ การรับรู้ว่าชุดทดสอบง่ายต่อการใช้งาน ทัศนคติต่อผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค และความตั้งใจในการใช้ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค



แผนภาพที่ 3-2 กรอบแนวคิดการศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์

จากกรอบแนวคิดข้างต้น สมมติฐานการวิจัยจึงสามารถแบ่งได้เป็นดังนี้

สมมติฐานที่ 1 (H1): การรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคมีประโยชน์มีความสัมพันธ์ต่อทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

สมมติฐานที่ 2 (H2): การรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคง่ายต่อการใช้งาน มีความสัมพันธ์ต่อทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

สมมติฐานที่ 3 (H3): ทัศนคติต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค มีความสัมพันธ์ต่อความตั้งใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

สมมติฐานที่ 4 (H4): องค์ประกอบด้านคุณลักษณะของผู้บริโภคที่แตกต่างกัน มีผลกระทบต่อความตั้งใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

โดยตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ ตัวแปรอิสระและตัวแปรตามโดย

ตัวแปรอิสระ แบ่งเป็น ดังนี้

- คุณลักษณะและการใช้งานของผู้บริโภค ได้แก่ เพศ, อายุ, ระดับการศึกษา, แผนกที่รับผิดชอบ, ประเภทธุรกิจ, จำนวนการติดตั้งหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค, จำนวนชั่วโมงการใช้งานเฉลี่ยต่อวัน, ความถี่ในการตรวจวัด, จุดประสงค์ในการใช้งานหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค และประสบการณ์การใช้
- ปัจจัยการรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคมีประโยชน์
- ปัจจัยการรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคง่ายต่อการใช้
- ทัศนคติต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

ตัวแปรตาม คือ ความตั้งใจใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

3.3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลด้วยตนเอง โดยการนำผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค ไปให้กลุ่มตัวอย่างในข้อ 3.3.1 ทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานจริง ณ. สถานประกอบการ และนำแบบสอบถามให้กลุ่มตัวอย่างกรอกหลังจากการใช้งาน

3.3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (Instrument design)

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลของการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบ และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามโดยเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่มีการใช้งานหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคบนผิวของวัตถุ ในเขตกรุงเทพมหานครซึ่งเป็นข้อมูลปฐมภูมิดังนั้นจึงได้สร้างแบบสอบถามขึ้นมาหนึ่งชุดตามแนววัตถุประสงค์ในการศึกษาที่ได้กำหนดขึ้นเพื่อวัดตัวแปรเนื้อหาของแบบสอบถาม (Questionnaire) แบ่งเป็น 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 เป็นการสอบถามข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถามและบริษัท เพื่อวัดตัวแปรเกี่ยวกับคุณลักษณะของผู้บริโภคและพฤติกรรมการการใช้งาน จำนวน 10 ข้อ โดยใช้ระดับการวัดข้อมูลประเภท Nominal scale และ Ordinal scale

ส่วนที่ 2 เป็นการสอบถามเกี่ยวกับตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ทั้งหมด 6 ตัวแปร ซึ่งประกอบด้วย

1. การรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคมีประโยชน์ (Perceived Usefulness) โดยใช้วิธีการวัดแบบ Rating Scale ตามหลักการของ Likert Scale แบบ 5 ระดับ โดยมีจำนวนคำถามทั้งหมด 5 ข้อ
2. การรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคง่ายต่อการใช้งาน (Perceived Ease of Use) โดยใช้วิธีการวัดแบบ Rating Scale ตามหลักการของ Likert Scale แบบ 5 ระดับ โดยมีจำนวนคำถามทั้งหมด 5 ข้อ
3. ทัศนคติต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค (Attitudes Toward) โดยใช้วิธีการวัดแบบ Rating Scale ตามหลักการของ Likert Scale แบบ 5 ระดับ โดยมีจำนวนคำถามทั้งหมด 4 ข้อ
4. ความไว้วางใจต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค (Trust) โดยใช้วิธีการวัดแบบ Rating Scale ตามหลักการของ Likert Scale แบบ 5 ระดับ โดยมีจำนวนคำถามทั้งหมด 6 ข้อ
5. ความตั้งใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค (Behavioral Intention) โดยใช้วิธีการวัดแบบ Rating Scale ตามหลักการของ Likert Scale แบบ 5 ระดับ โดยมีจำนวนคำถามทั้งหมด 6 ข้อ

   โดยที่ตัวแปรมีการใช้ในระดับการวัดข้อมูลแบบ Interval scale แบ่งออกเป็น 5 ระดับ ซึ่งมีการกำหนดระดับคะแนนดังนี้

ระดับคะแนน 5	หมายถึง	เห็นด้วยมากที่สุด
ระดับคะแนน 4	หมายถึง	เห็นด้วยมาก
ระดับคะแนน 3	หมายถึง	เห็นด้วยปานกลาง
ระดับคะแนน 2	หมายถึง	เห็นด้วยน้อย
ระดับคะแนน 1	หมายถึง	เห็นด้วยน้อยที่สุด

ส่วนที่ 3 เป็นการให้ผู้ตอบแบบสอบถามแสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะ ซึ่งเป็นลักษณะคำถามปลายเปิด (Open-Ended Question)

3.3.5 การทดสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้หาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability) ด้วยวิธีของครอนบาคอัลฟา (Cronbach's Alpha) โดยใช้สูตรในสมการคือ

$$\propto = \left[\frac{n}{n-1}\right]\left[1-\frac{\sum s_i^2}{s_t^2}\right]$$

โดยที่ $\propto$ หมายถึง ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม

n หมายถึง จำนวนข้อคำถาม

$\sum s_i^2$ หมายถึง ผลรวมความแปรปรวนแต่ละข้อ

s_t^2 หมายถึง ค่าความแปรปรวนของแบบสอบถามทั้งฉบับ

การคำนวณทุกๆข้อคำถามจะมีค่าความเชื่อมั่นใกล้เคียงกันและค่าความเชื่อมั่นที่ได้จะขึ้นอยู่กับค่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามและจำนวนคำถามหากมีความสัมพันธ์กันสูงหรือ ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดสอบ (Pilot-Test) เพื่อแสดงค่า ความเชื่อมั่น (Reliability) กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน แสดงค่าดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 แสดงค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม

ตัวแปร	จำนวนคำถาม	Cronbach's Alpha
ประโยชน์ในการใช้งาน	5	0. 7949
ความง่ายต่อการใช้งาน	5	0.7762
ทัศนคติต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค	4	0.7014
ความไว้วางใจต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค	6	0.7865
ความตั้งใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค	2	0.8886

ซึ่งค่าที่ได้มีค่ามากกว่า .70 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ข้อคำถามที่เป็นตัววัดตัวแปรแต่ละตัวดังตารางมีความเหมาะสม เชื่อถือได้ หลังจากนั้นจึงนำไปเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง

3.3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยจะทำการตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูลว่ากลุ่มตัวอย่างมีการกรอกแบบสอบถามครบถ้วนหรือไม่ หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์หาค่าทางสถิติโดยใช้ โปรแกรม SPSS for Window โดยทำการวิเคราะห์สถิติใน 3 ส่วน คือ

1. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางประชากร โดยใช้อัตราส่วนร้อยละ (Percentage) และความถี่ (Frequency)

2. การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค โดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) โดยทำการวิเคราะห์และอธิบายค่า และความหมายตัวแปรแต่ละตัว

3. การวิเคราะห์สมมติฐาน

โดยการวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสเกลอันดับ ด้วยสถิติ Spearman Rank Correlation วิเคราะห์ มีสูตรคำนวณ ดังนี้

$$r = \frac{\sum xy - (\sum x)(\sum y)/n}{\sqrt{\sum x^2 - (\sum x)^2/n}\sqrt{\sum y^2 - (\sum y)^2/n}}$$

เมื่อ x ,y หมายถึง ค่าที่สามารถคำนวณได้จากข้อมูล

n หมายถึง จำนวนข้อมูลของแต่ละตัวแปร

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรสเกลแบ่งกลุ่มและสเกลอันดับ ผู้วิจัยได้ทดสอบความอิสระของตัวแปร ด้วยสถิติ Pearson Chi-Square โดยมีสูตรคำนวณ ดังนี้

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{c}\frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

เมื่อ r ,c หมายถึง จำนวนค่าหรือประเภทหรือจำนวนกลุ่ม

O_{ij} หมายถึง จำนวนหรือความถี่ของกลุ่มที่ i และ j ที่ได้จากการเก็บข้อมูล

E_{ij} หมายถึง จำนวนหรือความถี่ของกลุ่มที่ i และ j ที่ได้จากอัตราส่วนที่กำหนด

โดยถ้าตัวแปรมีความอิสระกันจะทำขั้นที่ 2 เพื่อหาระดับความสัมพันธ์โดยใช้สถิติดังนี้

$$C = \sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2 + n}}$$

ซึ่งข้อจำกัดในการใช้สถิติทดสอบ Pearson Chi-Square ในการทดสอบความเป็นอิสระกันของตัวแปร 2 ตัวจะใช้ได้เมื่อมีเงื่อนไขดังนี้ (กัลยา วาณิชย์บัญชา, 2552)

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (n) มากพอ ในกรณีที่เป็นตาราง 2 × 2 ควรมีขนาดกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 20

ถ้ามีความถี่คาดหวังบาง cell ของตารางน้อยกว่า 5 ควรทำการทดสอบด้วย Fisher's exact test

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์

งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ประเภทแผ่นอินดิเคเตอร์สำหรับตรวจวัดประสิทธิภาพของหลอดไฟรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค โดยมีสมมติฐานว่าผู้ใช้งานหลอดไฟดังกล่าวส่วนใหญ่ไม่ทราบหรือไม่มั่นใจในประสิทธิภาพของหลอดไฟที่ใช้งานอยู่ และไม่มีผลิตภัณฑ์ตรวจวัดในท้องตลาดที่ผู้ใช้งานสามารถทำการตรวจวัดได้เอง

4.1.1 การศึกษาข้อมูลผู้บริโภค

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ สิ่งสำคัญลำดับแรกคือ การทราบความต้องการเกี่ยวกับความต้องการของลูกค้า ดังนั้นการค้นหาความต้องการของลูกค้าอย่างแท้จริงนั้นเป็นกระบวนการที่สำคัญในการวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งสามารถทำได้โดยการเก็บข้อมูลจากลูกค้าหรือกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการ จากการสัมภาษณ์ การสังเกตพฤติกรรม การสำรวจข้อคิดเห็น แนวคิดและทัศนคติของลูกค้ากลุ่มเป้าหมายที่มีต่อผลิตภัณฑ์ เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้ามากที่สุด

สำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดไฟฆ่าเชื้อโรคในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีการเก็บข้อมูล โดยการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (In-depth Interview) จากกลุ่มตัวอย่าง ผู้ใช้หลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคบนพื้นผิวของวัตถุ ได้แก่ผู้ปฏิบัติงานในโรงพยาบาล สถาบันวิจัย อุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมยาและเวชภัณฑ์ ในเขตกรุงเทพมหานคร ประเภทละ 2 คน รวมจำนวน 8 คน เพื่อศึกษาถึงปัญหาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค และความต้องการของลูกค้าหากจะมีการผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคออกจำหน่าย ซึ่งผลจากการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก แสดงได้ดังตารางที่ 4-1 ซึ่งสามารถจัดกลุ่มข้อมูลความต้องการของลูกค้าให้เป็นหมวดหมู่ได้ออกเป็น 3 หมวดหมู่ คือ ลักษณะการใช้งาน ลักษณะผลิตภัณฑ์ และราคา ซึ่งแต่ละกลุ่มประกอบไปด้วยความต้องการของลูกค้าต่อผลิตภัณฑ์ออกเป็นข้อๆ แสดงได้ดังตารางที่ 4-2

จากข้อมูลการสัมภาษณ์ที่แสดงเบื้องต้น ผู้วิจัยประเมินว่าผู้ใช้งานหลอดไฟฆ่าเชื้อโรคส่วนใหญ่ไม่ทราบหรือไม่มั่นใจในประสิทธิภาพของหลอดไฟที่ใช้งานอยู่จริง และยังไม่มีผลิตภัณฑ์ตรวจวัดในท้องตลาดที่ผู้ใช้งานสามารถทำการตรวจวัดได้เองจริง การพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับตรวจวัดประสิทธิภาพของหลอดไฟรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคที่ผู้ใช้งานได้ง่าย สามารถทำการตรวจวัดได้เอง มีราคาผลิตภัณฑ์ที่ต่ำกว่าค่าบริการตรวจวัดโดยบริษัท (350-450 บาท/ครั้ง) และต่ำกว่า

อุปกรณ์ตรวจวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ (20,000-60,000 บาท/เครื่อง) อย่างมีนัยสำคัญ จึงน่าจะเป็นที่ต้องการของกลุ่มลูกค้าเป้าหมาย

ตารางที่ 4-1 การระบุความปัญหาและความต้องการของลูกค้า

ปัญหาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค	**ลักษณะที่พึงประสงค์ของผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพ**
- 6/8 ไม่ทราบประสิทธิภาพของหลอดที่ใช้งานอยู่ เนื่องจากไม่มีการจดบันทึกการใช้งาน และไม่เคยทำการตรวจวัดประสิทธิภาพหลอด เพราะค่าใช้จ่ายในการตรวจวัดจากบริษัทค่อนข้างสูง (500 บาท/ครั้ง) - 2/8 ไม่มั่นใจในประสิทธิภาพหลอด เนื่องจากใช้วิธีบันทึกระยะเวลาใช้งานสะสมเทียบกับอายุการใช้งานของหลอด (ประมาณ 6,000 ชั่วโมง) ซึ่งอาจคลาดเคลื่อนได้มาก ขึ้นอยู่กับความถูกต้องแม่นยำและความสม่ำเสมอของผู้บันทึกแต่ละครั้ง - 2/8 ให้ข้อมูลว่าอุปกรณ์ตรวจวัดที่มีในท้องตลาดซึ่งเป็นแบบอิเล็กทรอนิกส์มีราคาแพง (20,000-60,000 บาท/เครื่อง) ต้องใช้ช่างเทคนิคที่มีความเชี่ยวชาญทำการตรวจวัด และการเรียกช่างเทคนิคจากบริษัทเข้ามาตรวจสอบต้องรอเวลานาน	- มีขั้นตอนการใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน (5/8) - อ่านค่าและแปลผลประสิทธิภาพได้ง่าย (5/8) - ราคาเหมาะสม (4/8) - มีวิธีการใช้งานที่ทำความเข้าใจได้ง่าย (3/8) - ให้ค่าที่แม่นยำ น่าเชื่อถือ (3/8) - พกพาสะดวก (2/8) - แสดงผลได้รวดเร็ว (2/8) - ใช้วัสดุที่ไม่เป็นอันตราย (2/8) - รูปแบบสวยงาม (1/8) - ใช้วัสดุคงทน (1/8) - เก็บรักษาง่ายและมีอายุการใช้งาน (1/8)

ตารางที่ 4-2 การจัดกลุ่มความต้องการของลูกค้า

กลุ่มที่	กลุ่มความต้องการของลูกค้า	ความต้องการของลูกค้า
1	ลักษณะการใช้งาน	มีขั้นตอนการใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน (5/8)
		อ่านค่าและแปลผลประสิทธิภาพได้ง่าย (5/8)
		มีวิธีการใช้งานที่ทำความเข้าใจได้ง่าย (3/8)
		แสดงผลได้รวดเร็ว (2/8)
		เก็บรักษาง่ายและมีอายุการใช้งาน (1/8)
2	ลักษณะผลิตภัณฑ์	ให้ค่าที่แม่นยำ น่าเชื่อถือ (3/8)
		ใช้วัสดุที่ไม่เป็นอันตราย (2/8)
		พกพาสะดวก (2/8)
		ใช้วัสดุคงทน (1/8)
		รูปแบบสวยงาม (1/8)
3	ด้านราคา	ราคาเหมาะสม (4/8)

4.1.2 การสร้างแนวความคิดของผลิตภัณฑ์

จากข้อมูลการสัมภาษณ์ลูกค้า ผู้วิจัยประเมินว่าผลิตภัณฑ์ตรวจวัดที่มีลักษณะเป็นแผ่นอินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนสีตามปริมาณรังสียูวีน่าจะสอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า เนื่องจากผู้ใช้งานสามารถทำการตรวจวัดได้เอง ใช้งานสะดวก อ่านผลได้ง่าย และสามารถผลิตได้ในราคาที่ต่ำกว่าราคาอุปกรณ์แบบอิเล็กทรอนิกส์อย่างน้อย 200 เท่า และการใช้งานแต่ละครั้งมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการเรียกช่างเทคนิคจากบริษัทเข้ามาตรวจสอบอย่างน้อย 5 เท่า ดังนั้นผลิตภัณฑ์น่าจะมีส่วนช่วยสร้างความมั่นใจในประสิทธิภาพของหลอดไฟฆ่าเชื้อลดค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ และไม่ต้องเสียเวลารอช่างเทคนิคเข้ามาตรวจสอบ

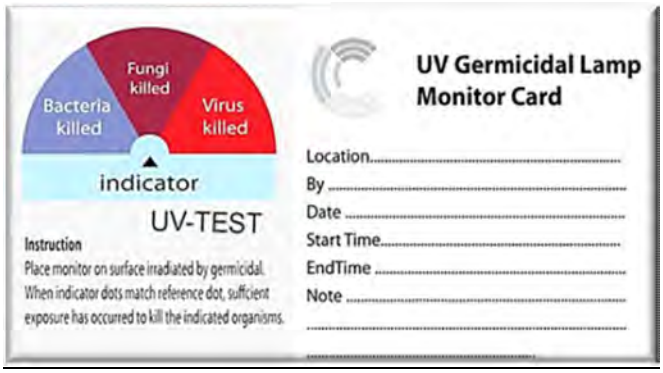
จากการศึกษาข้อมูลเชิงทุติยภูมิพบว่า ได้มีการนำสารเคมีหลายชนิดที่ใช้สามารถเปลี่ยนสีมาสร้างเป็นอินดิเคเตอร์ในการตรวจวัดรังสียูวีหลายชนิดด้วยกัน ซึ่งสารแต่ละชนิดนั้นมีความสามารถในการตรวจวัดชนิดของรังสียูวีที่แตกต่างกันออกไป ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือก สารกลุ่มไดอะเซทิลีน มาใช้ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อินดิเคเตอร์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค เนื่องจากสารในกลุ่มไดอะเซทีลีนสามารถเปลี่ยนสีเมื่อได้รับรังสียูวีประเภท UVC ซึ่งเป็นรังสีประเภทเดียวกับที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรค โดยสารจะเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีต่างๆ ได้ตามระดับปริมาณรังสียูวีที่ได้รับ และมีการเปลี่ยนสีแบบไม่เปลี่ยนกลับ

ในเบื้องต้นของการวิจัยได้ออกแบบผลิตภัณฑ์อินดิเคเตอร์ไว้ทั้งหมด 4 แบบ โดยมีแนวคิดร่วมที่เป็นการใช้สารไดอะเซทิลีนเคลือบบนพื้นผิววัสดุรองรับ ใช้งานครั้งเดียว และสามารถเก็บอินดิเคเตอร์ไว้เป็นหลักฐานการตรวจวัดได้ มีแถบสีเทียบบอกประสิทธิภาพของหลอดไฟรังสียูวี 3 ระดับ แต่ละแบบมีความแตกต่างที่ประเภทวัสดุรองรับคือเป็นกระดาษหรือพลาสติก และรูปแบบการอ่านเทียบสี ดังนี้

แบบที่ 1 สติ๊กเกอร์ทดสอบประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค เพื่อความสะดวกในการใช้งาน โดยสามารถนำไปทดสอบบนพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทดสอบได้ทันที และตำแหน่งในการทดสอบไม่คลาดเคลื่อน จึงได้นำเสนอแนวคิดโดยนำสารกลุ่มไดอะเซทิลีนพิมพ์ลงบนกระดาษสติ๊กเกอร์ และบรรจุภายในบรรจุภัณฑ์ที่มีแผ่นกระดาษทึบแสงปิดอยู่ เพื่อป้องกันการสัมผัสแสงรังสียูวี โดยวิธีการใช้งานคือ นำสติกเกอร์อินดิเคเตอร์ไปทดสอบการฉายแสงภายใต้หลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค ในช่วงเวลาที่กำหนดจากนั้นมามาอ่านค่าแปลผลจากการเปลี่ยนสีโดยเทียบกับแถบสีชี้วัดภายในกล่อง ซึ่งแบ่งค่าแสดงผลออกเป็น 3 ระดับ คือ High Medium และ Low แสดงดังรูปภาพที่ 4-1

ภาพที่ 4-1 แนวคิดผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค แบบที่ 1

แบบที่ 2 การ์ดทดสอบประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค เพื่อให้ผลการตรวจวัดสามารถนำเก็บไว้เป็นหลักฐานในการตรวจวัดได้ สะดวกต่อการใช้งาน และอ่านค่าแปลผลการตรวจวัดได้ทันที จึงได้นำเสนอแนวคิดในการนำสารกลุ่มไดอะเซทิลีนพิมพ์ลงบนกระดาษ ซึ่งออกแบบให้สามารถเทียบสีของอินดิเคเตอร์ได้ทันที และมีส่วนสำหรับบันทึกข้อมูลผลสำหรับใช้เก็บไว้เป็นหลักฐานการตรวจวัด วิธีการใช้งานรูปแบบนี้คือ นำไปวางบนพื้นผิวที่ต้องการทดสอบภายใต้การฉายแสงของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค ในช่วงเวลาที่กำหนดจากนั้นอ่านค่าแปรผลการตรวจวัดจากการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์เทียบกับแถบสีชี้วัด ซึ่งแบ่งค่าแสดงผลความสามารถในการฆ่าเชื้อโรคออกเป็น 3 ระดับ คือ สามารถฆ่าเชื้อระดับแบคทีเรีย ฟังไจ และไวรัส แสดงดังภาพที่ 4-2



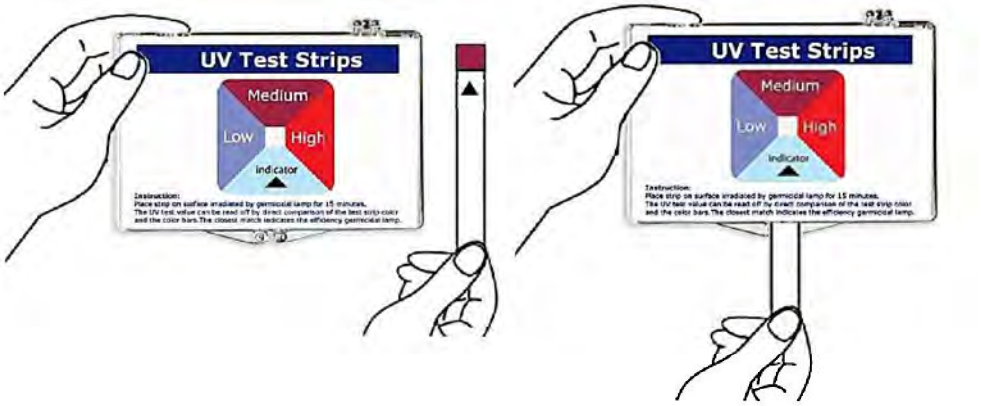
ภาพที่ 4-2 แนวคิดผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค แบบที่ 2

แบบที่ 3 พวงกุญแจทดสอบประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค เพื่อความคงทนของวัสดุที่ใช้งาน สามารถใช้งานได้หลายครั้ง พกพาได้สะดวก และการมีรูปแบบที่สวยงาม จึงได้นำเสนอแนวคิดในการนำสารกลุ่มไดอะเซทิลีนเคลือบลงบนวัสดุประเภทพลาสติก ส่วนแถบสีสำหรับแปลผลการตรวจวัดทำจากวัสดุประเภทพลาสติก และแบ่งค่าแสดงผลการตรวจวัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคออกเป็น 3 ระดับคือ High Medium และ Low วิธีการใช้งานคือนำแผ่นทดสอบไปวางบนพื้นผิวที่ต้องการทดสอบภายใต้การฉายแสงของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค ในช่วงเวลาที่กำหนดจากนั้นอ่านค่าแปรผลการตรวจวัดจากการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ที่อยู่บนพวกกุญแจ แสดงดังรูปภาพที่ 4-3

ภาพที่ 4-3 แนวคิดผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค แบบที่ 3

แบบที่ 4 แผ่นทดสอบประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค เพื่อความสะดวกในการใช้งาน การอ่านค่าผลการตรวจวัด ตัวแถบสีชี้วัดสามารถใช้งานซ้ำได้หลายครั้ง จึงได้นำเสนอแนวคิดในการนำสารกลุ่มไดอะเซทิลีนเคลือบลงบนปลายกระดาษสำหรับทำแผ่นทดสอบ ส่วนแถบสีสำหรับแปลผลการตรวจวัดพิมพ์ลงบนกล่องบรรจุภัณฑ์ แบ่งค่าแสดงผลการตรวจวัดประสิทธิภาพ

หลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคออกเป็น 3 ระดับคือ High Medium และ Low วิธีการใช้งานคือ นำแผ่นทดสอบไปวางบนพื้นผิวที่ต้องการทดสอบภายใต้การฉายแสงของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค ในช่วงเวลาที่กำหนดจากนั้นอ่านค่าแปรผลการตรวจวัดจากการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์โดยสอดแผ่นทดสอบเข้าไปภายในกล่อง เพื่อเทียบสีกับแถบสีชี้วัดด้านบนของกล่อง แสดงดังรูปภาพที่ 4-4



ภาพที่ 4-4 แนวคิดผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดไฟฆ่าเชื้อโรค แบบที่ 4

4.1.3 การประเมินแนวคิดผลิตภัณฑ์

ผู้วิจัยได้ทำการประเมินแบบผลิตภัณฑ์เบื้องต้นทั้ง 4 แบบ โดยวิธีการให้คะแนน (The Scoring Model) อย่างง่าย ตามเกณฑ์การประเมินเปรียบเทียบ 4 ด้าน คือ Business Landscape, Technology Boundary, Customer Concerns และ Project Priorities ดังแสดงในตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ตารางการให้คะแนนของผู้วิจัยในการประเมินแบบผลิตภัณฑ์โดยวิธีการให้คะแนน (The Scoring Model) อย่างง่าย

เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4
Business Landscape				
ต้นทุนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่ำ	4	3	2	4
ความสามารถในการทำกำไร	2	3	3	4
ความสอดคล้องกับเป้าหมายและกลยุทธ์	3	4	3	4
Technology Boundary				
ระยะเวลาในการพัฒนาสั้น	4	3	3	4
ความซับซ้อนทางเทคโนโลยีต่อการผลิตน้อย	4	3	3	4
มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน	5	5	5	5

เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4
Customer Concerns				
สะดวกและง่ายต่อการใช้งาน	3	4	4	4
สามารถอ่านค่าตรวจวัดได้ง่าย	4	5	5	5
มีความน่าเชื่อถือ	4	4	4	4
Project Priorities				
ระยะเวลาในการวิจัยพัฒนาสั้น	4	3	3	4
ความเสี่ยงในการลงทุนต่ำ	3	4	3	4
ความสามารถในการนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดเร็ว	4	3	3	4
คะแนนรวม	44	44	41	50

เกณฑ์คะแนนสำหรับระดับความสำคัญ ออกเป็น 5 ระดับ คือ น้อยมาก = 1, น้อย = 2, พอใช้ = 3, มาก = 4 และ มากที่สุด= 5

จากผลการประเมินในตารางที่ 4-3 แบบที่ 4 ได้คะแนนรวมสูงสุด โดยเฉพาะคะแนนในส่วน Business Landscape ซึ่งจะเห็นว่า ในส่วนของต้นทุนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่ำกว่ารูปแบบที่ 2 และ3 เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์นั้นเป็นกระดาษจึงถูกกว่าพลาสติก และมีขั้นตอนในระบบการพิมพ์ที่ไม่ซับซ้อนจึงทำให้มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำ และมีความสามารถในการทำกำไรสูงกว่าแบบอื่นๆเนื่องจากต้นทุนที่ต่ำกว่าและมีบรรจุภัณฑ์ที่ช่วยในการเก็บรักษาอินดิเคเตอร์ได้ดีกว่าในแบบอื่น จึงทำให้เก็บรักษาได้นาน นอกจากนี้ยังพบว่ามีระยะเวลาในการพัฒนาที่สั้นจึงทำให้สามารถนำออกสู่ตลาดได้เร็ว ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนถัดไปจะยึดตามแนวคิดการออกแบบของแบบที่ 4

4.1.4 **การทดสอบแนวคิดของผลิตภัณฑ์** (Concept Testing)

ในขั้นตอนนี้ เป็นการนำแนวความคิดรูปแบบผลิตภัณฑ์ ดังภาพที่ 4-4 ไปสำรวจความคิดเห็นกับลูกค้ากลุ่มเป้าหมาย เพื่อทดสอบการยอมรับในแนวคิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ตามแบบดังกล่าว และควรปรับปรุงแก้ไขส่วนใดอีกหรือไม่ ซึ่งคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่นำเสนอต่อลูกค้ามีดังนี้

- ใช้งานง่าย
- แสดงผลการตรวจวัดด้วยการเปลี่ยนสีของแผ่นทดสอบ
- อ่านค่าการทดสอบได้ง่าย ด้วยการเทียบสีของแผ่นทดสอบกับตัวชี้วัดประสิทธิภาพ

- หมึกพิมพ์ตัวชี้วัดเปลี่ยนสีแบบไม่เปลี่ยนกลับ
- ทำการตรวจวัดได้พร้อมกันทีละหลายจุด
- ขนาดเล็ก พกพาสะดวก
- แผ่นทดสอบสามารถใช้งานได้ 1 ครั้งต่อ 1 จุดทดสอบ
- บรรจุภายในกล่องจำนวน 5 แผ่นทดสอบ

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก กลุ่มที่ใช้หลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคบนพื้นผิวของวัตถุ ในกลุ่มโรงพยาบาล ศูนย์วิจัย อุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมยาและเวชภัณฑ์ ในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 8 คน ด้วยการไปให้ข้อมูลและอธิบายรายละเอียดของการใช้งานให้กลุ่มเป้าหมายฟัง เพื่อศึกษาแนวคิดผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค ทางด้านการใช้งาน ด้านประสิทธิภาพ ด้านความปลอดภัย ด้านรูปลักษณ์ (ในด้านรูปลักษณ์ขอนำเสนอเป็นแค่เพียงแนวคิดต้นแบบเท่านั้น) และด้านราคา รวมถึงความพึงพอใจในการซื้อผลิตภัณฑ์ของกลุ่มลูกค้าเป้าหมาย นอกจากนั้นข้อเสนอแนะจากกลุ่มลูกค้าเป้าหมาย จะถูกนำไปเพื่อพิจารณาปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมต่อไป

โดยแบบสอบถามที่ใช้เก็บรวมรวมข้อมูลแบ่งเป็น 3 ส่วน สามารถสรุปผลได้ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

แสดงข้อมูลพื้นฐานทั่วไปจำแนกตามลักษณะทางประชากร และข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับบริษัท ของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 8 คน ซึ่งสามารถแจกแจงได้ดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 แสดงข้อมูลร้อยละจำแนกตามลักษณะทางประชากร และข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับบริษัท

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	3	37.50
หญิง	5	62.50
รวม	**8**	**100.00**
2. อายุ		
ต่ำกว่า 22 ปี	0	0.00
22- 30 ปี	6	75.00
30 - 45 ปี	2	25.00
45 ปีขึ้นไป	0	0.00
รวม	**8**	**100.00**

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
3. ประเภทธุรกิจหรืออุตสาหกรรม		
โรงพยาบาลหรือสถานพยาบาล	2	25.00
อุตสาหกรรมผลิตอาหาร	2	25.00
อุตสาหกรรมยาและเวชภัณฑ์	2	25.00
ศูนย์วิจัย ห้องทดลองปฏิบัติการ	2	25.00
บริษัทเทคโนโลยีชีวภาพ	0	0.00
รวม	**8**	**100.00**
4. ขนาดธุรกิจหรืออุตสาหกรรม		
ขนาดใหญ่ (เตียงผู้ป่วย >100 เตียง, อุตสาหกรรม จำนวนคนงาน ไม่เกิน 50 คน ทรัพย์สินถาวร ไม่เกิน 20 ล้านบาท)	2	25.00
ขนาดกลาง (เตียงผู้ป่วย >31-100 เตียง, อุตสาหกรรม จำนวนคนงาน 50-200 คน ทรัพย์สินถาวร ระหว่าง 20 ถึง 100 ล้านบาท)	5	62.50
ขนาดเล็ก (เตียงผู้ป่วย <31 เตียง, อุตสาหกรรม จำนวนคนงาน 200 คน ทรัพย์สินถาวรมากกว่า 100 ล้านบาท)	1	12.50
รวม	**8**	**100.00**
5. แผนกหรือหน่วยงานที่รับผิดชอบ		
ฝ่ายวิจัยและพัฒนา	4	50.00
ฝ่ายควบคุมดูแลการผลิต	2	25.00
ฝ่ายจัดซื้อ	0	0.00
ฝ่ายควบคุมคุณภาพ	0	0.00
ฝ่ายควบคุมคุณภาพ	0	0.00
ฝ่ายควบคุมการติดเชื้อ	1	12.50
อื่นๆ	1	12.50
รวม	**8**	**100.00**
6. จำนวนการติดตั้งหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค		
1-10 หลอด	2	25.00
11-20 หลอด	5	62.50
21-30 หลอด	1	12.50
มากกว่า 30 หลอด	0	0.00
รวม	**8**	**100.00**

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
7. จำนวนการใช้งานหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคโดยเฉลี่ยต่อวัน		
1-3 ชั่วโมง	3	37.50
4-8 ชั่วโมง	1	12.50
9-16 ชั่วโมง	3	37.50
ตลอด 24 ชั่วโมง	1	12.50
รวม	**8**	**100.00**
8. ความถี่ในการตรวจวัดประสิทธิภาพของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค		
ไม่เคย	3	37.50
1 ครั้ง/ปี	4	50.00
2 ครั้ง/ปี	1	12.50
มากกว่า 2 ครั้ง/ปี	0	0.00
รวม	**8**	**100.00**

จากตารางที่ 4-4 พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 62.50 และเพศหญิง จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 36.5

มีระดับอายุระหว่าง 22-30 ปีมากที่สุด จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 75 รองลงมาประชากรที่มีระดับอายุระหว่าง 30-45 ปี จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 25

อยู่ในขนาดของธุรกิจและอุตสาหกรรมขนาดกลางมีจำนวนมากที่สุด จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 62.50 รองลงมาเป็นขนาดใหญ่ จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 25

หน่วยงานที่รับผิดชอบเป็นฝ่ายวิจัยและพัฒนามากที่สุด จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 50 รองลงมาเป็นฝ่ายควบคุมดูแลการผลิต จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 25

จำนวนการติดตั้งหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคที่จำนวน11-20 หลอด มีจำนวนมากที่สุด จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 62.50 รองลงมาจำนวน 1-10 หลอดและ 21-30 หลอด จำนวนกลุ่มละ 2 คน คิดเป็นร้อยละ 25

จำนวนชั่วโมงการใช้งาน พบว่าที่ 1-3 ชั่วโมง และ 9-16 ชั่วโมง มีจำนวนมากที่สุด จำนวนกลุ่มละ 3 คน คิดเป็นร้อยละ 37.50

ความถี่ในการตรวจวัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคพบว่า ทำการตรวจวัด 1 ครั้ง/ปี มีจำนวนมากที่สุด จำนวน 4 คน คิดเป็นเป็นร้อยละ 50 รองลงมาไม่เคยทำการตรวจวัด จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 37.50

ส่วนที่ 2 ข้อมูลพฤติกรรมและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อ

แสดงข้อมูลจำนวนร้อยละของข้อมูลพฤติกรรมและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 8 คน

ตารางที่ 4-5 แสดงข้อมูลร้อยละจำแนกตามข้อมูลพฤติกรรมและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อ

ข้อมูลพฤติกรรมและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อ	จำนวน	ร้อยละ
1. รูปแบบการจัดวางและลักษณะการใช้งานของตัวชี้วัด		
แบบที่ 1	1	12.50
แบบที่ 2	2	50.00
แบบที่ 3	1	12.50
แบบที่ 4	4	25.00
รวม	**8**	**100.00**
2. จำนวนแผ่นทดสอบที่ท่านต้องการให้บรรจุภายในกล่องชุดทดสอบ		
1 แผ่น	1	12.50
3 แผ่น	0	0.00
5 แผ่น	4	50.00
10 แผ่น	2	25.00
อื่นๆ	1	12.50
รวม	**8**	**100.00**
3. ปัจจัยที่ท่านใช้พิจารณาเพื่อเลือกซื้อ/ใช้ ชุดทดสอบ		
เวลาที่ใช้ในการทดสอบ	1	12.50
สามารถใช้งานง่าย	7	87.50
ราคาผลิตภัณฑ์	7	87.50
ใช้เป็นหลักฐานการตรวจวัดได้	4	50.00
อ่านค่าการตรวจวัดได้ง่าย	4	50.00

ข้อมูลพฤติกรรมและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อ	จำนวน	ร้อยละ
มีความน่าเชื่อถือ	7	87.50
ขนาดของผลิตภัณฑ์	2	25.00
รูปแบบทันสมัย	1	12.50
อื่นๆ	0	0.00
4. **ความสนใจต่อตัวผลิตภัณฑ์ หากนำออกจำหน่าย**		
สนใจ	8	100.00
ไม่สนใจ	0	0.00
รวม	**8**	**100.00**
5. **ราคาที่ผู้บริโภคยินดีที่จะซื้อ** (ต่อ 1 แผ่นทดสอบ)		
2	1	12.50
15	1	12.50
20	3	37.50
50	2	25.00
200	1	12.50
รวม	**8**	**100.00**

จากตารางที่ 4-5 พบว่า รูปแบบการจัดวางและลักษณะการใช้งานของตัวชี้วัดแบบที่ 4 มีจำนวนมากที่สุด จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 50 รองลงมาเป็น แบบที่ 2 จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 25

จำนวนแผ่นทดสอบที่ผู้บริโภคต้องการให้ผลิตภัณฑ์บรรจุภายในกล่องชุดทดสอบพบว่า จำนวน 5 แผ่น มีจำนวนมากที่สุด จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 50 รองลงมาเป็นจำนวน 10 แผ่น จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 25

ปัจจัยที่ผู้บริโภคใช้พิจารณาเพื่อเลือกซื้อ/ใช้ชุดทดสอบพบว่า สามารถใช้งานง่าย ราคาผลิตภัณฑ์และมีความน่าเชื่อถือ มีจำนวนมากที่สุด จำนวนปัจจัยละ 7 คน คิดเป็นร้อยละ 87.50 รองลงมาเลือก ใช้เป็นหลักฐานการตรวจวัดได้และอ่านค่าการตรวจวัดได้ง่าย จำนวนปัจจัยละ 4 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00

ซึ่งพบว่าหากนำสินค้าออกจำหน่ายพบว่า ผู้บริโภคมีความสนใจเป็นจำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 100

ส่วนที่ 3 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ

แสดงข้อมูลในส่วนข้อคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค ซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

ข้อพึงพอใจ

ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค สามารถสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์ทำให้ทราบถึงอายุการใช้งาน และความเสื่อมประสิทธิภาพของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้โรคที่กลุ่มตัวอย่างมีการใช้งานอยู่ มีรูปแบบการใช้งานที่ง่ายและสะดวก โดยสามารถทำการตรวจสอบได้เอง มีขนาดเหมาะสม ส่วนแถบสีชี้วัดอ่านเทียบค่าได้ง่าย อีกทั้งยังสามารถเป็นหลักฐานในการตรวจวัดได้อีกด้วย

ข้อไม่พึงพอใจ

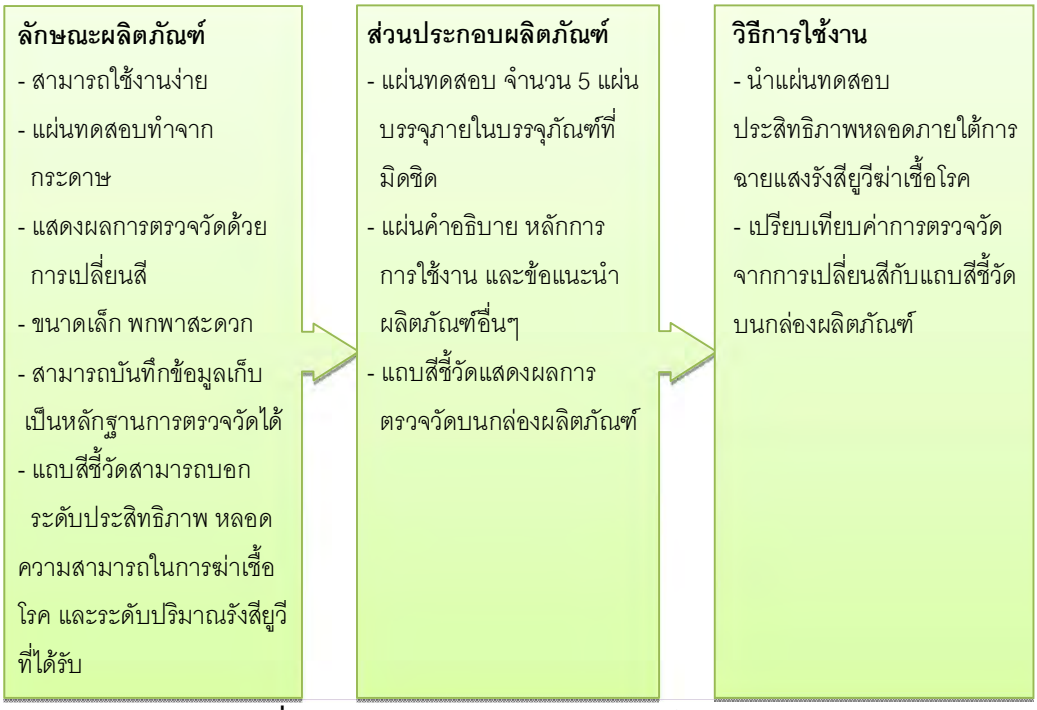
ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค สามารถสรุปได้ว่าหากผลิตภัณฑ์มีราคาที่สูงเกินไปจะทำให้ดูไม่น่าสนใจ

สิ่งที่ควรปรับปรุงและข้อแนะนำ

สำหรับผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค สรุปได้ว่า ควรมีการระบุระดับความเข้มของแต่ละระดับ มีหน่วยวัดที่ชัดเจน เช่นเป็นปริมาณความเข้มแสงประกอบด้วย และควรเพิ่มความละเอียดของโทนสีที่ใช้เปรียบเทียบ ในส่วนของบรรจุภัณฑ์ควรมิดชิดเพื่อไม่ให้อินดิเคเตอร์ทำปฏิกริยากับอากาศ หรือความชื้นเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนของการตรวจวัด นอกจากนี้ยังควรเพิ่มหลักการทดสอบเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของชุดทดสอบ ระบุวิธีการใช้งานและระยะเวลาในการวัด และระยะที่ใช้ตรวจวัดเพื่อให้ทราบว่าระดับรังสียังคงปริมาณที่สามารถฆ่าเชื้อได้ที่ระดับเท่าไร ระบุข้อควรระวังที่อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการตรวจวัด และเนื่องจากการใช้อินดิเคเตอร์แบบเทียบสีนั้นเป็นการอ่านค่าด้วยสายตาคน ซึ่งอาจอ่านค่าและแปลผลได้ไม่เท่ากัน จึงควรพัฒนาวิธีแสดงค่าที่เป็นตัวเลข หรือสิ่งอื่นๆที่จะทำให้มีความเป็นมาตรฐานมากขึ้น

4.1.5 **การกำหนดคุณสมบัติสุดท้ายของผลิตภัณฑ์** (Set Final Specification)

โดยนำผลสรุปจากขั้นตอนของการทดสอบแนวคิดของผลิตภัณฑ์ มากำหนดเป็นคุณลักษณะ/คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่จะนำเข้าสู่การออกแบบเพื่อการผลิตออกสู่ตลาด ซึ่งแบ่งออกเป็นลักษณะผลิตภัณฑ์ ส่วนประกอบผลิตภัณฑ์ และวิธีการใช้งาน ดังแผนภาพที่ 4-5

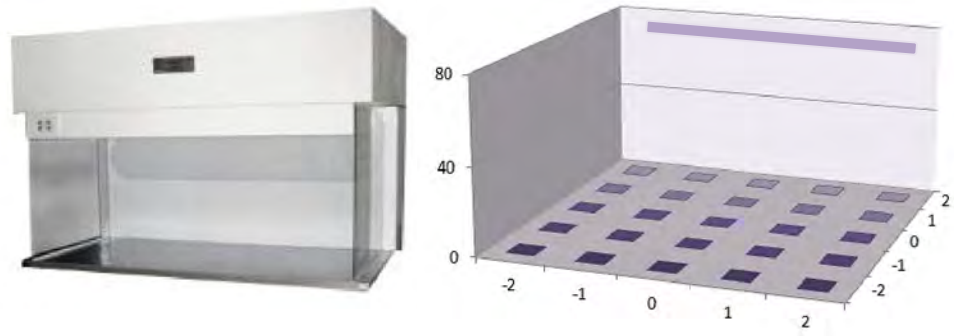


แผนภาพที่ 4-5 แสดงการกำหนดคุณสมบัติสุดท้ายของผลิตภัณฑ์

4.2 การทำผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

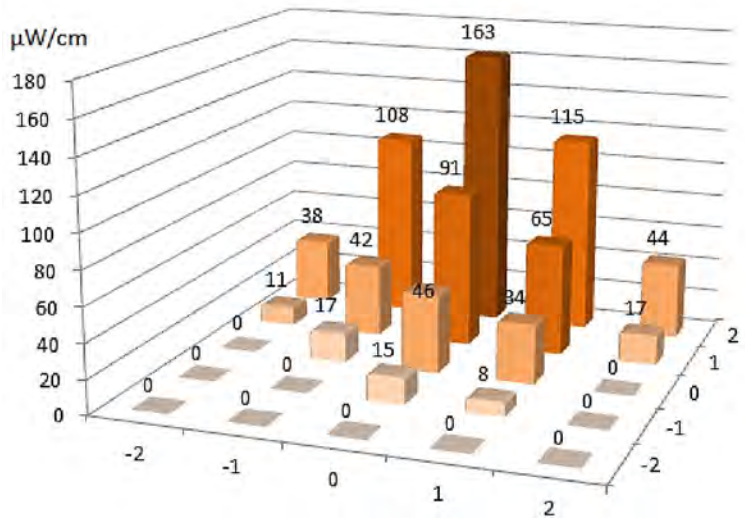
4.2.1 การวัดความเข้มแสงหลอดรังสียูวีในตู้ปลอดเชื้อ และการทดสอบการเปลี่ยนสีของสารกลุ่มไดอะเซทีลีนจากเทคนิคการพิมพ์สกรีน

ในขั้นตอนนี้ได้ทำวัดความเข้มแสง ($\mu W/cm^2$) ของหลอดรังสียูวีด้วยเครื่องวัดความเข้มแสง (UVC Light Meter 850010; Sper Scientific, America) ในตู้ปลอดเชื้อที่ใช้หลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค (CLEAN; model V3-4) ที่มีการใช้งานจริงในห้องปฏิบัติการทางชีววิทยา ผ่านการใช้งานเป็นครั้งคราวมาแล้วประมาณ 10 และ 20 ปี โดยไม่มีการจดบันทึกระยะเวลาการใช้งานและยังไม่เคยเปลี่ยนหลอดไฟเลย แต่ละตู้มีหลอดไฟรังสียูวีขนาด 30 วัตต์ ความยาวคลื่น 254 nm (G30W; Sylvania, Japan) ความยาว 90 ซม. จำนวน 1 หลอดติดตั้งอยู่ที่ส่วนบนของผนังด้านในสุดของตู้ ซึ่งในการตรวจวัดได้กำหนดให้จุดการวัดความเข้มที่กึ่งกลางพื้นตู้เป็นตำแหน่ง (0, 0) และกำหนดสเกลที่ห่างจากจุดกึ่งกลางตู้สำหรับทุกระยะห่าง 30 ซม. ตามแนวความกว้างตู้ (แกน X) และสำหรับทุกระยะห่าง 16 ซม. ตามแนวลึกของตู้ (แกน Y) ดังภาพที่ 4-6 และเปรียบเทียบผลที่ได้กับความเข้มแสงที่วัดได้หลังจากเปลี่ยนหลอดรังสียูวีเป็นหลอดใหม่ขนาดเดียวกันที่ยังไม่เคยผ่านการใช้งานมาก่อน และในทุกการทดลองมีการบันทึกค่าอุณหภูมิก่อนและหลังการทดลองซึ่งเป็นตัวแปรควบคุมพบอยู่ในช่วง 30-33 องศาเซลเซียส

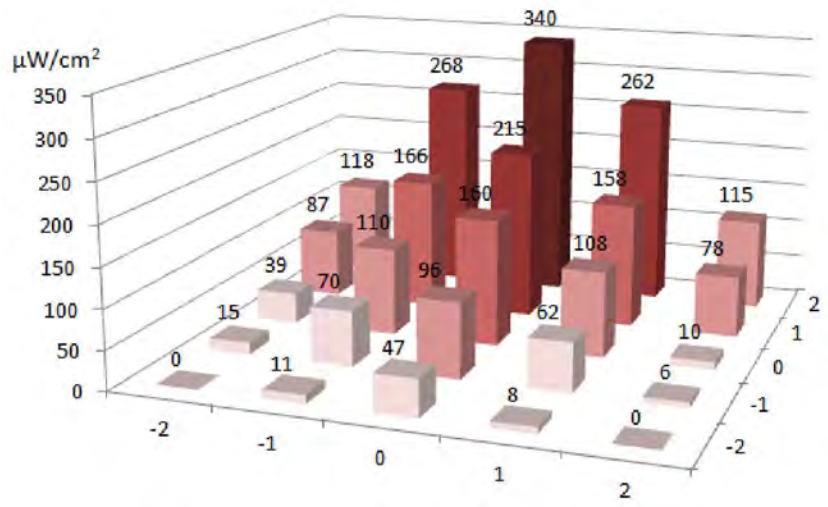


ภาพที่ 4-6 แสดงภาพของตู้ปลอดเชื้อ (ซ้าย) และตำแหน่งการวัดความเข้มแสงบนพื้นตู้ (ขวา)
(1 หน่วยสเกลแทนระยะทาง 30 ซม.ในแนวแกน X และ 16 ซม.ในแนวแกน Y)

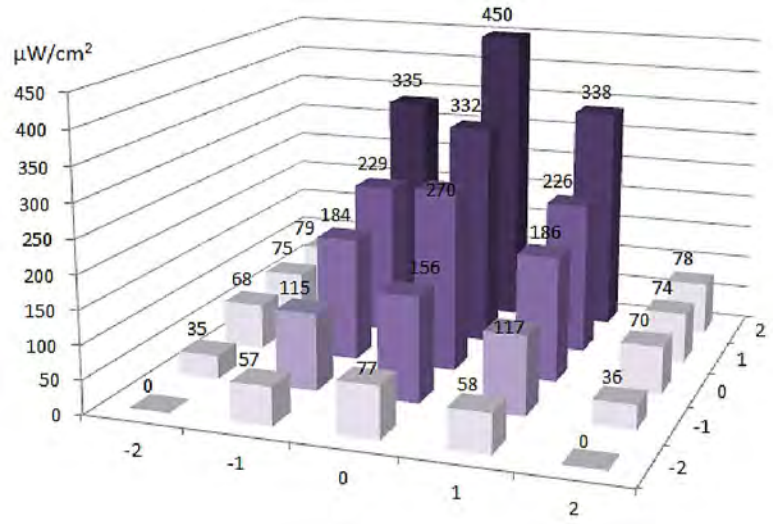
ผลการวัดความเข้มแสงของหลอดรังสียูวี พบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับหลอดใหม่ที่ไม่เคยผ่านการใช้งาน หลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคที่มีผ่านการใช้งานแล้ว 20 ปี และ 10 ปี (โดยไม่ทราบชั่วโมงการใช้งาน) ให้ค่าความเข้มแสง ณ. จุดที่มีความเข้มสูงที่สุดลดต่ำลงเหลือ 36% และ 75% ตามลำดับ ซึ่งหมายความว่าหลอดดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่เนื่องจากผู้ใช้ไม่เคยมีการจดบันทึกการใช้งาน และไม่เคยทำการตรวจวัดจึงยังคงใช้งานหลอดดังกล่าวต่อไป นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งต่างๆ บนพื้นตู้นั้นแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยตำแหน่งที่อยู่ใกล้จุดกึ่งกลางของหลอดมากที่สุดคือตำแหน่ง (0, 2) ซึ่งอยู่ทางด้านในสุดของตู้ ให้ค่าความเข้มแสงมากที่สุด ส่วนตำแหน่งข้างเคียงทางด้านซ้ายขวาและด้านหน้าได้แก่ ตำแหน่ง (-1, 2) (1,2) และ (0, 1) มีค่าลดลงเหลือประมาณ 74-75% ของจุดสูงสุดสำหรับหลอดใหม่ และมีค่าลดลงเหลือน้อยกว่าค่านี้อีกสำหรับหลอดเก่า ค่าความเข้มแสงยูวียังต่ำลดต่ำลงไปจนศูนย์ที่บริเวณมุมด้านหน้าตู้ ดังภาพ 4-7



(ก)



(ข)



(ค)

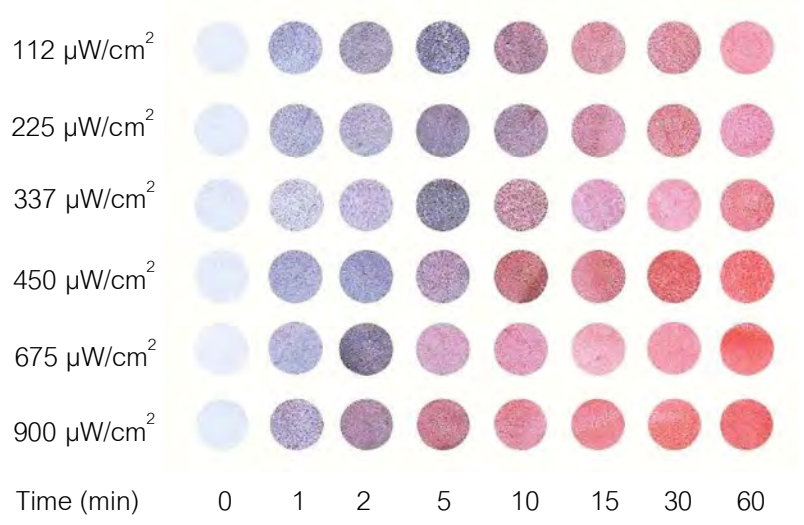
ภาพที่ 4-7 ค่าความเข้มแสง(μW/cm2) ที่วัดได้ ณ จุดต่างๆ ในตู้ที่มีหลอดไฟใช้งานมา 20 ปี (ก) ตู้ที่มีหลอดไฟใช้งานมา 10 ปี (ข) และหลังจากการเปลี่ยนหลอดไฟ (ค)

จากผลการทดลองข้างต้น สรุปได้ว่าความเข้มแสงยูวีซีมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วตามระยะทางที่ห่างออกจากจุดกึ่งกลางของหลอดไฟ และระยะเวลาการใช้งาน ดังนั้นในการใช้งานตู้ปลอดเชื้ออย่างมีประสิทธิภาพควรมีการจดบันทึกระยะเวลาการใช้ และมีการตรวจสอบความเข้มแสงแต่ละจุดอย่างสม่ำเสมอ แต่เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจมีราคาแพง และต้องใช้ช่างเทคนิคในการตรวจสอบและแปลผลซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูง ผลการทดลองนี้จึงสนับสนุนแนวคิดในการพัฒนาอินดิเคเตอร์ตรวจวัดประสิทธิภาพหลอดที่มีราคาถูก สามารถใช้ตรวจสอบได้เบื้องต้นโดยผู้ใช้งานเองว่าตำแหน่งใดบ้างบนพื้นผิวที่ยังได้รับแสงที่มีความเข้มเพียงพอที่จะฆ่าเชื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2.2 การทดสอบการเปลี่ยนสีของสารกลุ่มไดอะเซทีลีนด้วยแผ่นอินดิเคเตอร์ที่มีอยู่เดิม

และเมื่อนำอินดิเคเตอร์ไดอะเซทิลีนที่นักวิจัยเดิม (นายชัยวัฒน์ ผลลูกอินทร์) (Phollookin, 2009) ได้เตรียมไว้ มาทดสอบการเปลี่ยนสีโดยการฉายแสงด้วยหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคภายในตู้ปลอดเชื้อที่ระดับความเข้มต่างๆ โดยแบ่งช่วงเวลาการทดสอบออกเป็น 1 2 5 10 15 30 และ 60 นาที ตามลำดับ และถ่ายภาพบันทึกผลการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ด้วยกล้องดิจิตอล

พบว่า ฟิล์มสามารถเปลี่ยนสีจากสีฟ้าเป็น สีน้ำเงิน สีม่วง และสีแดง ตามปริมาณพลังงานแสงที่ได้รับ ซึ่งแปรผันตามความเข้มแสงและระยะเวลาในการฉายแสง ดังภาพที่ 4-8 เช่น ที่ความเข้มแสง 225 $\mu W/cm^2$ ต้องใช้ระยะเวลาฉายแสงถึง 60 นาที ซึ่งคิดเป็นพลังงาน 0.80 J/cm^2 จึงจะทำให้อินดิเคเตอร์เปลี่ยนเป็นสีแดงอย่างสมบูรณ์ ในขณะที่ความเข้มแสง 450 $\mu W/cm^2$ ใช้ระยะเวลาฉายแสง 30 นาที และที่ความเข้มแสง 900 $\mu W/cm^2$ ใช้ระยะเวลาฉายแสงเพียง 15 นาที ซึ่งยืนยันว่าสารไดอะเซทิลีนสามารถนำมาใช้เป็นอินดิเคเตอร์เปลี่ยนสีวัดปริมาณรังสียูวีและประสิทธิภาพของหลอดไฟฆ่าเชื้อโรคได้



ภาพที่ 4-8 แสดงการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ ที่ค่าความเข้มแสง ($\mu W/cm^2$) และระยะเวลาที่แตกต่างกัน

4.2.3 การศึกษาส่วนผสมของหมึกพิมพ์และเทคนิคการพิมพ์ที่ควรใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

ศึกษาหาสูตรของหมึกพิมพ์ที่โดยการผสมสารกลุ่มไดอะเซทีลีนกับตัวทำละลาย (solvent) และตัวยึดผงสี (binder) ที่ใช้ในระบบการพิมพ์ประเภทต่างๆ ว่าสารไดอะเซทิลีนยังคงแสดงสมบัติ

การเปลี่ยนสีภายใต้การฉายรังสีจากหลอดไฟฆ่าเชื้อโรค (UV Germicidal Irradiation Lamp) เป็นเฉดสีต่างๆ ได้เหมือนเดิมหรือไม่ ในระบบการพิมพ์ ดังต่อนี้

4.2.3.1 **การพิมพ์อิงค์เจท** (Inkjet printing) ระบบการพิมพ์อิงค์เจทเป็นเทคโนโลยีการพิมพ์ชนิดรูปแบบจุดที่ปราศจากการกระแทก (non-impact dot-matrix printing) ซึ่งหยดหมึกขนาดเล็กถูกพ่นออกจาก รูเปิดขนาดเล็กไปยังตำแหน่งเฉพาะเจาะจงบนแผ่นสื่อ (media) เพื่อกำเนิดภาพ โดยหมึกพิมพ์จะแบ่งออกเป็น 3 ประเภท

Water-based ink: กลไกของหมึกจะเกาะได้ดีบนผิวของแผ่นสื่อชนิดไม่ได้เคลือบ ซึ่งกลไกการแห้งของหมึกนั้นขึ้นกับการทะลุทะลวงและการดูดจับ การแห้งจึงอาศัยการระเหยของน้ำที่ค่อนข้างช้ามาก

Oil-based inks: ถูกใช้อย่างกว้างขวางใน large-format inkjet printer ซึ่งข้อดีของหมึกชนิดนี้คือแห้งเร็วกว่าและไม่มีรอยย่นของกระดาษเมื่อเทียบกับ water-based ink

Solvent-based inks: โดยทั่วไปที่ถูกใช้ใน industrial marking หรือ coating บนพื้นผิวที่ปราศจากรูพรุน ดังนั้นจึงไม่เกิดการดูดซึม ภาพพิมพ์ที่ได้จึงขึ้นกับการระเหยไปอย่างรวดเร็วของตัวทำละลาย (solvent) เพื่อให้เกิดการยึดติดบนแผ่นสื่อ

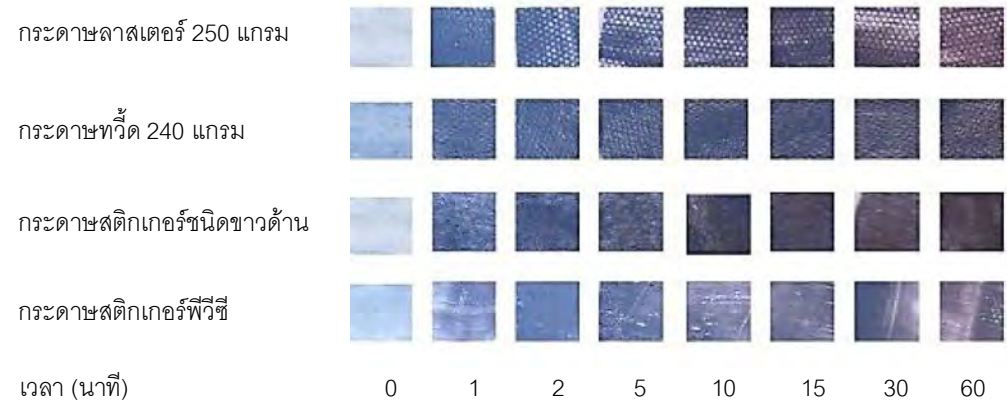
จากข้อมูลดังกล่าว ทำให้เห็นว่าหมึกพิมพ์ประเภทโซลเวนท์เบสอิงค์เจทนั้น ไม่เหมาะกับการมาพิมพ์ลงผลิตภัณฑ์เนื่องจาก วัสดุที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคนี้ทำจากกระดาษ ซึ่งหมึกพิมพ์ประเภท Solvent-based inks ในระบบพิมพ์นี้จะไม่เกิดการดูดซึมและกระจายตัวลงในเส้นใยของกระดาษ ทำให้เกิดการแห้งตัวที่ช้ามาก จึงทำให้คุณภาพสีและภาพที่ได้ไม่ดี

4.2.3.2 **การพิมพ์แบบเลตเตอร์เพรส** (Letterpress printing)

เตรียมหมึกพิมพ์ระบบสกรีนกึ่งอัตโนมัติโดยนำสารไดอะเซทิลีน ปริมาณ 0.05 g. ผสมกับตัวยึดสีระบบเลตเตอร์เพรส (บริษัทจันวานิชย์ ซีเคียวรีตี้ พริ้นติ้ง จำกัด) 0.95 g. และใช้ตัวปรับความหนืดของหมึก (บริษัทจันวานิชย์ ซีเคียวรีตี้ พริ้นติ้ง จำกัด) จากนั้นนำมาสกรีนลงบนกระดาษปล่อยทิ้งไว้แห้ง และนำไปทดสอบการเปลี่ยนสีด้วยการฉายด้วยหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคที่ความเข้มแสง 900 $\mu W/cm^2$ ที่อุณหภูมิก่อนการทดลอง 28 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิหลังการทดลองอยู่ในช่วง 30-33 องศาเซลเซียส

ผลการทดลองพบว่า หมึกพิมพ์ประเภทเลตเตอร์เพรสสามารถแห้งตัวได้ช้ามากเนื่องจากตัวทำละลายเป็นตัวทำละลายมีส่วนประกอบของน้ำมัน จึงทำให้ต้องทิ้งไว้นานกว่า 24 ชม. จึงสามารถนำไปทดสอบการเปลี่ยนสีภายใต้การฉายด้วยหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคได้ ซึ่งผลการ

ทดสอบพบว่า แผ่นฟิล์มทดสอบสามารถเปลี่ยนสีจากสีฟ้าเป็น สีน้ำเงิน และม่วง ตามลำดับในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน แต่ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นสีแดงได้ภายในเวลา 1 ชม. ดังภาพที่ 4-9



ภาพที่ 4-9 ผลการทดสอบการเปลี่ยนสีการพิมพ์เลตเตอร์เพลสในกระดาษแต่ละประเภท

นอกจากนี้ จะเห็นว่ากระดาษแต่ละประเภทจะให้ความสม่ำเสมอของสีหมึกพิมพ์ที่แตกต่างกัน โดยกระดาษสติ๊กเกอร์ชนิดขาวด้าน ให้ความสม่ำเสมอของสีหมึกมากกว่ากระดาษประเภทอื่น

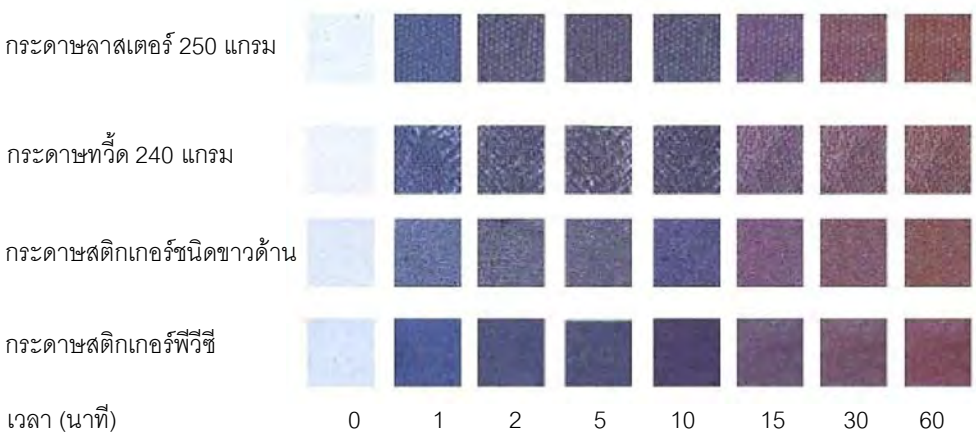
4.2.3.3 **การพิมพ์สกรีน** (screen printing)

ได้แบ่งการทดสอบการสกรีนออกเป็น 2 ประเภทคือ การเตรียมสีสกรีนกึ่งอัตโนมัติและสีซิลค์สกรีน

สีสกรีนกึ่งอัตโนมัติ

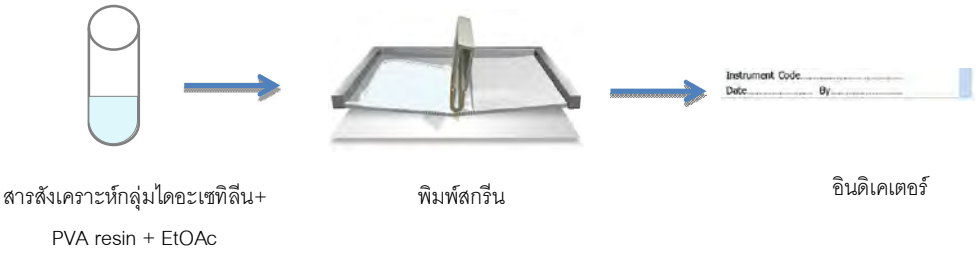
เตรียมขึ้นจากสารไดอะเซทิลีน ปริมาณ 0.05 g. ผสมกับตัวยึดสีระบบเลตเตอร์เพรส Medium 5100 (บริษัทจันวานิชย์ ซีเคียวรีตี้ พริ้นติ้ง จำกัด) 0.95 g. และใช้ตัวปรับความหนืดของหมึก WIN 550 (บริษัทจันวานิชย์ ซีเคียวรีตี้ พริ้นติ้ง จำกัด) จากนั้นนำมาสกรีนลงบนกระดาษปล่อยทิ้งไว้แห้ง และนำไปทดสอบการเปลี่ยนสีด้วยการฉายด้วยหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคที่ความเข้มแสง 900 $\mu W/cm^2$ ที่อุณหภูมิก่อนการทดลอง 28 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิหลังการทดลองอยู่ในช่วง 30-33 องศาเซลเซียส

ผลการทดสอบพบว่าหมึกพิมพ์ประเภทสกรีนแบบกึ่งอัตโนมัติสามารถแห้งตัวได้เร็วภายในเวลา 5-10 นาที เมื่อนำไปทดสอบการเปลี่ยนสีภายใต้การฉายด้วยหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค พบว่า แผ่นฟิล์มทดสอบสามารถเปลี่ยนสีจากสีฟ้าเป็น สีน้ำเงิน และม่วง ตามลำดับ แต่ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นสีแดงได้ภายในเวลา 1 ชม. และพบว่ากระดาษแต่ละประเภทให้ความสม่ำเสมอของสีดีโดยเฉพาะกระดาษที่มีพื้นผิวเรียบ เช่นกระดาษสติ๊กเกอร์ชนิดขาวด้านและกระดาษสติ๊กเกอร์พีวีซี ซึ่งให้ความสม่ำเสมอมากกว่ากระดาษลาสเตอร์และกระดาษทวิ้ด ที่มีพื้นผิวขรุขระ ดังภาพที่ 4-10



ภาพที่ 4-10 ผลการทดสอบการเปลี่ยนสีระบบการพิมพ์สกรีนกึ่งอัตโนมัติ
ในกระดาษแต่ละประเภท

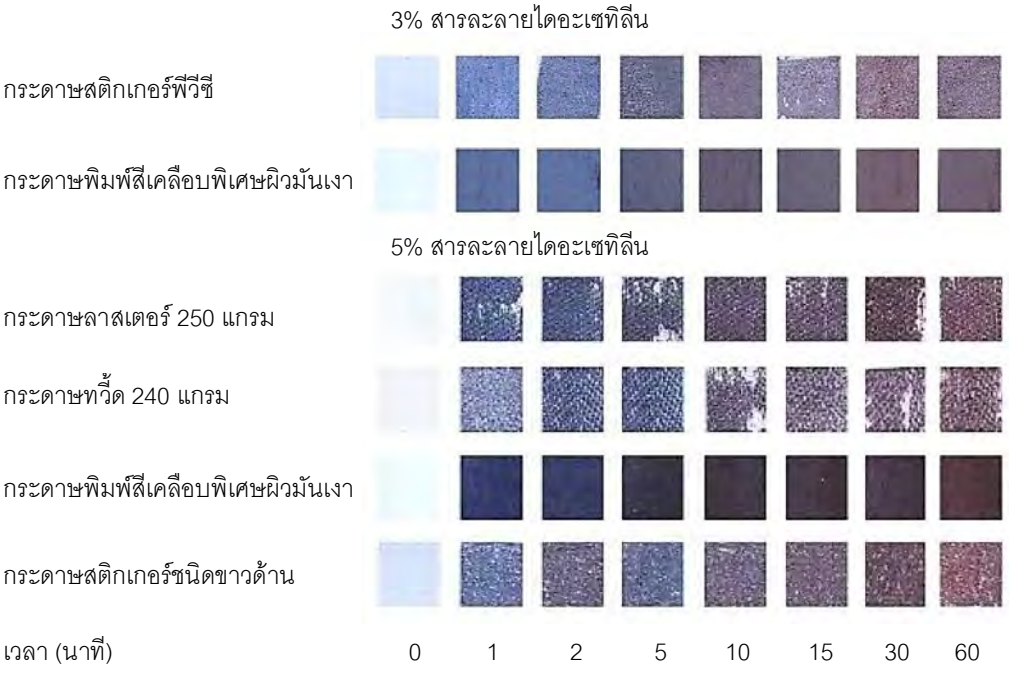
หมึกพิมพ์ระบบซิลค์สกรีนเตรียมขึ้นโดยนำสารไดอะเซทิลีน ปริมาณ 0.05 g. ผสมกับตัวกับตัวยึดสีซิลค์สกรีน GPV090S (ร้านชัยบูรณ์ บราเดอร์ส) 0.95 g. และใช้ตัวปรับความหนืดของหมึก White spirit (ร้านชัยบูรณ์ บราเดอร์ส) น้ำมันผสมหมึกพิมพ์ และ ตัวทำละลายเอทิลแอซิเทต จากนั้นนำมาสกรีนลงบนกระดาษ ปล่อยทิ้งไว้แห้ง และนำไปทดสอบการเปลี่ยนสีด้วยการฉายด้วยหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคที่ความเข้มแสง 900 μW/cm^2 ที่อุณหภูมิก่อนการทดลอง 28 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิหลังการทดลองอยู่ในช่วง 30-33 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 4-11



ดังภาพที่ 4-11 แสดงขั้นตอนการเตรียมอินดิเคเตอร์จากสารกลุ่มไดอะเซทิลีน

ผลการทดสอบพบว่าหมึกพิมพ์ประเภทซิลค์สกรีนสามารถแห้งตัวได้เร็วภายในเวลา 5-10 นาที เมื่อนำไปทดสอบการเปลี่ยนสีภายใต้การฉายด้วยหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคพบว่า แผ่นฟิล์มทดสอบสามารถเปลี่ยนสีจากสีฟ้าเป็น สีน้ำเงิน และม่วง ตามลำดับ แต่ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นสีแดงได้ภายในเวลา 1 ชม. และพบว่ากระดาษแต่ละประเภทให้ความสม่ำเสมอของการยึดติดของสี

ค่อนข้างดี โดยกระดาษพิมพ์สีเคลือบพิเศษผิวมันเงาให้ความสม่ำเสมอดีที่สุด และ หมึกพิมพ์ที่ผสมสารไดอะเซทิลีน 3% ก็สามารถให้สีที่เข้มมองเห็นชัดเจนจึงอาจไม่จำเป็นต้องใช้ปริมาณไดอะเซทิลีนถึง 5% ดังภาพที่ 4-12



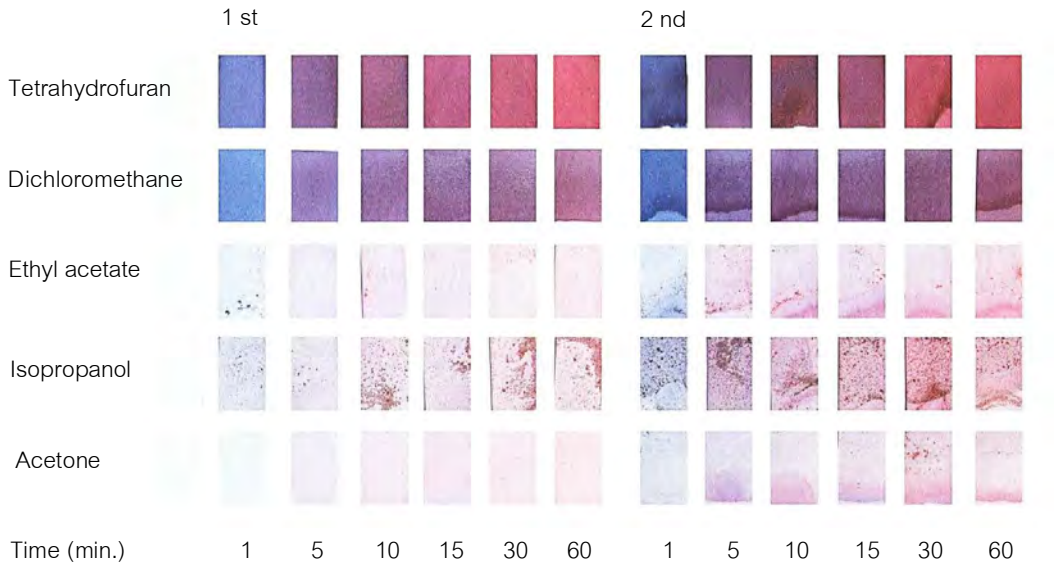
ภาพที่ 4-12 รูปผลการทดสอบการพิมพ์ซิลค์สกรีนในกระดาษแต่ละประเภท

4.2.3.4 **เทคนิคการจุ่มในสารละลายไดอะเซทิลีน**

นอกจากการทดลองหาเทคนิคการพิมพ์ต่างๆที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยใช้เทคนิคการจุ่มย้อมกระดาษในสารละลายไดอะเซทิลีน ปริมาณ 0.005 g. ผสมกับตัวทำละลาย (Solvent) 1 mL.

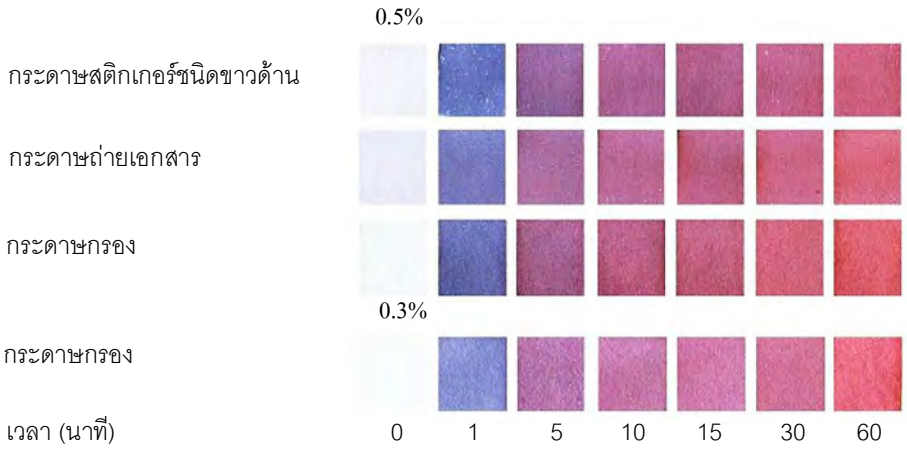
จากการทดลองละลายสารไดอะเซทิลีน กับตัวทำละลาย 5 ชนิด คือ เตตระไฮโดรฟูแรน (tetrahydrofuran) ไดคลอโรมีเทน (dichloromethane) เอทิลแอซีเทต (ethyl acetate) ไอโซโพรพานอล (isopropanol) และแอซีโทน (acetone) โดยการโซนิเคตเป็นเวลา 20 นาที พบว่าไดอะเซทิลีนสามารถละลายได้ดีในเตตระไฮโดรฟูแรนและไดคลอโรมีเทน และไม่ละลายในเอทิลแอซีเทต ไอโซโพรพานอล และแอซีโทน สามารถละลายได้แต่ยังมีตะกอนแขวนลอยอยู่

เมื่อนำกระดาษกรองจุ่มลงในสารละลาย ปล่อยทิ้งไว้แห้ง และนำไปทดสอบการเปลี่ยนสีด้วยการฉายด้วยหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคที่ความเข้มแสง 900 μW/cm^2 อุณหภูมิ 30 °C พบว่ากระดาษที่จุ่มในสารละลายประเภทเตตระไฮโดรฟูแรน (tetrahydrofuran) สามารถเปลี่ยนสีได้ดีจากไม่มีสีเป็น สีน้ำเงิน ม่วง และแดง ตามลำดับ ส่วนกระดาษที่จุ่มในตัวทำละลายประเภทไดคลอโรมีเทน (dichloromethane) สามารถติดและเปลี่ยนสีได้ดีจากไม่มีสีเป็นสีน้ำเงิน ม่วง และม่วงอมแดง ส่วนกระดาษที่จุ่มลงในตัวทำละลายเอทิลแอซีเทต (ethyl acetate) ไอโซโพรพานอล (isopropanol) และแอซีโทน (acetone) แสดงการติดบนกระดาษที่ไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้ พบว่าการจุ่มกระดาษลงในสารละลาย 1 ครั้ง ให้การแสดงสีบนกระดาษแต่ละประเภทสม่ำเสมอกว่าการจุ่มลงในสารละลาย 2 ครั้ง ดังภาพที่ 4-13



ภาพที่ 4-13 แสดงการเปลี่ยนสีในตัวทำละลายประเภทต่างๆ เมื่อฉายด้วยหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคที่ค่าความเข้มแสง 900 μW/cm^2

จากนั้นได้ทำการทดลองการจุ่มย้อมสารละลายไดอะเซทิลีนในตัวทำละลายเตตระไฮโดรฟูแรน (tetrahydrofuran) ของกระดาษประเภทต่างๆ ได้แก่ สติกเกอร์ชนิดขาวด้าน กระดาษถ่ายเอกสาร และกระดาษกรอง พบว่ากระดาษทั้ง 3 ชนิดสามารถย้อมติดสารไดอะเซทิลีนอย่างสม่ำเสมอ และแสดงการเปลี่ยนสีจากสีน้ำเงิน เป็นสีม่วง และแดงตามลำดับ และที่ความเข้มข้นของสารละลายไดอะเซทิลีน 0.5% ให้สีที่เข้มและสม่ำเสมอกว่าที่ความเข้มข้น 0.3% ดังภาพที่ 4-14



ภาพที่ 4-14 แสดงการเปลี่ยนสีใน เตดตระไฮโดรฟูแรน (Tetrahydrofuran) เมื่อฉายด้วยหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคที่ค่าความเข้มแสง 900 μW/cm^2

4.2.4 การออกแบบผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์

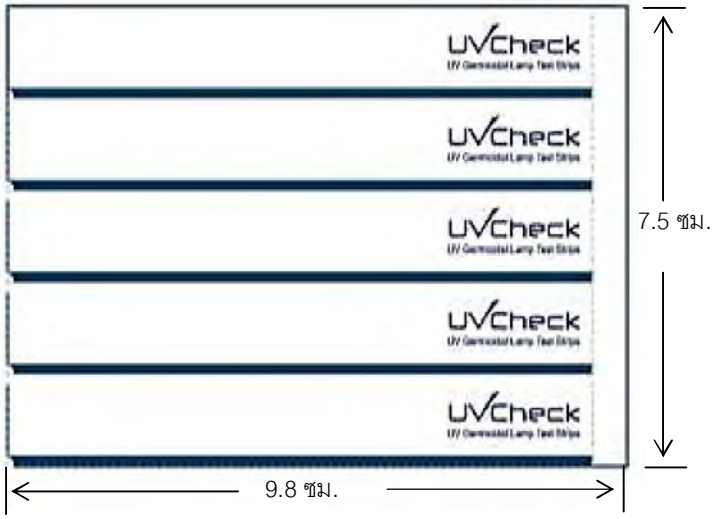
ในขั้นตอนนี้ได้นำเทคนิคการจุ่มย้อมในหัวข้อ 4.2.3.4 มาออกแบบผลิตภัณฑ์อินดิเคเตอร์ โดยปรับให้สอดคล้องกับแนวคิดสุดท้ายที่ได้จากการสำรวจความต้องการของกลุ่มลูกค้าเป้าหมาย ตามแบบที่ 4 ในหัวข้อ การกำหนดคุณสมบัติสุดท้ายของผลิตภัณฑ์โดย

อินดิเคเตอร์มีลักษณะเป็นแท่งตรวจวัดขนาด 1×8 ซม^2 สามารถใช้ร่วมกับกระบวนการทำงานฆ่าเชื้อโดยปกติได้ มีตำแหน่งแสดงผลหรือจุดเปลี่ยนสีขนาด 0.3×0.8 ซม^2 ซึ่งสังเกตเห็นได้ง่ายแต่ไม่ใหญ่จนทำให้ต้องใช้สารไดอะเซทิลีนในปริมาณมากเกินไป และมีบริเวณให้จดบันทึกข้อมูลการตรวจวัด เช่น รหัสอุปกรณ์ฆ่าเชื้อที่ได้รับการตรวจวัด วันที่ตรวจวัด และ ผู้ตรวจวัดเพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้ในการเก็บไว้เป็นหลักฐานและเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์ ดังภาพที่ 4-15

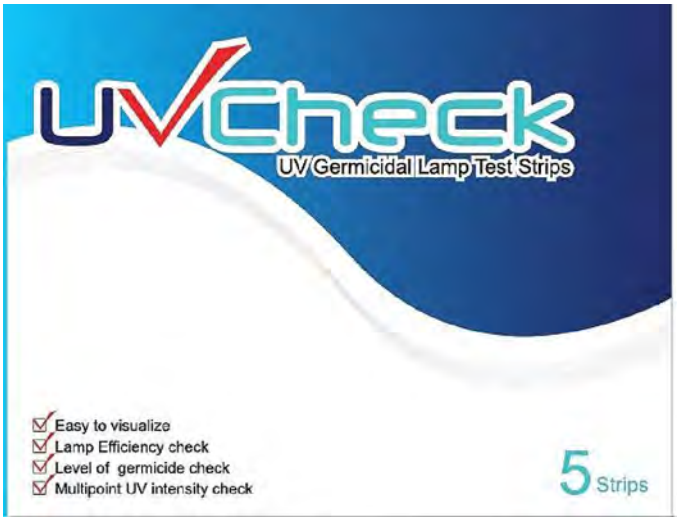
ภาพที่ 4-15 แสดงภาพแผ่นทดสอบและตำแหน่งแสดงผลการตรวจวัด

ส่วนบรรจุภัณฑ์ได้ออกแบบให้มี 2 ชั้น โดยชั้นในเป็นซองทึบกันแสงขนาด 7.5×9.8 ซม^2 สำหรับแท่งอินดิเคเตอร์แต่ละแท่ง ที่มีรอยปรุให้ฉีกออกใช้งานได้สะดวก ด้านหน้าซองพิมพ์ชื่อผลิตภัณฑ์เพื่อให้ทราบว่าเป็นด้านหน้าและเพิ่มการจดจำตราสินค้า ดังภาพที่ 4-16 ส่วนบรรจุ

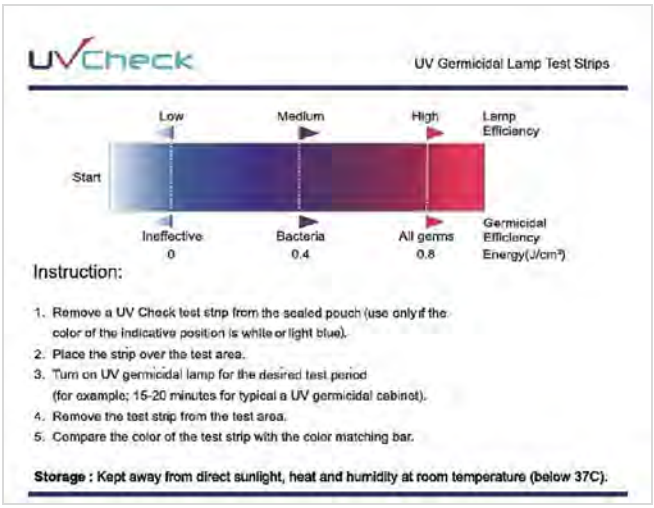
ภัณฑ์ชั้นนอกเป็นกล่องขนาด 7.7×10×1 ซม^3 พิมพ์ตราสินค้าขนาดใหญ่ ระบุข้อบ่งใช้ และ จำนวนชิ้นที่บรรจุ มีช่องประทับวันที่ผลิตและหมดอายุ มีลายกราฟิคสีเรียบฟ้าง่าย ดังภาพที่ 4-17 ด้านหลังกล่องบรรจุภัณฑ์ชั้นนอกพิมพ์วิธีใช้เป็นภาษาอังกฤษ แถบเทียบสีที่มีสเกลบ่งบอกระดับประสิทธิภาพของหลอดไฟ ตัวเลขพลังงานที่ได้รับ และความสามารถในการฆ่าเชื้อ ที่อ่านค่าได้ง่ายและดูน่าเชื่อถือ ดังภาพที่ 4-18



ภาพที่ 4-16 แสดงภาพซองบรรจุภัณฑ์ด้านใน



ภาพที่ 4-17 แสดงภาพกล่องบรรจุภัณฑ์ด้านหน้า

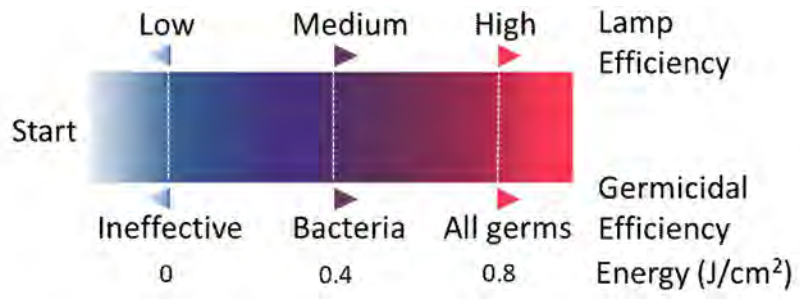


ภาพที่ 4-18 แสดงภาพกล่องบรรจุภัณฑ์ด้านหลัง

4.2.5 การขึ้นต้นแบบและทดสอบประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

ทั้งผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์จะใช้วัสดุเป็นกระดาษทั้งหมด เนื่องจากวิธีการประกอบไม่ซับซ้อนสามารถทำได้มากชิ้นในเวลาอันรวดเร็วแม้ในห้องปฏิบัติการขนาดเล็ก ซึ่งสามารถร่นระยะเวลาในการวิจัยพัฒนาให้สั้นและลดความเสี่ยงในการลงทุนในช่วงทดสอบตลาดได้ และการพิมพ์ข้อความบนผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์จะใช้ภาษาอังกฤษทั้งหมดเพื่อความน่าเชื่อถือ

สำหรับแถบเทียบสีได้แบ่งระดับประสิทธิภาพของหลอดและความสามารถในการฆ่าเชื้อโรคของหลอดรังสียูวีออกเป็น 4 ระดับ ดังภาพที่ 4-19 คือ 1) สีฟ้า หลอดไม่มีประสิทธิภาพในการให้รังสียูวี C เลย ควรเปลี่ยนหลอดทันทีหลอดไม่สามารถใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์อีกต่อไป 2) สีน้ำเงิน หลอดมีประสิทธิภาพต่ำ ให้ปริมาณรังสียูวี C ต่ำกว่า 0.40 J/cm^2 ในช่วงเวลาที่ฉายแสง มีความสามารถในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย แต่ไม่เพียงพอที่จะฆ่าเชื้อราและไวรัสบางชนิด ควรพิจารณาเปลี่ยนหลอด หากจำเป็นต้องใช้หลอดต่อไปต้องเพิ่มระยะเวลาในการฉายแสง 3) สีม่วง หลอดยังมีประสิทธิภาพในการใช้งาน ให้รังสียูวี C ประมาณ 0.40-0.80 J/cm^2 ในช่วงเวลาที่ฉายแสง สามารถใช้หลอดในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียและรา แต่อาจไม่เพียงพอที่จะฆ่าเชื้อไวรัส Tobacco mosaic 4)สีแดง หลอดมีประสิทธิภาพสูง ให้ปริมาณรังสียูวี C มากกว่า 0.80 J/cm^2 ในช่วงเวลาที่ฉายแสงสามารถใช้หลอดในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียแบคทีเรีย รา และไวรัสได้ทุกชนิด (Americanairandwater, 2010)

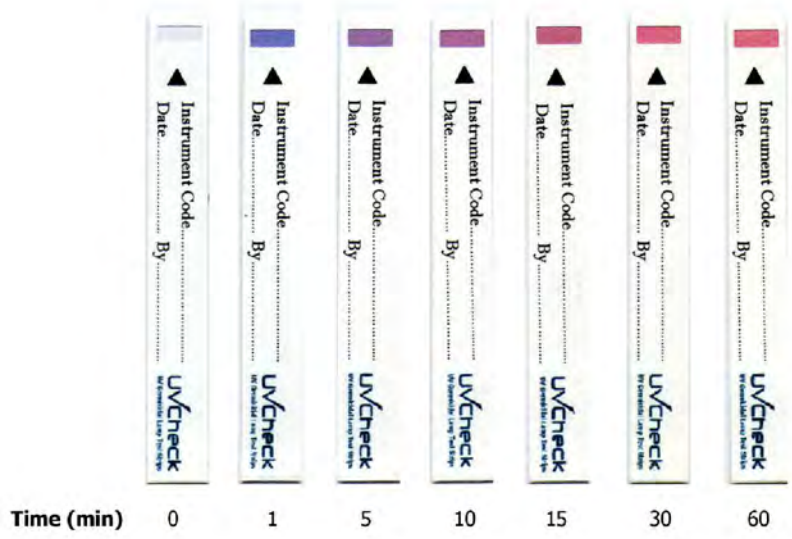


ดังภาพที่ 4-19 แถบสีวัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

ในการเตรียมต้นแบบด้วยเทคนิคการการจุ่มย้อมกระดาษมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

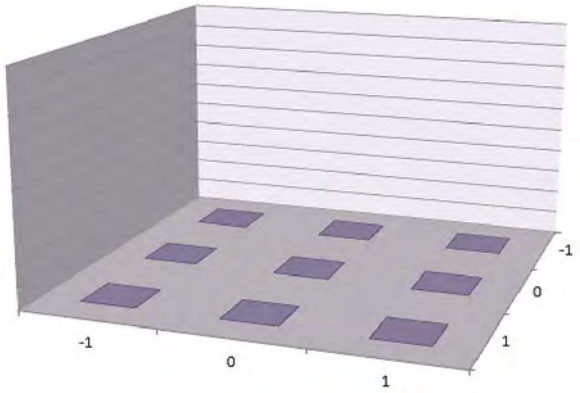
1. เตรียมสารละลายไดอะเซทิลีน โดยผสมไดอะเซทิลีน ปริมาณ 0.005 g. กับตัวทำละลายเตดตระไฮโดรฟูแรน (Tetrahydrofuran) 1 mL.
2. เตรียมกระดาษสำหรับทำอินดิเคเตอร์ โดยใช้กระดาษขาว 80 gsm. ขนาด A4 จุ่มลงในตัวทำละลายเตตระไฮโดรฟูแรน (Tetrahydrofuran) แล้วนำไปผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำไปจุ่มลงในสารละลายไดอะเซทิลีนจากข้อ 1. แล้วนำไปผึ่งให้แห้ง
3. นำกระดาษอินดิเคเตอร์มาประกบกับกระดาษที่เจาะช่องสี่เหลี่ยมสำหรับตำแหน่งแสดงผล และมีการพิมพ์ข้อมูลส่วนบันทึกผลเรียบร้อยแล้วเข้าด้วยกัน
4. ตัดแผ่นทดสอบขนาด กว้าง 1×8 ซม^2

หลังจากที่ทำการขึ้นต้นแบบผลิตภัณฑ์เรียบร้อยแล้ว นำต้นแบบมาทดสอบประสิทธิภาพการใช้งาน โดยนำผลิตภัณฑ์ต้นแบบมาทดสอบภายใต้การฉายหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค (UV Germicidal Irradiation Lamp) ที่ความเข้มแสง 900 μW/cm^2 และสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสีอินดิเคเตอร์ จากการทดสอบ พบว่าอินดิเคเตอร์สามารถเปลี่ยนเฉดสีจากขาวเป็นน้ำเงิน ม่วง และแดงตามระยะเวลาการฉายแสง ดังภาพที่ 4-20



ภาพที่ 4-20 แสดงภาพการทดสอบการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

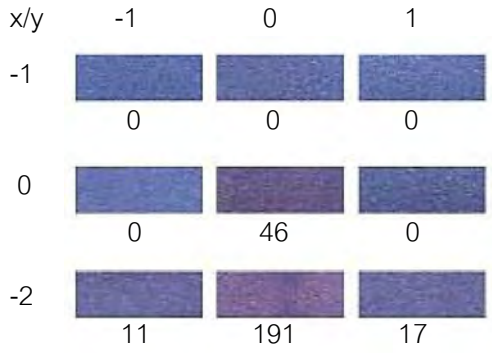
ในการทดสอบการใช้งานของอินดิเคเตอร์ในสถาณประกอบการจริง ได้รับความอนุเคราะห์ให้เข้าทดสอบตู้ปลอดเชื้อที่ใช้หลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค จำนวน 3 ตู้ ในสถาณประกอบการแห่งหนึ่ง ซึ่งผู้วิจัยได้เข้าทำการทดสอบโดยการวางแท่งอินดิเคเตอร์ไว้ 9 จุด โดยกำหนดให้จุดกึ่งกลางพื้นตู้เป็นตำแหน่ง (0, 0) และให้จุดที่ห่างจากจุดกึ่งกลางตู้ 60 ซม. ทางด้านขวาและซ้ายของตู้ (แกน X) เป็น 1 และ -1 ตามลำดับ ส่วนในแนวลึกของตู้ (แกน Y) กำหนดให้จุดที่ห่างจากจุดกึ่งกลางไปยังด้านหน้าและหลังเป็นระยะทาง 32 ซม. เป็น 1 และ -1 ตามลำดับ ดังภาพที่ 4-21 แล้วเปิดหลอดไฟยูวีเพื่อฉายแสงเป็นเวลา 15 นาที พร้อมทั้งทำการวัดความเข้มแสง ($\mu W/cm^2$) ด้วยอุปกรณ์วัดความเข้มแสงอิเล็กทรอนิกส์ของทุกตำแหน่ง เพื่อยืนยันความสอดคล้องกับการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์



ภาพที่ 4-21 แสดงภาพของตู้ปลอดเชื้อ และตำแหน่งทดสอบผลิตภัณฑ์บนพื้นตู้

(1 หน่วยสเกลแทนระยะทาง 60 ซม.ในแนวแกน X และ 32 ซม.ในแนวแกน Y)

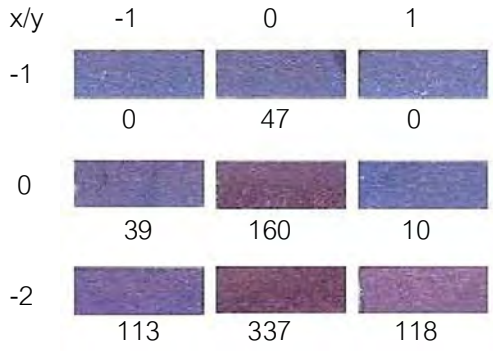
ผลการทดลองสำหรับตู้ที่ 1 ที่ติดตั้งหลอดรังสียูวีกำลัง 30 วัตต์ ความยาว 90 ซม. อยู่บริเวณด้านในส่วนหน้าของตู้ พบว่ามีเพียงอินดิเคเตอร์ที่วาง ณ ตำแหน่ง (0, -2) ซึ่งอยู่ใกล้จุดกึ่งกลางหลอดที่สุด ที่สามารถแสดงการเปลี่ยนสีจากไม่มีสีเป็นสีม่วงอมน้ำเงิน ดังภาพที่ 4-22 เมื่อเปรียบเทียบกับแถบสีที่ให้ไว้ด้านหลังกล่องบรรจุภัณฑ์แสดงว่าในช่วงเวลา 15 นาทีของการฉายแสง อินดิเคเตอร์น่าจะได้รับพลังงานจากรังสียูวีซีน้อยกว่า 0.4 J/cm^2 ซึ่งอาจไม่เพียงพอสำหรับการฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ทั้งหมด และตำแหน่งดังกล่าววัดค่าความเข้มแสงได้มากที่สุด คือ 191 μW/cm^2 คิดเป็นพลังงานในการฉายแสง 15 นาทีประมาณ 0.2 J/cm^2 จึงไม่เพียงพอสำหรับการฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ทั้งหมด (Americanairandwater, 2010) ส่วนอินดิเตอร์ที่วาง ณ จุดอื่นๆ อีก 8 จุด ก็เปลี่ยนเป็นสีฟ้า-น้ำเงิน เท่านั้น จึงสรุปได้ว่าหลอดไฟรังสียูวีของตู้ดังกล่าวเสื่อมสภาพจนไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการใช้ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ควรพิจารณาเปลี่ยนหลอดไฟหรือเพิ่มระยะเวลาการฉายแสงโดยใช้แผ่นอินดิเคเตอร์ช่วยหาระยะเวลาฉายแสงที่เหมาะสมซึ่งระยะเวลาที่ใช้ฉายแสงควรทำให้อินดิเคเตอร์เปลี่ยนเป็นสีม่วงเป็นอย่างน้อย



ภาพที่ 4-22 แสดงการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ และความเข้มแสง (μ W/cm^2) ของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคในตู้ปลอดเชื้อที่มีการติดตั้งหลอดบริเวณหน้าตู้ที่ 1

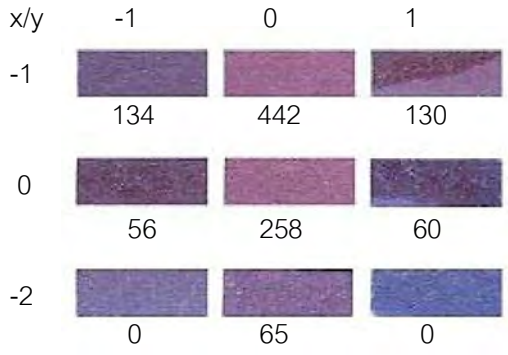
ผลการทดลองสำหรับตู้ที่ 2 ที่ติดตั้งหลอดรังสียูวีกำลัง 30 วัตต์ ความยาว 90 ซม. อยู่บริเวณด้านในส่วนหน้าเช่นเดียวกับตู้ที่ 1 พบว่าอินดิเคเตอร์ที่วาง ณ ตำแหน่ง (0, -2) และ (0, 0) ที่สามารถแสดงการเปลี่ยนสีจากไม่มีสีเป็นสีม่วงเข้ม ดังภาพที่ 4-23 เมื่อเปรียบเทียบกับแถบสีที่ให้ไว้ด้านหลังกล่องบรรจุภัณฑ์ แสดงว่าในช่วงเวลา 15 นาทีของการฉายแสง อินดิเคเตอร์น่าจะได้รับพลังงานจากรังสียูวีซีต่ำกว่า 0.4 J/cm^2 ซึ่งน้อยกว่าพลังงานที่ต้องใช้สำหรับการฆ่าเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด และตำแหน่ง (0, 1) ดังกล่าววัดค่าความเข้มแสงได้มากที่สุด คือ 337 μW/cm^2 คิดเป็นพลังงานในการฉายแสง 15 นาที ประมาณ 0.3 J/cm^2 จึงยังไม่เพียงพอสำหรับการฆ่าเชื้อ

แบคทีเรียได้ทั้งหมด (Americanairandwater, 2010) ส่วนอินดิเตอร์ที่วาง ณ จุดอื่นๆ อีก 6 จุด ก็เปลี่ยนเป็นสีฟ้า-ม่วงอมน้ำเงิน เท่านั้น จึงสรุปได้ว่าหลอดไฟรังสียูวีของตู้ดังกล่าวเสื่อมสภาพจนไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการใช้ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ควรพิจารณาเปลี่ยนหลอดไฟหรือเพิ่มระยะเวลาการฉายแสงโดยใช้แผ่นอินดิเคเตอร์ช่วยหาระยะเวลาฉายแสงที่เหมาะสมซึ่งระยะเวลาที่ใช้ฉายแสงควรทำให้อินดิเคเตอร์เปลี่ยนเป็นสีม่วงเป็นอย่างน้อย



ภาพที่ 4-23 แสดงการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ และความเข้มแสง ($\mu W/cm^2$) ของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคในตู้ปลอดเชื้อที่มีการติดตั้งหลอดบริเวณหน้าตู้ที่ 2

ผลการทดลองสำหรับตู้ที่ 3 ที่ติดตั้งหลอดรังสียูวีกำลัง 30 วัตต์ ความยาว 90 ซม. อยู่บริเวณด้านในส่วนหลังของ พบว่าอินดิเคเตอร์ที่วาง ณ ตำแหน่ง (0, -1) และ (0, 0) ที่สามารถแสดงการเปลี่ยนสีจากไม่มีสีเป็นสีม่วงแดง ดังภาพที่ 4-24 เมื่อเปรียบเทียบกับแถบสีที่ให้ไว้ด้านหลังกล่องบรรจุภัณฑ์ แสดงว่าในช่วงเวลา 15 นาทีของการฉายแสง อินดิเคเตอร์น่าจะได้รับพลังงานจากรังสียูวีซีประมาณ 0.4 J/cm^2 ซึ่งเพียงพอสำหรับการฆ่าเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด และตำแหน่ง (0, -1) ดังกล่าววัดค่าความเข้มแสงได้มากที่สุด คือ 442 $\mu W/cm^2$ คิดเป็นพลังงานในการฉายแสง 15 นาทีประมาณ 0.4 J/cm^2 ซึ่งเพียงพอสำหรับการฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ทั้งหมด (Americanairandwater, 2010) ส่วนอินดิเตอร์ที่วาง ณ จุดอื่นๆ อีก 6 จุด เปลี่ยนเป็นสีฟ้า-ม่วงเท่านั้น จึงสรุปได้ว่าหลอดไฟรังสียูวีของตู้ดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการใช้ฆ่าเชื้อแบคทีเรียในบริเวณจำกัดคือ ณ ตำแหน่งที่ใกล้กับหลอดไฟ แต่ที่ตำแหน่งด้านข้างที่อยู่ห่างไกลจากหลอดได้รับรังสีไม่เพียงพอ หากต้องการใช้งานบริเวณดังกล่าวควรเพิ่มระยะเวลาการฉายแสงโดยใช้แผ่นอินดิเคเตอร์ช่วยหาระยะเวลาฉายแสงที่เหมาะสมซึ่งระยะเวลาที่ใช้ฉายแสงควรทำให้อินดิเคเตอร์เปลี่ยนเป็นสีม่วงเป็นอย่างน้อย และควรหลีกเลี่ยงการใช้งานบริเวณมุมด้านหน้าตู้ที่อยู่ห่างไกลจากหลอดมาก



ภาพที่ 4-24 แสดงการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ และความเข้มแสง (μW/cm^2) ของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคในตู้ปลอดเชื้อที่มีการติดตั้งหลอดบริเวณหลังตู้

4.3 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยในส่วนของการศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค ผู้วิจัยได้นำผลิตภัณฑ์ไปให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบการใช้งานจริง และนำแบบสอบถามแจกให้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เพื่อนำมาศึกษาความเป็นไปได้ในการยอมรับผลิตภัณฑ์ โดยการศึกษาของงานวิจัยนี้อยู่บนหลักแนวคิดเกี่ยวกับแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (Technological Acceptance Model: TAM) โดยมีสมมติฐานการวิจัยดังนี้

สมมติฐานที่ 1: การรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์นชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคมีประโยชน์ มีความสัมพันธ์ต่อทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

สมมติฐานที่ 2: การรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคง่ายต่อการใช้งาน มีความสัมพันธ์ต่อทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

สมมติฐานที่ 3: ทัศนคติต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค มีความสัมพันธ์ต่อความตั้งใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

สมมติฐานที่ 4: องค์ประกอบด้านคุณลักษณะของผู้บริโภคที่แตกต่างกัน มีผลกระทบต่อความตั้งใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

ในการสรุปผลการวิจัย ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามจำนวน 30 ชุด และประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์ SPSS ซึ่งจะเสนอผลการวิจัยเรียงลำดับดังต่อไปนี้

1. ผลการวิเคราะห์จำนวน ร้อยละและค่าเฉลี่ยทางประชากร
2. ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค
3. ผลการวิเคราะห์สมมติฐาน

4.3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง

แสดงจำนวนร้อยละ และค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามลักษณะทางประชากร ซึ่งสามารถแจกแจงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-6 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับเพศของกลุ่มตัวอย่าง

ลักษณะทางประชากร (เพศ)	จำนวน	ร้อยละ
ชาย	8	26.7
หญิง	22	73.3
รวม	**30**	**100.0**

จากตารางที่ 4-6 พบว่า กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายจำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 26.70 กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศหญิงจำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 73.30

ตารางที่ 4-7 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับอายุ

ลักษณะทางประชากร (อายุ)	จำนวน	ร้อยละ
น้อยกว่า 15 ปี	0	0.0
15-20 ปี	0	0.0
21-25 ปี	3	10.0
26-30 ปี	14	46.7
31-35 ปี	8	26.7
36 ปีขึ้นไป	5	16.7
รวม	**30**	**100.0**

จากตารางที่ 4-7 พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 26-30 ปี คิดเป็นร้อยละ 46.7 รองลงมาจะมีอายุระหว่าง 31-35 ปี คิดเป็นร้อยละ 26.7

ตารางที่ 4-8 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับระดับการศึกษา

ลักษณะทางประชากร (ระดับการศึกษาสูงสุด)	จำนวน	ร้อยละ
ต่ำกว่าปริญญาตรี	0.0	0.0
ปริญญาตรี	24	80.0
สูงกว่าปริญญาตรี	6	20.0
รวม	**30**	**100.0**

จากตารางที่ 4-8 พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาสูงสุดที่ระดับปริญญาตรี จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 80.0 รองลงมาจะมีระดับการศึกษาสูงสุดที่ระดับสูงกว่าปริญญาตรี จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20.0

ตารางที่ 4-9 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับหน่วยงานที่รับผิดชอบ

ลักษณะทางประชากร (หน่วยงานที่รับผิดชอบ)	จำนวน	ร้อยละ
ฝ่ายวิจัยและพัฒนา	15	50.0
ฝ่ายควบคุมดูแลการผลิต	8	26.7
ฝ่ายควบคุมคุณภาพ	3	10.0
ฝ่ายควบคุมการติดเชื้อ	3	10.0
อื่นๆ	1	3.3
ฝ่ายจัดซื้อ	0	0
รวม	**30**	**100.0**

จากตารางที่ 4-9 พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในหน่วยงานที่รับผิดชอบในฝ่ายวิจัยและพัฒนาสูงสุด จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 50.0 รองลงมาอยู่ในฝ่ายควบคุมและดูแลการผลิต จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 26.7

ตารางที่ 4-10 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับประเภทธุรกิจหรืออุตสาหกรรม

ลักษณะทางประชากร (ประเภทธุรกิจ)	จำนวน	ร้อยละ
ศูนย์วิจัย ห้องทดลองปฏิบัติการ	11	36.7
อุตสาหกรรมผลิตอาหาร	8	26.7
บริษัทเทคโนโลยีชีวภาพ	5	16.7
โรงพยาบาลหรือสถานพยาบาล	4	13.3
อุตสาหกรรมยาและเวชภัณฑ์	2	6.7
อื่นๆ	0	0.0
รวม	**30**	**100.0**

จากตารางที่ 4-10 พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในประเภทธุรกิจศูนย์วิจัยและห้องทดลองปฏิบัติการสูงสุด จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 36.7 รองลงมาเป็นอุตสาหกรรมผลิตอาหาร จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 26.7

ตารางที่ 4-11 จำนวนการติดตั้งหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

จำนวนการติดตั้งหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค	จำนวน	ร้อยละ
1-10 หลอด	23	76.7
11-20 หลอด	7	23.3
21-30 หลอด	0	0.0
มากกว่า 30 หลอด	0	0.0
รวม	**30**	**100.0**

จากตารางที่ 4-11 พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับการติดตั้งหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคมากที่สุดที่ 1-10 หลอด จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 76.7 รองลงมาที่ 11-20 หลอด จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 23.3

ตารางที่ 4-12 จำนวนการใช้งานหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคโดยเฉลี่ยต่อวัน

จำนวนชั่วโมงการใช้งานเฉลี่ยต่อวัน	จำนวน	ร้อยละ
1-3 ชั่วโมง	15	50.0
4-8 ชั่วโมง	11	36.7
9-16 ชั่วโมง	4	13.3
ตลอด 24 ชั่วโมง	0	0.0
รวม	**30**	**100.0**

จากตารางที่ 4-12 พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีจำนวนชั่วโมงการใช้งานหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคมากที่สุดที่ 1-3 ชั่วโมงต่อวัน จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 50.0 รองลงมาที่ 4-8 หลอด จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 36.7

ตารางที่ 4-13 ความถี่ในการตรวจวัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

ความถี่ในการตรวจวัดประสิทธิภาพ	จำนวน	ร้อยละ
ไม่เคย	18	60.0
1 ครั้งต่อปี	12	40.0
2 ครั้งต่อปี	0	0.0
มากกว่า 2 ครั้งต่อปี	0	0.0
รวม	**30**	**100.0**

จากตารางที่ 4-13 พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ไม่เคยตรวจวัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคมากที่สุด จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 60.0 รองลงมาที่ 1 ครั้งต่อปี จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 40.0

ตารางที่ 4-14 ความสนใจใช้ในผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

ความสนใจใช้ในผลิตภัณฑ์	จำนวน	ร้อยละ
เพื่อทราบถึงประสิทธิภาพหลอด	23	76.6
ประเมินความสามารถในการฆ่าเชื้อโรค	22	73.3
เพื่อทราบปริมาณรังสียูวีที่ได้รับ	8	26.6
เพื่อทราบความเข้มแสงยูวีที่ได้รับ	4	13.3
อื่นๆ	0	0.0
รวม	**30**	

จากตารางที่ 4-14 พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่สนใจที่จะใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคเพื่อทราบถึงประสิทธิภาพหลอดมากที่สุด จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 76.6 รองลงมาเพื่อประเมินความสามารถในการฆ่าเชื้อโรค จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 73.3

ตารางที่ 4-15 ประสบการณ์ในการใช้ผลิตภัณฑ์ชุดทดสอบหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

ประสบการณ์ในการใช้ชุดทดสอบ	จำนวน	ร้อยละ
เคยมีประสบการณ์	0	0.0
ไม่เคยมีประสบการณ์	30	100.0
รวม	**30**	**100.0**

จากตารางที่ 4-15 พบว่า กลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งหมดไม่เคยมีประสบการในการใช้ผลิตภัณฑ์ชุดทดสอบหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคมาก่อน จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 100.0

4.3.2 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

การศึกษาเรื่องนี้ มีตัวแปรที่เกี่ยวข้องต่อการใช้ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค คือ การรับรู้ว่ามีประโยชน์ (Perceived Usefulness) การรับรู้ว่าง่ายต่อการใช้งาน (Perceived ease of use) ทัศนคติต่อผลิตภัณฑ์ (Attitude) และ ความไว้วางใจต่อผลิตภัณฑ์ (Trust) โดยการวิเคราะห์ตัวแปรเหล่านี้ จะใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

(SD) เพื่อคำนวณหาค่าระดับความคิดเห็นปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้เกณฑ์ในการวิเคราะห์และแปลผลข้อมูล (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	4.51-5.00	กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์	เห็นด้วยมากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย	3.51-4.50	กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์	เห็นด้วยมาก
คะแนนเฉลี่ย	2.51-3.50	กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์	เห็นด้วยปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	1.51-2.50	กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์	เห็นด้วยน้อย
คะแนนเฉลี่ย	1.00-1.50	กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์	เห็นด้วยน้อยที่สุด

ตารางที่ 4-16 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคมีประโยชน์ในการใช้งาน

การรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์มีประโยชน์	$\bar{x}$	SD	**ระดับความคิดเห็น**
1. การใช้ชุดทดสอบ ทำให้ท่านลดค่าใช้จ่ายค่าบริการการตรวจวัดจากบริษัทเอกชน	4.60	.563	มากที่สุด
2. ท่านสามารถเก็บผลการตรวจวัดไว้เป็นหลักฐาน เพื่อใช้ในการติดตามประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคได้	4.43	.504	มาก
3. ท่านสามารถทำการทดสอบได้ด้วยตนเอง โดยไม่ต้องอาศัยผู้ชำนาญการมาทดสอบให้	4.20	.664	มาก
4. ท่านสามารถทำการทดสอบประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคได้ในระหว่างกระบวนการฆ่าเชื้อโรค	3.90	.885	มาก
5. ผลิตภัณฑ์สามารถบอกค่าความสามารถในการทดสอบได้หลากหลาย	3.87	.681	ปานกลาง
รวม	**4.20**	**.498**	**มาก**

จากตารางที่ 4-16 แสดงให้เห็นว่า ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับการรับรู้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคมีประโยชน์ อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.20) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีความเห็นอยู่ในเกณฑ์ที่สูงสุดคือ การใช้ชุดทดสอบ ทำให้ท่านลดค่าใช้จ่ายค่าบริการการตรวจวัดจากบริษัทเอกชน ($\bar{x}$ = 4.60) รองลงมาคือ สามารถเก็บผลการตรวจวัดไว้เป็นหลักฐาน เพื่อใช้ในการติดตามประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคได้ ($\bar{x}$ = 4.43)

ตารางที่ 4-17 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการรับรู้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคง่ายต่อการใช้งาน

การรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์ต่อการใช้งาน	$\bar{x}$	SD	ระดับความคิดเห็น
1. ขนาดผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน	4.20	.610	มาก
2. วิธีการใช้ชุดทดสอบเป็นเรื่องง่าย มีขั้นตอนการใช้ไม่ซับซ้อน	4.13	.629	มาก
3. ผลิตภัณฑ์มีความสอดคล้องตามความต้องการของท่าน	4.03	.781	มาก
4. การเรียนรู้การใช้ ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคเป็นเรื่องง่าย	3.93	.640	มาก
5. การอ่านค่าการทดสอบเป็นเรื่องง่าย สามารถเข้าใจได้	3.70	.651	มาก
รวม	**4.00**	**.472**	**มาก**

จากตารางที่ 4-17 แสดงให้เห็นว่า ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับการรับรู้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคง่ายต่อการใช้งาน อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.00) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีความเห็นอยู่ในเกณฑ์ที่สูงสุดคือ ขนาดผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน ($\bar{x}$ = 4.20) รองลงมาคือ วิธีการใช้ชุดทดสอบเป็นเรื่องง่าย มีขั้นตอนการใช้ไม่ซับซ้อน ($\bar{x}$ = 4.13)

ตารางที่ 4-18 ทัศนคติต่อการใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

ทัศนคติต่อการใช้งาน	$\bar{x}$	SD	ระดับความคิดเห็น
1. ท่านสนใจที่จะใช้ผลิตภัณฑ์เพื่อการทดสอบประสิทธิภาพของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค	4.40	.621	มาก
2. การใช้ผลิตภัณฑ์ทำให้ท่านมีความสะดวกสบาย	4.27	.583	มาก
3. การใช้ผลิตภัณฑ์ทำให้ท่านมีความคุ้มค่า	3.87	.571	มาก
4. ความแปลกใหม่และน่าเชื่อถือของเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์ เป็นสิ่งที่น่าสนใจต่อท่าน	3.83	.834	มาก
รวม	**4.09**	**.480**	**มาก**

จากตารางที่ 4-18 แสดงให้เห็นว่า ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับทัศนคติต่อการใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.09) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ

พบว่า ข้อที่มีความเห็นอยู่ในเกณฑ์ที่สูงสุดคือ สนใจที่จะใช้ผลิตภัณฑ์เพื่อการทดสอบประสิทธิภาพของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค ($\bar{x}$ = 4.40) รองลงมาคือ การใช้ผลิตภัณฑ์ทำให้มีความสะดวกสบาย($\bar{x}$ = 4.27)

ตารางที่ 4-19 ความไว้วางใจต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

ความไว้วางใจต่อผลิตภัณฑ์	$\bar{x}$	SD	ระดับความคิดเห็น
1. ผลิตภัณฑ์ควรจัดทำคู่มือการใช้อย่างละเอียดทุกขั้นตอน	4.50	.572	มาก
2. ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยต่อการใช้งาน	4.10	.548	มาก
3. ท่านสามารถตรวจสอบและใช้งานผลิตภัณฑ์ได้ตลอดเวลา	4.00	.871	มาก
4. เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับและมีความน่าเชื่อถือ	3.67	.758	มาก
5. ท่านมีความไว้วางใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ว่าสามารถนำมาใช้ทดสอบประสิทธิภาพหลอดได้เป็นอย่างดี	3.63	.765	มาก
6. ท่านมีความไว้วางใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ว่าสามารถบอกประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคได้เป็นอย่างดี	3.53	.681	มาก
รวม	**3.90**	**.493**	**มาก**

จากตารางที่ 4-19 แสดงให้เห็นว่า ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับความไว้วางใจต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.90) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีความเห็นอยู่ในเกณฑ์ที่สูงสุดคือ ผลิตภัณฑ์ควรจัดทำคู่มือการใช้อย่างละเอียดทุกขั้นตอน ($\bar{x}$ = 4.50) รองลงมาคือ ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยต่อการใช้งาน ($\bar{x}$ = 4.10)

ตารางที่ 4-20 ความตั้งใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

ความตั้งใจในการใช้ผลิตภัณฑ์	$\bar{x}$	SD	ระดับความคิดเห็น
1. ท่านตั้งใจที่จะใช้ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธ์ภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค ในอนาคต	4.30	.651	มาก
2. ท่านจะแนะนำผู้อื่น (บอกต่อ) ให้ใช้ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธ์ภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค	4.03	.765	มาก
รวม	**4.16**	**.673**	**มาก**

จากตารางที่ 4-20 แสดงให้เห็นว่า ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับความตั้งใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.16)

ตารางที่ 4-21 ความสนใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

ความสนใจในผลิตภัณฑ์	**จำนวน**	**ร้อยละ**
สนใจ	30	100.0
ไม่สนใจ	0	0.0
รวม	**400**	**100.0**
ความยินดีที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ในราคา 150 บาท	**จำนวน**	**ร้อยละ**
ซื้อ	23	76.7
ไม่ซื้อ	7	23.3
รวม	**400**	**100.0**

จากตารางที่ 4-21 พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความสนใจใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค 30 คน คิดเป็นร้อยละ 100.0 โดยยินดีที่จะจ่ายซื้อผลิตภัณฑ์ในราคา 150 บาท จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 76.7 และไม่ซื้อจำนวน 23.3 คน คิดเป็นร้อยละ 23.3 โดยส่วนใหญ่ยินดีที่จะจ่ายในราคา 100-120 บาท รองลงมาคือ 50-80 บาท

ตารางที่ 4-22 ปัจจัยที่ใช้พิจารณาในการเลือกซื้อ/ใช้ ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

ปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาเลือกซื้อ/ใช้ผลิตภัณฑ์	**จำนวน**	**ร้อยละ**
มีความน่าเชื่อถือ	29	96.7
สามารถใช้งานง่าย	26	86.7
อ่านค่าการตรวจวัดได้ง่าย	24	80.0
ราคาผลิตภัณฑ์	17	56.7
ใช้เป็นหลักฐานการตรวจวัดได้	11	36.7
เวลาที่ใช้ในการทดสอบ	8	26.7
ขนาดของผลิตภัณฑ์	8	26.7
รูปแบบทันสมัย	7	23.3
อื่นๆ	1	3.3
รวม	**30**	

จากตารางที่ 4-22 พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่พิจารณาปัจจัยความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคในการตัดสินใจซื้อ/ใช้จำนวนมากที่สุด จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 96.7 รองลงมาคือสามารถใช้งานง่าย จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 86.7

ตารางที่ 4-23 ระยะเวลาที่วางแผนจะใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคในอนาคต

ระยะเวลาที่จะใช้ในผลิตภัณฑ์	จำนวน	ร้อยละ
1-3 เดือนข้างหน้า	20	66.7
4-6 เดือนข้างหน้า	5	16.7
7-12 เดือนข้างหน้า	4	13.3
มากกว่า 1 ปี	1	3.3
รวม	**30**	**100.0**

จากตารางที่ 4-23 พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่วางแผนที่จะใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคใน 1-3 เดือนข้างหน้ามากที่สุด จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 66.7 รองลงมาคือ 4-6 เดือนข้างหน้าจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.7

4.3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลตามสมมติฐาน

สมมติฐานที่ 1: การรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์นชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคมีประโยชน์ มีความสัมพันธ์ต่อทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

ตารางที่ 4-24 ความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์นชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคมีประโยชน์ มีความสัมพันธ์ต่อทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

Correlations

Spearman's rho		การรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์มีประโยชน์	ทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์
การรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์มีประโยชน์	Correlation Coefficient	1.000	.513(**)
	Sig. (2-tailed)	-	.004
	N	30	30
ทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์	Correlation Coefficient	.513(**)	1.000
	Sig. (2-tailed)	.004	-
	N	30	30

ผลการวิเคราะห์พบว่า การรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคมีประโยชน์ โดยมีค่า P-Value = .004 ซึ่งน้อยกว่า .05 หมายความว่า การรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคมีประโยชน์ มีความสัมพันธ์ต่อทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค ซึ่งค่าสหสัมพันธ์มีค่า เท่ากับ .513 แสดงว่าความสัมพันธ์ของการรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์มีประโยชน์และทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กันอยู่ในระดับปานกลาง

สมมติฐานที่ 2: การรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคง่ายต่อการใช้งาน มีความสัมพันธ์ต่อทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

ตารางที่ 4-25 ความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคง่ายต่อการใช้งาน มีความสัมพันธ์ต่อทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

Correlations

Spearman's rho		การรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์ง่ายต่อการใช้งาน	ทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์
การรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์ง่ายต่อการใช้งาน	Correlation Coefficient	1.000	.563(**)
	Sig. (2-tailed)	-	.001
	N	30	30
ทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์	Correlation Coefficient	.563(**)	1.000
	Sig. (2-tailed)	.001	-
	N	30	30

ผลการวิเคราะห์พบว่า การรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคง่ายต่อการใช้งาน โดยมีค่า P-Value = .001 ซึ่งน้อยกว่า .05 หมายความว่า การรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคมีง่ายต่อการใช้งาน มีความสัมพันธ์ต่อทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค ซึ่งค่าสหสัมพันธ์มีค่า เท่ากับ .563 แสดงว่าความสัมพันธ์ของการรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์ง่ายต่อการใช้งานและทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กันอยู่ในระดับปานกลาง

สมมติฐานที่ 3: ทัศนคติต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค มีความสัมพันธ์ต่อความตั้งใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

ตารางที่ 4-26 ความสัมพันธ์ระหว่างทัศนคติต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค มีความสัมพันธ์ต่อความตั้งใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

Correlations

Spearman's rho		ทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์	ความตั้งใจในการใช้ผลิตภัณฑ์
ทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์	Correlation Coefficient	1.000	.572(**)
	Sig. (2-tailed)	-	.001
	N	30	30
ความตั้งใจในการใช้ผลิตภัณฑ์	Correlation Coefficient	.572(**)	1.000
	Sig. (2-tailed)	.001	-
	N	30	30

ผลการวิเคราะห์พบว่า ทัศนคติต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค โดยมีค่า P-Value = .001 ซึ่งน้อยกว่า .05 หมายความว่า ทัศนคติต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค มีความสัมพันธ์ต่อความตั้งใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค ซึ่งค่าสหสัมพันธ์มีค่า เท่ากับ .572 แสดงว่าความสัมพันธ์ของทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์และความตั้งใจในการใช้ผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กันอยู่ในระดับปานกลาง

สมมติฐานที่ 4: องค์ประกอบด้านคุณลักษณะของผู้บริโภคที่แตกต่างกัน มีผลกระทบต่อความตั้งใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

ตารางที่ 4-27 ความสัมพันธ์องค์ประกอบด้านคุณลักษณะด้านประเภทธุรกิจ มีผลกระทบต่อความตั้งใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

Crosstabulation

		ความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์		จำนวน
		ซื้อ	ไม่ซื้อ	
ประเภทธุรกิจ	โรงพยาบาล อุตสาหกรรมอาหาร ยาและเวชภัณฑ์	12	2	14
	ศูนย์วิจัยทดลองปฏิบัติการ บริษัทเทคโนโลยีชีวภาพ และอื่นๆ	11	5	16
จำนวน		23	7	30

Chi-Square Tests

ประเภทธุรกิจ	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	1.201 [b]	1	.273		
Fisher's Exact Test				.399	.256
N of Valid Cases	30				

b 2 cells (50.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 3.27

จากตารางที่ 4-27 พบว่าขนาดของข้อมูลมีขนาดเล็กโดยมีความถี่คาดหมายที่มีค่าน้อยกว่า 5 คิดเป็นร้อยละ 50 จึงทำแปรผลการทดสอบด้วย Fisher's Exact Test ซึ่งเป็นการทดสอบ 2 ด้าน ผลการวิเคราะห์พบว่า มีค่า Exact Sig. เท่ากับ.399 ซึ่งมากกว่า .05 แสดงว่า องค์ประกอบด้านคุณลักษณะด้านประเภทธุรกิจ ไม่มีผลกระทบต่อความตั้งใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

ผลการทดสอบสมมติฐานที่ 4 สามารถสรุปได้ว่าองค์ประกอบด้านคุณลักษณะด้านประเภทธุรกิจ ไม่มีผลกระทบต่อความตั้งใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

บทที่ 5
การศึกษาความเป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์ในเชิงธุรกิจ

ในการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากเป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคออกสู่เชิงพาณิชย์ ดั้งนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลจึงต้องพิจารณาความเป็นไปได้ 4 ด้าน คือ

1. การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการตลาด
2. การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค
3. การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านบริหาร
4. การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการเงิน

5.1 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการตลาด

5.1.1 สภาวะอุตสาหกรรมและแนวโน้มทางตลาด

เทคโนโลยีการฉายรังสียูวีนี้มานานกว่าศตวรรษ แนวโน้มการประยุกต์ใช้งานของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคในปัจจุบันมีการเจริญเติบโตมากขึ้นในตลาดผลิตน้ำดื่มและบำบัดน้ำทิ้ง ทั้งในอเมริกาเหนือ ยุโรป ตะวันออกกลาง และเอเชียแปซิฟิก และคาดว่าจะมีการใช้รังสีอัลตราไวโอเลตสูงขึ้นเรื่อยๆ โดยส่วนใหญ่การใช้งานของรังสียูวีเพื่อฆ่าเชื้อโรค เช่น เชื้อแบคทีเรีย ไวรัส โปรโตซัว และเชื้อรา ซึ่งแนวโน้มการประยุกต์การใช้รังสีอัลตราไวโอเลตในการฆ่าเชื้อโรคนอกเหนือจากผลิตน้ำดื่มและบำบัดน้ำทิ้งแล้ว ยังมีการใช้มากขึ้นในอุตสาหกรรมต่างๆเช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมยาและเวชภัณฑ์ อุตสาหกรรมเซมิคอนดัคเตอร์ คูลลิ่งทาวเวอร์ รวมถึงการควบคุมเชื้อโรคในโรงพยาบาล ห้องทดลองปฏิบัติการ อาคาร สำนักงาน และโรงเรียน (Dussert, 2008)

จากข้อมูลการรายงานสภาวะเศรษฐกิจของ สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม (2553) ในอุตสาหกรรมอาหารพบว่า แนวโน้มการผลิตอุตสาหกรรมอาหารในภาพรวมปี 2553 คาดว่า จะขยายตัวจากปี 2552 ร้อยละ 2.9 ขณะที่การคาดการณ์การส่งออกอุตสาหกรรมอาหารในภาพรวมปี 2553 ในเชิงมูลค่าในรูปเงินบาทจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.5 และในรูปเงินเหรียญสหรัฐฯ เพิ่มขึ้นร้อยละ 9.1โดยมีปัจจัยภาวะเศรษฐกิจที่เริ่มฟื้นตัวขอสหรัฐอเมริกา และประเทศผู้นำเข้าทั้งสหภาพยุโรปและญี่ปุ่น เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้การผลิตและการส่งออกของไทยในสินค้าอาหารเพิ่มขึ้น

ในอุตสาหกรรมยา พบว่าปริมาณการผลิตยาและการจำหน่ายยาและผลิตภัณฑ์เภสัชกรรมในปี 2552 เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน เนื่องจากมีคำสั่งซื้อจากโรงพยาบาลและร้านขายยามากขึ้น สำหรับแนวโน้มในปี 2553 คาดว่า ปริมาณการผลิตและการจำหน่ายยาในประเทศ จะมีแนวโน้มขยายตัว เนื่องจากภาครัฐให้ความสำคัญกับการควบคุมการเบิกค่าใช้จ่ายด้านยา และสนับสนุนให้มีการใช้ยาที่ผลิตในประเทศแทนยานำเข้ามากขึ้น ประกอบกับโครงการ

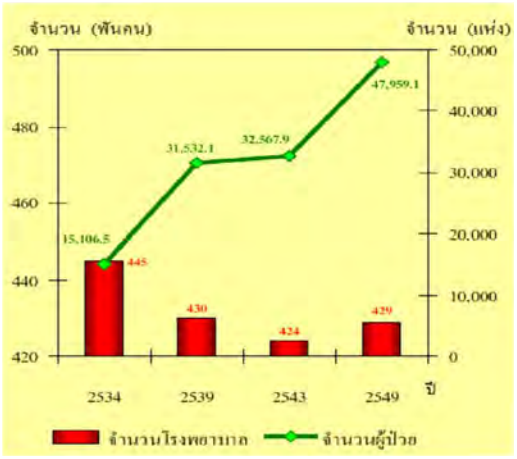
หลักประกันสุขภาพยังคงดำเนินการอยู่อย่างต่อเนื่อง ซึ่งปัจจัยดังกล่าวมีส่วนเอื้อต่อการขยายตัวด้านการผลิตและการจำหน่ายยาในประเทศเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 5-1 แสดงจำนวนสถานประกอบการ จำแนกตามรูปแบบการจัดตั้งตามกฎหมาย และประเภทอุตสาหกรรม ปี 2550

ประเภทอุตสาหกรรม	**จำนวนสถานประกอบการ**	**รูปแบบการจัดตั้งตามกฎหมาย**			
		ส่วนบุคคล	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ห้างหุ้นส่วนสามัญ นิติบุคคล	บริษัทจำกัด บริษัทจำกัด (มหาชน)	ส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ สหกรณ์ และอื่นๆ
การผลิตอาหาร	18651	16,696	446	1224	285
กิจกรรมการบรรจุหีบห่อ	377	229	19	129	-
การผลิตผลิตภัณฑ์ทางเภสัชกรรม	357	100	36	210	11
การผลิตอุปกรณ์ที่ใช้ทางการแพทย์	388	215	32	141	-

ที่มา: สำนักงานสถิติแห่งชาติ (2550)

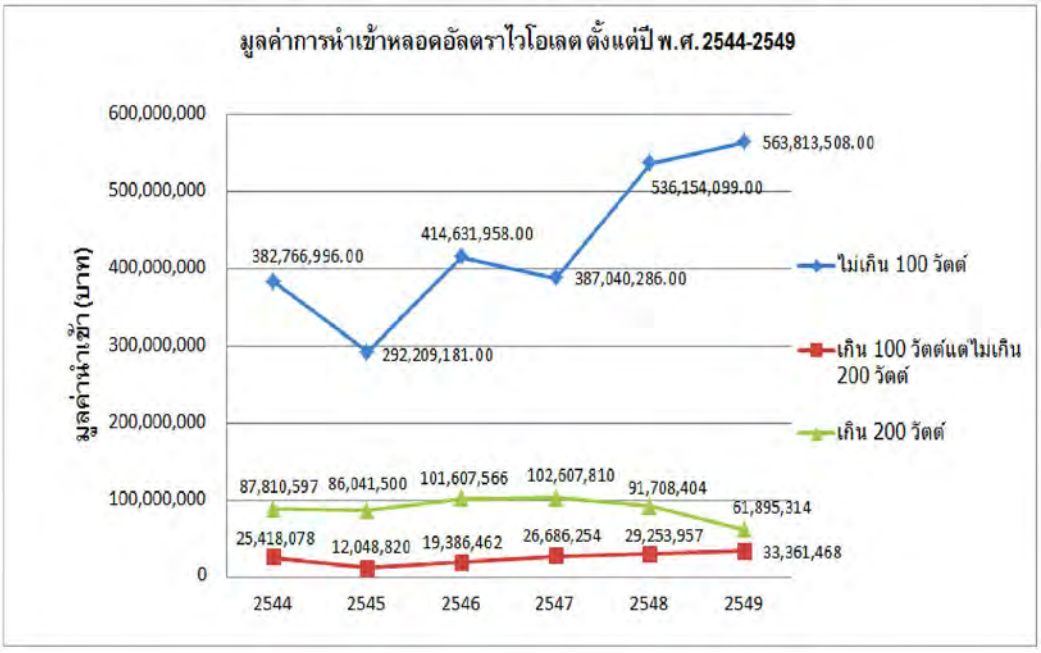
จากการสำรวจจำนวนโรงพยาบาลรัฐบาลของสำนักงานสถิติแห่งชาติในปี 2547 พบว่ามีจำนวนทั้งสิ้น 980 แห่งและจากผลจากการสำรวจโรงพยาบาลและสถานพยาบาลเอกชน พ.ศ. 2550 พบว่าในปี 2549 ที่มีจำนวนทั้งสิ้น 429 แห่งนั้น เป็นโรงพยาบาลและสถานพยาบาลเอกชนประเภททั่วไป 385 แห่ง เฉพาะโรค 44 แห่ง ซึ่งในเขตกรุงเทพมหานครมีจำนวนทั้งหมด 130 แห่ง ดังภาพที่ 5-1 ทั้งนี้จำนวนโรงพยาบาลและสถานพยาบาลเอกชนมีแนวโน้มลดลงมาตลอด ในปี 2534 มีอยู่ 445 แห่ง ลดลงมาเป็น 424 แห่งในปี 2543 และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในปี 2549 ในขณะที่จำนวนผู้ป่วยมีจำนวนเพิ่มขึ้นสูงมากขึ้น ทั้งนี้การที่มีผู้มาใช้บริการรักษาพยาบาลจากโรงพยาบาลและสถานพยาบาลเอกชนเพิ่มขึ้นนี้ น่าจะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้มีผู้หันมาทำธุรกิจด้านนี้เพิ่มขึ้น (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2550)



ภาพที่ 5-1 แสดงจำนวนโรงพยาบาลและสถานพยาบาลเอกชน ปี 2534-2549

ที่มา: สำนักงานสถิติแห่งชาติ (2550)

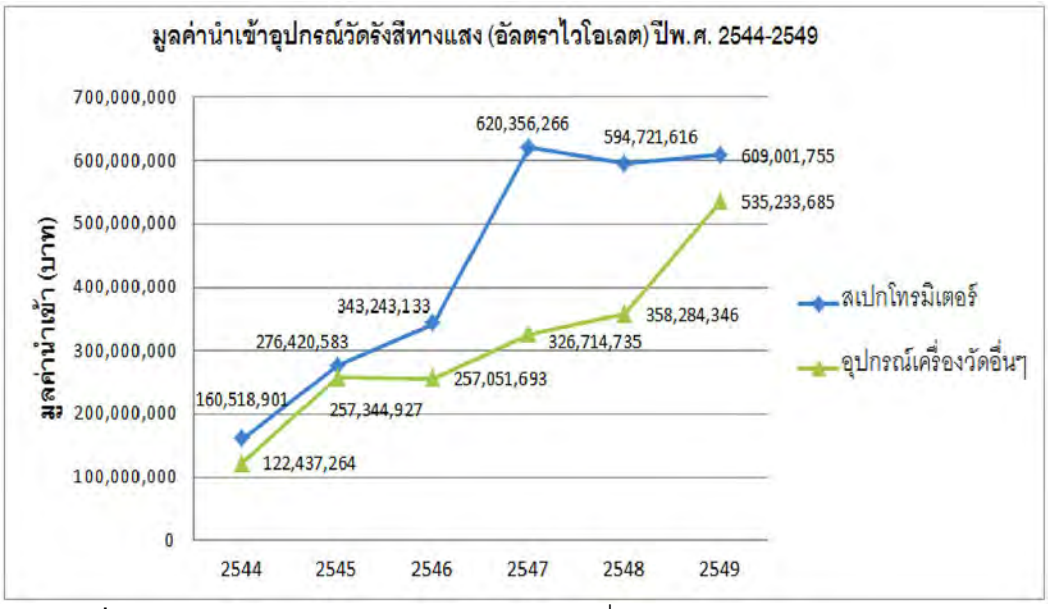
และจากการสืบค้นมูลค่านำเข้าสินค้าตามรายพิกัดรหัสสถิติในประเภทหลอดอัลตราไวโอเลตหรือหลอดอินฟราเรด รวมทั้งอาร์กแลมป์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544-2549 พบว่า หลอดประเภทเกิน 200 วัตต์ มีอัตราแนวโน้มลดลง ส่วนหลอดประเภทไม่เกิน 100 วัตต์และเกิน 100 วัตต์ แต่ไม่เกิน 200 วัตต์ มีแนวโน้มสูงขึ้นและคาดว่าจะมีอัตราการนำเข้าสูงขึ้นเรื่อยๆ ดังภาพที่ 5-2



ภาพที่ 5-2 กราฟแสดงแนวโน้มมูลค่านำเข้าหลอดอัลตราไวโอเลต ปีพ.ศ. 2544-2549

ที่มา: สถิตินำเข้า-ส่งออก กรมศุลกากร (2553)

สำหรับในการตรวจวัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคในปัจจุบันนั้น โดยทั่วไปจะใช้อุปกรณ์การตรวจวัดอัตโนมัติ มีการแสดงค่าผลการตรวจวัดเป็นตัวเลข โดยอุปกรณ์การตรวจวัดนี้โดยส่วนมากจะต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ จากการสืบค้นมูลค่านำเข้าสินค้าตามรายพิกัดรหัสสถิติในประเภทอุปกรณ์และเครื่องอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้รังสีทางแสงอัลตราไวโอเลต ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544-2549 พบว่ามีอัตราแนวโน้มนำเข้าที่สูงขึ้นทุกปี ดังภาพที่ 5-3



ภาพที่ 5-3 กราฟแสดงแนวโน้มมูลค่านำเข้าอุปกรณ์ที่ใช้วัดรังสีทางแสง ปีพ.ศ. 2544-2549
ที่มา: สถิตินำเข้า-ส่งออก กรมศุลกากร (2553)

5.1.2 **ตลาดเป้าหมาย** (Target Market)

ลักษณะของกลุ่มลูกค้าผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค คือ กลุ่มที่ใช้งานหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคบนพื้นผิวของวัตถุ เพื่อควบคุมและป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อโรค ในกลุ่มธุรกิจหรืออุตสาหกรรมต่างๆในเขตกรุงเทพและปริมณฑล โดยกลุ่มเป้าหมายหลัก คือ

- โรงพยาบาล
- ศูนย์วิจัย
- บริษัทด้านชีวภาพ
- อุตสาหกรรมอาหาร
- อุตสาหกรรมเภสัชภัณฑ์และเวชภัณฑ์

ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีการใช้หลอดรังสียูวีเพื่อฆ่าเชื้อโรคบนผิวของวัตถุ และมีความสนใจผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีที่สามารถใช้งานได้ง่าย ที่ทำการตรวจวัดและอ่านค่าได้เอง

5.1.3 การวิเคราะห์สภาพการแข่งขัน (Five Forces Analysis)

การวิเคราะห์สภาวะแวดล้อมของการทำธุรกิจทำให้เรารู้ถึงสภาวะที่ธุรกิจหรืออุตสาหกรรมนั้นๆ ดำรงอยู่ เพื่อที่จะทำให้ธุรกิจสามารถปกป้องตนเองให้พ้นจากสิ่งรอบข้าง ที่มีผลต่อการทำธุรกิจของเราและในขณะเดียวกันก็สามารถทนแรงผลักดันจากด้าน ต่างๆ ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์กับธุรกิจอีกทางหนึ่งด้วย ซึ่งในการวิเคราะห์สภาวะการแข่งขันได้ใช้หลักการของ Five Force Model ของ Michael Porter มาเป็น Models ในการวิเคราะห์ โดยการวิเคราะห์มีหลักสำคัญ 5 ประการ ดังภาพที่ 5-4 และสามารถอธิบายรายละเอียด ได้ดังนี้

ภาพที่ 5-4 แบบจำลองการวิเคราะห์สภาวะการแข่งขันของอุตสาหกรรม
ที่มา: Michael E. Porter (2008)

สภาพการแข่งขันในอุตสาหกรรม (Rivalry among Existing Competitors): **ต่ำ**

ผู้แข่งขันส่วนใหญ่เป็นผู้ผลิตจากต่างประเทศ เมื่อนำเข้าผลิตภัณฑ์จึงทำให้มีราคาที่ค่อนข้างสูง และในประเทศไทยยังไม่มีผู้ผลิตผลิตภัณฑ์

ข้อจำกัดในการเข้าสู่อุตสาหกรรมของคู่แข่งขัน (Threat of New Entrants): **สูง**

ธุรกิจประเภทนี้จำเป็นต้องใช้ความรู้ความเชี่ยวชาญทางด้าน และต้องมีการทำวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้มีความสามารถในการแข่งขันเพียงพอ อีกทั้งผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องใช้

เทคโนโลยีในการผลิตสังเคราะห์สารจากนักวิจัยผู้ชำนาญการพิเศษ ซึ่งการลอกเลียนนั้นทำได้ยาก ดังนั้นจึงเป็นเหตุให้ตลาดผู้ผลิตในประเทศนั้นไม่มี แต่จะเป็นผู้นำเข้าผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงจากต่างประเทศเสียส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงทำให้ข้อจำกัดในการเข้าสู่อุตสาหกรรมของคู่แข่งขันสูง

อำนาจการต่อรองของผู้ซื้อ (Bargaining Power of Buyers): **ปานกลาง**

ผู้ผลิตที่มีความสามารถในการผลิตชุดทดสอบสำหรับทดสอบประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคในประเทศโดยใช้หลักการการเปลี่ยนสีของสารกลุ่มไดอะเซทิลีนนั้นยังไม่มี อีกทั้งผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงที่ใช้ทดสอบรังสียูวีส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศทำให้มีราคาสูง ทำให้ผู้ซื้อมีทางเลือกน้อยที่จะซื้อชุดทดสอบมาใช้งาน แต่เป็นไปได้ว่าผู้บริโภคจะยังคงเคยชินกับการที่ไม่เคยทำการทดสอบประสิทธิภาพหลอด ดังนั้นจึงต้องมีการทำตลาดอย่างหนักเพื่อจูงใจและสร้างความมั่นใจในผลิตภัณฑ์เพราะผลิตภัณฑ์ยังไม่เป็นที่รู้จัก ดังนั้นจึงทำให้ลูกค้ามีอำนาจในการต่อรองระดับปานกลาง

อำนาจการต่อรองของผู้ขาย (Bargaining Power of Suppliers): **สูง**

เนื่องจากสารเคมีที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการทำผลิตภัณฑ์ชุดทดสอบนั้น เป็นสารเคมีที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศและนำมาสังเคราะห์ต่ออีกหลายขั้นตอนจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนสีเฉพาะรังสียูวีประเภท UVC จึงยากต่อการที่จะลอกเลียนแบบ ดังนั้นอำนาจต่อรองของผู้ขายจึงสูง

การมีสินค้าที่ทดแทนกันได้ (Threat of Substitute Products):**ต่ำ**

สินค้าทดแทนที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคนั้นมีอยู่ เป็นประเภทอุปกรณ์ตรวจวัดอัตโนมัติ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสินค้านำเข้า ราคาสูงมาก ต้องใช้ผู้ชำนาญการในการทดสอบ จึงทำให้ลูกค้าไม่นิยมซื้อมาใช้งานเอง มักให้บริษัทเอกชนที่รับตรวจวัดเข้ามาทำการทดสอบประสิทธิภาพซึ่งมีราคาค่าบริการที่ค่อนข้างสูง จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ชุดทดสอบมีความได้เปรียบอยู่มาก

คู่แข่งขัน

คู่แข่งทางตรง

จากการสืบค้นข้อมูลพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทดสอบรังสียูวีที่มีขายอยู่ในตลาดทั้งในและต่างประเทศนั้น ส่วนใหญ่ใช้สำหรับทดสอบรังสียูวีประเภท UVA และ UVB โดยส่วนใหญ่ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทดสอบรังสี UVC นั้น พบว่า ใช้สำหรับทดสอบในงานประเภท UV Curing ในการทำให้สารเคลือบผิววัสดุอยู่ตัวหรือแข็งตัว ซึ่งมีความยาวคลื่นอยู่คนละช่วงกับความยาวคลื่นที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรค ที่มีความยาวคลื่นที่ 254 nm ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าในปัจจุบัน ผลิตภัณฑ์

นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคนี้ยังไม่มีคู่แข่งทางตรงที่แท้จริงในตลาดทั้งในและต่างประเทศ

คู่แข่งทางอ้อม

ผลิตภัณฑ์ตรวจวัดรังสี UVC อัตโนมัติ เช่น Germicidal Lamp Monitor, Germicidal UVC Detectors, UVC Light Meter และ Radiometers เป็นต้น

จะเห็นได้ว่าคู่แข่งที่อยู่ในประเทศไทยนั้นส่วนใหญ่จะเป็นผู้นำเข้า หรือเป็นตัวแทนของบริษัทแม่ผู้ที่ผลิตสินค้าซึ่งเป็นคู่แข่งทางอ้อมโดยส่วนใหญ่ โดยมีรายชื่อบางส่วนดังนี้

1. บริษัท อีสต์เทิร์น เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด
2. บริษัท โปรโทรนิกส์ อินเตอร์เทรดจำกัด
3. บริษัท เวิลด์ไวด์เทรดไทย จำกัด
4. บริษัท ซายน์ลูชั่น จำกัด
5. บริษัท เลกะ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด
6. บริษัท เอเม็ท จำกัด

5.1.4 การวิเคราะห์ปัจจัยของธุรกิจ

เพื่อการวางแผนกลยุทธ์ที่ถูกต้องในการดำเนินธุรกิจ และหลีกเลี่ยงผลเสียหายที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมภายนอก ในเบื้องต้นจึงต้องทำการวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อนของกิจการที่เป็นปัจจัยภายใน เพื่อหาจุดยืนของกิจการเมื่อเทียบกับคู่แข่ง ประกอบกับการวิเคราะห์โอกาส และอุปสรรคที่เป็นปัจจัยภายนอก เพื่อแสวงหาโอกาสที่มีอยู่ให้ได้ประโยชน์มากที่สุด และเพื่อรับมือกับอุปสรรคต่างๆที่อาจจะเกิดขึ้นได้ ควบคู่กันไปด้วย

วิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค (SWOT Analysis)

จุดแข็ง (Strength)

- ความเป็นนวัตกรรม สามารถทดสอบรังสี UVC ในช่วงที่ใช้สำหรับการฆ่าเชื้อโรค (ความยาวคลื่น 254 nm) ทำให้เป็นชุดทดสอบที่มีความแตกต่างจากคู่แข่งที่มีอยู่ในตลาด ไม่ว่าจะเป็นคู่แข่งจากภายในประเทศ หรือแม้แต่ต่างประเทศก็ตาม
- เทคนิคใหม่ที่ใช้ในการผลิตช่วยทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำลง จึงสามารถที่จะกำหนดราคาที่มีความได้เปรียบเหนือคู่แข่งได้
- ราคาถูกกว่าสินค้าที่นำเข้าจากต่างประเทศ
- เนื่องจากเทคโนโลยีในการผลิตสังเคราะห์สารต้องใช้นักวิจัยผู้ชำนาญการพิเศษ ซึ่งการลอกเลียนนั้นทำได้ยาก

จุดอ่อน (Weakness)

- ผู้บริโภคยังขาดความรู้เรื่องการใช้งานหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค รวมถึงประสิทธิภาพของหลอดรังสียูวีที่มีผลต่อการฆ่าเชื้อโรค
- ยี่ห้อและชื่อเสียงของผลิตภัณฑ์ยังไม่เป็นที่รู้จัก จึงต้องมีการทำตลาดและให้ความรู้เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์อย่างมาก
- ความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์ ยังขาดวิธีการอ้างอิงที่มีหน่วยงานมาตรฐานรับรอง
- ช่องทางการจัดจำหน่ายค่อนข้างจำกัด เนื่องจากเป็นกลุ่มผู้ใช้เฉพาะราย

โอกาส (Opportunities)

- ปัจจุบันผู้บริโภคนิยมทดลองผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ โดยคำนึงถึงประโยชน์ที่มากขึ้น ทำให้ยึดกับตราและยี่ห้อน้อยลง
- เนื่องจากอัตราแนวโน้มในการใช้งานของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคมีเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีโอกาสทางการตลาดที่เพิ่มมากขึ้นด้วย
- ปัจจุบันสถาบันทางการเงินลดอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ลดลงทำให้ผู้สนใจลงทุน หรือผู้ประกอบการสามารถกู้เงินเพื่อมาดำเนินกิจการได้มากขึ้น
- มีโอกาสในการขยายออกสู่ตลาดต่างประเทศในอนาคต

อุปสรรค (Threat)

- สถานการณ์เศรษฐกิจที่ตกต่ำกันทั่วโลกในขณะนี้ ส่งผลให้การบริโภคต่างๆมีมูลค่าลดน้อยลงตามไปด้วย

5.1.5 **กลยุทธ์ทางการตลาด** (Marketing Strategy)

วัตถุประสงค์รวมของกลยุทธ์การตลาด

1. เพื่อให้ผู้บริโภคเกิด Brand Awareness กับตรายี่ห้อ “UVCheck” ร้อยละ 20 ในปีที่ 1 และร้อยละ 60 ภายในปีที่ 5

2. เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค เป็นที่รู้จักในคุณสมบัติมากยิ่งขึ้น (Product Knowledge) ร้อยละ 50 ในปีที่1 และร้อยละ 80 ภายในปีที่ 5

3. เพื่อให้มียอดขายตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

4. ขยายตลาดให้ครอบคลุมกลุ่มเป้าหมายในธุรกิจที่เกี่ยวข้อง

5. ประชาสัมพันธ์ให้ลูกค้าทราบถึงความสำคัญและประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์

6. มีการวิจัยเพื่อทราบถึงความต้องการของตลาด ในการผลิตสินค้าที่เป็นประโยชน์และเป็นที่ต้องการของตลาด

เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ทางการตลาด ได้วางแผนส่วนผสมทางการตลาด ดังนี้

กลยุทธ์ทางด้านผลิตภัณฑ์ (Product)

ยูวีเช็ค (UVCheck) เป็นผลิตภัณฑ์นวัตกรรมที่ได้รับการพัฒนา และออกแบบเพื่อใช้สำหรับการตรวจสอบประสิทธิภาพของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค (UV Germicidal Lamp) โดยใช้เทคโนโลยีของสารกลุ่มไดอะเซทิลีน ซึ่งมีคุณสมบัติในการเปลี่ยนสีชนิดที่ไม่เปลี่ยนกลับ เมื่อได้รังสี UVC (ความยาวคลื่น 254 nm) อย่างต่อเนื่อง สารจะเปลี่ยนสีจากไม่มีสีเป็นสีน้ำเงิน ม่วง และแดง ตามปริมาณพลังงานรังสียูวีที่ได้รับ ซึ่งสอดคล้องกับระดับพลังงานรังสียูวีที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรค ดังภาพที่ 5-5 การเปลี่ยนสีจึงสามารถใช้บอกระดับประสิทธิภาพของหลอดยูวีที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรค ปริมาณของรังสียูวีที่ตกกระทบพื้นผิว และระดับความสามารถในการฆ่าเชื้อโรคในการฉายแสงแต่ละครั้ง

ภาพที่ 5-5 ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

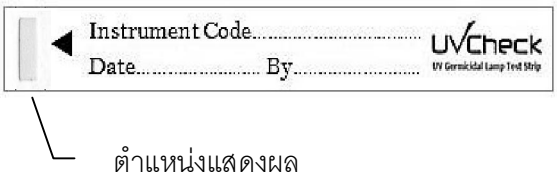
ข้อบ่งใช้

✓ ใช้ตรวจสอบประสิทธิภาพของหลอดที่ใช้ในการฉายรังสีฆ่าเชื้อ

✓ ใช้หาระยะเวลาที่เหมาะสมในการฉายรังสีฆ่าเชื้อ

✓ ใช้หาตำแหน่งที่เหมาะสมในการวางตัวอย่างหรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องการฆ่าเชื้อ

✓ ใช้หาจำนวนหลอดรังสียูวีและตำแหน่งที่ต้องติดตั้งเพื่อการฆ่าเชื้อ โดยวางแผ่นทดสอบ ภาพที่ 5-6 บนตำแหน่งที่ต้องการทดสอบบนบริเวณที่ต้องการทดสอบ ให้ได้รับแสงยูวีเป็นระยะเวลาที่ต้องการทดสอบ แล้วนำแผ่นทดสอบมาเปรียบเทียบสีกับแถบสีชี้วัดอ้างอิงที่ให้ไว้ด้านหลังของกล่องบรรจุ



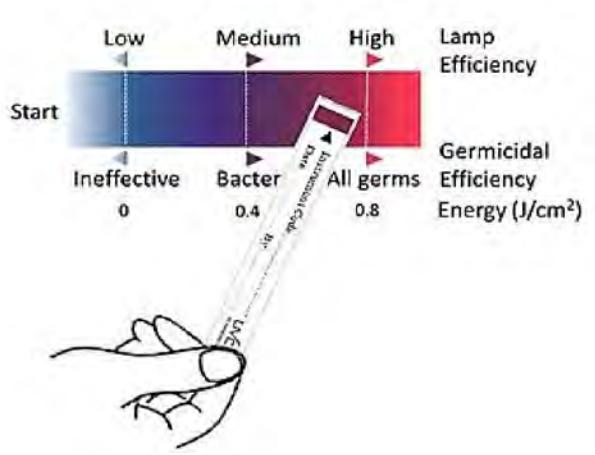
ภาพที่ 5-6 แสดงแผ่นทดสอบชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

วิธีการใช้

1. นำแผ่นทดสอบออกจากซอง และตรวจสอบว่าตำแหน่งแสดงผลของแผ่นควรมีสีขาวถึงฟ้าอ่อนก่อนใช้
2. วางแผ่นทดสอบบนตำแหน่งที่ต้องการทดสอบ (เช่น บริเวณกึ่งกลางพื้นตู้ฆ่าเชื้อ)
3. เปิดสวิทช์หลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคเป็นระยะเวลาตามต้องการ (เช่น 15-20 นาที สำหรับตู้ฆ่าเชื้อทั่วไป)
4. นำแผ่นทดสอบออกจากพื้นที่ทดสอบ (หลีกเลี่ยงการให้รังสียูวีเข้าตาหรือถูกผิวหนัง หากเป็นไปได้ควรปิดสวิทช์หลอด)
5. นำแผ่นทดสอบที่ทดสอบแล้วมาเปรียบเทียบกับแถบสีชี้วัดเพื่ออ่านผล

การอ่านผล

การอ่านผลค่าการทดสอบ โดยนำแผ่นทดสอบมาเปรียบเทียบสีอินดิเคเตอร์ ดังภาพที่ 5-7 ซึ่งสามาถแปรผลค่าการทดสอบได้ดังนี้



ภาพที่ 5-7 แสดงการอ่านผลการทดสอบประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

สีฟ้า: หลอดไม่มีประสิทธิภาพในการให้รังสี UVC เลย ควรเปลี่ยนหลอดทันที หลอดไม่สามารถใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์อีกต่อไป

สีน้ำเงิน: หลอดมีประสิทธิภาพต่ำ ให้ปริมาณรังสี UVC ต่ำกว่า 400 mJ/cm^2 ในช่วงเวลาที่ฉายแสง มีความสามารถในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย แต่ไม่เพียงพอที่จะฆ่าเชื้อราและไวรัสบางชนิด ควรพิจารณาเปลี่ยนหลอด หากจำเป็นต้องใช้หลอดต่อไปต้องเพิ่มระยะเวลาในการฉายแสง และควรตรวจสอบด้วยแผ่นทดสอบระหว่างการใช้งานหลอดอย่างสม่ำเสมอ

สีม่วง: หลอดยังมีประสิทธิภาพในการใช้งาน ให้รังสี UVC ประมาณ 400-800 mJ/cm^2 ในช่วงเวลาที่ฉายแสง สามารถใช้หลอดในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียและรา แต่อาจไม่เพียงพอที่จะฆ่าเชื้อไวรัส Tobacco mosaic จึงควรตรวจสอบด้วยแผ่นทดสอบระหว่างการใช้งานหลอดเป็นครั้งคราว

สีแดง: หลอดมีประสิทธิภาพสูง ให้ปริมาณรังสี UVC มากกว่า 800 mJ/cm^2 ในช่วงเวลาที่ฉายแสง สามารถใช้หลอดในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียแบคทีเรีย รา และไวรัสได้ทุกชนิด สามารถใช้แผ่นตรวจสอบระหว่างการใช้งานหลอดเพื่อความมั่นใจในการฆ่าเชื้อ

ข้อแนะนำ

ควรอ่านวิธีการใช้ให้เข้าใจก่อนเพื่อให้ได้ผลการทดสอบที่ถูกต้อง เมื่อฉีกซองแล้วควรใช้แผ่นทดสอบทันที และการทดสอบให้ผลดีที่สุดที่อุณหภูมิ 28 - 33 °C

การเก็บรักษา

ควรเก็บให้พ้นแสงแดด ความร้อน และความชื้น ที่อุณหภูมิห้องไม่เกิน 37 °C

ข้อควรระวัง

1. รังสี UVC เป็นอันตรายต่อดวงตาและผิวหนัง จึงควรหลีกเลี่ยงการมองและการสัมผัสรังสีโดยตรง
2. ความเข้มของรังสียูวีลดลงตามระยะห่างจากจุดกึ่งกลางของหลอด ไม่ควรวางตัวอย่างที่จะฆ่าเชื้อบริเวณมุมตู้หรือที่ห่างไกลจากหลอด ปริมาณรังสีที่ตกกระทบตำแหน่งที่สงสัย สามารถประมาณได้ด้วยแผ่นทดสอบ ก่อนการใช้งานบริเวณดังกล่าว

บรรจุภัณฑ์

บริษัทจะใช้เป็นกลยุทธ์ที่สำคัญอย่างหนึ่งในการสร้างภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์ที่ใช้จะมีการออกแบบที่สวยงาม น่าเชื่อถือให้ความรู้สึกในคุณภาพ ระบุหลักการและการใช้งาน คุณประโยชน์ที่ได้รับ ปริมาณ ชื่อ ที่อยู่ ผู้ผลิต และวันที่ผลิต ระบุตราสินค้าชัดเจน

การสร้างตราสินค้า

Brand ที่แข็งแกร่งจะสามารถทำให้ลูกค้ายอมรับมากขึ้น รวมถึงกระตุ้นให้เกิดการซื้อมากขึ้นด้วย การสร้างความรับรู้ สร้างความรู้สึก กระตุ้นให้ผู้คนเกิดการกระทำ ไม่ว่าจะเป็นการซื้อ การแนะนำให้คนรู้จัก สามารถทำได้ด้วยการชูจุดเด่น และเพื่อย้ำเตือนให้ลูกค้าเกิดความไว้วางใจและความเชื่อในสินค้าและบริการ และผูกพันกับแบรนด์ เมื่อแบรนด์ "UVCheck" ดังภาพที่ 5-8 มีความแข็งแกร่ง เป็นที่รู้จักและได้รับการยอมรับแล้ว ก็ต้องมีการขยายช่องทางการจัดจำหน่ายให้ครอบคลุมทุกตลาด

ภาพที่ 5-8 แสดงตราสินค้าของผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

กลยุทธ์ทางด้านราคา (Price)

จากการสำรวจราคาของอุปกรณ์อัตโนมัติสำหรับตรวจวัดรังสียูวีที่นำเข้ามาจำหน่ายในท้องตลาดพบว่ามีราคาค่อนข้างสูงประมาณ 30,000-50,000 บาทต่อเครื่อง ส่วนราคาของแผ่นทดสอบรังสียูวีในผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงมีราคาประมาณ 600-1,000 บาท และจากการที่ทางบริษัทได้ทำการศึกษาในเรื่องของการลงทุน ต้นทุนสินค้า ราคาที่ผู้บริโภคสามารถยอมรับและอื่นๆ สรุปโดยรวมแล้ว สามารถจำหน่ายในราคาชุดละ 150 บาทต่อกล่อง (บรรจุ 5 ชิ้น) ทำให้ต้นทุนถูกกว่าของคู่แข่งในตลาดมาก ดังนั้นกลยุทธ์ที่ใช้คือ การตั้งราคาเจาะตลาด (Market Penetration Pricing) เป็นกลยุทธ์ราคาสำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่ (กรณี Innovative Product) โดยต้องการส่วนครองตลาดในระยะแรก เน้นการสร้างฐานลูกค้า เมื่อขายได้มากขึ้น จะทำให้ต้นทุนการผลิตและต้นทุนการกระจายสินค้าลดลง ทำให้ได้เปรียบคู่แข่ง

กลยุทธ์ทางด้านช่องทางจัดจำหน่าย (Place)

การเจาะตลาดในปีแรกจะเน้นไปที่อุตสาหกรรมที่มีการใช้หลอดฆ่าเชื้อโรคในการฆ่าเชื้อโรคบนผิวของวัตถุ อาทิ อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมยาและเวชภัณฑ์ อุตสาหกรรมการบรรจุ โรงพยาบาล บริษัททางด้านชีวภาพ ศูนย์วิจัย ห้องทดลองและปฏิบัติการต่างๆ ที่ต้องการตรวจสอบประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีที่ใช้งานอยู่ เพื่อเป็นการยืนยันและติดตามผลของประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคเบื้องต้น รวมถึงจัดจำหน่ายให้กับบริษัทที่ประกอบธุรกิจเกี่ยวกับการผลิตและจำหน่ายหลอดไฟฆ่าเชื้อโรคอีกด้วย ซึ่งสามารถระบุช่องทางการจัดจำหน่ายได้ ดังนี้

- การจำหน่ายตรงไปยังบริษัท อุตสาหกรรม หรือหน่วยงานที่มีการใช้งานหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคบนผิวของวัตถุ

- การจำหน่ายตรงไปยังบริษัทผู้ประกอบการที่ทำธุรกิจผลิตและจำหน่ายหลอด หรืออุปกรณ์ที่มีการติดตั้งหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค อาทิเช่น บริษัทที่จำหน่ายตู้ปลอดเชื้อ เป็นต้น

- ผ่านทางการสั่งซื้อทางระบบ E-commerce ทางโทรศัพท์และอินเตอร์เนต โดยจัดส่งไปรษณีย์ไปยังปลายทางที่มีการสั่งสินค้าเข้ามา เนื่องจากขนาดของผลิตภัณฑ์มีขนาดเล็กและเบา สามารถส่งพัสดุได้สะดวก เพื่อเป็นการรองรับความต้องการหากที่สั่งไปในครั้งแรกไม่เพียงพอ หรือมีความต้องการรีบด่วน และข้อดีของการใช้ช่องทางนี้ คือสามารถส่งไปได้ในพื้นที่ได้ทุกพื้นที่รวดเร็วโดยไม่ต้องลงทุนเอง และสามารถลดต้นทุนของการขาย การจ่ายเงินจะใช้วิธีการโอนเงินผ่านทางธนาคาร

กลยุทธ์ทางด้านการส่งเสริมการการตลาด (Promotion)

เป็นการสร้างการรับรู้เกี่ยวกับตัวผลิตภัณฑ์ ให้เกิดขึ้นกับลูกค้ากลุ่มเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ เพื่อให้รับรู้ถึงคุณค่าและคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ โดยทำให้ลูกค้ากลุ่มเป้าหมายนั้น เกิดความต้องการซื้อ สร้างความน่าเชื่อถือและเกิดการยอมรับในตัวของผลิตภัณฑ์ โดยจัดวางแผนส่งเสริมการขายดังต่อไปนี้

1. การสร้างการตระหนักรู้ในตราสินค้าผ่านการโฆษณา (Advertising: Brand Awareness Builder) การโฆษณาจะทำหน้าที่ในการสร้างการตระหนักรู้ในตราสินค้าไม่ว่าจะเป็นการสร้างความแตกต่างหรือคุณค่าเพิ่มของตราสินค้าเพื่อต้องการจะนำเสนอให้กับลูกค้ากลุ่มเป้าหมายได้รับทราบและจดจำในตราสินค้านั้นๆ โดยการลงโฆษณาในวารสารทางด้านวิทยาศาสตร์ การทดลองที่เกี่ยวกับงานวิจัยต่างๆ

2. การติดต่อด้วยบุคคล (Personal Connection: Personal Selling and Direct Sales) โดยการสื่อสารและติดต่อกับลูกค้ากลุ่มเป้าหมายด้วยบุคคล โดยใช้พนักงานขายและการขายตรงไปยังกลุ่มเป้าหมายหลักๆ เพื่อช่วยทำหน้าที่ติดต่อสื่อสารสองทาง และช่วยเพิ่มเติมข้อมูลในส่วนที่โฆษณาและประชาสัมพันธ์ไม่สามารถบรรจุเนื้อหาสาระได้ครบถ้วน ตลอดจนทำหน้าที่ชักจูงและโน้มน้าวใจลูกค้ากลุ่มเป้าหมายให้เกิดพฤติกรรมการซื้อสินค้าในที่สุด

3. การชักจูงให้ลูกค้ากลุ่มเป้าหมายหันมาพิจารณาตราสินค้ามากขึ้น (Intensifying Consideration: Sales Promotion) เครื่องมือการส่งเสริมการขายจะทำหน้าที่ในการชักจูงและให้เหตุผลในการโน้มน้าวให้ลูกค้ากลุ่มเป้าหมายหันมาพิจารณาตราสินค้ามากขึ้น เนื่องจากการส่งเสริมการขายมีคุณสมบัติเฉพาะในการนำข้อเสนอพิเศษ (extra value) ที่ตราสินค้ามี โดยการเปิดอบรมการให้ความรู้ทางด้านการใช้งานและการตรวจสอบของหลอดรังสียูวีที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ

โรค หรือมีการให้บริการการตรวจวัดประสิทธิภาพหลอดด้วยเครื่องมือตรวจวัดอัตโนมัติในกรณีที่ลูกค้าต้องการความมั่นใจ เป็นต้น

แผนปฏิบัติการการสื่อสารทางการตลาด

1. สื่อสารเพื่อให้ลูกค้ากลุ่มเป้าหมายทราบว่ามีสำหรับทดสอบประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคที่คิดค้นและผลิตโดยคนไทย ที่สามารถตรวจสอบและใช้งานง่าย ซึ่งเป็นทางเลือกสำหรับผู้ใช้งาน โดยไม่ต้องสั่งซื้อในราคาสูงเข้ามาจากต่างประเทศอีกต่อไป

- สื่อโฆษณาทางนิตยสาร เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือและความสนใจในการทดลองซื้อสินค้าในนิตยสารเครื่องมือวิทยาศาสตร์ และห้องปฏิบัติการโดยเน้นให้เห็นถึงประโยชน์ที่ผู้บริโภคจะได้รับ

- ผ่านทางเวบไซต์ โดยมีการแนะนำผลิตภัณฑ์ การใช้งาน เกร็ดความรู้ และการติดต่อเพื่อสอบถามและแสดงความคิดเห็น

2. สื่อสารเพื่อให้ลูกค้ากลุ่มเป้าหมายทราบถึงประโยชน์ที่จะได้รับ (Customer Benefit)

- แผ่นพับโฆษณา มีการให้ความรู้เกี่ยวกับหลักการและประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค แจกตามบริษัทในกลุ่มลูกค้าเป้าหมายผ่านทางไปรษณีย์

3. สื่อสารเพื่อก่อให้เกิดการสั่งสินค้า

- การจัดโปรโมชั่น ส่วนลดในการซื้อสินค้า

ตารางที่ 5-2 แสดงค่าใช้จ่ายทางด้านการส่งเสริมการตลาด

สื่อโฆษณา	**ค่าใช้จ่าย (บาท)**
1. นิตยสาร (ลงครึ่งหน้า 4 สี จำนวน 1 ฉบับ จำนวน 6 ครั้ง)	18,000
2. เวบไซต์ (การสร้างหน้าเวบไซต์ และจดทะเบียนโดเมน)	12,000
3. แผ่นพับ (พิมพ์ 4 สี ขนาด A4 จำนวน 5,000 ชุด)	10,000
รวม	**40,000**

5.2 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค

บริษัทเป็นผู้ดำเนินงานทั้งผลิตและจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค แต่จะมีบางส่วนของการผลิตที่ต้องใช้ Outsource มาช่วยทำการผลิตในส่วนที่ไม่ชำนาญการ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ขององค์กร และลูกค้าสามารถได้รับสินค้าที่มีคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละส่วน ภายใต้การควบคุมดูแลอย่างมีประสิทธิภาพของทางบริษัท

ในการศึกษาทางด้านเทคนิคนี้เพื่อดูว่าการผลิตผลิตภัณฑ์ขึ้นนั้น ทางเทคนิคเป็นไปได้หรือไม่ ปัญหาอุปสรรคอยู่ที่ปัจจัยใดจะแก้ไขได้หรือไม่ ปัจจัยต่างๆ ทางด้านเทคนิคนี้จะเป็น

เครื่องบ่งชี้ขนาดของงบประมาณที่ต้องใช้สำหรับการลงทุน และสำหรับการดำเนินการผลิต เพื่อนำไปเป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ด้านการเงินต่อไป ซึ่งในส่วนนี้จะทำการศึกษาตั้งแต่ สถานที่ตั้งของโรงงาน การวางผังโรงงาน การจัดหาวัตถุดิบและปัจจัยการผลิต กระบวนการผลิต ขั้นตอนการผลิตสินค้า ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพ การจัดจำหน่ายสินค้า ไปจนการกระจายสินค้าถึงลูกค้าเป้าหมาย ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

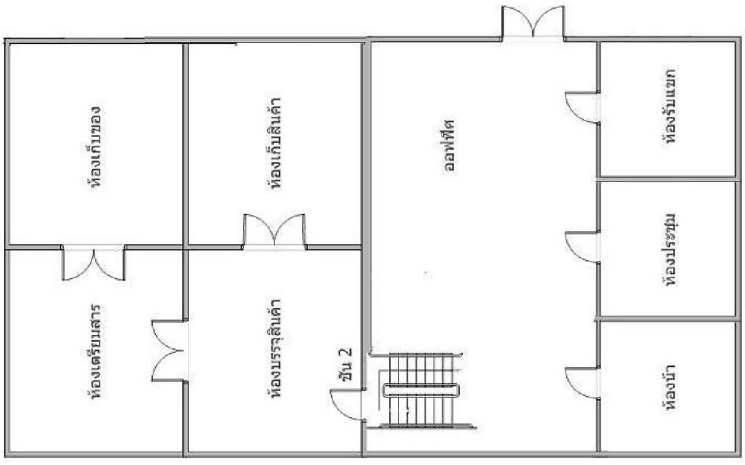
5.2.1 การลงทุน

เป็นสถานประกอบการ รูปแบบของบริษัทฯ โดยจัดตั้งในชื่อ บริษัท ยูไลน์ จำกัด เลขที่ 21/6 หมู่ 18 ซ.อยู่วิทยา แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530

ซึ่งรูปแบบของบริษัทจะเน้นความทันสมัย โปร่งสบาย โดยทำสัญญาเช่าและตกแต่งเพิ่มเติม ซึ่งในส่วนของเครื่องมือเครื่องใช้ อุปกรณ์อำนวยความสะดวก และอุปกรณ์สำนักงานต่างๆ จัดซื้อจากภายในประเทศ โดยคำนึงถึงรูปแบบที่เหมาะสมและจำเป็นต่อการใช้งาน และราคาที่คุ้มค่า

5.2.2 สถานที่ตั้งสำนักงาน

ในช่วงแรกกลุ่มลูกค้าเป้าหมายจะเน้นในบริเวณกรุงเทพมหานครและปริมณฑลเท่านั้น โดยส่งขายให้กับบริษัทกลุ่มลูกค้าที่อยู่ในบริเวณกรุงเทพมหานครและปริมณฑลเป็นหลัก ดังนั้นเพื่อสะดวกต่อการขนส่งสินค้าและจัดหาวัตถุดิบ จึงได้เลือกตั้งกิจการขนาดเล็กขึ้นในบริเวณกรุงเทพมหานคร โดยจะเป็นลักษณะของการเช่าตึกแถวหรืออาคารพาณิชย์ โดยทำเลที่เหมาะสม คือ บริเวณเขตหนองจอกจากการสำรวจพบว่ามีอาคารพาณิชย์ให้เช่า ในอัตราค่าเช่าเฉลี่ยเดือนละ 14,000 บาท ต่อหนึ่งคูหา ซึ่งในต้นจะทำการเช้าที่ 1 คูหา สำหรับเป็นสำนักงานและสำหรับการผลิต โดยมีแผนผังสำนักงานดัง ภาพที่ 5-9



ภาพที่ 5-9 แสดงแผนผังโรงงานและสำนักงาน

5.2.3 กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตจะเริ่มจากการสังเคราะห์สารเปลี่ยนสีกลุ่มไดอะเซทิลีน และการทำอินดิเคเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค ส่วนบรรจุภัณฑ์ที่เป็นกล่องและซองใส่อินดิเคเตอร์นั้นจะจ้าง supplier ทำการผลิต ซึ่งเมื่อประกอบเป็นชุดทดสอบเรียบร้อยแล้วจะทำการสุ่มทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และทำการบรรจุผลิตภัณฑ์ลงบรรจุภัณฑ์เพื่อการจัดส่งไปยังลูกค้าต่อไป ดังภาพที่ 5-10

ภาพที่ 5-10 แผนผังแสดงกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

ในส่วนของการประเมินกำลังการผลิต ในการลงทุนช่วงเริ่มต้น และการวางแผนขั้นตอนการดำเนินงานที่วางแผนไว้ ดังต่อไปนี้

การสังเคราะห์สารกลุ่มไดอะเซทิลีน: ใช้เวลาในการสังเคราะห์เป็นเวลา 15 วัน โดยสามารถสังเคราะห์สารไดอะเซทิลีนสำหรับทำอินดิเคเตอร์ได้ 10 กรัม

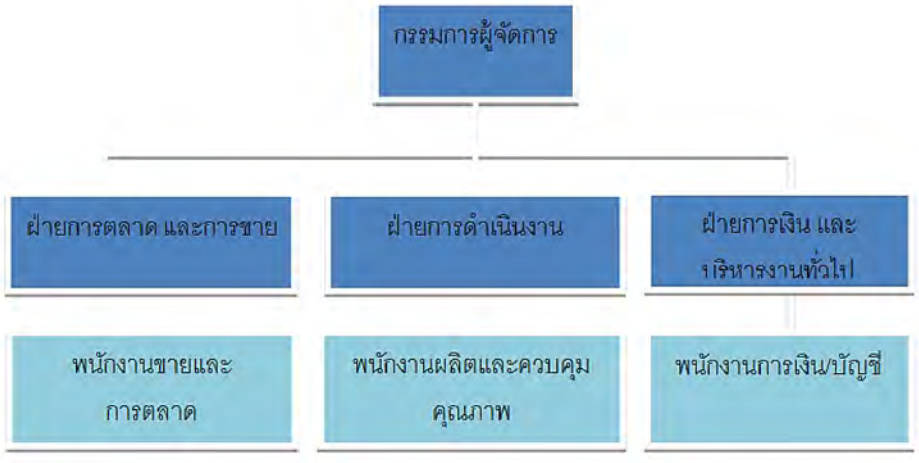
การผลิตแผ่นทดสอบ: สารสังเคราะห์ไดอะเซทิลีน 10 กรัม สามารถผลิตแผ่นทดสอบได้จำนวนประมาณ 240,000 ชิ้น ซึ่งทำบรรจุที่ 5 แผ่นต่อกล่อง คิดเป็น 48,000 กล่อง แต่ในปีแรกบริษัทได้วางแผนทำการผลิตที่ 20,000 กล่อง คิดเป็น 1667 กล่อง/เดือน หรือ 67 กล่อง/วัน (คิดจาก 25 วันทำการ)

5.3 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านบริหาร

องค์กรเป็นที่รวมของคนและเป็นที่รวมของงานต่างๆ เพื่อให้พนักงานขององค์การปฏิบัติงานได้อย่างเต็มความสามารถจึงจำเป็นต้องจัดแบ่งหน้าที่การงาน และมอบอำนาจให้รับผิดชอบตามความสามารถและความถนัดของบุคคล ซึ่งการกำหนดโครงสร้างขององค์กรอย่างเป็นทางการนั้นนั้น จึงต้องจัดแบ่งออกเป็นหน่วยงานย่อยต่างๆ กำหนดอำนาจหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละหน่วยงานไว้ให้ชัดเจน รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยงานย่อยเหล่านั้น ทั้งนี้เพื่อให้เอื้อต่อการดำเนินงานให้บรรลุวัตถุประสงค์ขององค์การอย่างมีประสิทธิภาพ

5.3.1 โครงสร้างองค์กร และทีมผู้บริหาร

บริษัทจัดโครงสร้างแบบตามหน้าที่ ซึ่งเป็นโครงสร้างอย่างง่าย และคล่องตัวในการปฏิบัติงานเหมาะกับองค์กรที่เพิ่งจัดตั้ง โดยแบ่งหน้าที่งานหลักๆ ดังภาพที่ 5-11 ได้แก่ ด้านการขายและการตลาด ด้านการผลิตและบริหารงานทั่วไป ด้านการเงินและด้านการบัญชี โดยทุกฝ่ายจะขึ้นตรงกับกรรมการผู้จัดการ ซึ่งเป็นผู้ดูแลภาพรวมของบริษัทดังนี้



ภาพที่ 5-11 แผนผังโครงสร้างองค์กร

5.3.2 หน้าที่และความรับผิดชอบ

1) กรรมการผู้จัดการ (Managing Director) มีหน้าที่ดูแลด้านการบริหารทั่วไป กำหนดทิศทาง และกลยุทธ์โดยรวมและประสานงานกับฝ่ายต่างๆ เพื่อให้ธุรกิจดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ

2) ฝ่ายการขายและการตลาด (Sale and Marketing Department) มีหน้าที่วางแผนวางกลยุทธ์ทางการตลาด การโฆษณา และการขายสินค้ากับลูกค้าโดยช่องทางการจำหน่ายแบบต่างๆ รวมทั้งการส่งมอบสินค้าและบริการให้กับลูกค้า

3) ฝ่ายการเงินและบริหารงานทั่วไป (Finance and GA Department) มีหน้าที่ดูแลและควบคุมด้านการเงิน บัญชี จัดทำแผนงานงบประมาณการเงิน วิเคราะห์และควบคุมอัตราส่วนทางการเงินให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ รวมถึงการดูแลและควบคุมการพัฒนาการทรัพยากรบุคคล สวัสดิการ ค่าตอบแทน การจัดกิจกรรมต่างๆ

4) ฝ่ายการดำเนินงาน (Operation Department) มีหน้าที่ดูแลและควบคุมการผลิต ควบคุมคุณภาพ และการจัดซื้ออุปกรณ์สำนักงาน เครื่องมือ เครื่องใช้ภายในโรงงาน วัตถุดิบ และบรรจุภัณฑ์ การจัดการด้านสินค้าคงคลัง และประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 5-3 แสดงค่าใช้จ่ายทางด้านบุคลากร

ตำแหน่ง	จำนวน	ประสบการณ์ความเชี่ยวชาญ	เงินเดือน (บาท)
1. กรรมการผู้จัดการ	1	- ด้านการตลาด - ด้านบริหาร	40,000
2. พนักงานขายและการตลาด	1	การขาย การตลาด	18,000
3. พนักงานผลิตและควบคุมคุณภาพ	1	นักวิจัย	15,000
4. พนักงานการเงิน/บัญชี	1	- การเงิน/บัญชี - จัดการทั่วไป	12,000
รวม	**4**	**85,000 บาท**	

5.4 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการเงิน

การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินเป็นการวิเคราะห์ด้านงบประมาณที่ใช้ในการลงทุน ประมาณการรายได้และค่าใช้จ่ายของโครงการ ตลอดจนแหล่งที่มาของเงินทุน ผลตอบแทนการของการลงทุน จุดคุ้มทุนของโครงการ ผลกระทบเมื่อสถานการณ์ต่างๆแปรเปลี่ยนไปทั้งในด้านบวกและด้านลบ เพื่อประเมินศักยภาพของโครงการว่าสามารถให้ผลตอบแทนที่ดี คุ้มค่ากับการลงทุน รวมถึงความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้น

สำหรับการศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงิน ในส่วนของแหล่งเงินทุน บริษัทฯ มีนโยบายที่จะระดมเงินทุนทั้งหมด จากผู้ร่วมลงทุน 100% โดยไม่มีการกู้ยืมเงินจากสถาบันการเงิน เพื่อลดภาระดอกเบี้ยในระยะเริ่มดำเนินการและหลีกเลี่ยงปัญหาการปล่อยสินเชื่อของสถาบันการเงิน

5.4.1 ข้อสมมติที่ใช้ในการจัดทำแผนการเงิน

1. ค่าเสื่อมราคาราคาทรัพย์สินถาวร (Depreciation)
   - อุปกรณ์/เครื่องมือที่ใช้ในกิจการตัดค่าเสื่อมราคาเท่ากันทุกปีเป็นระยะเวลา 5 ปี
   - เครื่องใช้สำนักงานตัดค่าเสื่อมราคาเท่ากันทุกปี เป็นระยะเวลา 5 ปี
2. ราคาขายผลิตภัณฑ์ คงที่ตลอด 5 ปี
3. ปริมาณขายมีอัตราเติบโตปีละ 10% ในในปีที่ 2 และ 3 และเพิ่มขึ้นเป็น 15% ในปีที่ 4 และ 5
4. เงินเดือนพนักงาน และผู้บริหาร ปรับเพิ่มปีละ 5%
5. ค่าเช่าอาคารสำนักงาน คงที่ตลอดอายุการเช่า จ่ายล่วงหน้า 1 เดือน
6. ค่าโฆษณา และส่งเสริมการขาย ปรับเพิ่มปีละ 5%
7. ค่าสาธารณูปโภค วัตถุดิบ ค่าขนส่ง ค่าเครื่องเขียน วัสดุสิ้นเปลือง และค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด ปรับเพิ่มขึ้นปีละ 5%
8. ภาษีเงินได้นิติบุคคล (Corporate Tax) 30%
9. ค่าใช้จ่ายด้านทรัพย์สินทางปัญญา ผลตอบแทนที่จะให้กับนักวิจัยผู้เป็นคนคิดค้นสารสังเคราะห์กลุ่มไดอะเซทิลีนที่ใช้เป็นอินดิเคเตอร์ในการเปลี่ยนสีนี้จะได้เป็นเงินก้อน (Upfront) จำนวน 1,000,000 บาท และค่าธรรมเนียมในการใช้สิทธิ (Royalty fee) ที่จะได้รับคิด 5% ของยอดขายผลิตภัณฑ์ และรับประกันขั้นต่ำที่ 100,000 บาทต่อปี โดยมีระยะเวลาทั้งสิ้น 5 ปี ตลอดอายุของโครงการ ค่าตอบแทนนักวิจัยที่เป็นเงินก้อน จำนวน 1,000,000 บาท โดยการชำระค่าธรรมเนียมการใช้สิทธิจะชำระเป็นรายปี ภายในวันที่ 31 ธันวาคมของทุกปี บริษัทสามารถใช้ประโยชน์จากสิทธิบัตรได้ตลอดอายุของสิทธิบัตร

5.4.2 ประมาณการเงินลงทุนของโครงการ

ต้นทุนทรัพย์สินถาวรและค่าเสื่อมราคา

การคำนวณค่าเสื่อมราคาทรัพย์สินถาวรโดยวิธีคิดค่าเสื่อมแบบเส้นตรง และมีมูลค่าซากคงเหลือ (ทางบัญชี) ณ ปีสุดท้ายเท่ากับ 1 บาท ดังนี้

- อุปกรณ์/เครื่องมือที่ใช้ในกิจการตัดค่าเสื่อมราคาเท่ากันทุกปีเป็นระยะเวลา 5 ปี
- เครื่องใช้สำนักงานตัดค่าเสื่อมราคาเท่ากันทุกปี เป็นระยะเวลา 5 ปี

ตารางที่ 5-4 แสดงรายการทรัพย์สินถาวรเบื้องต้นและค่าเสื่อมราคา

รายการทรัพย์สินถาวร	จำนวนปีที่ใช้	มูลค่าทรัพย์สิน	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5
เครื่องมือ/อุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ	5	100,000	19,999.90	19,999.90	19,999.90	19,999.90	19,999.90
อุปกรณ์/เครื่องใช้สำนักงาน	5	150,000	29,999.90	29,999.90	29,999.90	29,999.90	29,999.90
รวมค่าเสื่อมราคา			49,999.80	49,999.80	49,999.80	49,999.80	49,999.80
ค่าเสื่อมราคาสะสม			49,999.80	99,999.60	149,999.40	199,999.20	249,999.00
มูลค่าซาก		250,000	200,000.20	150,000.40	100,000.60	50,000.80	1.00

ค่าใช้จ่ายก่อนดำเนินการตัดจ่าย

- ค่าเช่าสำนักงานก่อนเริ่มกิจการคิดล่วงหน้าเป็นเวลา 1 เดือน
- ค่าใช้จ่ายทรัพย์สินทางปัญญา มีค่าใช้จ่ายก่อนการดำเนินงาน (Upfront)

ตารางที่ 5-5 แสดงรายการค่าใช้จ่ายก่อนดำเนินการตัดจ่าย

รายการ	**มูลค่า (บาท)**
ค่าเช่าสำนักงาน	14,000.00
ค่าทรัพย์สินทางปัญญา	100,000.00
รวม	**114,000.00**

ต้นทุนวัตถุดิบและบรรจุภัณฑ์

- ค่าสารสังเคราะห์ไดอะเซทิลีน ชิ้นละ 0.04 บาท เนื่องจากสารสังเคราะห์ 1 กรัม ราคาประมาณ 1,000 บาท สามารถผลิตแผ่นทดสอบได้ 24,000 ชิ้น

- ค่าสารตัวทำละลาย ชิ้นละ 0.004 บาท เนื่องจากสารตัวทำละลาย 2 มิลลิลิตร ราคาประมาณ 1 บาท สามารถผลิตแผ่นทดสอบได้จำนวน 240 แผ่น

- ค่ากระดาษอินดิเคเตอร์ ราคาชิ้นละ 0.20 บาท

- ซองบรรจุภัณฑ์ด้านใน ราคาซองละ 1 บาท (สั่งอย่างต่ำ 10,000 ชิ้นต่อการผลิต 1 ครั้ง)

- กล่องบรรจุภัณฑ์ กล่องละ 5 บาท เนื่องจากทำการสั่งพิมพ์ 4 สี ระบบออฟเซต โดยสั่งอย่างต่ำ 10,000 ชิ้นต่อการผลิต 1ครั้ง

- ใบแสดงคำอธบายการใช้งานภายในกล่องพิมพ์ 2 หน้า ราคาแผ่นละ 0.25 บาท

ในแผนการผลิตปีแรกได้กำหนดการผลิตไว้ที่ 20,000 กล่อง โดยบรรจุกล่องละ 5 ชิ้น ดังนั้นต้องผลิตแผ่นทดสอบทั้งหมดเป็นจำนวน 100,000 ชิ้น ซึ่งรายการค่าใช้จ่ายของต้นทุนวัตถุดิบและบรรจุภัณฑ์ต่อกล่องมีราคาอยู่ที่ 11.47 บาท ราคาต้นทุนในปีแรกแสดงดังตารางที่ 5-4

ตารางที่ 5-6 รายการค่าใช้จ่ายของต้นทุนวัตถุดิบและบรรจุภัณฑ์ในปีแรก

รายการ	**มูลค่าต่อปี (บาท)**
ค่าสารสังเคราะห์ไดอะเซทิลีน	100,000 × 0.04 = 4,000
ค่าสารตัวทำละลาย	100,000 × 0.004 = 400
ค่ากระดาษอินดิเคเตอร์	100,000 × 0.2 = 20,000
ซองบรรจุภัณฑ์ด้านใน	100,000 × 1 = 100,000
กล่องบรรจุภัณฑ์	20,000 × 5 = 100,000
ใบแสดงคำอธิบายการใช้งาน	20,000 × 0.25 = 5,000
รวม	**229,400**

ต้นทุนขาย

จากข้อสมมติของต้นทุนขายในส่วนของค่าสาธารณูปโภค ค่าการตลาด วัตถุดิบ ค่าขนส่ง ค่าเครื่องเขียน วัสดุสิ้นเปลือง และค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด ปรับเพิ่มขึ้นปีละ 5% พิจารณาจากข้อมูลสภาอุตสาหกรรมประเทศไทย ที่มีการเปิดเผยข้อมูลในการปรับราคาสินค้าในภาคอุตสาหกรรมขึ้น 5-10% เนื่องจากต้นทุนการผลิตของอุตสาหกรรมมีทิศทางปรับเพิ่มอย่างต่อเนื่อง รวมถึงได้รับแรงกดดันจากทิศทางอัตราดอกเบี้ยและค่าจ้างแรงงานที่มีแนวโน้ม ปรับขึ้นตามอัตราการขยายตัวของเศรษฐกิจ (สภาอุตสาหกรรมประเทศไทย, 2553)

ต้นทุนขายจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ต้นทุนคงที่ และต้นทุนแปรผัน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5-7 แสดงข้อสมมติการประมาณการต้นทุนขาย

ลำดับ	รายการต้นทุน	ประเภทต้นทุน	ประมาณการต้นทุนขายปีที่ 1-5				
			ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5
1	ค่าวัตถุดิบ	แปรผัน	229,400.00	240,912.00	252,957.60	265,605.48	278,885.75
2	ค่าน้ำประปา	คงที่	8,000.00	8,400.00	8,820.00	9,261.00	9,724.05
3	ค่าไฟฟ้า	คงที่	36,000.00	37,000.00	39,690.00	41,674.50	43,758.23
4	ค่าโทรศัพท์	คงที่	12,000.00	12,600.00	13,230.00	13,891.50	14,586.08
5	เงินเดือนพนักงาน 4 คน	คงที่	1,020,000.00	1,071,000.00	1,124,550.00	1,180,777.50	1,239,816.38
6	ค่าขนส่ง	คงที่	36,000.00	39,600.00	43,560.00	47,961.00	52,707.60
7	ค่าการตลาด	คงที่	40,000.00	42,000.00	44,100.00	46,305.50	48,620.13
8	ค่าเช่าสำนักงาน	คงที่	168,000.00	168,000.00	168,000.00	168,000.00	168,000.00
9	ค่าเครื่องเขียน เครื่องพิมพ์	คงที่	3,000.00	3,150.00	3,307.50	3,472.88	3,646.52
10	ค่าวัสดุสิ้นเปลือง	คงที่	5,000.00	5,250.00	5,512.50	5,788.13	6,077.53
11	ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด (ประกันสังคม)	คงที่	10,000.00	10,500.00	11,025.00	11,576.25	12,155.06
12	ค่าเสื่อมทรัพย์สิน	คงที่	49,999.80	49,999.80	49,999.80	49,999.80	49,999.80
13	ค่าใช้จ่ายก่อนดำเนินการตัดจ่าย	คงที่	114,000.00	114,000.00	114,000.00	114,000.00	114,000.00
	รวมต้นทุนคงที่		1,501,999.80	1,560,449.80	1,621,942.80	1,686,421.05	1,754,142.11
	รวมต้นทุนแปรผัน		229,400.00	240,870.00	252,913.50	265,559.18	278,837.13
	รวมต้นทุนทั้งหมด		1,731,399.80	1,801,369.80	1,874,838.30	1,951,980.23	2,032,979.25

รายได้

ยอดการประมาณการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค ได้ประมาณการจากจำนวนสถานประกอบในประเทศไทย (สำนักงานสถิติแห่งชาติ., 2550) ในกลุ่มอุตสาหกรรมอาหาร โรงพยาบาล อุตสาหกรรมยาและเวชภัณฑ์ จำนวน 20,417 แห่ง ดังนั้นจึงประเมินการจำหน่ายขั้นต่ำในยอดขายในปีแรกที่ 20,000 กล่อง โดยกำหนดราคาขายจากการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามในราคากล่องละ 150 บาท ต่อกล่องซึ่งบรรจุชุดทดสอบจำนวน 5 ชิ้น ดังนั้นจะได้ยอดขายทั้งหมด 3,000,000 บาทต่อปี แสดงดังตารางที่ 5-8

ตารางที่ 5-8 ยอดประมาณการยอดขายในปีแรก

ผลิตภัณฑ์	จำนวน (กล่อง)	ราคาต่อกล่อง (บาท)	ยอดขาย (บาท)
ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค	20,000	150	3,000,000.00

การประมาณการเติบโตของยอดขาย

จากข้อสมมติอัตราการเติบโตของยอดขาย อยู่ที่ 10% ในปีที่ 2 และ 3 พิจารณาจากรายงานภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมรายไตรมาส สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม (2553) ซึ่ง ในอุตสาหกรรมยาและผลิตภัณฑ์เภสัชกรรม อุตสาหกรรมอาหารซึ่งพบว่า ในไตรมาสที่ 2 ของปี 2553 ปริมาณการผลิตยาและผลิตภัณฑ์เภสัชกรรม ขยายตัวเพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อน ร้อยละ 12 ตามยอดคำสั่งซื้อทั้งในและต่างประเทศ โดยจะมีการปรับปรุงสินค้าให้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของตลาดมากขึ้น และจากการที่ยาเป็น 1 ในปัจจัย 4 จึงเป็นสินค้าที่มีความต้องการอยู่เสมอ และไม่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพเศรษฐกิจและเหตุการณ์ทางการเมืองมากนัก ทำให้ปริมาณการผลิตยังคงเติบโตได้อย่างต่อเนื่อง ส่วนภาวะอุตสาหกรรมอาหารโดยรวม สำหรับการผลิตเพื่อการส่งออกกลับได้รับการยอมรับจากประเทศนำเข้าอย่างต่อเนื่อง สำหรับการจำหน่ายสินค้าในประเทศ คาดว่า จะมีแนวโน้มปรับตัวดีขึ้นจากความเชื่อมั่นทางเศรษฐกิจของผู้บริโภคที่ปรับเพิ่มขึ้นภายหลังการคลี่คลายของปัญหาการชุมนุมทางการเมือง และเมื่อผลิตภัณฑ์เป็นที่รู้จักในตลาดมากขึ้นจึงอาจทำให้มีการเติบโตของยอดขายเพิ่มขึ้นประกอบกับทิศทางแนวโน้มเศรษฐกิจที่ดีขึ้นจึงปรับเพิ่มเป็นเป็น 15% ในปีที่ 4 และ 5 ซึ่งสามารถประการยอดขายได้ดังนี้

ตารางที่ 5-9 แสดงการประมาณการเติบโตของยอดขาย

ยอดขาย	ประมาณการเติบโตของยอดขายปีที่ 1-5				
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5
ปริมาณยอดขายต่อปี (กล่อง)	20,000	22,000	24,200	27,830	32,005
มูลค่ายอดขาย (บาท)	3,000,000	3,300,000	3,630,000	4,174,500	4,800,675
การเติบโต		10%	10%	15%	15%

การประมาณการกำไร/ขาดทุน

ตารางที่ 5-10 แสดงการประมาณการกำไรขาดทุน

ลำดับ	รายการ	ประมาณการ กำไร/ขาดทุน ปีที่ 1-5				
		ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5
1	ยอดขาย	3,000,000.00	3,300,000.00	3,630,000.00	4,174,500.00	4,800,675.00
2	หักต้นทุนแปรผัน	229,400.00	240,870.00	252,913.50	265,559.18	278,337.13
3	กำไร/(ขาดทุน) ขั้นต้น (1-2)	2,770,600.00	3,059,130.00	3,377,086.50	3,908,940.83	4,521,837.87
4	หักต้นทุนคงที่	1,501,999.80	1,560,449.80	1,621,942.80	1,686,421.05	1,754,142.11
5	กำไร/(ขาดทุน) ขั้นต้น (3-4)	1,268,600.20	1,498,630.20	1,705,161.90	1,991,091.98	2,309,320.95
6	หักค่าเสื่อมราคา	49,999.80	49,999.80	49,999.80	49,999.80	49,999.80
7	กำไร/(ขาดทุน) สุทธิ ก่อนหักภาษี (5-6)	1,268,600.20	1,498,630.20	1,755,161.90	1,991,091.98	2,309,320.95
8	หักภาษีเงินได้ 30 %	380,580.06	449,589.06	526,548.57	597,327.59	692,796.28
9	หักค่าธรรมเนียมใช้สิทธิ 5%	150,000.00	165,000.00	181,500.00	208,725.00	240,033.75
10	กำไร/(ขาดทุน) สุทธิ (7-8-9)	738,020.14	884,041.14	1,047,113.33	1,185,039.39	1,376,490.92
11	กำไร/(ขาดทุน) สะสมยกไป	738,020.14	1,622,061.28	2,699,174.61	3,854,214.00	5,230,704.92

จุดคุ้มทุน (Break Even Point)

เงินลงทุนทั้งหมดคือ 350,000 ซึ่งเป็นเงินลงทุนของผู้ร่วมทุนทั้งหมด โดยเงินลงทุนนั้นประกอบด้วยค่าต้นทุนวัตถุดิบ ค่าทรัพย์สินทางปัญญาและค่าการผลิตผลิตภัณฑ์ โดยทางบริษัทจะมีการให้เครดิตในการสั่งซื้อสินค้า เป็นเวลา 1 เดือน ซึ่งจะทำการหักลูกหนี้การค้าเพิ่มขึ้นตามอัตราการเติบโตของยอดขาย อยู่ที่ 10% ในปีที่ 2 และ 3 และปรับเพิ่มเป็น 15% ในปีที่ 4 และ 5 โดยมีระยะเวลาการคืนทุนอยู่ในปีแรก แสดงดังตารางที่ 5-11

ตารางที่ 5-11 แสดงการประมาณจุดคุ้มทุน (Break Even Point)

ลำดับ	รายการ	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5
1	กำไร/ (ขาดทุน) สุทธิ หลังหักภาษี	738,020.14	884,041.14	1,047,113.33	1,185,039.39	1,376,490.92
2	บวกค่าเสื่อมราคา	49,999.80	49,999.80	49,999.80	49,999.80	49,999.80
3	บวกเงินกู้ระยะสั้น เพิ่ม/ (ลด)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	บวกเจ้าหนี้การค้า เพิ่ม/ (ลด)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	หักลูกหนี้การค้า เพิ่ม/ (ลด)	250,000.00	25,000.00	27,500.00	31,625.00	36,368.75
6	เงินสดรับ (1+2+3+4-5)	538,019.94	909,040.94	1,069,613.13	1,203,414.19	1,390,121.97
7	เงินสดรับ (สะสม)	538,019.94	1,447,060.88	2,516,674.01	3,720,088.20	5,110,210.17
8	เงินลงทุน ณ เริ่มโครงการ	350,000.00	350,000.00	350,000.00	350,000.00	350,000.00
		คืนทุน	**คืนทุน**	**คืนทุน**	**คืนทุน**	**คืนทุน**

การหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

การคิดส่วนลดของกระแสเงินสดคาดว่าจะได้รับในโครงการ มาเป็นค่าปัจจุบันกระแสเงินสดรับทั้งหมด โดยคิดส่วนลดเท่ากับค่าปัจจุบันได้ดังนี้

$$NPV = (R_t - C_t) / (1+i)^t$$

โดยที่ NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ

R_t = ผลตอบแทนที่ได้ในปีที่ t

C_t = เงินลงทุนสุทธิของโครงการในปีที่ t

i = อัตราส่วนลดหรืออัตราดอกเบี้ย

t = ปีของโครงการ

N = อายุของโครงการ

ผลรวมของส่วนลดกระแสเงินสดรับของโครงการต้องเป็นบวกเท่านั้น จึงจะพิจารณาทำโครงการ

ในการคำนวณจะใช้อัตราส่วนลดที่ 18.90% โดยคำนวณจากค่าเสียโอกาสกรณีนำเงินไปลงทุนในอุตสาหกรรมอื่นทางด้านอุตสาหกรรมปิโตรเคมีซึ่งมีค่า ROE (Return on Equity) หรือค่าอัตราผลตอบแทนผู้ถือหุ้นเท่ากับ 18.90 (วชิราลักษณ์ แสงเลิศศิลปชัย, 2553) เป็นเวลา 5 ปี แล้วนำกระแสเงินสดคงเหลือสิ้นงวดมาคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ

ทั้งนี้เมื่อคำนวณแล้ว จะได้ค่า NPV ของโครงการสิ้นสุดเมื่อปีที่ 5 เป็นบวกเท่ากับ 4,297,906.79 บาท ดังตารางที่ 5-12 ซึ่งถือได้ว่าโครงการนี้เป็นโครงการที่คุ้มค่ากับการลงทุน

การหาอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (Internal Rate of Return: IRR)

อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ คือ อัตราส่วนลดที่ทำให้ค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับ เท่ากับกระแสเงินสดจ่ายพอดี อัตรานี้แสดงถึงอัตราความสามารถในของเงินลงทุนที่จะก่อให้เกิดรายได้คุ้มกับเงินลงทุนพอดี

และเมื่อคำนวณแล้วโครงการนี้มีค่า IRR เท่ากับ 183% ดังตารางที่ 5-12 จึงถือได้ว่าเป็นโครงการที่คุ้มค่ากับการลงทุน

ตารางที่ 5-12 อัตราผลตอบแทนและมูลค่าปัจจุบันสุทธิ

คำนวณ IRR และ NPV ณ สิ้นปีที่					5	(หน่วย: บาท)
อัตราส่วนลดในการคำนวณ NPV					18.90%	
ปีที่	**เงินสด รับ - จ่ายสุทธิ**	**มูลค่าซาก**	**กระแสเงินสด**	**IRR**	**PV**	**NPV**
0	ณ วันเริ่มดำเนินงาน		-350,000.00		-350,000.00	
1	538,019.94		538,019.94			
2	909,040.94		909,040.94			
3	1,069,613.13		1,069,613.13			
4	1,203,414.19		1,203,414.19			
5	1,390,121.97	1.00	1,390,122.97	183%	5,110,211.17	4,297,906.79

5.4.2 แผนฉุกเฉินหรือแผนประเมินความเสี่ยง

หากยอดขายลดลงจากที่ประมาณการไว้ไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดที่กำหนดไว้ จะมีแนวทางในการแก้ไข ดังนี้

ตรวจสอบสาเหตุที่แท้จริง เพื่อกำหนดแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสม ถ้าสาเหตุเกิดจากผู้บริโภคในกรุงเทพฯและปริมณฑลไม่ยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์ใหม่ ทางบริษัทฯ ได้หาแนวทางป้องกันไว้โดย

ด้านการตลาด

1. วิเคราะห์สาเหตุที่ไม่สามารถจำหน่ายสินค้าได้เป็นไปตามแผนงานที่วางไว้ โดยการสรุปข้อมูลการวิเคราะห์สภาพตลาดโดยรวม และปัญหาจากการใช้งานที่อาจเกิดขึ้น

2. เร่งประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับรู้และเข้าใจในเรื่องของการฆ่าเชื้อโรคด้วยหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค โดยเน้นให้ทราบถึงความสำคัญและประโยชน์ของผลิตภัณฑ์

3. บริษัทฯ จะทำการพัฒนารูปแบบและการใช้งานของผลิตภัณฑ์ รวมถึงเพิ่มผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ เพื่อเป็นการขยายฐานผู้บริโภคให้กว้างมากขึ้น

ด้านการผลิตและดำเนินงาน

1. ทำกิจกรรมภายในสำนักงานเพื่อลดค่าใช้จ่ายต่างๆ เช่น ลดการสูญเสียจากการใช้ต้นทุนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น มีการสูญเสียของวัตถุดิบลดลง หรือรณรงค์การใช้ไฟฟ้าในช่วงพักกลางวัน เป็นต้น

2. ลดการผลิตสินค้าตามแผนการผลิตในงวดถัดไป เพื่อประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีโดยให้ผลดีคือ ลดสินค้าคงคลัง (Inventory cost)

ด้านการเงิน

1. กรณียอดขายต่ำมากกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ บริษัทจะรอดูผลต่ออีก 3 เดือนโดยจะชะลอการใช้ค่าใช้จ่ายต่างๆ ตามที่วางแผนไว้ รวมถึงจะมีการปรับลดค่าใช้จ่ายที่สามารถชะลอได้ไว้ก่อน

2. ลดจำนวนการสั่งซื้อวัตถุดิบและสินค้า (Finished Good) สำหรับบรรจุในงวดถัดไป

3. ลดจำนวนสัดส่วนการซื้อสินค้าด้วยเงินลดให้น้อยลง และเพิ่มการสั่งซื้อโดยเครดิตให้มากขึ้น

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค สามารถสรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะในงานวิจัยได้ดังต่อไปนี้

6.1 สรุปผลการวิจัย

6.1.1 การออกแบบผลิตภัณฑ์

การวิจัยในส่วนนี้เกี่ยวข้องกับการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ ประเภทแผ่นอินดิเคเตอร์สำหรับตรวจวัดประสิทธิภาพของหลอดไฟรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค โดยมีสมมติฐานว่าผู้ใช้งานหลอดไฟดังกล่าวส่วนใหญ่ไม่ทราบหรือไม่มั่นใจในประสิทธิภาพของหลอดไฟที่ใช้งานอยู่ และไม่มีผลิตภัณฑ์ตรวจวัดในท้องตลาดที่ผู้ใช้งานสามารถทำการตรวจวัดได้เอง จากการสำรวจความต้องการและปัญหาการใช้งานหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคของกลุ่มลูกค้าเป้าหมาย โดยการสัมภาษณ์และนำมาวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการแล้ว จึงดำเนินการออกแบบผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค ตามกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของ Merle Crawford และ Anthony Di Benedetto (Crawford and Di Benedetto., 2003) ซึ่งสามารถสรุปแนวคิดรูปแบบผลิตภัณฑ์เป็น แผ่นทดสอบประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค และนำไปทำการทดสอบแนวคิดกลับกลุ่มลูกค้าเป้าหมายที่ใช้งานหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคบนผิววัตถุในกลุ่มอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมยาและเวชภัณฑ์ โรงพยาบาล และสถาบันวิจัยจำนวน 8 คน ด้วยวิธีการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (In-depth Interview) เพื่อกำหนดเป็นคุณลักษณะ/คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ในสามส่วนคือ ลักษณะผลิตภัณฑ์ สามารถใช้งานง่าย สามารถบอกระดับประสิทธิภาพและความสามารถในการฆ่าเชื้อโรคได้ แผ่นทดสอบทำจากกระดาษ แสดงผลการตรวจวัดด้วยการเปลี่ยนสี ขนาดเล็กพกพาสะดวกและสามารถบันทึกข้อมูลเก็บไว้เป็นหลักฐานการตรวจวัดได้ ส่วนประกอบผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยแผ่นทดสอบจำนวน 5 แผ่น บรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์ที่มิดชิด มีคำอธิบายหลักการและการใช้งานและข้อแนะนำผลิตภัณฑ์ และส่วนสุดท้ายวิธีการใช้งาน โดยนำแผ่นทดสอบไปวางบนตำแหน่งที่ต้องการทดสอบ ภายใต้การฉายรังสีของหลอดยูวีฆ่าเชื้อโรค จากนั้นนำมาเปรียบเทียบค่าการตรวจวัดกับแถบสีชี้วัดที่อยู่บนกล่องผลิตภัณฑ์

6.1.2 การทำผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคได้สร้างขึ้นจากสารสังเคราะห์กลุ่มไดอะเซทิลีนชนิดเปลี่ยนสีแบบไม่เปลี่ยนกลับโดยใช้เทคนิคการจุ่มย้อมกระดาษขาวประเภท A4 ด้วยสารละลายไดอะเซทิลีนในตัวทำละลายเตตระไฮโดรฟูแรน (tetrahydrofuran) เมื่อถูกฉายภายใต้หลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคสามารถเปลี่ยนสีจากสีขาวเป็นน้ำเงิน ม่วง และแดงตามปริมาณพลังงาน

รังสียูวีที่ได้รับที่สอดคล้องกับระดับพลังงานรังสียูวีที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรค จึงสามารถบอกระดับประสิทธิภาพของหลอด ปริมาณของรังสียูวีที่ได้รับและความสามารถในการฆ่าเชื้อโรค ซึ่งแผ่นชุดทดสอบนี้สามารถเก็บไว้เป็นหลักฐานในการตรวจวัดได้อีกด้วย

6.1.3 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค

ผลการวิจัยเชิงปริมาณโดยวิเคราะห์ทางสถิติจากการตอบแบบสอบถามของประชากรตัวอย่าง 30 คน โดยผู้ตอบแบบสอบถามมีความสนใจที่จะใช้ผลิตภัณฑ์เพื่อทราบถึงประสิทธิภาพหลอดมากที่สุด จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 40.4 รองลงมาคือใช้เพื่อประเมินความสามารถในการฆ่าเชื้อโรค จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 38.6 และ

ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อหรือใช้ผลิตภัณฑ์สูงที่สุดคือความน่าเชื่อถือของตัวผลิตภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 22.1 1 รองลงมาคือผลิตภัณฑ์มีการใช้งานได้ง่าย คิดเป็นร้อยละ 19.8 โดยรวม

ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับการรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์มีประโยชน์ อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.20) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีความเห็นอยู่ในเกณฑ์ที่สูงสุดคือ การใช้ผลิตภัณฑ์ทำให้เกิดการลดค่าใช้จ่ายค่าบริการการตรวจวัดจากบริษัทเอกชน ($\bar{x}$ = 4.60) รองลงมาคือ สามารถเก็บผลการตรวจวัดไว้เป็นหลักฐาน เพื่อใช้ในการติดตามประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคได้ ($\bar{x}$ = 4.43)

ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับการรับรู้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคง่ายต่อการใช้งาน อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.00) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีความเห็นอยู่ในเกณฑ์ที่สูงสุดคือ ขนาดผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน ($\bar{x}$ = 4.20) รองลงมาคือ วิธีการใช้ชุดทดสอบเป็นเรื่องง่าย มีขั้นตอนการใช้ไม่ซับซ้อน ($\bar{x}$ = 4.13)

ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับทัศนคติต่อการใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.09) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีความเห็นอยู่ในเกณฑ์ที่สูงสุดคือ สนใจที่จะใช้ผลิตภัณฑ์เพื่อการทดสอบประสิทธิภาพของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค ($\bar{x}$ = 4.40) รองลงมาคือ การใช้ผลิตภัณฑ์ทำให้มีความสะดวกสบาย($\bar{x}$ = 4.27)

ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับความไว้วางใจต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.90) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีความเห็นอยู่ในเกณฑ์ที่สูงสุดคือ ผลิตภัณฑ์มีคู่มือการใช้อย่างละเอียดทุกขั้นตอน ($\bar{x}$ = 4.50) รองลงมาคือ ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยต่อการใช้งาน ($\bar{x}$ = 4.10)

ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับความตั้งใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.16)

และพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความสนใจใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค 30 คน คิดเป็นร้อยละ 100.0 โดยยินดีที่จะจ่ายซื้อผลิตภัณฑ์ในราคา 150 บาท จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 76.7 และไม่ซื้อจำนวน 23.3 คน คิดเป็นร้อยละ 23.3 โดยกลุ่มตัวอย่างส่วนนี้ยินดีที่จะจ่ายในราคา 50-120 บาท นอกจากนี้ยังพบว่าหากผลิตภัณฑ์มีจำหน่าย กลุ่มตัวอย่างมีแผนที่จะใช้ทันทีภายใน 1-3 เดือน มากที่สุด จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 66.7 รองลงมาคือ 4-6 เดือนข้างหน้าจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.7

ผลการวิเคราะห์สมมติฐาน สามารถสรุปได้ดังนี้

สมมติฐานที่ 1: การรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์นชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคมีประโยชน์ มีความสัมพันธ์ต่อทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

สมมติฐานที่ 2: การรับรู้ว่าผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคง่ายต่อการใช้งาน มีความสัมพันธ์ต่อทัศนคติที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

สมมติฐานที่ 3: ทัศนคติต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค มีความสัมพันธ์ต่อความตั้งใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

สมมติฐานที่ 4: องค์ประกอบด้านคุณลักษณะของผู้บริโภคที่แตกต่างกัน มีผลต่อความตั้งใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

6.2 **ข้อเสนอแนะ**

1. ควรมีการศึกษาอายุการใช้งานที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

2. กลุ่มตัวอย่างที่นำมาศึกษาในการวิจัยเชิงปริมาณ มีจำนวนที่ไม่มากพอ ซึ่งงานวิจัยครั้งต่อไปควรเพิ่มจำนวนตัวอย่างที่นำมาศึกษาให้มากขึ้น และเมื่อวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นที่มีต่อผลิตภัณฑ์ข้อใดที่มีคะแนน $\bar{x}$ ต่ำกว่า 4 ควรนำมาพิจารณาเป็นรายข้อเพื่อดูว่าข้อใดมีคะแนนความคิดเห็นต่ำสุด เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขต่อไป

3. งานวิจัยครั้งนี้พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ไม่มีความรู้เกี่ยวกับการใช้งานหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคและไม่เคยใช้ผลิตภัณฑ์ทดสอบมาก่อน ดังนั้นหากนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้ช่องทางสื่อสารเผยแพร่ความรู้ หลักการ ความสำคัญและประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ให้กับกลุ่มลูกค้าเป้าหมาย

4. เพื่อการใช้งานที่สะดวกแก่ผู้ใช้งานมากขึ้น ควรมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้สามารถทำการตรวจวัดประสิทธิภาพหลอดให้คลอบคลุมทุกจุดในครั้งเดียว

5. ควรศึกษาว่าการจุ่มกระดาษสำหรับทำอินดิเคเตอร์ในแต่ละครั้งว่ามีผลทำให้ค่าความเข้มข้นของสารละลายไดอะเซทิลีน จนทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ไม่ได้มาตรฐานหรือไม่อย่างไร

6. เนื่องจากการเก็บข้อมูลการวิจัยเชิงปริมาณได้ทำการเก็บข้อมูลในส่วนของอุตสาหกรรมอาหารน้อย ซึ่งในอุตสาหกรรมกลุ่มนี้น่าจะมีความต้องการใช้งานที่มากกว่าในอุตสาหกรรมอื่น ดังนั้นควรมีการศึกษาในกลุ่มอุตสาหกรรมอาหารเพิ่มเติม ว่ามีลักษณะความต้องการใช้งานผลิตภัณฑ์อย่างไรบ้าง และนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีการใช้งานที่สอดคล้องมากขึ้น

7. ควรมีการเพิ่มขนาดบรรจุภัณฑ์หลากหลายมากขึ้น เพื่อให้ผู้บริโภคสามารถเลือกซื้อได้ตามปริมาณความต้องการใช้ที่เหมาะสม

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กัลยา วาณิชย์บัญชา. การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 15 . กรุงเทพมหานคร: ธรรมสาร, 2552

แคท, ราล์ฟ. การบริหารจัดการนวัตกรรม. แปลโดย ณัฐยา สินตระการผล. กรุงเทพมหานคร: ธรรกมลการพิมพ์, 2550.

ณัฐสพันธ์ เผ่าพันธ์. ทัศนคติของผู้ใช้อินเทอร์เน็ตที่มีต่อความตั้งใจซื้อสินค้าผ่านออนไลน์. ใน รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยศรีปทุม, หน้า 118-127. 14 สิงหาคม 2552 ณ มหาวิทยาลัยศรีปทุม กรุงเทพมหานคร, 2552.

ธีรกิติ นวรัตน ณ อยุธยา. ผลิตภัณฑ์ใหม่การตลาดและการพัฒนา. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

บุญชม ศรีสะอาด. การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาศาส์น, 2545.

พันธุ์อาจ ชัยรัตน์. บทนำเบื้องต้นของการจัดการนวัตกรรม. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2550.

ภาวนา ไชยสมบูรณ์. การออกแบบสิ่งพิมพ์. สื่อประกอบการเรียนการสอน คณะมนุษย์สาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร, 2549.

ภัทรพงศ์ อินทรกำเนิด. วิวัฒนาการระบบนวัตกรรมแห่งชาติของประเทศไทย: อดีต ปัจจุบัน อนาคต. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: ฝ่ายวิจัยนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2548.

รติกร อลงกรณ์โชติกุล. หมึกพิมพ์น่ารู้. กรุงเทพมหานคร: กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2550.

วชิราลักษณ์ แสงเลิศศิลปชัย. ผู้บุกเบิกปิโตรเคมีในไทย ก้าวขึ้นเพื่อเติบโตใน. [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: www.trinitythai.com/Inter/research/TPC-Thai-20100420.pdf [1 ตุลาคม 2553]

สถิติแห่งชาติ,สำนักงาน. การสำรวจโรงพยาบาลและสถานพยาบาลเอกชน พ.ศ. 2550. กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2551.

สถิติแห่งชาติ,สำนักงาน. สำมะโนอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550(ข้อมูลพื้นฐาน: ในเขตเทศบาล) ทั่วราชอาณาจักร. กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2550.

ศุลกากร, กรม. สถิตินำเข้า-ส่งออก. [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: http://www.customs.go.th /Statistic/StatisticIndex.jsp [13 มีนาคม 2553]

อุดม สิทธิการุณ. หลอดไฟพิเศษในการฆ่าเชื้อโรค. [ออนไลน์]. 2546. แหล่งที่มา: www.sathitavl.com/savlknowledge/uv.Germicidal%20lamp.pdf [12 ธันวาคม 2552]

อุดม สิทธิการุณ. หลอดไฟพิเศษในงานพิเศษ. [ออนไลน์]. 2547. แหล่งที่มา: www.sathitavl.com/...file/4.UV_PhotochemicalProcess.pdf [12 ธันวาคม 2552]

อุตสาหกรรม, กระทรวง. สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. สรุปภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมปี 2552 และแนวโน้มปี 2553.กระทรวงอุตสาหกรรม, 2553.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. รายงานภาวะอุตสาหกรรมไตรมาสที่ 2 (เมษายน – มิถุนายน) 2553. กระทรวงอุตสาหกรรม, 2553.

ภาษาอังกฤษ

Abdel-Fattah, A.A., Kclany, M., and F. Abdel-Rehim, A.A. UV-sensitive indicators based on bromophenol blue and chloral hydratedyed poly (vinyl butyral). Photochemistry and Photobiology A: Chemistry 10. pp. 291-297, 1997.

American Air and Water, Inc. Types UV Lamps. [Online]. 2002. Available from : http://www.americanairandwater.com/lamps.htm [2010, January 5]

American Air and Water, Inc. UV Irradiation Dosage Table. [Online]. 2002. Available from: http://www.americanairandwater.com/uv-facts/uv-dosage.htm [2010, March 7]

Atlantic Ultraviolet Corporation. Ster-L-Ray®GermicidalUltraviolet Lamp Catalog. [Online]. 2003. Available from: http://www.ultraviolet.com/pdflib/981039.pdf [11 January 2553]

Bahnfleth, W.P., Kowalski, W.J. and Freihaut, J. Standard and Guieline Requirments FOR UVGI AIR Treatment Systems. Proceedings of the Indoor Environment Center. Department of Architectural Engineering, The Pennsylvania State University, 2005.

Christopher, F. G., and Pasquale, V. S. The use of ultraviolet germicidal irradiation (UVGI) in disinfection of airborne bacteria. Environ Eng Policy 3, 2002, pp.101–107.

Coker, I., Nardell, E., Fourie, B., Brickner, P., Parsons, S., Bhagwandin, N., and Onyebujoh, P. Guidelines for the Utilisation of Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI) Techonology in Controling Transmission of Tuberculosis in Health Care Facilities in South Africa, 2001.

Cooper, G.R. Stage-Gate and the Critical Success Factors for New Product Development. BT Trends, 2006.

Crawford, M., and Di Benedetto, A. New Products Management. 7th ed. Boston: McGraw-Hill, Irwin, 2003.

Davis, F.D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of informationtechnology. MIS Quarterly 13, 3, 1989, pp. 319-340.

Davis, F. D., Bagozzi, R. P., and Warshaw, P. R. User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. Management Science 35, 8, 1989, pp.982-1003.

Douglas, V.D., and Karin, F. Defining The Effectiveness of UV Lamps Installed in Circulating Airduck Work. Final Report ARTI-21CR/610-40030-01. Prepared for the AIR-Conditioning and Refrigeration Technology Institute Under ARTI 21-CR Program Contract Number 610-40030, 2002.

Drucker, P. Innovation and Entrepreneurship. Harper & Row, New York, 1985.

Dussert, B.W. Trends and Developments in the UV Water Treatment Industry. Siemens Water, pp. 1-6. 2008.

Emery, Y. A., Ruolian, F., Brian, R. D., and Xin, Y. Effects of customer feedback level And (in) consistency on new product acceptance in the click-and-mortar context. Journal of Business Research 62, 2009, pp.1281–1288.

Farhad, M.D., Zheng, J., and Weiran, X. Analysis of Efficacy of UVGI Inactivation of Airborne Organisms Using Eulerian and Lagrangian Approaches. IAQ, 2004.

Hue, P. Le*, Le Technologies, Inc., Beaverton, Oregon. Progress and Trends in Ink-jet Printing Technology. Journal of Imaging Science and Technology 42, 1998, pp. 49-62

Kowalski, W.J. and Bahnfleth, W.P. Proposed Standards and Guidelines for UVGI Air Disinfection, IUVA News. 6, 1, 2004, pp. 20 – 25.

Kowalski, W.J. and Bahnfleth, W.P. UVGI Design Basics for Air and Surface Disinfection. HPAC enginerring, 2000, pp.100-110.

Mills, A., McFarlane, M., Schneider, S. A viologen-based UV indicator and dosimeter. Anal Bioanal Chem, 2006. Vol. 386, pp. 299-305.

Phollookin, C., Tumcharern, G., Sukwattanasinitt, M. Colormetric responses to UV irradiation of diamide-linked bisdacetylenes. Proceedings of the National Nanotechnology Center. National Science and Technology Development Agency, 2009.

Porter, M.E. The Five Competitive Forces that Shape Strategy, Harvard Business Review, January, 2008, p.86.

Potisatityuenyong, A., Dubas, S., Sukawattanasinitt, M. The Layer by Layer Deposition of Polydiacetylene Vesicles With Chitosan on Glass Substrate. Congress on Science and Technology of Thailand. Suranaree University of Technology, 2005.

Solar Light Co., Inc. Sterilization Through Utilization of Ultraviolet Raiation. U.S.A, 1999.

Sung, M.K., Kato, S., Akutsu, T. Ida, H., Asai, M., Yanagihara, R. and Yanagi, U. Evaluation of UV dose of upper-room UVGI system in a ward using CFD simulation. Indoor Air, Copenhagen, Denmark, 2008.

Tidd, J., and Bessant, J., Managing Innovation. 4th edn. John Wiley & Sons Ltd, England, 2009.

Vekatesh, V.N. and Fred D. D. A Theoretical Extension of the technology Acceptance Model : Four Longitudinal Field Studies, management Science. 46, 2;ABI/INFORM Global, 2000, pp.186.

U. V. PROCESS SUPPLY, INC. How To Select A Radiometer. U.S.A, 2005.

Ulrich, K.T. and Eppinger, S.D. Product Design and Development. 4th edn. Mc Graw Hill, International Edition, 2008.

You, X., Chen, X., Zou, G., Su, W., Zhang, Q., and He, P.S. Colorimetric response of azobenzene-terminated polydiacetylene vesicles under thermal and photic stimuli. Chemical Physics Letters 482 ,2009, pp.129–133.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
แบบฟอร์มการสัมภาษณ์เพื่อสอบถามข้อมูลของผู้บริโภค ในการใช้งานหลอดไฟฆ่าเชื้อโรค

แบบฟอร์มการสัมภาษณ์เพื่อสอบถามข้อมูลของผู้บริโภค
ในการใช้งานหลอดไฟฆ่าเชื้อโรค (UV Germicidal Irradiation Lamp)

ผู้สัมภาษณ์.....วันที่.....
สถานที่.....หน่วยงาน.....

<u>ด้านข้อมูลทั่วไป</u>

1. บริษัทของคุณใช้หลอดไฟรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคเพื่อจุดประสงค์ใด และจำนวนเท่าไร

2. โดยปกติบริษัทของคุณได้ทำการตรวจสอบประสิทธิภาพของหลอดไฟรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคหรือไม่ ถ้าเคยบ่อยแค่ไหน

3. คุณใช้หลักเกณฑ์หรือข้อกำหนดใดที่ทำให้คุณตัดสินใจทำการตรวจสอบประสิทธิภาพหลอดไฟฆ่าเชื้อโรคหรือเปลี่ยนหลอดใหม่ (เช่น อายุการใช้งาน ความไม่มั่นใจ)

4. วิธีการตรวจวัดประสิทธิภาพของหลอดไฟยูวีฆ่าเชื้อโรคที่ใช้อยู่มีขั้นตอนดำเนินการอย่างไร

5. ข้อดีของเครื่องมือตรวจวัดที่ใช้อยู่คืออะไร (เช่น ประสิทธิภาพ ราคา เป็นต้น)

6. เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดที่ใช้มีลักษณะอย่างไร (ดูภาพประกอบตัวอย่างดังภาพที่ 5 6 และ 7) ยี่ห้อที่ใช้คือ และผลิตหรือนำเข้าจากที่ไหน

<u>ด้านปัญหาตรวจวัดประสิทธิภาพ</u>

7. คุณมีปัญหาที่พบจากการใช้งานหลอดไฟรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคหรือไม่ อย่างไร (ถ้ามี มีวิธีการแก้ปัญหาอย่างไร)

8. ปัญหาที่พบจากการตรวจวัดประสิทธิภาพของหลอดไฟยูวีฆ่าเชื้อโรควิธีที่ใช้อยู่มีอะไรบ้าง (ถ้ามี มีวิธีการแก้ปัญหาอย่างไร)

ผู้สัมภาษณ์.....วันที่.....

สถานที่.....หน่วยงาน.....

<u>ด้านผลิตภัณฑ์</u>

9. ถ้ามีผลิตภัณฑ์ที่เข้ามาช่วยในการตรวจวัดประสิทธิภาพของหลอดไฟยูวีฆ่าเชื้อโรค คุณต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะอย่างไร

10. ถ้ามีผลิตภัณฑ์ที่เข้ามาช่วยในการตรวจวัดประสิทธิภาพของหลอดไฟยูวีฆ่าเชื้อ โดยใช้หลักการการเปลี่ยนสีบนชุดทดสอบ แบบไม่ใช้เครื่องมือการตรวจวัดแบบเดิม คุณคิดว่าควรลักษณะหรือรูปทรงควรจะเป็นแบบไหน (เช่น ขนาด รูปแบบ ความสามารถในการใช้งาน เป็นต้น) ดูภาพประกอบตัวอย่างดังภาพที่ 5 6 และ 7

11. คุณคิดว่าผลิตภัณฑ์นี้ควรเลือกใช้วัสดุแบบใด

12. ถ้าผลิตภัณฑ์นี้มีจำหน่าย คุณมีความสนใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์นี้หรือไม่ เพราะอะไร

13. ราคาของผลิตภัณฑ์นี้ควรอยู่ที่ประมาณเท่าไร (ใช้งานได้ 1 ครั้งต่อการตรวจวัด 1 จุด)

ภาพประกอบการสัมภาษณ์

ภาพผลิตภัณฑ์ทดสอบหลอดไฟอัลตราไวโอเลตฆ่าเชื้อโรค

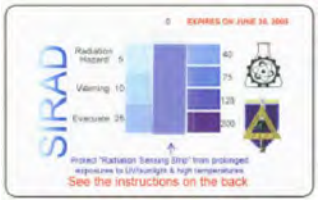
1

2

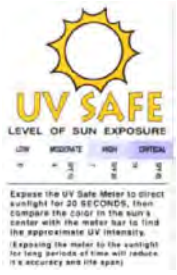
3

4

ภาพตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์ชุดทดสอบรังสีอัลตราไวโอเลต

5 

6

7 

ภาคผนวก ข.

แบบสอบถามเพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

แบบสอบถามเพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อ
ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งในการทำวิทยานิพนธ์ในการศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อศึกษาความความคิดเห็นต่อผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค (UV Germicidal Irradiation Lamp Indicators) ในเขตกรุงเทพมหานคร ผู้จัดทำขอขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถามครั้งนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องว่างหน้าข้อความที่ตรงกับคำตอบของท่าน

1. เพศ

☐ ชาย ☐ หญิง

2. อายุ

☐ ต่ำกว่า 22 ปี ☐ 22- 30 ปี
☐ 30 - 45 ปี ☐ 45 ปีขึ้นไป

3. ประเภทธุรกิจหรืออุตสาหกรรมของท่าน

☐ โรงพยาบาลหรือสถานพยาบาล ☐ อุตสาหกรรมผลิตอาหาร
☐ อุตสาหกรรมยาและเวชภัณฑ์ ☐ ศูนย์วิจัย ห้องทดลองปฏิบัติการ
☐ บริษัทเทคโนโลยีชีวภาพ ☐ อื่นๆ……..

4. ขนาดธุรกิจหรืออุตสาหกรรมของท่าน

☐ ขนาดใหญ่ ☐ ขนาดกลาง ☐ ขนาดเล็ก

5. แผนกหรือหน่วยงานที่ท่านรับผิดชอบ

☐ ฝ่ายวิจัยและพัฒนา ☐ ฝ่ายควบคุมดูแลการผลิต
☐ ฝ่ายจัดซื้อ ☐ ฝ่ายควบคุมคุณภาพ
☐ ฝ่ายควบคุมการติดเชื้อ ☐ อื่นๆ……..

6. จำนวนการติดตั้งหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค (UV Germicidal Lamp)

☐ 1-10 หลอด ☐ 11-20 หลอด
☐ 21-30 หลอด ☐ มากกว่า 30 หลอด

7. จำนวนการใช้งานหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคโดยเฉลี่ยต่อวัน

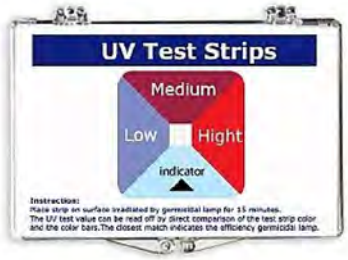
☐ 1-3 ชั่วโมง ☐ 4-8 ชั่วโมง
☐ 9-16 ชั่วโมง ☐ ตลอด 24 ชม.

8. ความถี่ในการตรวจวัดประสิทธิภาพของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค (UV Germicidal Lamp)

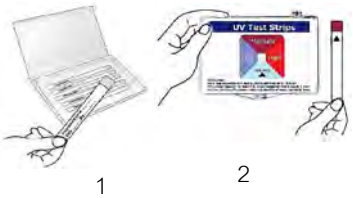
☐ ไม่เคย ☐ 1 ครั้ง/ปี
☐ 2 ครั้ง/ปี ☐ มากกว่า 2 ครั้ง/ปี ระบุ.....

ส่วนที่ 2 ข้อมูลพฤติกรรมและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อ

<u>คำชี้แจง</u> ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค มีคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ดังนี้:



- ใช้งานง่าย
- แสดงผลการตรวจวัดด้วยการเปลี่ยนสีของแผ่นทดสอบ
- อ่านค่าการทดสอบได้ง่าย ด้วยการเทียบสีของแผ่นทดสอบกับตัวชี้วัดประสิทธิภาพ
- หมึกพิมพ์ตัวชี้วัดเปลี่ยนสีแบบไม่เปลี่ยนกลับ
- ทำการตรวจวัดได้พร้อมกันทีละหลายจุด
- ขนาดเล็ก พกพาสะดวก
- แผ่นทดสอบสามารถใช้งานได้ 1 ครั้งต่อ 1 จุดทดสอบ
- บรรจุภายในกล่องพลาสติกจำนวน 5 แผ่นทดสอบ



1 2

ขั้นตอนการใช้งาน

1.นำแผ่นทดสอบที่บรรจุภายในกล่อง ไปวางภายใต้การฉายหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค ในช่วงเวลาที่กำหนด

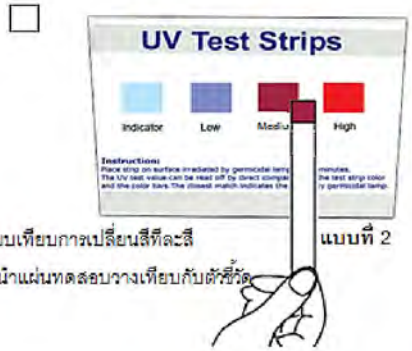
2. นำแผ่นทดสอบมาเทียบการเปลี่ยนแปลงกับตัวชี้วัด อ่านค่าทดสอบที่ได้

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องว่างหน้าข้อความที่ตรงกับคำตอบของท่าน

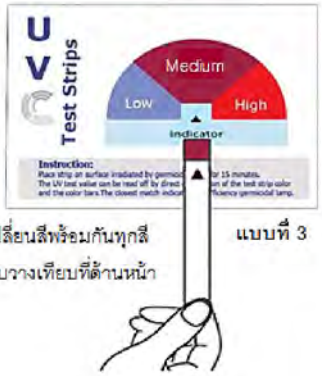
1. ท่านชอบรูปแบบการจัดวางและลักษณะการใช้งานของตัวชี้วัดใดมากที่สุด

☐

เปรียบเทียบการเปลี่ยนสีพร้อมกันทุกสี
โดยสอดแผ่นทดสอบเข้าด้านหลังตัวชี้วัด
แบบที่ 1

☐ 

เปรียบเทียบการเปลี่ยนสีทีละสี
โดยนำแผ่นทดสอบวางเทียบกับตัวชี้วัด
แบบที่ 2

☐ 

เปรียบเทียบการเปลี่ยนสีพร้อมกันทุกสี
โดยนำแผ่นทดสอบวางเทียบที่ด้านหน้าของตัวชี้วัด
แบบที่ 3

☐

เปรียบเทียบการเปลี่ยนสีทีละสี
โดยนำแผ่นทดสอบวางเทียบกับตัวชี้วัด
แบบที่ 4

2. จำนวนแผ่นทดสอบที่ท่านต้องการให้บรรจุภายในกล่องชุดทดสอบ ที่เหมาะสมต่อการใช้งานของท่านคือ

☐ 1 แผ่น ☐ 3 แผ่น ☐ 5 แผ่น
☐ 10 แผ่น ☐ อื่นๆระบุ.....

3. ปัจจัยที่ท่านใช้พิจารณาเพื่อเลือกซื้อ/ใช้ ชุดทดสอบนั้น (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ เวลาที่ใช้ในการทดสอบ ☐ สามารถใช้งานง่าย ☐ ราคาผลิตภัณฑ์
☐ ใช้เป็นหลักฐานการตรวจวัดได้ ☐ อ่านค่าการตรวจวัดได้ง่าย ☐ มีความน่าเชื่อถือ
☐ ขนาดของผลิตภัณฑ์ ☐ รูปแบบทันสมัย ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

4. ท่านยินดีที่จะจ่ายเงินซื้อด้วยราคาประมาณเท่าใดต่อชุดทดสอบ

ราคา.....บาท

5. ท่านมีความสนใจต่อตัวผลิตภัณฑ์หรือไม่ หากนำออกจำหน่าย

☐ สนใจ ☐ ไม่สนใจ

ส่วนที่ 3 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ

1. เหตุผลที่ท่านพึงพอใจในผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

.....

.....

.....

2. เหตุผลที่ท่านไม่พึงพอใจในผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

.....

.....

.....

3. ท่านต้องการให้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคนี้มีการปรับปรุงในจุดใดบ้าง

.....

.....

.....

4. ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นเพิ่มเติมอื่นๆ

.....

.....

.....

ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

ภาคผนวก ค.

แบบสอบถามเพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้บริโภคในการใช้ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

แบบสอบถามเพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้บริโภคในการใช้
ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งในการทำวิทยานิพนธ์ในการศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อศึกษาความความคิดเห็นต่อผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค (Innovative Product of UV Germicidal Irradiation Lamp Indicators) ในเขตกรุงเทพมหานคร ผู้จัดทำขอขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับความอนุเคราะห์ของท่านในการตอบแบบสอบถามครั้งนี้

คำชี้แจง: ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธ์ภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการพัฒนาและออกแบบมาสำหรับใช้ตรวจสอบประสิทธิภาพของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค (UV Germicidal Lamp) โดยอาศัยสมบัติการเปลี่ยนสีของสารในกลุ่มไดอะเซทีลีนชนิดที่เปลี่ยนสีแบบไม่เปลี่ยนกลับ ที่พิมพ์ลงบนกระดาษชุดทดสอบประเภทโพลีไวนิลคลอไรด์เมื่อถูกฉายภายใต้หลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคสามารถเปลี่ยนสีจากฟ้าเป็นน้ำเงิน ม่วง และแดงตามปริมาณพลังงานรังสียูวีที่ได้รับที่สอดคล้องกับระดับพลังงานรังสียูวีที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรค จึงสามารถบอกระดับประสิทธิภาพของหลอด ปริมาณของรังสียูวีที่ได้รับและความสามารถในการฆ่าเชื้อโรค ซึ่งแผ่นชุดทดสอบนี้สามารถใช้งานง่าย อีกทั้งยังเก็บไว้เป็นหลักฐานในการตรวจวัดได้อีกด้วย

ขั้นตอนการใช้งาน :

1. วางแผ่นทดสอบบนพื้นที่ต้องการทำการทดสอบภายใต้หลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค
2. นำแผ่นทดสอบมาเปรียบเทียบกับแถบสีชี้วัดและแปรผลตามแถบสีที่กำหนด

ส่วนที่ 1: ข้อมูลทั่วไปของบริษัท

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องว่างหน้าข้อความที่ตรงกับคำตอบของท่าน

1. ประเภทธุรกิจหรืออุตสาหกรรมของท่าน

☐ โรงพยาบาลหรือสถานพยาบาล ☐ อุตสาหกรรมผลิตอาหาร
☐ อุตสาหกรรมยาและเวชภัณฑ์ ☐ ศูนย์วิจัย ห้องทดลองปฏิบัติการ
☐ บริษัทเทคโนโลยีชีวภาพ ☐ อื่นๆ……..

2. จำนวนการติดตั้งหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค (UV Germicidal Lamp)

☐ 1-10 หลอด ☐ 11-20 หลอด
☐ 21-30 หลอด ☐ มากกว่า 30 หลอด

3. จำนวนการใช้งานหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคโดยเฉลี่ยต่อหลอดใน 1 วัน

☐ 1-3 ชั่วโมง ☐ 4-8 ชั่วโมง
☐ 9-16 ชั่วโมง ☐ ตลอด 24 ชม.

4. ความถี่ในการตรวจวัดประสิทธิภาพของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค (UV Germicidal Lamp)

☐ ไม่เคย ☐ 1 ครั้ง/ปี
☐ 2 ครั้ง/ปี ☐ มากกว่า 2 ครั้ง/ปี ระบุ.....

5. ท่านสนใจใช้ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดไฟรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคเพื่อจุดประสงค์ใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ เพื่อทราบถึงประสิทธิภาพหลอด ☐ ประเมินความสามารถในการฆ่าเชื้อโรค
☐ เพื่อทราบปริมาณรังสียูวีที่ได้รับ ☐ เพื่อทราบความเข้มแสงรังสียูวีที่ได้รับ
☐ อื่นๆ (โปรดระบุ)……

6. ท่านเคยมีประสบการณ์ใช้ผลิตภัณฑ์ชุดทดสอบประสิทธิภาพหลอดไฟรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคหรือไม่

☐ เคยมีประสบการณ์ ☐ ไม่เคยมีประสบการณ์

ส่วนที่ 2: แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ บนตัวเลข ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

โดยที่: 5 = เห็นด้วยมากที่สุด 4 = เห็นด้วยมาก 3 = เห็นด้วยปานกลาง

2 = เห็นด้วยน้อย และ 1 = เห็นด้วยน้อยที่สุด

ปัจจัย	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยมากที่สุด	เห็นด้วยมาก	เห็นด้วยปานกลาง	เห็นด้วยน้อย	เห็นด้วยน้อยที่สุด
ข้อ 7. ประโยชน์ในการใช้งาน					
7.1 ท่านสามารถทำการทดสอบประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคได้ในระหว่างกระบวนการฆ่าเชื้อโรค	5	4	3	2	1
7.2 ท่านสามารถทำการทดสอบได้ด้วยตนเอง โดยไม่ต้องอาศัยผู้ชำนาญการมาทดสอบให้	5	4	3	2	1
7.3 ผลิตภัณฑ์สามารถบอกค่าความสามารถในการทดสอบได้หลากหลาย	5	4	3	2	1
7.4 ท่านสามารถเก็บผลการตรวจวัดไว้เป็นหลักฐาน เพื่อใช้ในการติดตามประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคได้	5	4	3	2	1
7.5 การใช้ชุดทดสอบ ทำให้ท่านลดค่าใช้จ่ายค่าบริการการตรวจวัดจากบริษัทเอกชน	5	4	3	2	1
ข้อ 8. ความง่ายต่อการใช้งาน					
8.1 การเรียนรู้การใช้ ผลิตภัณฑ์ชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคเป็นเรื่องง่าย	5	4	3	2	1
8.2 วิธีการใช้ชุดทดสอบเป็นเรื่องง่าย มีขั้นตอนการใช้ไม่ซับซ้อน	5	4	3	2	1
8.3 ขนาดผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน	5	4	3	2	1
8.4 การอ่านค่าการทดสอบเป็นเรื่องง่าย สามารถเข้าใจได้	5	4	3	2	1
8.5 ผลิตภัณฑ์มีความสอดคล้องตามความต้องการของท่าน	5	4	3	2	1
ข้อ 9. ทัศนคติต่อผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธิภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค					
9.1 ท่านสนใจที่จะใช้ผลิตภัณฑ์เพื่อการทดสอบประสิทธิภาพของหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค	5	4	3	2	1
9.2 การใช้ผลิตภัณฑ์ทำให้ท่านมีความคุ้มค่า	5	4	3	2	1
9.3 การใช้ผลิตภัณฑ์ทำให้ท่านมีความสะดวกสบาย	5	4	3	2	1
9.4 ความแปลกใหม่และน่าเชื่อถือของเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์ เป็นสิ่งที่น่าสนใจต่อท่าน	5	4	3	2	1

ปัจจัย	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วยมากที่สุด	เห็นด้วยมาก	เห็นด้วยปานกลาง	เห็นด้วยน้อย	เห็นด้วยน้อยที่สุด
ข้อ 10. ความไว้วางใจต่อผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธ์ภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค					
10.1 ท่านมีความไว้วางใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ว่าสามารถ นำมาใช้ทดสอบประสิทธิภาพหลอดได้เป็นอย่างดี	5	4	3	2	1
10.2 ท่านมีความไว้วางใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ว่าสามารถบอกประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคได้เป็นอย่างดี	5	4	3	2	1
10.3 ท่านสามารถตรวจสอบและใช้งานผลิตภัณฑ์ได้ตลอดเวลา	5	4	3	2	1
10.4 เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับและมีความน่าเชื่อถือ	5	4	3	2	1
10.5 ผลิตภัณฑ์ควรจัดทำคู่มือการใช้อย่างละเอียดทุกขั้นตอน	5	4	3	2	1
10.6 ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยต่อการใช้งาน	5	4	3	2	1
ข้อ 12. ความตั้งใจในการใช้ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธ์ภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค					
12.1 ท่านตั้งใจที่จะใช้ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธ์ภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค ในอนาคต	5	4	3	2	1
12.2 ท่านจะแนะนำผู้อื่น (บอกต่อ) ให้ใช้ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธ์ภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค	5	4	3	2	1

12.3 ท่านมีความสนใจผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธ์ภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรค

☐ สนใจ ☐ ไม่สนใจ

12.4 ผลิตภัณฑ์ 1 แพค บรรจุแผ่นทดสอบจำนวน 5 แผ่น ราคา 150 บาท ท่านยินดีที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ในราคานี้หรือไม่

☐ ซื้อ ☐ ไม่ซื้อ โปรดระบุราคาที่ท่านยินดีจ่าย.....บาท

12.5 ปัจจัยที่ท่านใช้พิจารณาเพื่อเลือกซื้อ/ใช้ ชุดทดสอบนั้น (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ เวลาที่ใช้ในการทดสอบ ☐ สามารถใช้งานง่าย ☐ ราคาผลิตภัณฑ์

☐ ใช้เป็นหลักฐานการตรวจวัดได้ ☐ อ่านค่าการตรวจวัดได้ง่าย ☐ มีความน่าเชื่อถือ

☐ ขนาดของผลิตภัณฑ์ ☐ รูปแบบทันสมัย ☐ อื่นๆ (โปรระบุ).....

12.6 ถ้าท่านวางแผนที่จะใช้ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมชี้วัดประสิทธ์ภาพหลอดรังสียูวีฆ่าเชื้อโรคในอนาคต โปรดระบุว่าช่วงเวลาในอนาคตที่ท่านต้องการ

☐ 1-3 เดือนข้างหน้า ☐ 4-6 เดือนข้างหน้า

☐ 7-12 เดือนข้างหน้า ☐ มากกว่า 1 ปี

ส่วนที่ 4: **ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม**

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องว่างหน้าข้อความที่ตรงกับคำตอบของท่าน

1.เพศ

☐ ชาย ☐ หญิง

2. อายุ

☐ น้อยกว่า 15 ปี ☐ 15-20 ปี

☐ 21-25 ปี ☐ 26-30 ปี

☐ 31-35 ปี ☐ 36 ปีขึ้นไป

3. ระดับการศึกษาสูงสุด

☐ ต่ำกว่าปริญญาตรี ☐ปริญญาตรี

☐ สูงกว่าปริญญาตรี

4. แผนกหรือหน่วยงานที่ท่านรับผิดชอบ

☐ ฝ่ายวิจัยและพัฒนา ☐ ฝ่ายควบคุมดูแลการผลิต

☐ ฝ่ายจัดซื้อ ☐ ฝ่ายควบคุมคุณภาพ

☐ ฝ่ายควบคุมการติดเชื้อ ☐ อื่นๆ……..

ส่วนที่3: **ความคิดเห็นเพิ่มเติมหรือข้อเสนอแนะสำหรับปรับปรุงผลิตภัณฑ์**

ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ นามสกุล กษมาภรณ์ ผาสุข

วันเดือนปีเกิด 30 ฤนายน 2526

ประวัติการศึกษา

2539-2544	ระดับมัธยมศึกษา	โรงเรียนสงวนหญิง จังหวัด สุพรรณบุรี
2545-2549	ระดับปริญญาตรี (วทบ.)	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ประสบการณ์ทำงาน

2549	ตำแหน่ง Safety Officer	PAC (Siam) Co., Ltd.
2550-2552	ตำแหน่ง Marketing Officer	Safety Shoes Co., Ltd.