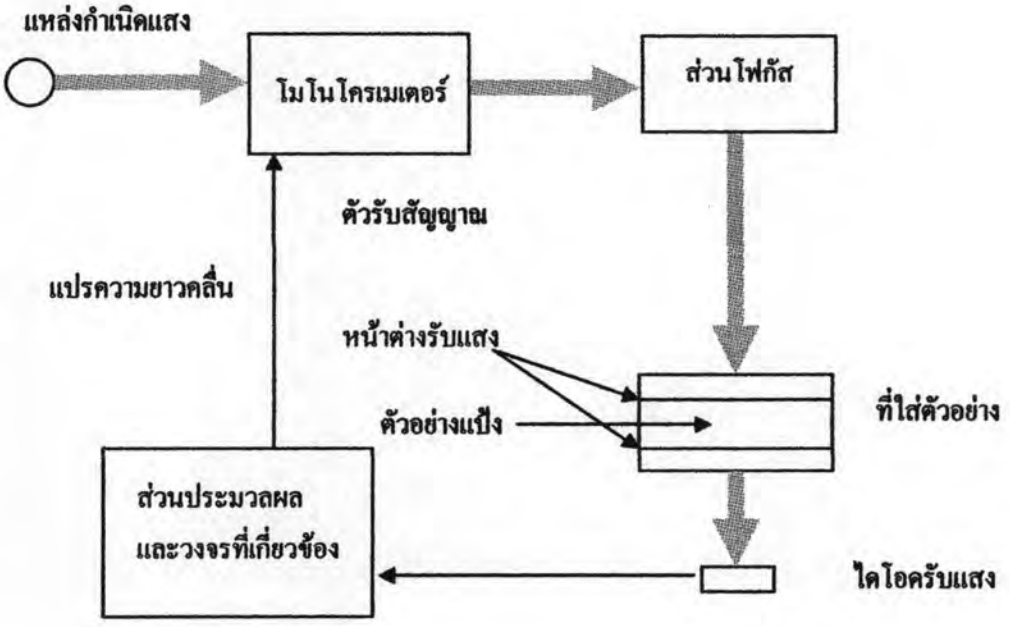
บทที่ 7
ระบบการวัดแสง NIR

ในรูปที่ 7.1 แหล่งกำเนิดแสงต้องสามารถให้แสงช่วง NIR ที่เราต้องการทำการวัดได้ โดยใช้หลอดไส้ทังสเตนเป็นแหล่งจ่ายแสงต่อเนื่อง ในช่วงมองเห็นได้และ NIR (350-2500 นาโนเมตร) การกระจายพลังงานขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ (ซึ่งสามารถประมาณเป็นวัตถุดำ) หลังจากแสงออกจากแหล่งกำเนิดแสงแล้ว จะผ่านไปที่โมโนโครเมเตอร์เข้าทางช่อง Entrance Slit ซึ่งจะทำการแยกแสงตามความยาวคลื่น ตามมุมการเอียงของเกรตติงที่อยู่ภายในตัวเครื่อง แสงที่ถูกแยกออกจะผ่านออกมาทาง Exit Slit และทำการโฟกัสแสงด้วยเลนส์นูนไปยังส่วนต่อไป โดยวัสดุที่ใช้ในการทำหน้าต่าง ระบบแสงส่วนนี้ต้องเป็นวัสดุที่ยอมให้แสงช่วง NIR ผ่านได้ หลังจากนั้น แสงโมโนโครมาติกจะถูกส่งผ่านมาที่ตัวอย่างที่ต้องการทดลอง หรือทำการวัดสเปกตรัมผ่านตัวหน้าต่างรับแสง หลังจากนั้น แสงที่ตกลงบนตัวอย่างจะเกิด การกระเจิง การดูดกลืน การสะท้อน แสงส่วนที่ทะลุลงไปในเนื้อวัสดุนั้นจะผ่านเนื้อของตัวอย่าง ซึ่งมีค่าความหนาค่าหนึ่ง (ประมาณ 3 มิลลิเมตร) หลังจากนั้น แสงจะถูกส่งกลับไปยังตัวรับสัญญาณ ที่สามารถตอบสนองการวัดในช่วง NIR ได้ โดยในระบบที่ใช้วัดนี้ ตัวตรวจจับแสงที่ใช้คือ ไดโอดชนิดซิลิคอน (ช่วงการวัด 700-1100 นาโนเมตร) ในการจัดระบบการวัดแสงแบบนี้คือ การวัดแสงการส่งผ่านแบบกระจายแสง สัญญาณที่ได้รับจากตัวรับสัญญาณจะถูกส่งไปยังส่วนประมวลผลและวงจรที่เกี่ยวข้อง ในส่วนนี้ จะทำการแปลผลข้อมูลตามสมการที่ได้มาจากการทดลอง เพื่อเป็นค่าที่สามารถนำไปใช้ในการกำหนดคุณภาพของผลิตภัณฑ์



รูปที่ 7.1 ระบบการวัดแสง NIR

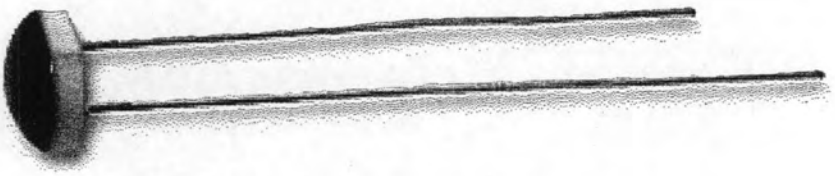
7.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการหาค่าความชื้น

ถ้วยใส่ตัวอย่างพร้อมฝาปิด โถดูดความชื้น เตาอบ เครื่องชั่งน้ำหนัก (TB-224 Analytical Balance Denver Instrument)

7.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองวัดแสง

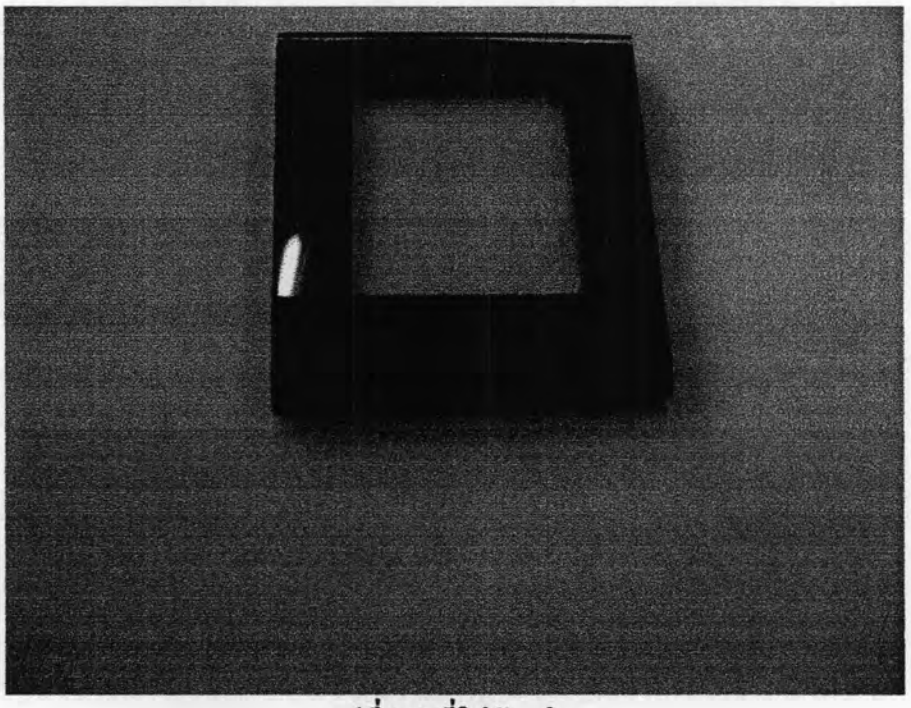
อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดแสง ประกอบด้วย

1) หลอดไส้ทังสเทน (Phillips Lighting 100 วัตต์)
2) โมโนโครเมเตอร์
3) เลนส์นูน (ความยาวโฟกัส 2.5 เซนติเมตร)
4) ตัวตรวจจับแสงชนิดซิลิคอน ที่ใช้คือ SLD-70IR2 (Silonex) สามารถตอบสนองในช่วงความยาวคลื่น 700-1100 นาโนเมตร มีพื้นที่รับแสง 9.8 ตารางมิลลิเมตร (ดังรูปที่ 7.2)



รูปที่ 7.2 ตัวตรวจจับแสงที่ใช้ในการทดลอง

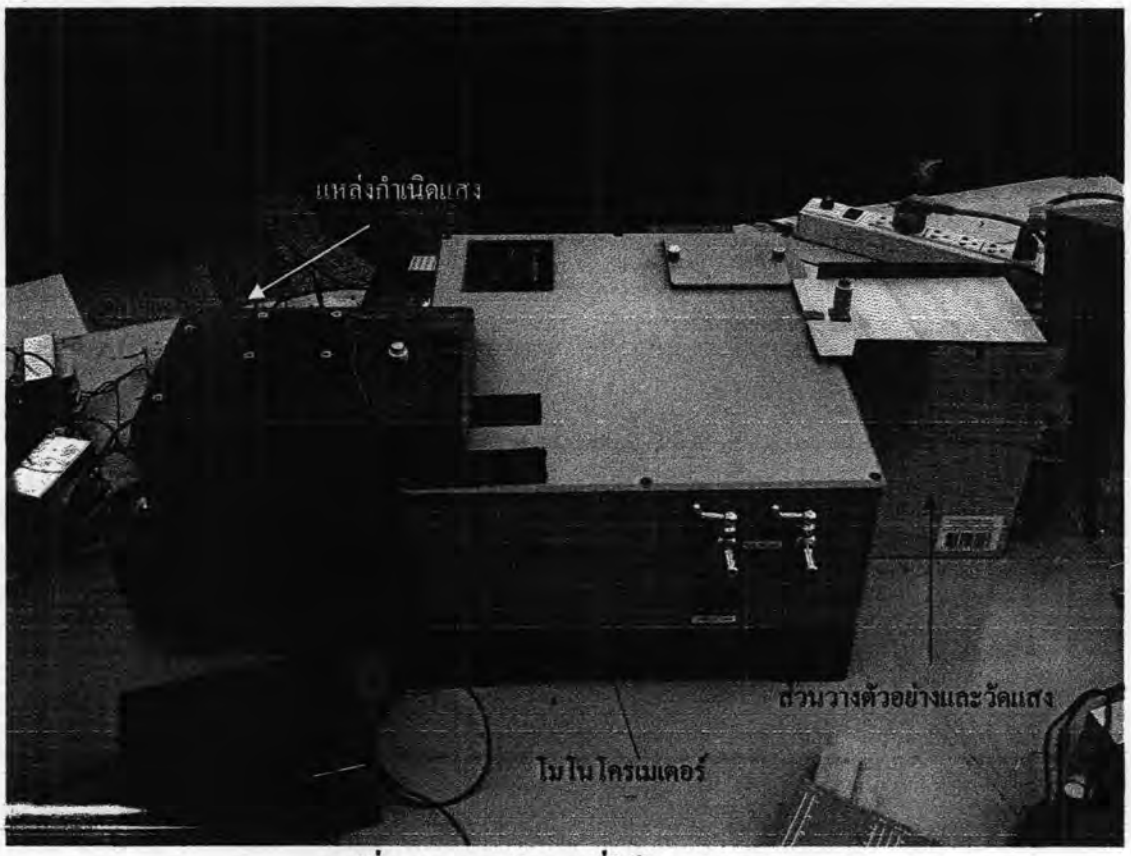
5) ที่ใส่ตัวอย่าง (Sample Cell) ทำจากกระจกสองแผ่นประกบกันโดยรองด้วยแผ่นยาง ทำให้ตัวอย่างมีความหนาประมาณ 3 มิลลิเมตร เมื่อทำการโฟกัสแสงลงบนตัวอย่าง แสงจะเกิดการกระเจิงส่งผ่านไปยังตัวรับแสงที่อยู่ด้านหลัง (ดูรูปที่ 7.3)



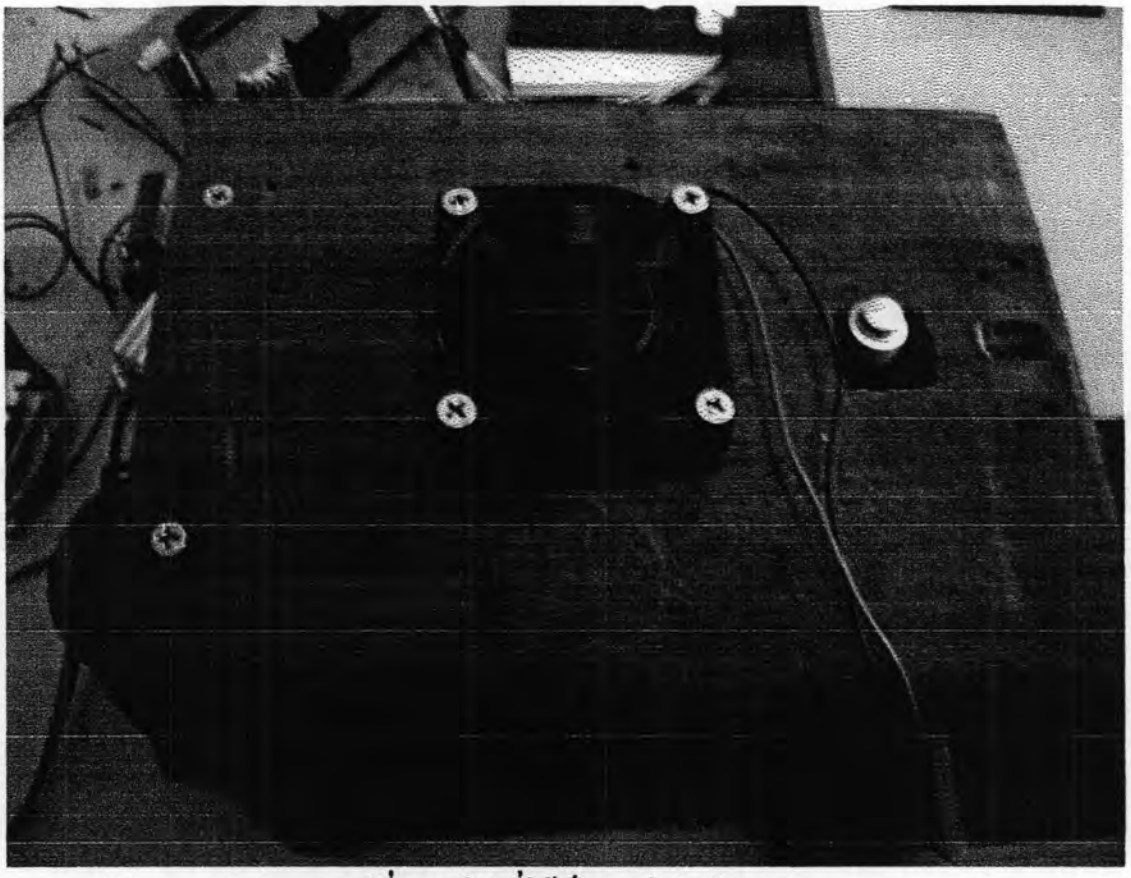
รูปที่ 7.3 ที่ใส่ตัวอย่าง

7.3 วิธีการทดลอง

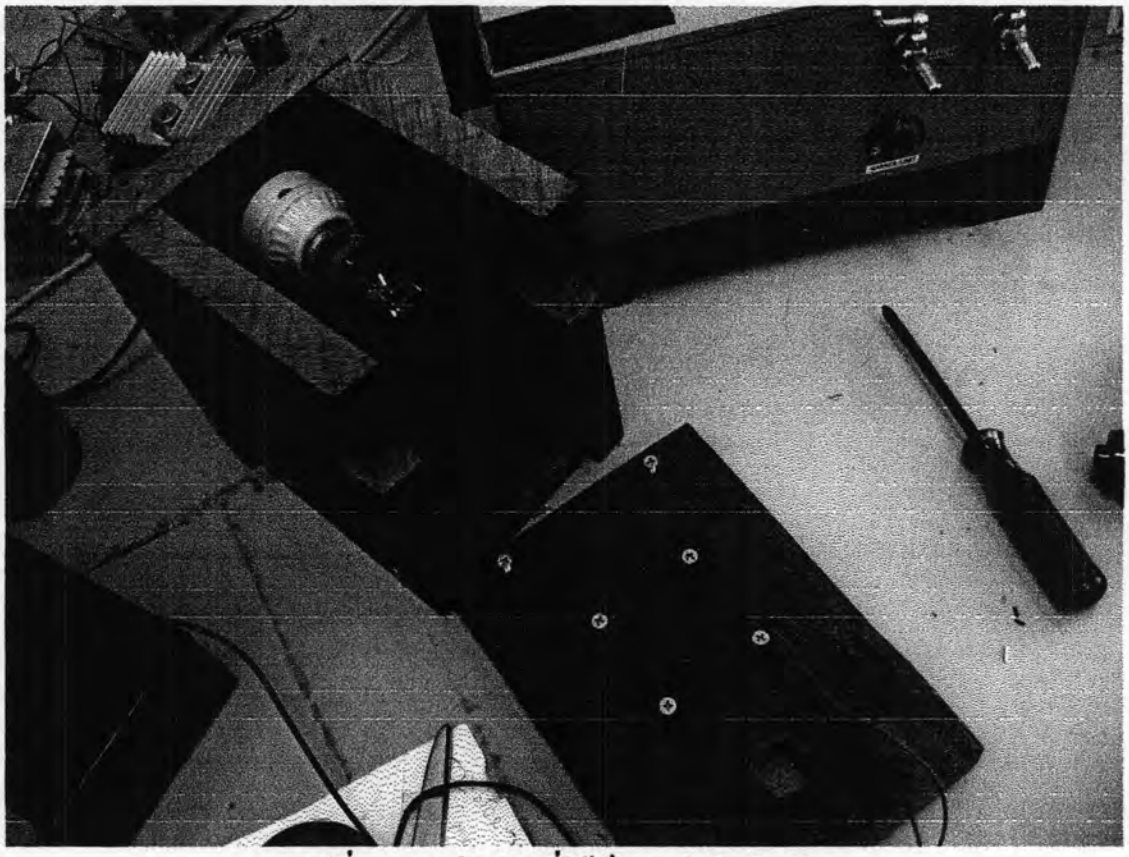
รูปที่ 7.4 ระบบการวัดแสงมีส่วนของแหล่งกำเนิดแสง อยู่ติดกับโมโนโครเมเตอร์ทางด้านซ้าย โดยมีพัดลมระบายอากาศอยู่ด้านบนของหลอดไฟ (100 วัตต์) ดังแสดงในรูปที่ 7.5 และ 7.6 ในส่วนของการควบคุมการเลือกความยาวคลื่นของโมโนโครเมเตอร์ ใช้สเตปปิ้งมอเตอร์ชนิดยูนิโพลาร์ในการหมุนเลือกความยาวคลื่นตามรูปที่ 7.7 ทำการสั่งงานโดยตรงจากคอมพิวเตอร์ หลังจากนั้น แสงจากแหล่งกำเนิดแสงจะผ่านเข้าทาง Entrance Slit และผ่านออกทาง Exit Slit ตามรูปที่ 7.8 และ 7.9 ซึ่งทาง Exit Slit มีเลนส์นูนทำการโฟกัสแสงลงบนตัวอย่างผ่านเข้าตัวตรวจจับแสงในรูปที่ 7.10 ทั้งนี้ระบบการวัดจะใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมและเก็บข้อมูลดังรูป 7.11 ที่ใส่ตัวอย่างประกอบด้วยกระจก 2 บาน ตามรูปที่ 7.12 นำมาประกอบเข้าด้วยกัน และเตรียมพร้อมเพื่อจะใส่ตัวอย่างตามรูปที่ 7.13 ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ในการใส่ตัวอย่าง ได้แก่ ด้านซ้ายสุด คือที่กรอกตัวอย่าง ที่วางในการใส่ตัวอย่าง และช้อนตวงขนาด 1 ช้อนชา เพื่อกำหนดปริมาณที่แน่นอนในการใส่ตัวอย่างดังรูปที่ 7.14 หลังจากได้ทำการตวงแป้ง 1 ช้อนชาแล้ว ทำการใส่แป้งลงในที่ใส่ตัวอย่างผ่านที่ใส่ตามรูปที่ 7.15 และ 7.16 หลังจากนั้น ทำการตั้งค่าความเข้มแสงโดยใช้ที่ใส่ตัวอย่างเทียบกับอากาศ (ที่ใส่ตัวอย่างเปล่า) ก่อนทำการวัดตามรูปที่ 7.17 และ 7.18 แล้วนำตัวอย่างที่ต้องการวัด วางลงในที่วางตัวอย่างในระบบวัดแสง และทำการวัดในช่วงความยาวคลื่น 795 ถึง 1080 นาโนเมตร เก็บข้อมูลและประมวลผลการทดลอง



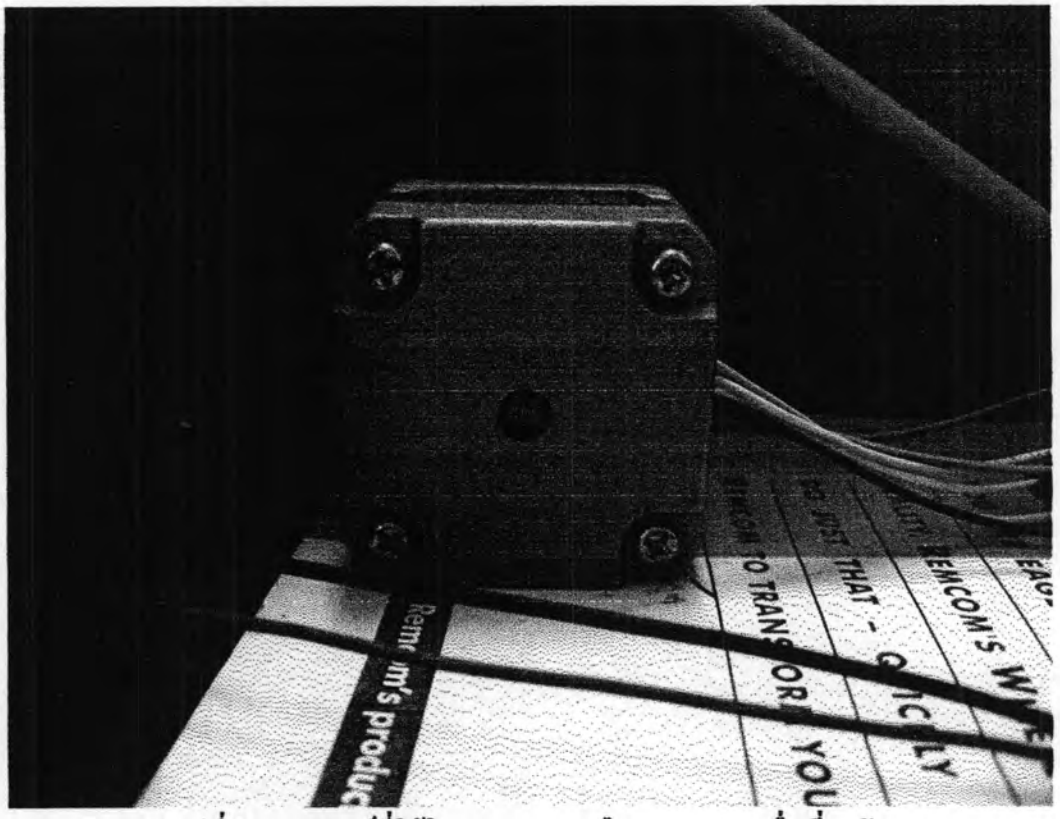
รูปที่ 7.4 ระบบวัดแสงที่ใช้ในการทดลอง



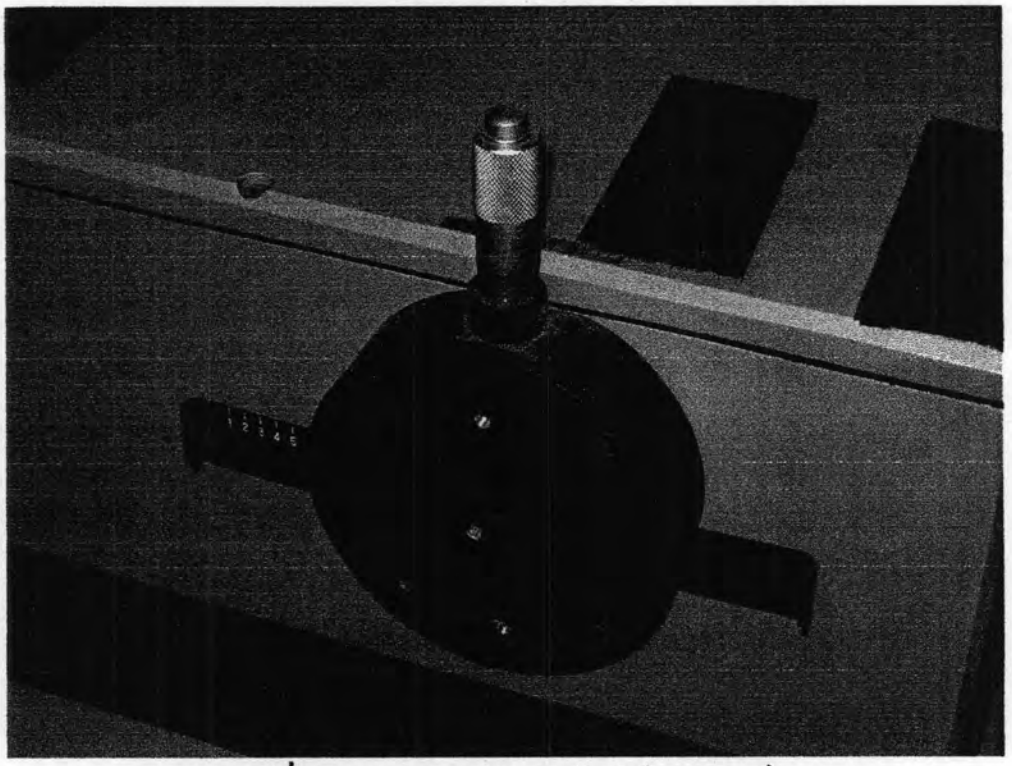
รูปที่ 7.5 ส่วนที่ใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสง



รูปที่ 7.6 ภายในส่วนที่ใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสง

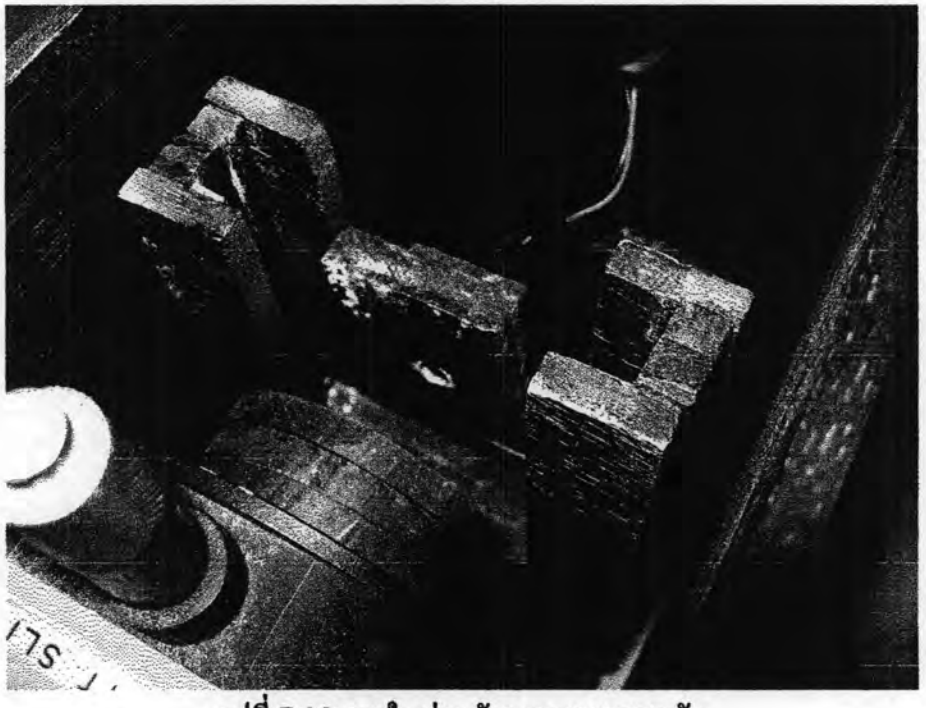


รูปที่ 7.7 มอเตอร์ที่ใช้ในควบคุมการเลือกความยาวคลื่นที่จะวัด

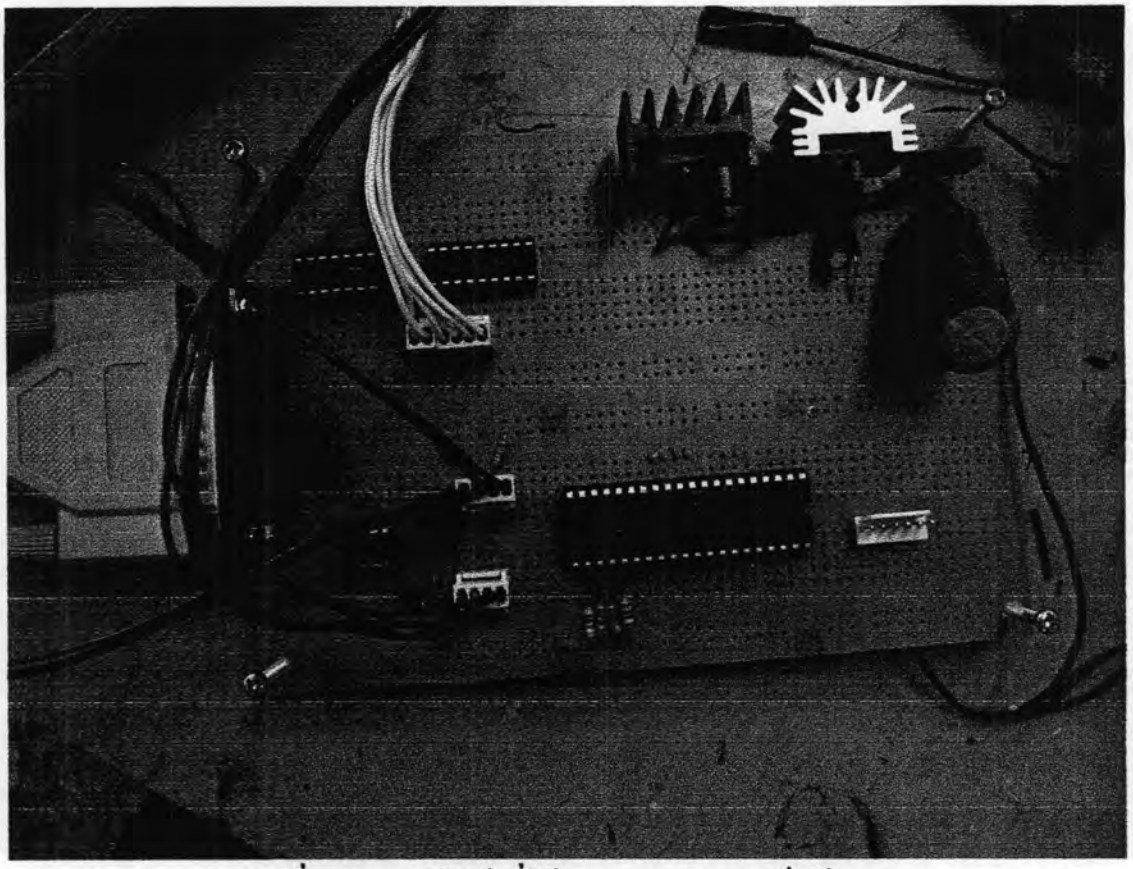


รูปที่ 7.8 Entrance Slit ของโมโนโครเมเตอร์

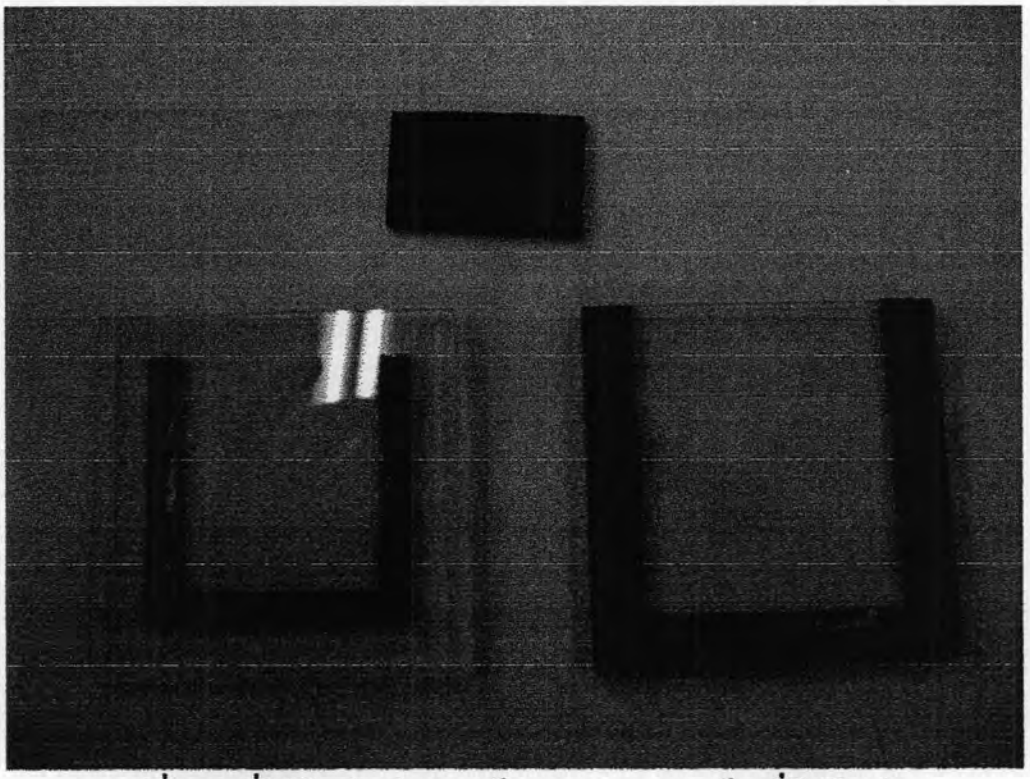
รูปที่ 7.9 Exit Slit ของโมโนโครเมเตอร์



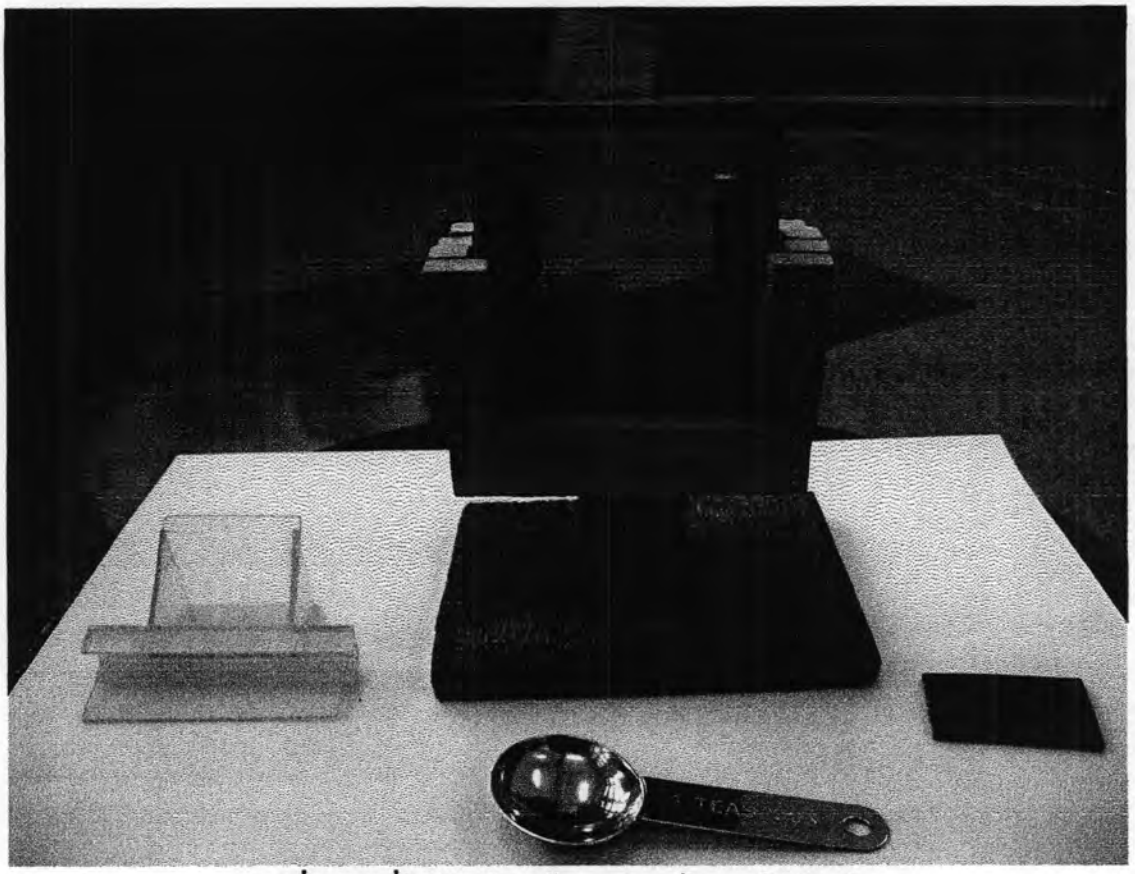
รูปที่ 7.10 ภายในส่วนรับแสงของระบบวัด



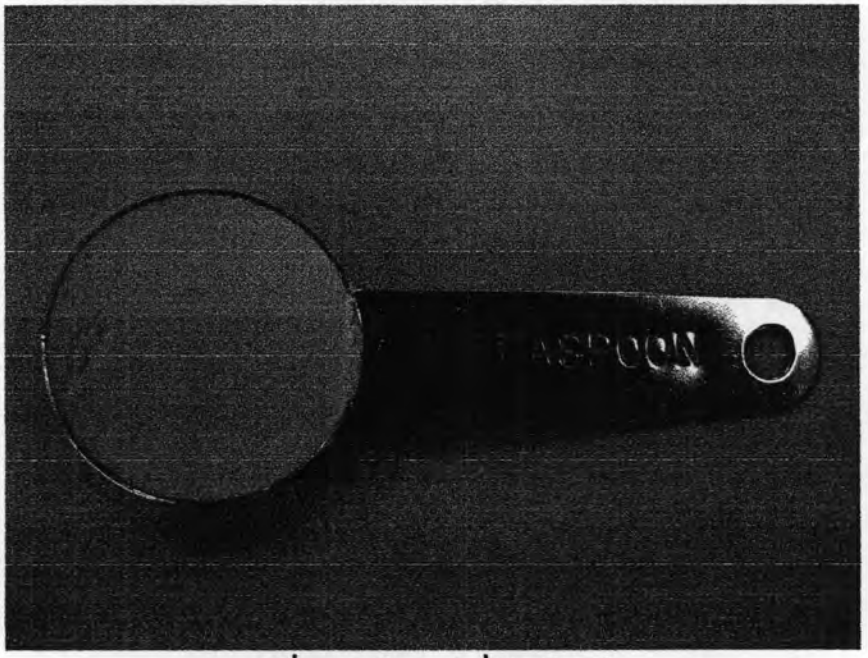
รูปที่ 7.11 วงจรไฟฟ้าที่ใช้ควบคุมการวัดและเก็บข้อมูล



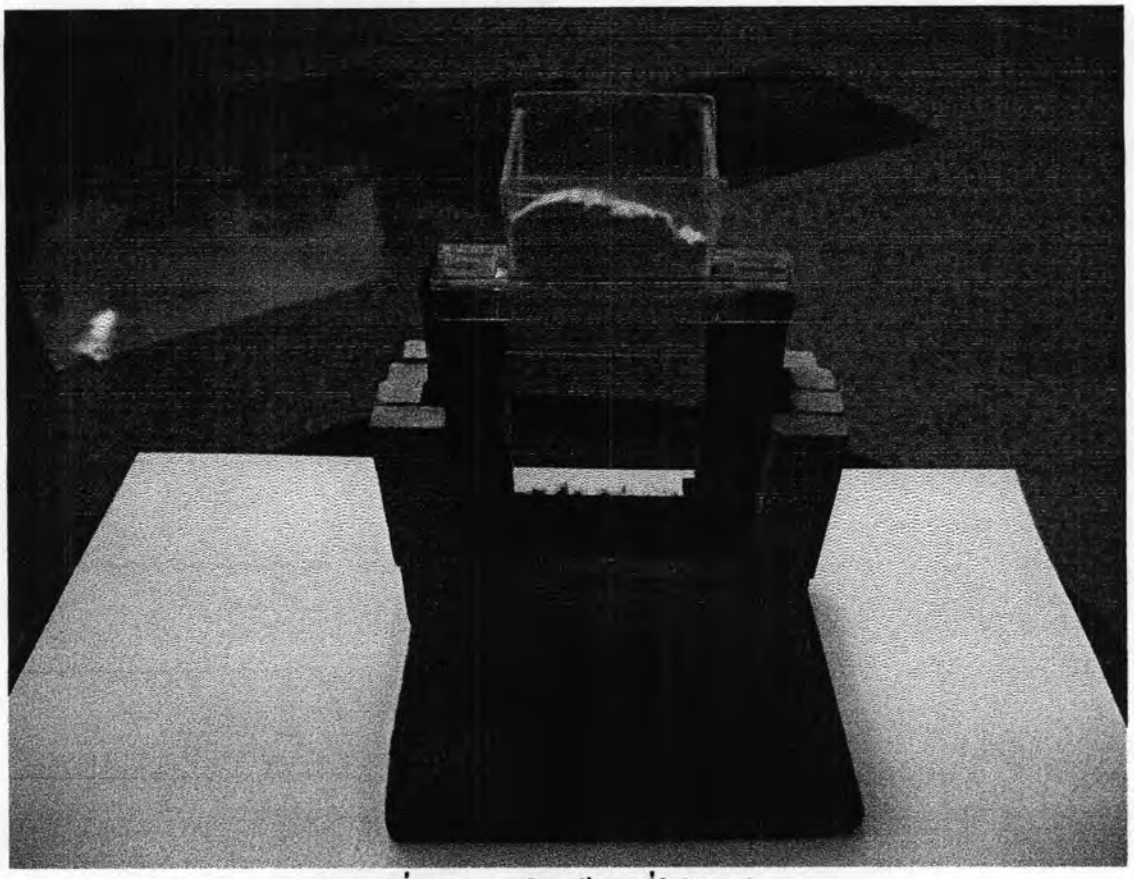
รูปที่ 7.12 ที่ใส่ตัวอย่างประกอบด้วยกระจก 2 บานพร้อมที่ปิดตัวอย่าง



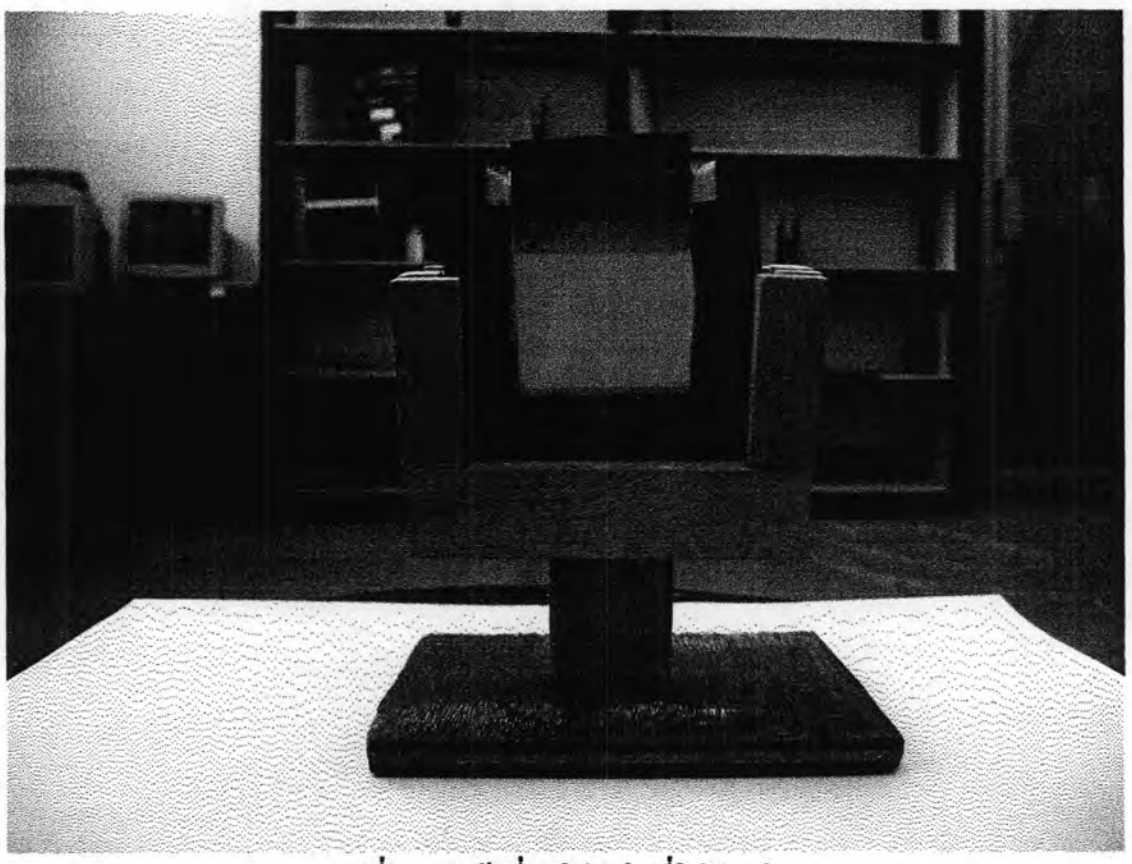
รูปที่ 7.13 ที่ใส่ตัวอย่างพร้อมอุปกรณ์ในการใส่ตัวอย่าง



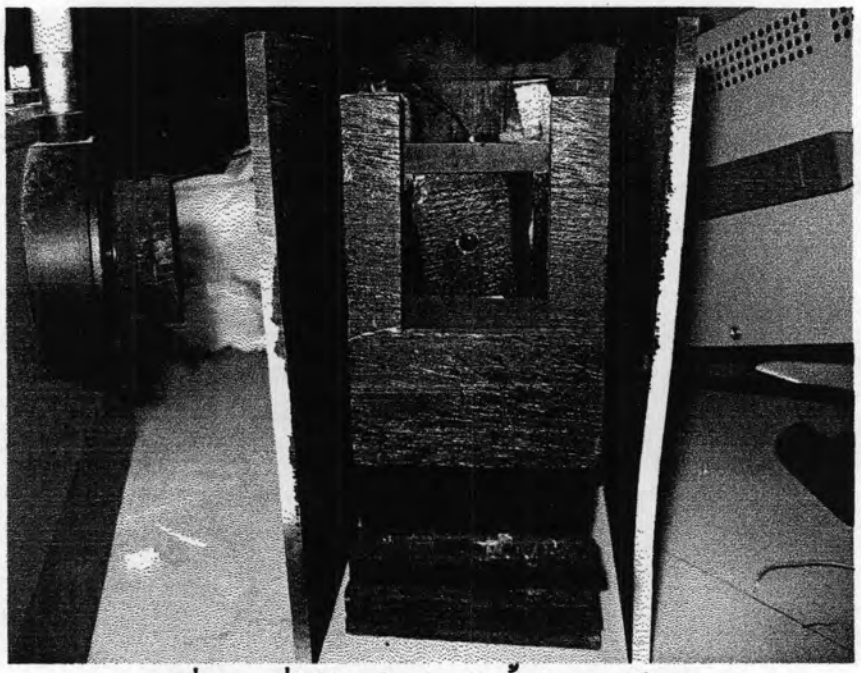
รูปที่ 7.14 ช้อนตวงที่ตักแป้งแล้ว



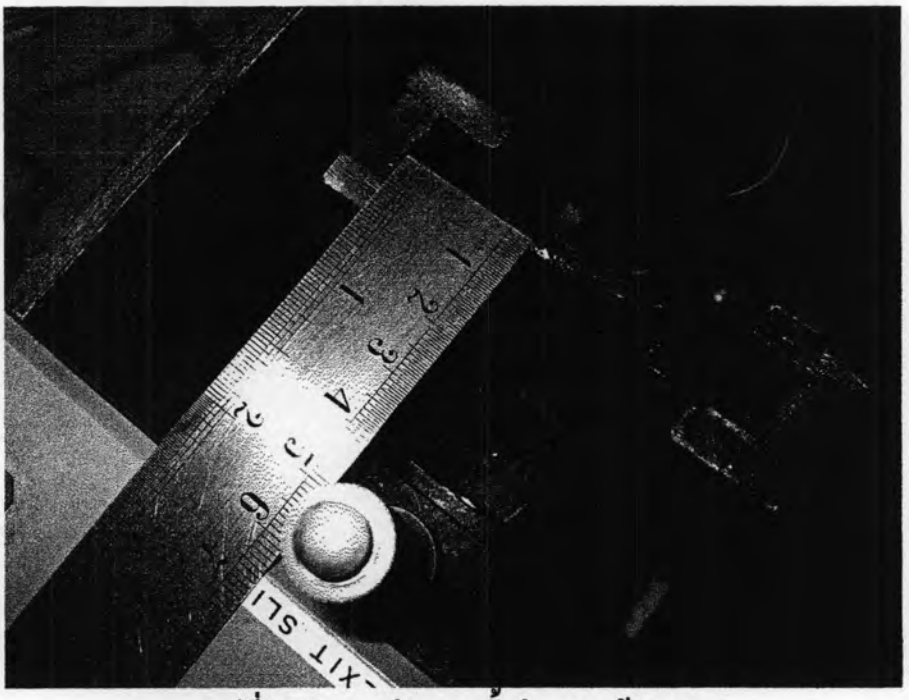
รูปที่ 7.15 การใส่แป้งลงที่ใส่ตัวอย่าง



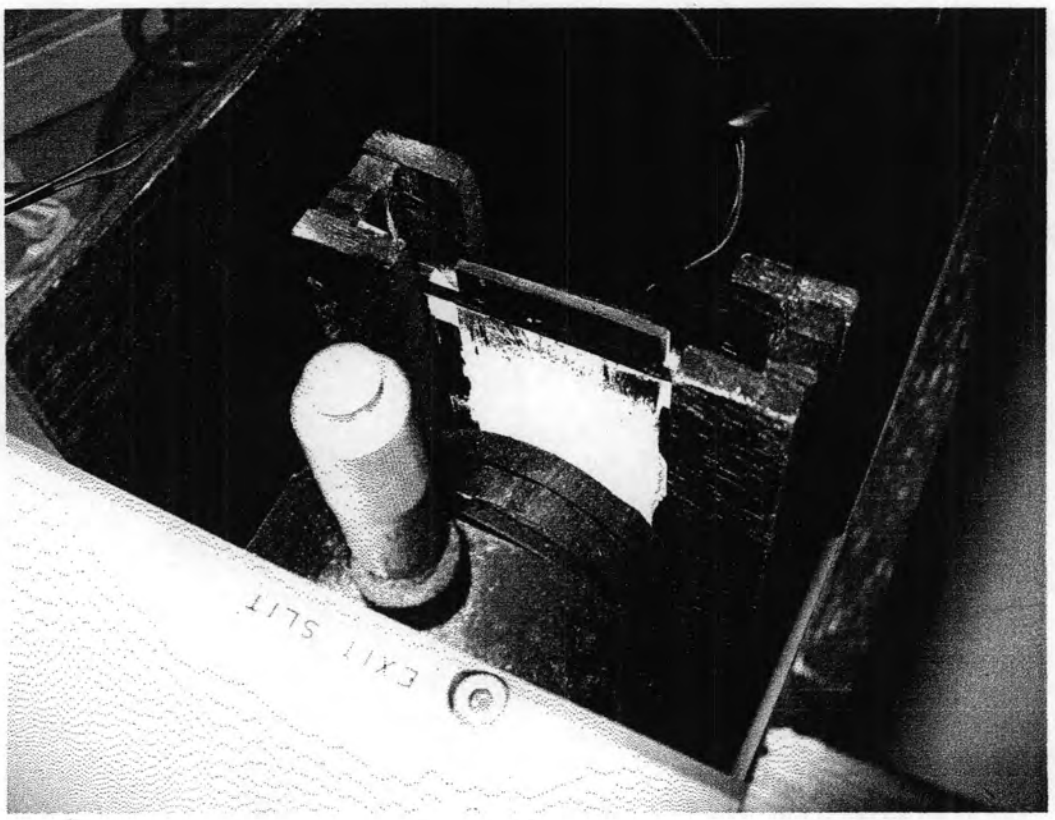
รูปที่ 7.16 แป้งที่ถูกใส่ลงในที่ใส่ตัวอย่าง



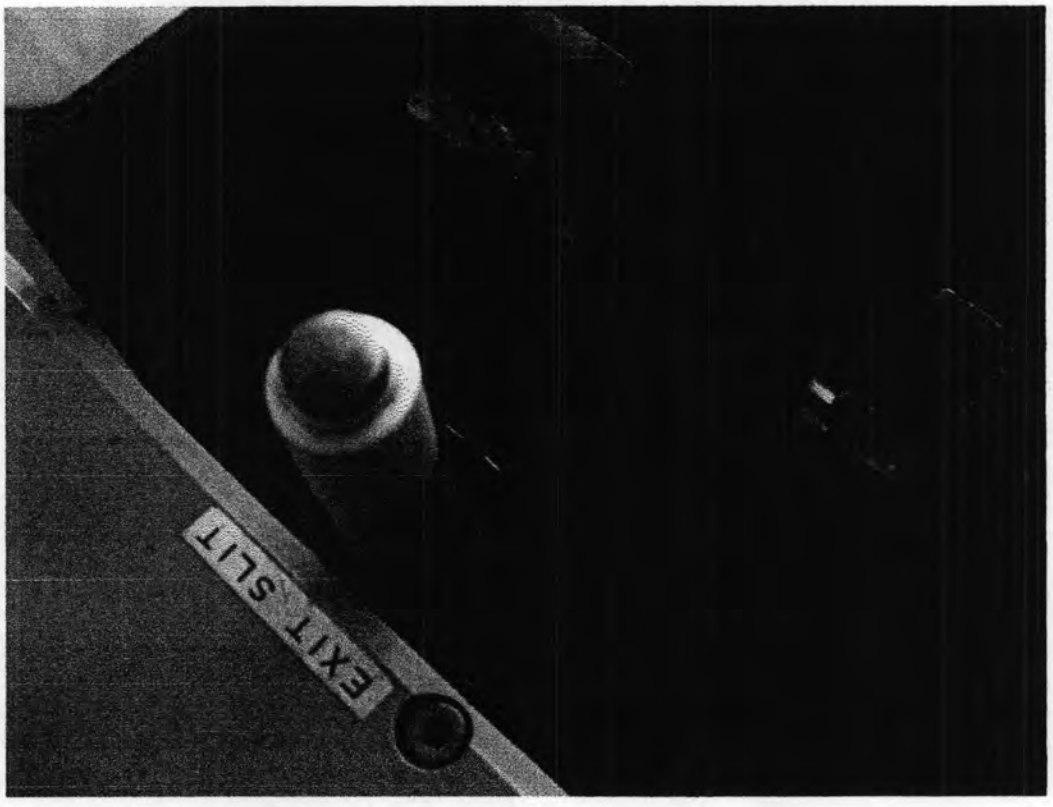
รูปที่ 7.17 ที่ใส่ตัวอย่างสำหรับตั้งค่าความเข้มแสง



รูปที่ 7.18 ภาพก่อนการตั้งค่าความเข้มแสง



ก)

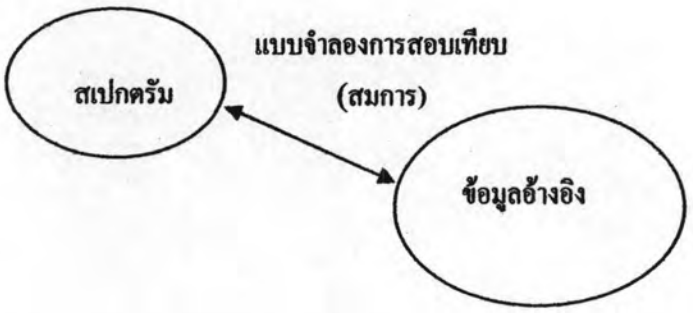


ข)

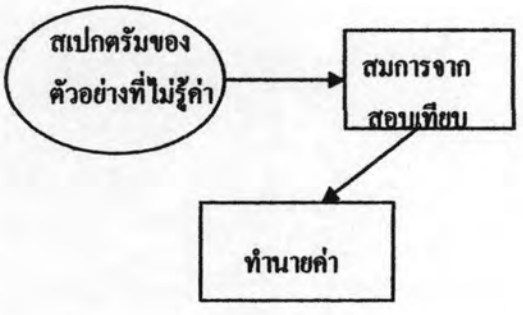
รูปที่ 7.19 ก) ตัวอย่างที่ทำการวัดเมื่อใส่ลงที่ทำการวัด
ข) ตัวอย่างที่ทำการวัดในขณะทำการวัด

7.4 วิธีการแปลผลข้อมูล

การสร้างสมการทำนายมีขั้นตอนคือ นำตัวอย่างมาทำการวัดสเปกตรัม ซึ่งในที่นี้คือ แสงในช่วง NIR และพร้อมกันนั้น ก็ทำการเก็บข้อมูลขององค์ประกอบที่เราต้องการศึกษาหรือแปลผลข้อมูล โดยทำการวัดด้วยวิธีการหรือเครื่องมือมาตรฐานที่มีอยู่ แล้วทำการสอบเทียบข้อมูลเพื่อสร้างสมการตามแนวความคิดของ Chemometric (ในที่นี้ทำการแปลผลข้อมูลโดยใช้แบบจำลองสมการถดถอยหลายตัวแปรและแบบจำลอง PLS) โดยทั่วไป แบบจำลองที่ใช้คือกำลังสองน้อยที่สุด โดยมีแผนภาพตามในรูปที่ 7.20 ก) หลังจากได้สมการจากกลุ่มทดลองแล้ว จะนำมาทดสอบความสามารถในการทำนายหรือแปลผลข้อมูลตามแผนภาพที่ 7.20 ข) คือ นำกลุ่มตัวอย่างนอกกลุ่มการทดลองที่ไม่รู้ค่ามาทำการวัดสเปกตรัม และพร้อมกันนั้น ทำการหาค่าองค์ประกอบของสิ่งที่เราสนใจคล้ายกับตอนสร้างสมการสอบเทียบ หลังจากนั้น คำนวณค่าตามสมการและเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นก่อนนำไปใช้งานจริง



ก)



ข)

รูปที่ 7.20 ก) แบบจำลองสอบเทียบเพื่อหาสมการอ้างอิง
ข) การทำนายค่าของตัวอย่างจากสมการอ้างอิง