

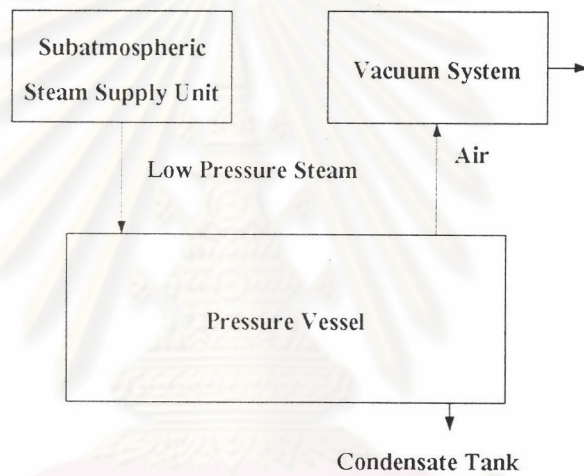
บทที่ 6

วิธีการทดลองในเครื่องระดับนำร่อง(Pilot Scale)

6.1 วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุประสงค์ที่เลือกใช้ในการทดลองในเครื่องระดับนำร่องคือ กระจกอัดซึ่งมีขนาดยาว 12 นิ้ว

6.2 การออกแบบและจัดสร้างเครื่องระดับนำร่อง



รูปที่ 6.1 ใโดะแกรมส่วนประกอบของเครื่องในระดับนำร่อง

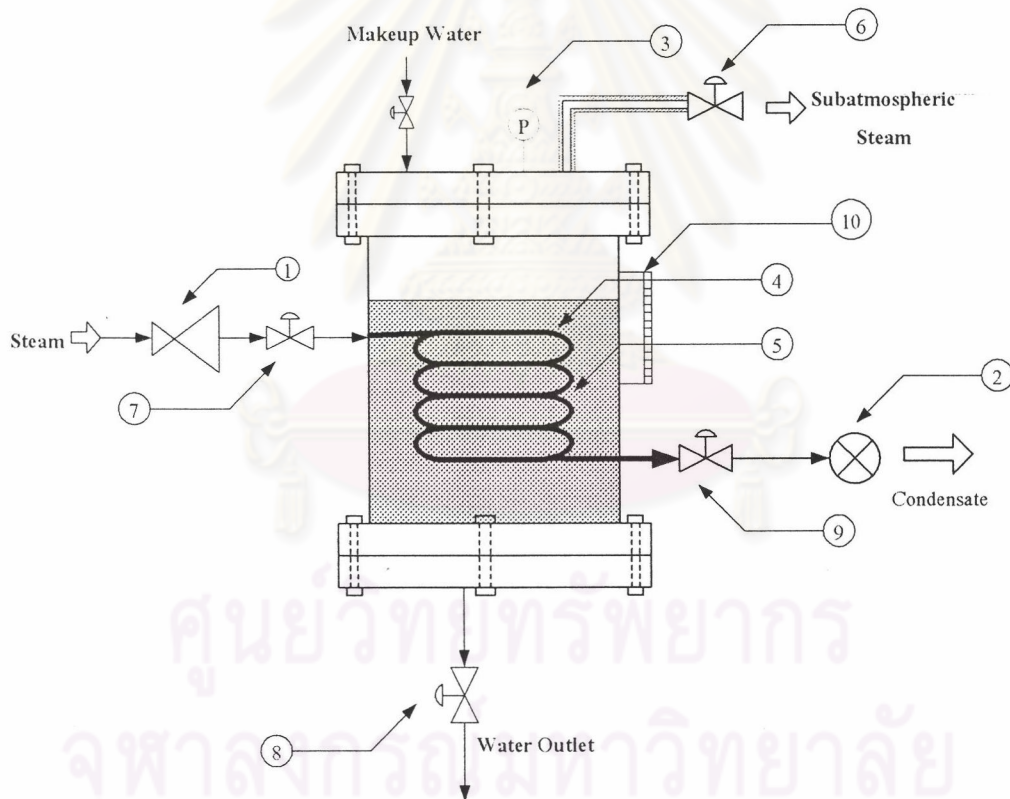
ในการออกแบบเครื่องฆ่าเชื้อในระดับนำร่อง ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆดังต่อไปนี้

6.2.1 ส่วนของระบบจ่ายไอน้ำความดันต่ำกว่าบรรยากาศ (Subatmospheric Steam Supply Unit) เป็นส่วนที่ประกอบด้วยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างไอน้ำจากหม้อไอน้ำ(Boiler) กับน้ำเพื่อให้ได้ไอน้ำอิ่มตัว (Saturated Steam) ที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ สำหรับการฆ่าเชื้อแบบคทีเรีย หากป้อนไอน้ำจากหม้อไอน้ำโดยตรง จะไม่สามารถทำให้เป็นไอน้ำอิ่มตัวความดันต่ำกว่าบรรยากาศได้

ลักษณะเป็นทรงกระบอก ผลิตจากเหล็กสแตนเลส (Stainless Steel) เส้นผ่านศูนย์กลางภายในประมาณ 5 นิ้ว สูง 15 นิ้ว หัวท้ายทำเป็นหน้าแปลน ดังรูปที่ 6.2

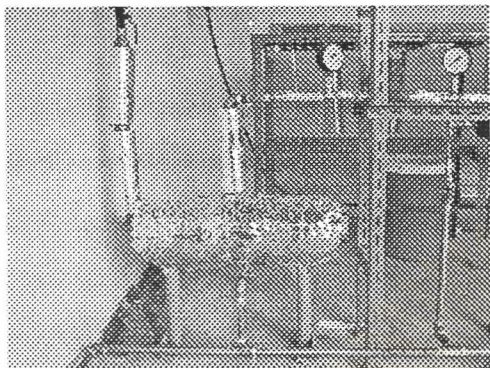
น้ำ (Makeup Water) จะถูกป้อนเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจากด้านบน โดยจะป้อนจนปริมาณน้ำอยู่ที่ระดับ 4/5 ของเกจวัดระดับน้ำ (Level Gauge) อากาศที่เหลือภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะถูกดูดออกโดยผ่านท่อที่อยู่ด้านบนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งท่อนี้จะต่อกับตัวภาชนะทนความดัน (Pressure Vessel) และตัวภาชนะทนความดันจะต่อกับระบบทำสุญญากาศ (Vacuum System)

ไอน้ำอิ่มตัว (Saturated Steam) จะถูกป้อนเข้าวาล์วลดความดัน (Pressure Reducing Valve) เพื่อลดความดันจากนั้นไอน้ำจะถูกป้อนเข้าไปในขดลวด (Coil Tube) ซึ่งอยู่ภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำ เพื่อผลิตไอน้ำความดันต่ำ (Subatmospheric Steam) โดยไอน้ำความดันต่ำที่ผลิตได้จะถูกป้อนเข้าสู่ตัวภาชนะทนความดัน ผ่านทางท่อที่อยู่ด้านบนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งเป็นท่อเดียวกันกับท่อที่ใช้ดูดอากาศออก

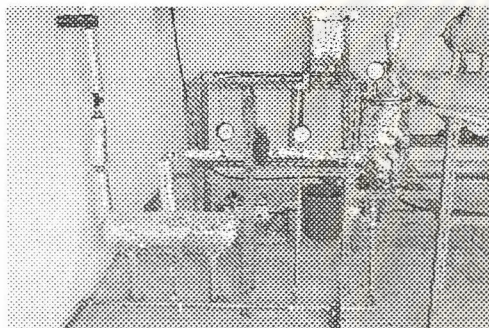


รูปที่ 6.2 รูปส่วนประกอบของ Subatmospheric Steam Supply Unit

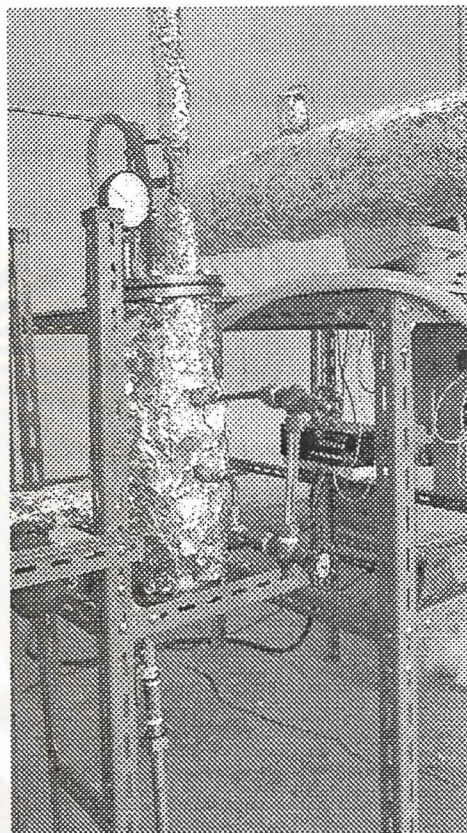
1	Pressure Reducing Valve	4	Coil Tube
2	Steam Trap	5	Water
3	Compound Gauge	6, 7, 8, 9	Valves
10	Level Gauge		



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 6.3 ภาพถ่ายส่วนประกอบของ Subatmospheric Steam Supply Unit

ก คือ ภาพถ่ายที่หักไอ

ข,ค คือ ภาพถ่ายเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

6.2.2 ส่วนของตัวภาชนะทนความดัน (Pressure Vessel) เป็นส่วนที่ประกอบด้วย

- ภาชนะทนความดัน เป็นส่วนที่ต้องจากระบบจ่ายไอน้ำความดันต่ำกว่าบรรยากาศ (Subatmospheric Steam Supply Unit) ชิ้นกระดูกที่ต้องการมาเชื่อมจะถูกบรรจุอยู่ในส่วนนี้ ไอน้ำอิมตัวที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ (Subatmospheric Steam) จะถูกฉีดเข้ามาในนี้เพื่อมาเชื่อม ลักษณะเป็นถึงทรงกระบอกวางนอน แต่จะเอียงเล็กน้อยเพื่อที่จะสามารถ drain น้ำที่เกิดจากการควบแน่นของไอน้ำในถังได้ง่ายขึ้น

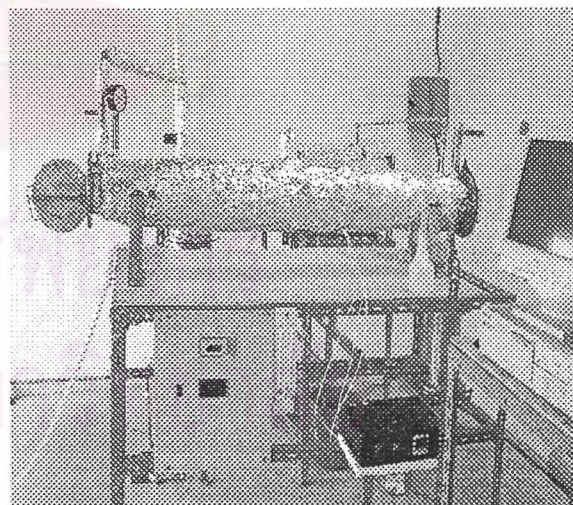
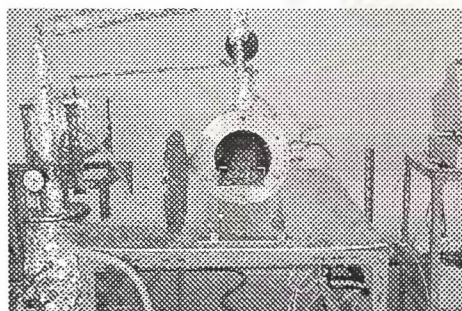
เส้นผ่านศูนย์กลางภายในภาชนะทนความดัน ประมาณ 5 นิ้ว ยาว 60 นิ้ว ผลิตจาก เหล็กสแตนเลส (Stainless Steel) ที่ด้านหน้าและหลังจะทำเป็นหน้าแปลนสามารถเปิด-ปิดได้ เพื่อที่จะ สอดชิ้นกระดูกที่ต้องการทำการทดลองเข้า-ออกเครื่อง โดยภายในมีรางตะแกรงสแตนเลส สำหรับวาง ชิ้นกระดูกได้ 3 ชิ้น

หน้าแปลนด้านหนึ่งจะเจาะรูสำหรับสอดเทอร์โมคอปเปิลเปิดแบบSheath Thermocouple วัดอุณหภูมิภายในกึ่งกลางชิ้นกระดูกชิ้นสุดท้าย และเจาะรู 2 รูบริเวณด้านข้างของภาชนะทนความดัน เพื่อสอดเทอร์โมคอปเปิล สำหรับวัดอุณหภูมิภายในภาชนะทนความดัน

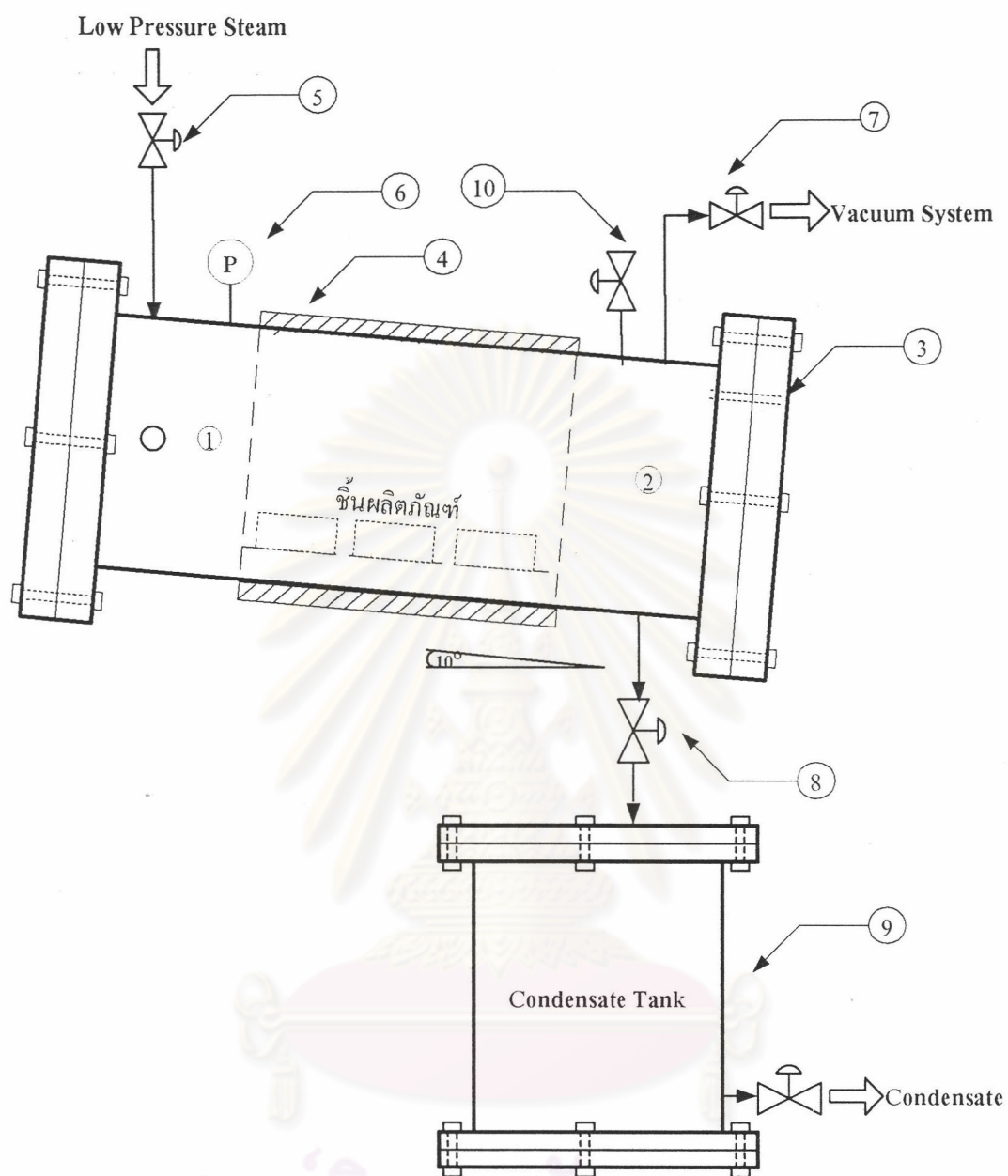
รอบๆภาชนะทนความดัน จะมีชุดให้ความร้อน(Heater) รูปทรงกระบอกรัศมีบริเวณ รอบนอกเพื่อให้ความร้อนที่ผิวภาชนะทนความดัน

- ถังเก็บน้ำควบแน่น (Condensate Tank) เป็นถังทนความดันที่ต่อจากภาชนะทน ความดัน เพื่อเก็บน้ำที่เกิดจากการควบแน่นของไอน้ำในภาชนะทนความดัน

ลักษณะเป็นทรงกระบอก ผลิตจากเหล็กสแตนเลส เส้นผ่านศูนย์กลางภายในประมาณ 5 นิ้ว สูง 15 นิ้ว หัวท้ายทำเป็นหน้าแปลน



รูปที่ 6.4 ภาพถ่ายส่วนประกอบของส่วนของตัวภาชนะ
ทนความดัน (Pressure Vessel)

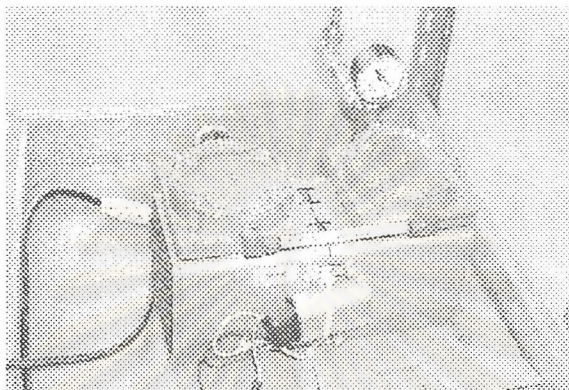


รูปที่ 6.5 รูปส่วนประกอบของถัง Pressure Vessel

1, 2, 3	Thermocouple Ports	6	Compound Gauge
4	Heater	9	Condensate Tank
5, 7, 8, 10	Valves		

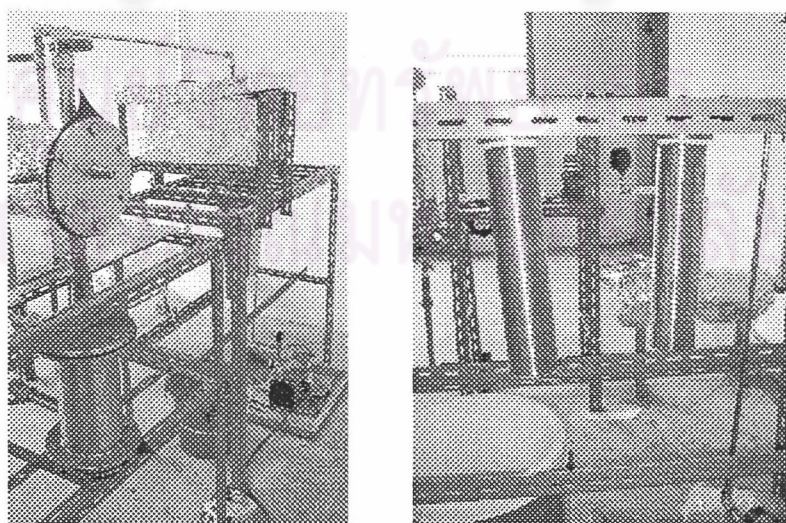
6.2.3 ส่วนการทำระบบสุญญากาศ (Vacuum System) ประกอบด้วย

- ปั๊มสุญญากาศ (Vacuum Pump) สำหรับทำระบบสุญญากาศ สำหรับในงานวิจัยนี้ ใช้ปั๊มสุญญากาศของ GAST รุ่น DAA-V111-GD 110 Volt มอเตอร์ 2 Stage 2500 RPM ½ HP ดังในรูปที่ 6.6



รูปที่ 6.6 ปั๊มสุญญากาศ (Vacuum Pump)

- ชุดดักไอ (Cold Trap) เพื่อดักไอที่เหลืออยู่ในภาชนะทนความดันไม่ให้เข้าไปในปั๊มสุญญากาศ ซึ่งอาจทำให้ปั๊มสุญญากาศ เกิดการเสียหายได้ ลักษณะเป็นท่อทองแดงขดอยู่ในกล่องหุ้มฉนวน โดยขณะทำการทดลองจะใส่ในกล่องน้ำแข็งเพื่อทำให้อิอน้ำที่ถูกดูดออกมาจากภาชนะทนความดันควบแน่น อีกทั้งยังดูดความชื้นโดยบรรจุซิลิกาเจล (Silica Gel) ไว้ในท่อปิด ก่อนถึงปั๊มสุญญากาศ ดังรูปที่ 6.7



รูปที่ 6.7 ชุดดักไอ (Cold Trap)

6.3 วิธีการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ มีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ

- วิธีการให้ความร้อนจากไอน้ำโดยตรง
- วิธีการให้ความร้อนที่ผนัง

ดังนั้นจึงมีวิธีการทดลองที่จำแนกดังต่อไปนี้

6.3.1 วิธีการทดลองโดยให้ความร้อนจากไอน้ำโดยตรง

1. ทำการเจาะรูบนชิ้นกระดูกให้ถึงกึ่งกลาง 6 รู (5 รูสำหรับใส่เชื้อ *Salmonella* และ 1 รูสำหรับสอด thermocouple) และนำชิ้นกระดูกไปใส่เชื้อ (ส่งชิ้นกระดูกไปใส่เชื้อที่บริษัท S.A.P Laboratory จำกัด) แล้วอุดรูด้วยกาว

** ในการทดลองนี้ได้ใช้เชื้อ *Salmonella* สายพันธุ์ *Scharwazengrund* ที่ปริมาณเริ่มต้น 5×10^6 ตัวต่อมิลลิลิตร

2. บันทึกอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิกระเปาะเปียก
 3. สวมถุงมือแพทย์ แล้วฉีดแอลกอฮอล์บนถุงมือแพทย์และคางซ์เพื่อป้องกันการติดเชื้อเพิ่มเติม จากนั้นชั่งน้ำหนักและถ่ายรูปชิ้นกระดูกแต่ละชิ้นก่อนการทดลอง
 4. เปิดฝาด้านหน้าเครื่องฆ่าเชื้อ แล้ววางชิ้นกระดูก (วางได้ 3 ชิ้น) บนตะแกรง จากนั้นสอดตะแกรงเข้าไปในเครื่องฆ่าเชื้อ แล้วปิดฝาเครื่องฆ่าเชื้อให้มีมิดชิดอากาศ
 5. เปิดฝาด้านหลังเครื่องฆ่าเชื้อแล้วสอดเทอร์โมคอปเปิลเข้าไปที่ใจกลางของปลายชิ้นกระดูกด้านในสุด (ที่ทำการเจาะรูก่อนการทดลองแล้ว) แล้วปิดฝาด้านหลังเครื่องฆ่าเชื้อให้มีมิดชิดอากาศ
 6. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ แล้วเปิดเครื่องวัดอุณหภูมิแบบพกพา จากนั้นนำสายเทอร์โมคอปเปิลต่อเข้ากับเครื่องวัดอุณหภูมิแบบพกพา แล้วต่อเครื่องวัดอุณหภูมิแบบพกพากับเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้สาย RS232 บันทึกค่าอุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อและอุณหภูมิที่กึ่งกลางชิ้นกระดูกตามเวลาที่กำหนด
 7. เปิดวาล์วที่ต่อกับระบบสุญญากาศ และวาล์วด้านไอน้ำความดันต่ำ (Low Pressure Steam) ที่ต่อกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน แล้วเปิดปั๊มสุญญากาศ ดึงสุญญากาศให้ต่ำที่สุดที่สามารถทำได้ (ประมาณ 160 Torr) จากนั้นปิดวาล์วที่ต่อกับระบบสุญญากาศ รอเป็นเวลา 15 นาที
- * ถ้าไม่สามารถลดสุญญากาศให้เหลือต่ำกว่า 160 Torr ให้หยุดปั๊มสุญญากาศ แล้วสำรวจหารอยรั่วเพื่อแก้ไข
8. ระหว่างรอเวลา 15 นาทีข้างต้น ให้เปิดวาล์วด้านไอน้ำความดันสูง (High Pressure Steam) ป้อนเข้าวาล์วลดความดัน (Pressure reducing Valve) ปรับความดันตามที่กำหนด (1.0 bar gauge) จากนั้นป้อนไอน้ำความดันสูง (High Pressure Steam) เข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) เพื่อผลิตไอน้ำความดันต่ำ (Low Pressure Steam) โดยกำหนดค่าความดันไอน้ำความดันต่ำ (Low Pressure Steam) ไว้ 1 ช่วง

9. รอจนความดันของไอน้ำความดันต่ำ (Low Pressure Steam) ถึงค่าขอบบนของช่วงข้างต้น เปิดวาล์วที่ต่อ ด้านไอน้ำความดันต่ำ (Low Pressure Steam) กับเครื่องฆ่าเชื้อ เพื่อไอน้ำความดันต่ำ (Low Pressure Steam) เข้าเครื่องฆ่าเชื้อควบคุมค่าความดันของไอน้ำความดันต่ำ (Low Pressure Steam) ไว้ในช่วงที่กำหนด

10. รอจนกระทั่งอุณหภูมิถึงกลางขึ้นกระดุกสูงขึ้นถึงจุดที่กำหนดเป็นเวลาที่กำหนด *กำหนดความดัน ใน เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นช่วงถ้าความดัน สูงเกินที่กำหนด ให้ปิดวาล์วด้าน ไอน้ำความดันสูง (High Pressure Steam) ถ้าต่ำเกินไปให้เปิดวาล์ว ด้าน ไอน้ำความดันสูง (High Pressure Steam)

11. ปิดวาล์วด้านไอน้ำความดันต่ำ (Low Pressure Steam) จึงเปิดปั๊มสุญญากาศ จากนั้นเปิด วาล์วที่ต่อกับระบบสุญญากาศ แล้วเปิดวาล์วให้อากาศภายนอกเข้าเป็นเวลาประมาณ 10 นาที เพื่อลด ความชื้นในชั้นกระดุก จากนั้นปิดปั๊มสุญญากาศ

12. สวมถุงมือแพทย์ แล้วฉีดแอลกอฮอล์บนถุงมือแพทย์และตาชั่ง เปิดฝาด้านหลังเครื่องฆ่าเชื้อ แล้วถอดเทอร์โมคอปเปิลในชั้นกระดุกชั้นสุดท้ายออก แล้วเปิดฝาด้านหน้าเครื่องฆ่าเชื้อ นำชั้นกระดุก ออกมาภายนอก

13. รับประทานน้ำหนัก, ถ่ายรูปขึ้นผลิตภัณฑ์แต่ละชั้นหลังการทดลองและตรวจสอบสภาพภายนอก/ สมบัติของชั้นกระดุก จากนั้นรับนำชั้นกระดุกใส่ถุงให้มิดชิด แล้วนำเข้าตู้เย็น เพื่อรอการนำไปส่ง ตรวจสอบเชื้อที่คงเหลือต่อไป

หมายเหตุ ในกรณีที่ทำการทดลองโดยไม่มีการนำชั้นกระดุกไปใส่เชื้อ ในระหว่างการทดลอง ไม่จำเป็นต้องใส่ถุงมือแพทย์ และฉีดแอลกอฮอล์เพื่อฆ่าเชื้อ

6.3.2 วิธีการทดลองโดยให้ความร้อนผ่านผนัง

1. ทำการเจาะรูบนชั้นกระดุกให้ถึงกึ่งกลาง 6 รู (5 รูสำหรับใส่เชื้อ Salmonella และ 1 รูสำหรับ สอดเทอร์โมคอปเปิล) และนำชั้นกระดุกไปใส่เชื้อ (ส่งชั้นกระดุกไปใส่เชื้อที่บริษัท S.A.P Laboratory จำกัด) แล้วอุดรูด้วยกาว

** ในการทดลองนี้ได้ใช้เชื้อ Salmonella สายพันธุ์ Scharwazengrund ที่ปริมาณเริ่มต้น 5×10^6 ตัวต่อ มิลลิลิตร

2. บันทึกอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิกระเปาะเปียก

3. สวมถุงมือแพทย์ แล้วฉีดแอลกอฮอล์บนถุงมือแพทย์และตาชั่งเพื่อป้องกันการติดเชื้อเพิ่มเติม จากนั้นชั่งน้ำหนักและถ่ายรูปชั้นกระดุกแต่ละชั้นก่อนการทดลอง

4. เปิดฝาด้านหน้าเครื่องฆ่าเชื้อ แล้ววางชั้นกระดุก (วางได้ 3 ชั้น) บนตะแกรง จากนั้นสอด ตะแกรงเข้าไปในเครื่องฆ่าเชื้อ แล้วปิดฝาเครื่องฆ่าเชื้อให้มิดชิดอากาศ

5. เปิดฝาด้านหลังเครื่องฆ่าเชื้อแล้วสอดเทอร์โมคอปเปิล เข้าไปที่ใจกลางของปลายชั้นกระดูก ด้านในสุด (ที่ทำการเจาะรูก่อนการทดลองแล้ว) แล้วปิดฝาด้านหลังเครื่องฆ่าเชื้อให้มิดชิดอากาศ

6. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ แล้วเปิดเครื่องวัดอุณหภูมิแบบพกพา จากนั้นนำสายเทอร์โมคอปเปิล ต่อเข้ากับเครื่องวัดอุณหภูมิแบบพกพา แล้วต่อเครื่องวัดอุณหภูมิแบบพกพากับเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้สาย RS232

7. เปิดวาล์วที่ต่อกับระบบสุญญากาศ แล้วเปิดปั๊มสุญญากาศ ดึงสุญญากาศให้ต่ำที่สุดที่สามารถทำได้ (ประมาณ 160 torr) จากนั้นปิดวาล์วที่ต่อกับระบบสุญญากาศ รอเป็นเวลา 15 นาที

* ถ้าไม่สามารถลดสุญญากาศให้เหลือต่ำกว่า 160 torr ให้หยุดปั๊มสุญญากาศ แล้วสำรวจหารอยรั่วเพื่อแก้ไข

* กรณีทำการทดลองแบบไม่ดึงสุญญากาศให้ข้ามขั้นตอนที่ 7 นี้

* บันทึกค่าความดันสุญญากาศ

8. เปิดชุดให้ความร้อน (Heater) ไฟฟ้า โดยตั้งค่าอุณหภูมิตามที่กำหนด

9. บันทึกค่าอุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อและอุณหภูมิที่ใจกลางชั้นกระดูกตามเวลาที่กำหนด

10. เมื่ออุณหภูมิที่ใจกลางชั้นกระดูกเท่ากับค่าที่สนใจ พออุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อถึงรอทิ้งไว้ตามเวลาที่กำหนด แล้วจึงปิดชุดให้ความร้อน (OFF)

11. เปิดปั๊มสุญญากาศ จากนั้นเปิดวาล์วที่ต่อกับระบบสุญญากาศ แล้วเปิดวาล์วให้อากาศภายนอกเข้าเป็นเวลาประมาณ 10 นาที เพื่อลดความชื้นในชั้นกระดูก จากนั้นปิดปั๊มสุญญากาศ

12. สวมถุงมือแพทย์ แล้วฉีดแอลกอฮอล์บนถุงมือแพทย์และตาชั่ง เปิดฝาด้านหลังเครื่องฆ่าเชื้อ แล้วถอดเทอร์โมคอปเปิลในชั้นกระดูกชั้นสุดท้ายออก แล้วเปิดฝาด้านหน้าเครื่องฆ่าเชื้อ นำชั้นกระดูกออกมาภายนอก

13. รีบชั่งน้ำหนัก, ถ่ายรูปชั้นกระดูกแต่ละชิ้นหลังการทดลองและตรวจดูสภาพภายนอก/สมบัติของชั้นกระดูก จากนั้นรีบนำชั้นกระดูกใส่ถุงให้มิดชิด แล้วนำเข้าตู้เย็น เพื่อรอการนำไปส่งตรวจหาเชื้อที่คงเหลือต่อไป

หมายเหตุ ในกรณีที่ทำการทดลองโดยไม่มีกรนำชั้นกระดูกไปใส่เชื้อ ในระหว่างการทดลองไม่จำเป็นต้องใส่ถุงมือแพทย์ และฉีดแอลกอฮอล์เพื่อฆ่าเชื้อ