

## บทที่ 4

### วิธีการทดลองในเครื่องระดับ Bench Scale

#### 4.1 วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ วัตถุประสงค์ที่เลือกใช้ในการทดลองคือ กระจุกอัดซึ่งมีขนาดยาว 12 นิ้ว เนื่องจาก กระจุกอัดขนาดยาว 12 นิ้ว เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุด และมีความหนาแน่นสูงกว่า ผลิตภัณฑ์ประเภทอื่นๆที่ทางโรงงานทำการผลิตอยู่ในปัจจุบัน ดังนั้นถ้าสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย Salmonella ที่อยู่ในส่วนลึกของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ได้ ก็สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับผลิตภัณฑ์ประเภทอื่นๆ หรือผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กกว่าได้ ลักษณะและรูปร่างสามารถดูได้ดังรูป 2 .1

#### 4.2 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

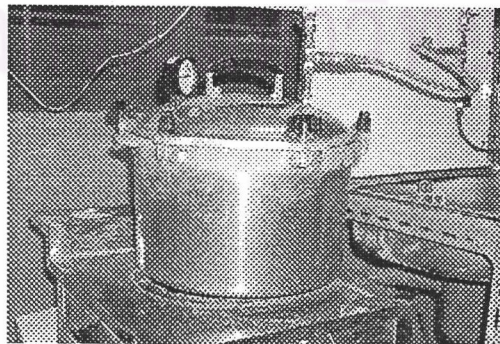
##### 4.2.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

- แอลกอฮอล์ 70%
- High Vacuum Grease

##### 4.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

###### 4.2.2.1 หม้อนึ่งความดันไอ (Autoclave)

เป็นหม้อทำจาก Stainless Steel รุ่น 1915x ผลิตโดยบริษัท ALL American ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 นิ้ว ความจุประมาณ 15 ลิตร ลักษณะเป็นทรงกระบอกมีฝาปิด ภายในสามารถบรรจุกระจุกอัดขนาด 12 นิ้วที่ใช้ในการทดลองได้ครั้งละ 1 ชิ้น ที่ฝามีตัวล็อก และ Safety Valve เพื่อป้องกันการระเบิดเมื่อมีความดันภายในหม้อมากเกินไป ไม่ควรใช้งานที่ความดันเกิน 2 barG ดังแสดงในรูปที่ 4.1



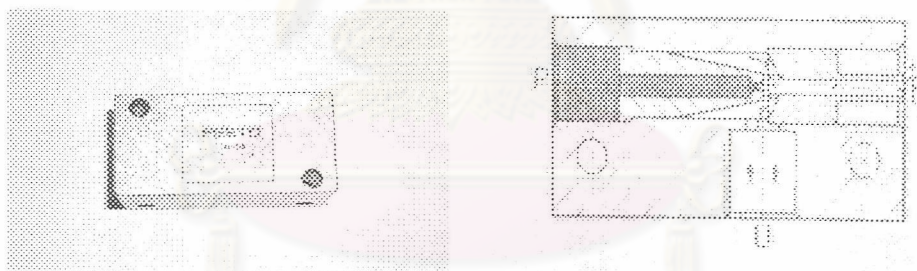
รูปที่ 4.1 หม้อนึ่งความดันไอ (Autoclave)

#### 4.2.2.2 อีเจคเตอร์ลม (Air Ejector)

เป็นอุปกรณ์สำหรับดึงสุญญากาศภายในระบบปิด ซึ่งอุปกรณ์ชนิดนี้ไม่มีส่วนใด ๆ ที่มีการเคลื่อนที่ โดยอาศัยหลักการที่ของไหลที่มีความดันสูง (Compressed fluid) เป็นแหล่งทำให้เกิดความแตกต่างของความดัน

สำหรับอีเจคเตอร์ลมนี้ จะใช้ อากาศที่มีความดันสูง (Compressed Air) เป็นแหล่งทำให้เกิดความแตกต่างของความดัน จากรูปที่ 4.2 อากาศที่มีความดันสูงจะผ่านเข้ามาทางจุด P และออกมาถึงจุด R ทำให้เกิดสุญญากาศทางช่องที่อยู่ระหว่างทางจุด P และจุด R (Suction Cup) โดยที่ Suction Cup จะต่อกับระบบปิดทางด้านจุด U ทำให้อากาศที่อยู่ในระบบปิดถูกดูดออกมาทำให้เกิดสุญญากาศภายในระบบปิดนั้น

ลักษณะของอีเจคเตอร์ลมที่ใช้เป็นทรงสี่เหลี่ยม ขนาด 1.5\*2.5\*4.5 cm. น้ำหนัก 0.091 kg ผลิตจาก Anodized Aluminium เส้นผ่านศูนย์กลางที่จุด P และ U มีขนาด 1/4 นิ้ว จัดจำหน่ายโดย บริษัท FESTO PNEUMATIC จำกัด รุ่น VAD-1/4 Order code 9394 อุณหภูมิที่ใช้งานอยู่ระหว่าง -20 ถึง +80 °C Operating Pressure ของอากาศอยู่ระหว่าง 0-10 bar Vacuum Pressure ที่สามารถทำได้อยู่ระหว่าง 0 ถึง -0.9 bar



รูปที่ 4.2 Air Ejector

#### 4.2.2.3 เครื่องวัดอุณหภูมิ

ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิภายในชิ้นกระดูกที่ใช้ในทดลอง โดยประกอบด้วย

- สายเทอร์โมคัปเปิลเป็นแบบ Sheath Thermocouple Type K เส้นผ่านศูนย์กลางที่หัวเทอร์โมคัปเปิลมีขนาด 1.6 mm. ยาว 60 cm. สามารถขดและงอได้ โดยอุณหภูมิที่ใช้งานไม่ควรเกิน 350 °C

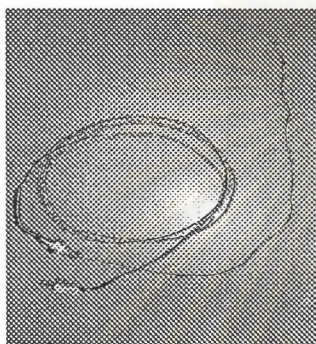
- เครื่องวัดอุณหภูมิแบบเคลื่อนที่ได้ (Portable Thermometer) รุ่น CHY 506R เป็น เทอร์โมมิเตอร์ที่สามารถเคลื่อนย้ายไปมาได้สะดวก อีกทั้งสามารถส่งข้อมูลผ่านสาย RS232 ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม T506R สามารถใช้ได้กับ เทอร์โมคัปเปิล Type



K/J/T/E/R/S/N แต่ในงานวิจัยนี้ใช้ เทอร์โมคัปเปิล Type K ซึ่งสามารถวัดได้ในช่วง -200 ถึง +1372 °C

สำหรับการทดลองในช่วงแรกยังไม่สามารถซื้อเครื่องวัดอุณหภูมิแบบเคลื่อนที่ได้มาใช้ได้ ทำให้ในการวัดอุณหภูมิจำเป็นต้องต่อ เทอร์โมคัปเปิลเข้ากับ

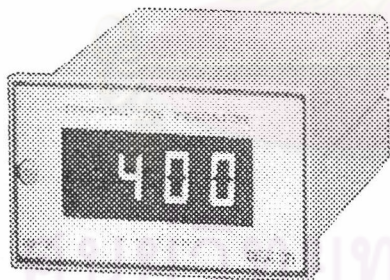
- สวิตช์วัดอุณหภูมิหลายจุด
- จอแสดงผล



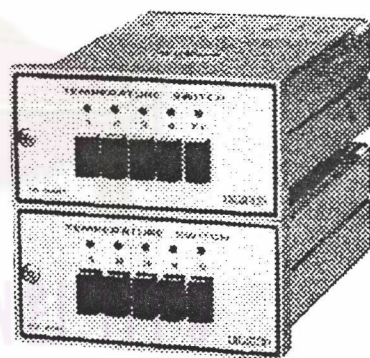
(ก)



(ข)



(ค)



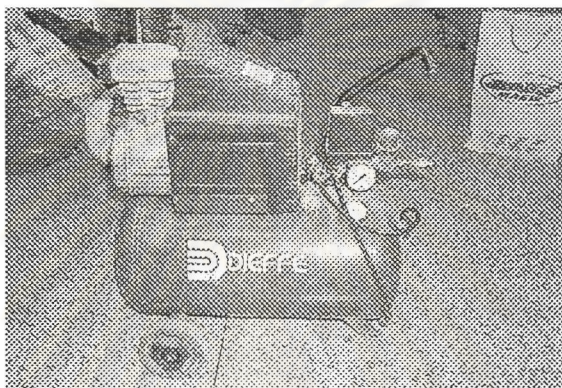
(ง)

#### รูป 4.3 ก. Sheath Thermocouple

- ข. เครื่องวัดอุณหภูมิแบบเคลื่อนที่ได้ (Portable Thermometer)
- ค. จอแสดงผล
- ง. สวิตช์วัดอุณหภูมิหลายจุด

#### 4.2.2.4 เครื่องอัดอากาศ(Air Compressor)

ใช้สำหรับป้อนอากาศที่อัดความดัน (Compressed Air) เข้าสู่ อิเล็กเตอร์ลัมและควบคุมให้ความดันที่ป้อนเข้าสู่ อิเล็กเตอร์ลัมให้มีค่าสม่ำเสมอโดยติดตั้งวาล์วปรับแรงดัน (Regulator Gauge) โดยเครื่องอัดอากาศมีขนาด 1.5 แรงม้า ความดันสูงสุดที่ทำได้ (Maximum Pressure) 8 bar จัดจำหน่ายโดย บริษัท DIEFFE ดังแสดงใน รูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor)

#### 4.2.2.5 เครื่องคอมพิวเตอร์ (Personal Computer)

ใช้สำหรับเก็บข้อมูลอุณหภูมิที่กลางกระดูกที่วัดได้จากเครื่องวัดอุณหภูมิแบบเคลื่อนที่ได้ (Portable Thermometer) โดยส่งข้อมูลผ่านสาย RS232 สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้เป็นรุ่นเพนเทียม 166 Ram 32 Mb ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 เครื่องคอมพิวเตอร์ (Personal Computer)



#### 4.2.2.6 เครื่องชั่งน้ำหนัก

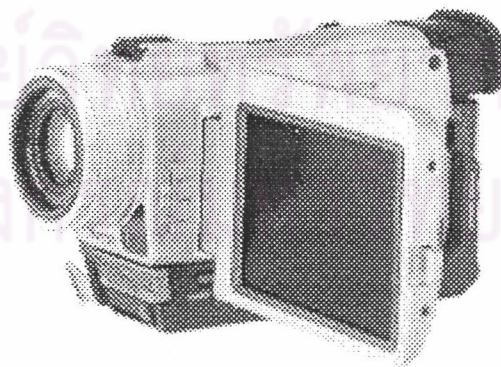
เครื่องชั่งน้ำหนักแบบ Compact Balances รุ่น EK-6000H สามารถชั่งน้ำหนักได้สูงสุด 6000 กรัม ความละเอียด 0.1 กรัม ผลิตโดยบริษัท A&D Company Ltd. และจัดจำหน่ายโดยบริษัท Diethelm Co., LTD.



รูปที่ 4.6 เครื่องชั่งน้ำหนัก

#### 4.2.2.7 กล้องถ่ายภาพวี.ดี.โอ. (Digital V.D.O Camera)

กล้องถ่ายภาพวี.ดี.โอ. รุ่น TRV20E ผลิตโดยบริษัท SONY มีความคมชัด ความละเอียด 1,070,000 pixels มีกำลังขยายอยู่ในช่วง 10 – 120 เท่า ใช้ในการถ่ายภาพชิ้นกระดูกอัดที่ทั้งก่อนและหลังการทดลองเพื่อจะใช้สังเกตการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและชิ้นกระดูกอัดที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 4.7 กล้องถ่ายภาพวี.ดี.โอ. (Digital V.D.O Camera)

#### 4.2.2.8 อุปกรณ์ให้ความร้อน

ใช้สำหรับให้ความร้อนแก่หม้อนึ่งความดันไอ เพื่อทำให้น้ำภายในหม้อนึ่งความดันไอเดือดกลายเป็นไอน้ำอิ่มตัว(Saturated Steam) ประกอบด้วย เตาแก๊สและถังแก๊สที่ภายในบรรจุแก๊สหุงต้ม ดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 เตาแก๊สและถังแก๊ส

#### 4.2.2.9 วัสดุสิ้นเปลืองอื่นๆ

ประกอบด้วย

- ถุงมือแพทย์
- กระดาษทิชชู
- ถุงพลาสติก

#### 4.2.2.10 ชุดอุปกรณ์การทดลองในเครื่องระดับ Bench scale

ชุดอุปกรณ์ดังกล่าวจัดสร้างขึ้นสำหรับการทดลองในเครื่องระดับ Bench scale เพื่อยืนยันแนวทางการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย Salmonella เพื่อที่จะนำข้อมูลที่ได้รับไปใช้ทดลองกับเครื่องในระดับนำร่องต่อไป โดยชุดอุปกรณ์การทดลองในเครื่องระดับ Bench scale นี้จะประกอบด้วยสามส่วนหลักได้แก่

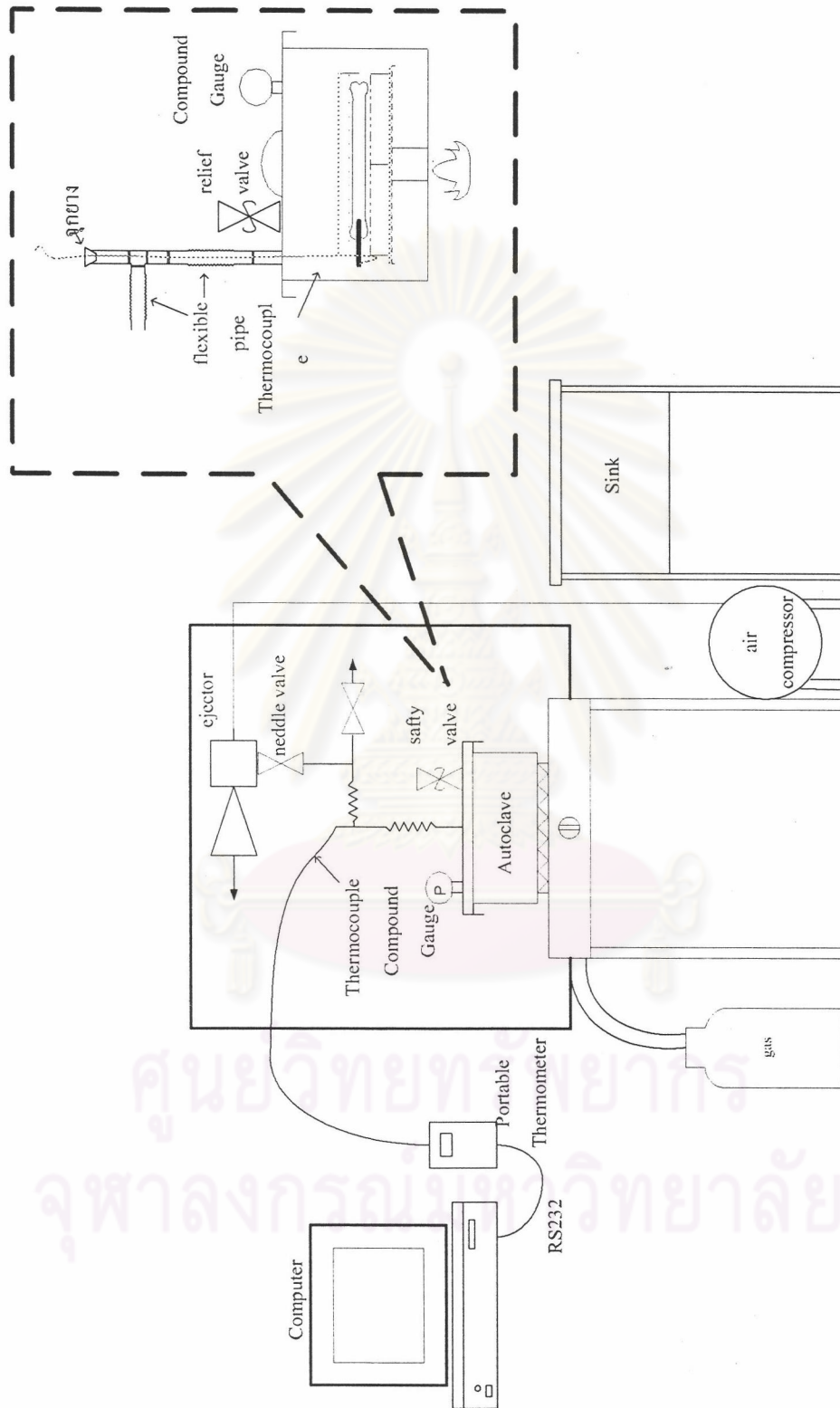
- ส่วนการสร้างสุญญากาศ ซึ่งประกอบด้วย อีเจคเตอร์ลมและเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor)
- ส่วนการให้ความร้อน ประกอบด้วย เตาแก๊สและถังแก๊ส

- ส่วนการทำความเย็น เพื่อลดอุณหภูมิของชั้นกระดูกที่ใช้ในทดลอง โดยจะใช้วิธีการแช่หม้อน้ำความดันไอน้ำในอ่างที่ใส่น้ำเย็นโดยตรง

ในการทำการทดลองแต่ละกะ จะสามารถใส่ชั้นกระดูกไว้ในหม้อน้ำความดันไอน้ำได้เพียง 1 ชั้นเท่านั้น โดยในระหว่างทำการทดลองจะวัดอุณหภูมิภายในกึ่งกลางกระดูก ซึ่งอุณหภูมิภายในกึ่งกลางกระดูกที่วัดได้จะถูกส่งถ่ายข้อมูลผ่านสาย RS232 ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อบันทึกค่า และทำการวิเคราะห์ต่อไป

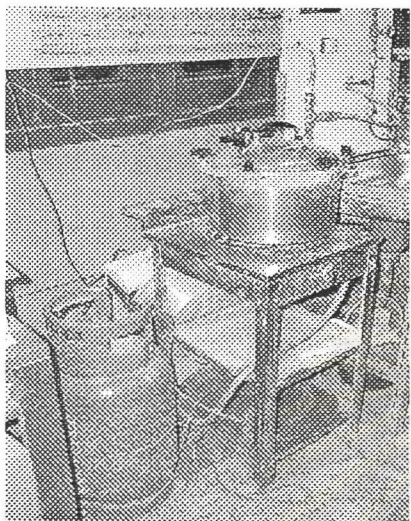


ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

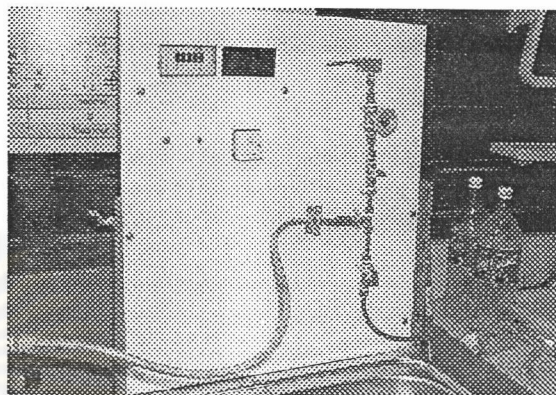


รูปที่ 4.9 ไลอะแกรมของชุดอุปกรณ์การทดลองในเครื่องระดับ Bench Scale





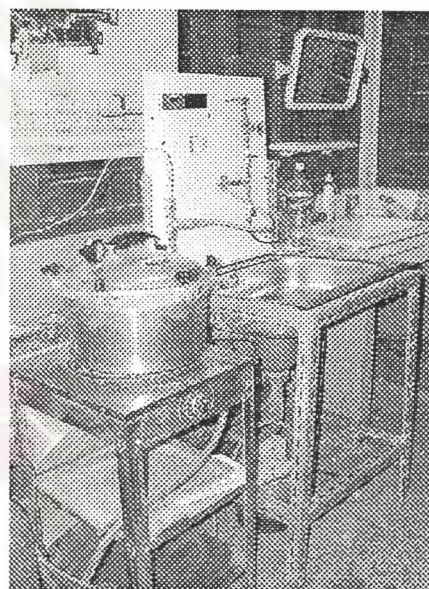
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 4.10 ภาพถ่ายของของชุดอุปกรณ์การทดลองในเครื่องระดับ Bench scale

ก คือ ส่วนการให้ความร้อน

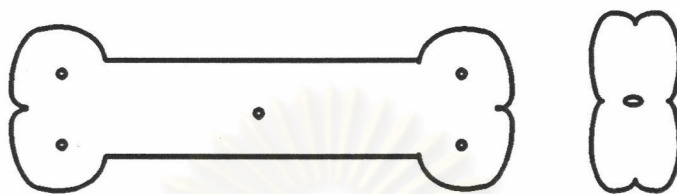
ข คือ ส่วนการสร้างสุญญากาศ

ค คือ คอมพิวเตอร์และเครื่องวัดอุณหภูมิแบบเคลื่อนที่ได้

ง คือ ส่วนการทำความเย็น

### 4.3 วิธีการทดลอง

- 1) ทำการเจาะรูบนชิ้นกระดูกให้ถึงกึ่งกลางประมาณ 6 รู (5 รูสำหรับใส่เชื้อ Salmonella และ 1 รูสำหรับสอดเทอร์โมคอปเปิล) และนำชิ้นกระดูกไปใส่เชื้อ (ส่งชิ้นกระดูกไปใส่เชื้อที่บริษัท S.A.P Laboratory จำกัด) แล้วอุดรูด้วยกาว ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 รูปร่างที่ถูกเจาะบนชิ้นกระดูก

- \*\* ในการทดลองนี้ได้ใช้เชื้อ Salmonella สายพันธุ์ Scharwazengrund ที่ปริมาณเริ่มต้น  $5 \times 10^6$  ตัวต่อชิ้น (ความเข้มข้น  $1 \times 10^6$  ตัวต่อมิลลิลิตร)
  - \*\* หลังจากนำชิ้นกระดูกไปใส่เชื้อแล้วไม่ควรสัมผัสกับชิ้นกระดูกโดยตรง เพื่อป้องกันการติดเชื้อ ควรสวมถุงมือแพทย์และ/หรือใช้แอลกอฮอล์ 70% เช็ดมือและอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับชิ้นกระดูกโดยตรง
- 2) ชั่งน้ำหนักและถ่ายรูปชิ้นกระดูกชิ้นกระดูกก่อนการทดลอง จากนั้นนำชิ้นกระดูกใส่ในหม้อนึ่งความดันไอ พร้อมทั้งเทอร์โมคอปเปิลในรูที่เหลือ
  - 3) เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ แล้วเปิดเครื่องวัดอุณหภูมิแบบพกพา จากนั้นนำสายเทอร์โมคอปเปิลต่อเข้ากับเครื่องวัดอุณหภูมิแบบพกพา แล้วต่อเครื่องวัดอุณหภูมิแบบพกพากับเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้สาย RS232
  - 4) เติมน้ำใส่ในหม้อฆ่าเชื้อ โดยใส่ปริมาณตั้งแต่ 10-500 ml แล้วปิดฝาหม้อนึ่งความดันไอ ให้แน่น
  - 5) เปิดเครื่องอัดอากาศเพื่อป้อนอากาศที่อัดความดัน (Compressed Air) เข้าสู่ฮีเทอโรลัมสำหรับการดึงสุญญากาศโดยให้เหลือความดันต่ำที่สุด จดค่าอุณหภูมิและความดัน จากนั้นทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที
  - 6) เปิดเตาแก๊ส ให้ความร้อนแก่หม้อนึ่งความดันไอ จนกระทั่งถึงความดันที่กำหนด แล้วควบคุมที่ความดัน ตามเวลาและอุณหภูมิที่กำหนด จดค่าอุณหภูมิและความดันตามเวลา
  - 7) เมื่อครบตามเวลาที่กำหนด ทำการลดอุณหภูมิโดยนำหม้อฆ่าเชื้อแช่น้ำเย็นที่เตรียมไว้ในอ่าง (Sink) พร้อมทั้งเปิด เครื่องอัดอากาศเพื่อป้อนอากาศที่อัดความดัน (Compressed Air) เข้าสู่ฮีเทอโรลัม เพื่อดึงสุญญากาศอีกประมาณ 15 นาที



- 8) หลังการทดลองเปิดฝาหม้อทิ้งความดันไอลง แล้วชั่งน้ำหนักและถ่ายรูปชิ้นกระดูกหลังการทดลอง พร้อมบันทึกผล
- 9) นำชิ้นกระดูกใส่ถุงพลาสติก ปิดปากถุงให้สนิท แล้วจึงนำชิ้นกระดูกไปตรวจหาเชื้อ Salmonella ต่อไป(ส่งตรวจที่บริษัท S.A.P Laboratory จำกัด)

หมายเหตุ ในกรณีที่ทำการทดลองโดยไม่ใส่เชื้อ(คุณภาพผลิตภัณฑ์) ในวิธีการทดลองข้อที่ 1 จะเจาะรูสำหรับสอดเทอร์โมคอปเปิล เพียงรูเดียวเท่านั้น



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย