

ข้อกำหนด

- สุขลักษณะในการผลิตผลิตภัณฑ์ประมงบรรจุภาชนะปิดสนิท
- สุขลักษณะในการผลิตผลิตภัณฑ์ปลาหูน้ำ



กองตรวจสอบรับรองมาตรฐานคุณภาพสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ

กรมประมง

2552

ข้อกำหนด

- สุขลักษณะในการผลิตผลิตภัณฑ์ประมงบรรจุภาชนะปิดสนิท
- สุขลักษณะในการผลิตผลิตภัณฑ์ปลาทูน่า



กองตรวจสอบรับรองมาตรฐานคุณภาพสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ

กรมประมง

2552

คำนำ

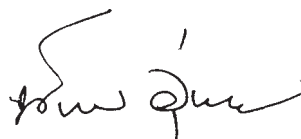
ผลิตภัณฑ์ประมงประเภทกรดต่ำ (low acid food) บรรจุในภาชนะปิดสนิท เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความเสี่ยงสูงหากไม่มีการควบคุมคุณภาพที่ดีในระหว่างการผลิต เนื่องจากมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตที่อาจทำให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตจนทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ กองตรวจสอบรับรองมาตรฐานคุณภาพสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำจึงได้จัดทำข้อกำหนดสุขลักษณะนี้ โดยมีรายละเอียดครอบคลุมถึงการจัดการและการควบคุมขั้นตอนการผลิตต่าง ๆ ที่ผู้ประกอบการควรนำไปใช้ในการปฏิบัติ เพื่อให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเหล่านี้มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

เอกสารฉบับนี้ประกอบด้วยข้อกำหนด 2 เรื่อง และเอกสารแนวทางการศึกษาสำหรับการตรวจยืนยันกระบวนการฆ่าเชื้ออีก 2 เรื่อง ได้แก่

- ข้อกำหนดในการผลิตผลิตภัณฑ์ประมงบรรจุภาชนะปิดสนิท
- ข้อกำหนดสุขลักษณะในการผลิตผลิตภัณฑ์ปลาทูน่า
- แนวทางการศึกษาการกระจายความร้อนสำหรับการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำแบบนิ่ง (steam still retort) ไม่รวมหม้อฆ่าเชื้อชนิด crateless
- แนวทางการทดสอบการแทรกผ่านความร้อน

รายละเอียดของข้อกำหนดในการผลิตผลิตภัณฑ์ประมงบรรจุภาชนะปิดสนิทฉบับนี้ได้ปรับปรุงแก้ไขจากข้อกำหนดเดิมของกรมประมง เพื่อให้การควบคุมกระบวนการผลิตสอดคล้องกับสถานะการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตที่เปลี่ยนแปลงไปในปัจจุบัน สำหรับข้อกำหนดสุขลักษณะในการผลิตผลิตภัณฑ์ปลาทูน่า เป็นข้อกำหนดใหม่ที่จัดทำขึ้นเฉพาะสำหรับการควบคุมการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มาจากปลาทูน่า ทั้งนี้ เพื่อควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง และการเพิ่มขึ้นของปริมาณฮีสตามีนในระหว่างการผลิต

ในการตรวจรับรองโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ประมงบรรจุภาชนะปิดสนิท และผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากปลาทูน่า กรมประมงจะใช้ข้อกำหนดนี้เป็นเกณฑ์ในการประเมิน



(ดร.นันทิยา อุ่นประเสริฐ)

ผู้อำนวยการ

กองตรวจสอบรับรองมาตรฐานคุณภาพสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ

กรมประมง

มกราคม 2552

สารบัญ

หน้า

คำนำ	
ข้อกำหนดสัญลักษณ์ในการผลิตผลิตภัณฑ์ประมงบรรจุภาชนะปิดสนิท	1-27
ขอบข่าย	3
คำนิยาม	3
ข้อกำหนด	4
1. ภาชนะบรรจุ	4
2. การตรวจสอบภาชนะบรรจุและฝา	5
3. การนำภาชนะบรรจุไปใช้	6
4. ของเหลวบรรจุ (Packing Media)	7
5. การบรรจุผลิตภัณฑ์ (Filling)	7
6. การปิดภาชนะ	8
7. การตรวจสอบความสมบูรณ์ของภาชนะบรรจุ	8
8. การปฏิบัติหลังปิดภาชนะ	12
9. รหัสผลิตภัณฑ์	12
10. กระบวนการฆ่าเชื้อ	12
11. การควบคุมการฆ่าเชื้อ	13
12. อุปกรณ์หม้อฆ่าเชื้อ	14
12.1 หม้อฆ่าเชื้อชนิดนิ่งและใช้ไอน้ำ (Steam Still Retort)	14
12.1.1 เทอร์โมมิเตอร์ชนิดปรอทในหลอดแก้ว (Mercury-In-Glass Thermometer)	14
12.1.2 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Temperature Recording Device)	15
12.1.3 มาตรวัดความดัน (Pressure Gauge)	15
12.1.4 อุปกรณ์ควบคุมไอน้ำ (Steam Controller)	17
12.1.5 ท่อไอน้ำเข้า (Steam Inlet)	17
12.1.6 ท่อกระจายไอน้ำ (Steam Spreader)	17
12.1.7 บลีดเดอร์ (Bleeders)	18
12.1.8 อุปกรณ์จัดเรียงผลิตภัณฑ์ (Stacking Equipment)	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
12.1.9 ท่อไล่อากาศ (Vents)	19
12.1.10 วาล์วนิรภัย (Safety Valve)	19
12.1.11 ท่อลม (Air Inlet)	20
12.2 หม้อฆ่าเชื้อชนิดนิ่งและใช้น้ำ (Pressure Water in Still Retort)	20
12.2.1 เทอร์โมมิเตอร์ชนิดปรอทในหลอดแก้ว (Mercury-In-Glass Thermometer)	20
12.2.2 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Temperature Recording Device)	20
12.2.3 มาตรวัดความดัน (Pressure Gauge)	21
12.2.4 วาล์วนิรภัย (Safety Valve)	21
12.2.5 วาล์วควบคุมความดัน (Pressure Control Valve)	21
12.2.6 อุปกรณ์ควบคุมไอน้ำ (Steam Controller)	21
12.2.7 ท่อไอน้ำเข้า (Steam Inlet)	22
12.2.8 อุปกรณ์จัดเรียงผลิตภัณฑ์ (Mercury-In-Glass Thermometer)	22
12.2.9 ท่อน้ำทิ้ง (Drain Valve)	22
12.2.10 เครื่องแสดงระดับน้ำ (Water Level)	22
12.2.11 ลมและตัวควบคุม (Air Supply and Controls)	22
12.2.12 ทางเข้าของน้ำหล่อเย็น (Cooling Water Entry)	22
12.2.13 Retort Headspace	23
12.2.14 การหมุนเวียนของน้ำ (Water Circulation)	23
12.3 หม้อฆ่าเชื้อชนิดสเปรย์น้ำ (Water Spray Retort)	23
12.4 หม้อฆ่าเชื้อชนิดไอน้ำผสมอากาศ (Steam – air mixture Retort)	23
13. การเบี่ยงเบนของกระบวนการฆ่าเชื้อ (Deviation in Thermal Processing)	24
14. การหล่อเย็น (Cooling)	24
15. การจัดการผลิตภัณฑ์หลังฆ่าเชื้อ	24
16. การสุ่มตรวจผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังปิดฉลาก	25
17. สถานที่เก็บผลิตภัณฑ์	25
18. การบันทึกข้อมูล	25

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ข้อกำหนดสุขลักษณะในการผลิตผลิตภัณฑ์ปลาทูน่า	29-32
ขอบข่าย	31
ข้อกำหนด	31
1. การรับวัตถุดิบปลา การสับตัวอย่าง การดูแลและเก็บรักษาปลา	31
2. การละลายปลา	31
3. การผ่าท้อง เรียงปลาในตะแกรง	31
4. การนึ่งปลา (Precooking)	32
5. การทำปลานึ่งให้เย็น (Cooling the Pre-cooked Fish)	32
6. การขูดสะอาดชิ้นปลา (Loin Cleaning)	32
แนวทางการศึกษาการกระจายความร้อนสำหรับการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำแบบนึ่ง (steam still retort) ไม่รวมหม้อฆ่าเชื้อชนิด crateless	33-41
1. การเตรียมการ : การสำรวจอุปกรณ์ทั่วไป (General Processing Equipment Survey)	35
2. การเลือกหม้อฆ่าเชื้อที่จะใช้ในการศึกษา (Selection of The Test Retort)	36
3. การจัดทำเอกสารรายละเอียดหม้อฆ่าเชื้อที่จะศึกษา (Test Retort Documentation)	36
4. อุปกรณ์สำหรับการทดสอบ (Test Equipment)	38
5. การปรับเทียบมาตรฐานของอุปกรณ์สำหรับการทดสอบ (Standardization of Test Equipment)	38
6. การวางตำแหน่งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิภายในหม้อฆ่าเชื้อ (Placement of the Temperature Measuring Device in Retort)	39
7. การจัดเตรียมภาชนะบรรจุในตะกร้าทดสอบ (Preparing the Test Crates or Baskets with Container)	40
8. การทดสอบการกระจายความร้อน (The Temperature Distribution Test)	40

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
แนวทางการทดสอบการแทรกผ่านความร้อน	43-60
1. อักษรย่อเฉพาะ	45
2. คำศัพท์เฉพาะ	45
3. การออกแบบการทดสอบการแทรกผ่านความร้อน	47
4. ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการให้ความร้อน	47
5. การวัดอุณหภูมิและการบันทึกข้อมูล	52
6. การจัดทำเอกสารผลการทดสอบ	56
7. เอกสารอ้างอิง	60

**ข้อกำหนดสุขลักษณะในการผลิต
ผลิตภัณฑ์ประมงบรรจุภาชนะปิดสนิท**

ข้อกำหนดสุขลักษณะในการผลิต ผลิตภัณฑ์ประมงบรรจุภาชนะปิดสนิท

ขอบข่าย

ข้อกำหนดสุขลักษณะในการผลิตผลิตภัณฑ์ประมงบรรจุภาชนะปิดสนิทนี้ กรมประมงใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการตรวจรับรองโรงงานที่ผลิตผลิตภัณฑ์ประมงบรรจุภาชนะปิดสนิทประเภทกรดต่ำทุกชนิด ซึ่งครอบคลุมรายละเอียดการปฏิบัติและการควบคุมที่จำเป็นในกระบวนการผลิต ตั้งแต่ขั้นตอนการบรรจุ การฆ่าเชื้อ และการจัดการผลิตภัณฑ์หลังฆ่าเชื้อ เพื่อให้มีความมั่นใจในความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ มาตรฐานการปฏิบัติของโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ประมงบรรจุกระป๋องต้องเป็นไปตามข้อกำหนดสุขลักษณะการผลิตผลิตภัณฑ์ประมงของกรมประมงด้วย ซึ่งเป็นหลักเกณฑ์ในการควบคุมสุขลักษณะพื้นฐานในการผลิตผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำทุกประเภท

คำนิยาม

- ผลิตภัณฑ์ประมงบรรจุภาชนะปิดสนิท** หมายถึง ผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำซึ่งส่วนใหญ่มี pH มากกว่า 4.6 และปริมาณน้ำอิสระมากกว่า 0.85 บรรจุในภาชนะที่สามารถป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์และสปอร์จากภายนอกได้ ผลิตภัณฑ์บรรจุภาชนะปิดสนิทในที่นี้ให้รวมถึงผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำที่บรรจุในภาชนะปิดสนิทต่าง ๆ เช่น กระป๋อง ขวดแก้ว retort pouch และ semi-rigid containers เป็นต้น
- ความสมบูรณ์ของภาชนะ** หมายถึง การไม่พบความบกพร่องของภาชนะบรรจุที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์
- การทดสอบการแทรกผ่านความร้อน (heat penetration test)** หมายถึง การศึกษาการส่งผ่านความร้อนผ่านภาชนะบรรจุไปยังจุดร้อนช้าที่สุดของผลิตภัณฑ์ ภายใต้การควบคุมเฉพาะและเหมาะสม
- การทดสอบการกระจายความร้อน (temperature distribution test)** หมายถึง การศึกษาการกระจายความร้อนในหม้อฆ่าเชื้อ เพื่อกำหนดอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการไล่อากาศออกจากหม้อฆ่าเชื้อ

5. **Scheduled process** หมายถึง อุณหภูมิและเวลาที่ผู้ผลิตเลือกใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ ซึ่งได้ผ่านการทดสอบแล้วว่าสามารถฆ่าเชื้อแบบเชิงการค้าได้อย่างเพียงพอ
6. **ช่องว่างเหนืออาหาร (head space)** หมายถึง ระยะในแนวตั้งจากระดับผลิตภัณฑ์ (ซึ่งโดยทั่วไปหมายถึงผิวหน้าของของเหลว) ถึงด้านบนของฝาภาชนะ
7. **ปัจจัยวิกฤต (critical factor)** หมายถึง คุณสมบัติ คุณลักษณะ หรือปัจจัยอื่นที่หากมีการเปลี่ยนแปลงแล้วอาจจะมีผลกระทบต่อกระบวนการฆ่าเชื้อแบบเชิงการค้า
8. **บลีดเดอร์ (bleeder)** หมายถึง ช่องเปิดที่ใช้กำจัดอากาศที่เข้ามาในหม้อฆ่าเชื้อพร้อมกับไอน้ำ ในระหว่างการฆ่าเชื้อ และช่วยให้การไหลเวียนของไอน้ำในหม้อฆ่าเชื้อดีขึ้น
9. **ช่วงการตั้งอุณหภูมิ (come-up-time)** หมายถึง ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มปล่อยไอน้ำเข้าหม้อฆ่าเชื้อ ถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่กำหนด
10. **อุณหภูมิเริ่มต้น (initial temperature)** หมายถึง อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ของกระป๋องที่เย็นที่สุด ณ เวลาที่จะเริ่มกระบวนการฆ่าเชื้อ

ข้อกำหนด

1. ภาชนะบรรจุ

1.1 ภาชนะบรรจุ เช่น กระป๋อง ขวดแก้วและฝา และภาชนะยืดหยุ่นอื่น ๆ เช่น retort pouch และ semi-rigid container ต้องทำด้วยวัสดุที่เหมาะสม สามารถรักษาอาหารให้มีคุณภาพที่ต้องการตลอดอายุการเก็บ ไม่ปนเปื้อนสู่อาหาร และป้องกันการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์จากภายนอกได้

1.2 ภาชนะบรรจุต้องมีความแข็งแรงและทนทานต่อเครื่องจักร เช่น เครื่องปิดฝา เครื่องปิดผนึก ภาชนะ และความร้อนที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ สำหรับภาชนะยืดหยุ่นต้องมีคุณสมบัติไม่ทำให้เกิดการหลุดร่อนของแผ่นฟิล์ม (delamination) ของภาชนะหลังจากฆ่าเชื้อแล้ว

2. การตรวจสอบภาชนะบรรจุและฝา

2.1 ตรวจสอบคุณภาพของภาชนะบรรจุและฝาทุกรุ่นที่รับเข้าโดยพนักงานที่ผ่านการฝึกอบรม มาตรฐานคุณภาพและแผนการสุ่มต้องเป็นไปตามมาตรฐานสากลหรือสอดคล้องกับมาตรฐานที่โรงงานผลิตภาชนะนั้นกำหนด

2.2 การตรวจสอบคุณภาพภาชนะบรรจุต้องครอบคลุมรายละเอียด ดังนี้

2.2.1 ครอบป้องกัน

- 1) ความสมบูรณ์ของครอบทั้งภายนอกและภายใน
- 2) คุณภาพของตะเข็บครอบ โดยการตรวจสอบทางสายตาและฉีกวัดด้วยเครื่องมือ
- 3) การเคลือบของผิวภาชนะ
- 4) สิ่งปลอมปนและความสะอาดทั่วไปในภาชนะบรรจุ

2.2.2 ฝาครอบ

- 1) ความสมบูรณ์ของ sealing compound บริเวณขอบฝา
- 2) คุณภาพทั่วไปของฝา
- 3) ฝาชนิดเปิดง่าย (easy open) ต้องมี scoring อย่างสม่ำเสมอ และลึกเพียงพอที่จะเปิดครอบได้สะดวก แต่ไม่ลึกจนทำให้เป็นรอยร้าวหรือฉีกขาด

2.2.3 Retort pouch และ semi-rigid container

- 1) ความสะอาดทั่วไป
- 2) ข้อบกพร่องต่าง ๆ ได้แก่ delamination, tear notch หรือ seal strength ที่ไม่เหมาะสม
- 3) สารละลายหรือกลิ่นผิดปกติจากภายในถุง

2.2.4 ขวดแก้ว

- 1) ปากขวดแตก บิ่น หรือ ไม่สม่ำเสมอ และชิ้นส่วนของขวดแก้ว
- 2) รอยขีดข่วนและแตกร้าวของขวดแก้ว
- 3) ปากขวดไม่ได้รูปทรงกลมและมีผลต่อความสมบูรณ์ของการปิดฝา
- 4) ความสูงและรูปทรงของขวดไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ทำให้ปิดฝาไม่สนิท

2.2.5 ฟาขวด

- 1) ไม่มีสารเคลือบที่ด้านในของฟา มีรูเล็กๆ ที่สารเคลือบ มีรอยขีดข่วน สารเคลือบไม่ติดที่ตัวฟา (Enamel faults)
- 2) ไม่มีขอบยาง หรือขอบยางทำจากวัสดุไม่เหมาะสม (Gasket faults)

2.3 พาเลตหรือกล่องภาชนะบรรจุที่ผ่านการตรวจสอบแล้วต้องมีการบ่งชี้แสดงผลการตรวจรับและรายละเอียดอื่น ๆ เช่น โรงงานผลิต วันเดือนปีที่รับ จำนวน และขนาดภาชนะบรรจุอย่างชัดเจน

2.4 ภาชนะบรรจุที่พบข้อบกพร่อง ต้องมีการบ่งชี้อย่างชัดเจน และมีการควบคุมไม่ให้มีการนำกลับมาใช้ในการผลิต

3. การนำภาชนะบรรจุไปใช้

3.1 การขนส่ง การลำเลียง และการนำภาชนะเปล่าไปใช้ในการบรรจุต้องไม่ก่อให้เกิดความเสียหายหรือการปนเปื้อนสู่ภาชนะ และมีบันทึกการนำไปใช้ โดยควรมีรายละเอียดครอบคลุมชื่อโรงงานผลิต ขนาดภาชนะบรรจุ วันเดือนปีรวมถึงจำนวนที่รับเข้าและนำไปใช้

3.2 มีพนักงานสุ่มตรวจคุณภาพกระป๋อง ณ บริเวณปล่อยกระป๋องเปล่าเข้าห้องผลิต (depalletizing) อย่างสม่ำเสมอ ไม่นำกระป๋องเปล่าที่มีข้อบกพร่องมาใช้ เช่น กระป๋องบุบ มีรอยขีดอย่างรุนแรง ขอบกระป๋อง (flange) หรือตะเข็บกระป๋องไม่สมบูรณ์ ฯลฯ

3.3 ภาชนะบรรจุชนิดคงรูป เช่น กระป๋อง ขวดแก้ว ถ้วยพลาสติก หรือถ้วยอะลูมิเนียม ต้องมีการทำความสะอาดก่อนนำไปใช้ การทำความสะอาดอาจฉีดล้างด้วยน้ำสะอาด ใอน้ำ หรือลมเป่า กระป๋องที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วและลำเลียงเข้าเครื่องบรรจุทางสายพานหรือรางส่ง ต้องไม่อยู่ในลักษณะที่มีโอกาสทำให้เกิดการปนเปื้อน รางส่งกระป๋องต้องไม่มีจุดแหลมคมที่อาจทำให้เกิดรอยขีดหรือถลอกบนภาชนะ ความลาดเอียงของรางส่งต้องเหมาะสม ไม่ลาดชันจนทำให้เกิดการกระแทกของกระป๋องอย่างรุนแรง

3.4 ตรวจสอบคุณภาพของฟาภาชนะที่เครื่องปิดฟาก่อนป้อนฟาเข้าเครื่องเพื่อตรวจสอบข้อบกพร่องก่อนนำไปใช้ในการผลิต

3.5 ในระหว่างการทำความสะอาดบริเวณบรรจุ ต้องไม่มีภาชนะบรรจุค้างในรางส่งหรือบริเวณดังกล่าว นอกจากจะมีการป้องกันอย่างเหมาะสม ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนไปยังภาชนะ

4. ของเหลวบรรจุ (Packing Media)

4.1 ส่วนผสม (ingredient) ที่ใช้ต้องมีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะใช้ในอาหารได้ (food grade) และมีการตรวจสอบคุณภาพก่อนรับเข้า

4.2 ส่วนผสมและอัตราส่วนของของเหลวบรรจุ เป็นไปตามที่กำหนดในการทดสอบการแทรกผ่านความร้อน (heat penetration test) ของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

4.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมของเหลวบรรจุ รวมทั้งถังบรรจุ ต้องสะอาด มีฝาปิดมิดชิด สามารถป้องกันฝุ่นหรือสิ่งปลอมปนตกลงไปในถัง

5. การบรรจุผลิตภัณฑ์ (Filling)

5.1 สุ่มตรวจคุณภาพของผลิตภัณฑ์ก่อนบรรจุด้วยประสาทสัมผัสอย่างสม่ำเสมอ เพื่อตรวจสอบข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่อาจหลุดรอดมาจากการตรวจก่อนหน้า เช่น การเน่าเสีย สีและกลิ่นที่ผิดปกติ ซึ่งหากตรวจพบ ต้องแยกผลิตภัณฑ์ที่พบข้อบกพร่องนั้นออกจากการผลิตทันที สำหรับ retort pouch ต้องตรวจสอบผลิตภัณฑ์ไม่ให้มีก้างปลาหรือชิ้นส่วนที่แหลมคมซึ่งเป็นสาเหตุให้ถุงรั่วโดยเฉพาะในขณะ vacuum

5.2 ในระหว่างบรรจุต้องไม่ทำให้เกิดการตกค้างของผลิตภัณฑ์บนขอบกระป๋องหรือแนวผนึกของ retort pouch ซึ่งอาจทำให้การปิดฝาหรือปิดผนึกไม่สมบูรณ์ ต้องมีการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ

5.3 ควบคุมน้ำหนักบรรจุ (fill weight) และน้ำหนักสุทธิ (net weight) ทั้งการบรรจุที่ใช้เครื่องมือและมีมือ การควบคุมน้ำหนักบรรจุ ซึ่งนอกจากจะมีพนักงานบรรจุชั่งวัดแล้ว ต้องมีการสุ่มตรวจเป็นประจำสม่ำเสมอ และจัดเก็บบันทึกผลการตรวจวัดไว้สำหรับการตรวจสอบ

5.4 เครื่องชั่งน้ำหนักต้องได้รับการตรวจสอบความเที่ยงตรงอยู่เสมอ โดยควรตรวจสอบทุกครั้งก่อนเวลาเริ่มผลิตของแต่ละกะการทำงาน ทั้งเครื่องชั่งธรรมดาและเครื่องชั่งอัตโนมัติ

5.5 น้ำหนักบรรจุและน้ำหนักสุทธิต้องสอดคล้องกับน้ำหนักที่กำหนดในแต่ละผลิตภัณฑ์ตามชนิด ขนาดของภาชนะ และผลการทดสอบการแทรกผ่านความร้อน

5.6 Retort pouch ที่บรรจุแล้ว ต้องตรวจวัดความหนาของถุงผลิตภัณฑ์ไม่ให้มากกว่าที่กำหนด โดยใช้อุปกรณ์วัดที่เหมาะสม

5.7 ความคุมช่องว่างเหนืออาหาร (head space) ในภาชนะบรรจุคงรูป และ/หรือปริมาณอากาศ (air content) ในภาชนะบรรจุอ่อนตัว ซึ่งต้องสอดคล้องกับที่กำหนดในการทดสอบการแทรกผ่านความร้อน

5.8 การไล่อากาศในอาหารก่อนปิดฝาโดยการผ่านรางไล่อากาศ (exhaust box) หากมีผลต่อการแทรกผ่านความร้อน ต้องควบคุมให้สอดคล้องตามที่กำหนดในการทดสอบการแทรกผ่านความร้อน

6. การปิดภาชนะ

6.1 เครื่องปิดภาชนะบรรจุ ควรอยู่ในสภาพดี สะอาด มีการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ และปรับเครื่องให้เหมาะสมกับชนิดวัสดุของภาชนะบรรจุ

6.2 ก่อนเริ่มใช้เครื่องในแต่ละวันหรือหลังจากที่หยุดใช้เครื่องเป็นเวลานาน ต้องมีการตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องในการปิดภาชนะ โดยตรวจความสมบูรณ์ของตะเข็บคู่ (double seam) ฝา หรือรอยผนึก ด้วยสายตาและการฉีกวัด ซึ่งการตรวจสอบต้องทำทุกหัวเครื่องปิดกระป๋อง/ขวด หรือทุกตำแหน่งของเครื่องปิดผนึก พร้อมบันทึกผลการตรวจวัด

6.3 เครื่องปิดภาชนะคงรูปต้องมีประสิทธิภาพดี สามารถทำให้เกิดตะเข็บคู่หรือผนึกอย่างสมบูรณ์ และทำให้เกิดสุญญากาศ (vacuum) อย่างเหมาะสม ไม่ว่าสุญญากาศนั้นจะเกิดจากการบรรจุแบบร้อน การไล่อากาศ (exhaust) การใช้เครื่องปิดที่มี vacuum chamber หรือ การฉีดพ่นไอน้ำบนช่องว่างเหนืออาหาร (head space) ก่อนปิดฝา มีการตรวจวัดสุญญากาศอย่างสม่ำเสมอ และมีความถี่ที่เหมาะสม

6.4 ขั้นตอนตั้งแต่การบรรจุจนถึงการปิดฝาหรือปิดผนึก ควรอยู่ในระยะเวลาที่เหมาะสม มีการควบคุมและป้องกันไม่ให้เกิดการล่าช้าในระหว่างการผลิต

7. การตรวจสอบความสมบูรณ์ของภาชนะบรรจุ

7.1 การตรวจสอบข้อบกพร่องภายนอกของตะเข็บหรือผนึกภาชนะด้วยสายตา (visual check) หลังจากปิดภาชนะแล้ว ต้องสุ่มตรวจทุกหัวเครื่องปิดอย่างน้อยทุก 30 นาที ในระหว่างการผลิต โดยตรวจ 3 กระป๋องหรือขวดต่อ 1 หัวของเครื่องปิดภาชนะ หรือทุกตำแหน่งของเครื่องปิดผนึก สำหรับ retort pouch และ semi-rigid container เมื่อตรวจพบข้อบกพร่องที่มีผลต่อความสมบูรณ์

ของตะเข็บหรือพีนิก ต้องมีการดำเนินการแก้ไขทันที กรณีที่มีการซ่อมแก้ไขเครื่อง ต้องมีการตรวจสอบความสมบูรณ์ของตะเข็บหรือพีนิกก่อนเริ่มเดินเครื่องใหม่เสมอ พร้อมบันทึกผล

ตัวอย่างข้อบกพร่องของตะเข็บกระป๋อง ได้แก่

- Broken chuck
- Cut-over
- Cut-down flange
- Droop
- False seam
- Fractured seam
- Knock-down curl
- Knock-down end
- Knock-down flange
- Loose seam
- Spinner (Skidder)
- Vee

ตัวอย่างข้อบกพร่องของ retort pouch และ semi-rigid container ได้แก่

- Blister
- Channel leaker
- Compress seal
- Crooked seal
- Delamination
- Misaligned seal
- Seal creep
- Uneven seal juncture
- Wrinkle

ตัวอย่างข้อบกพร่องของขวดแก้ว ได้แก่

- Crushed lug
- Chipped glass finish ปากขวดแหงนบิ่น หรือ แตกเป็นชิ้นเล็ก ๆ

- Cut-through ส่วนบนของปากขวดถูกแรงกดลึกลงเข้าไปในขอบยางของฝาที่เคลือบโลหะทำให้เกิดการรั่วของขวด
- Cocked cap ฝาปิ่นเกลียวหรือฝาเอียง โดย lug ของฝาไม่สามารถวางบนเกลียวของปากขวด (lug ของปากขวด) ได้สนิท
- Stripped cap ปิดฝาขวดแน่นไป เกลียวของปากขวดประกบไม่สนิทกับ lug ของฝา ทำให้เห็นเนื้อโลหะของ lug โผล่ออกมา
- Cracked glass finish ปากขวดแตกร้าว

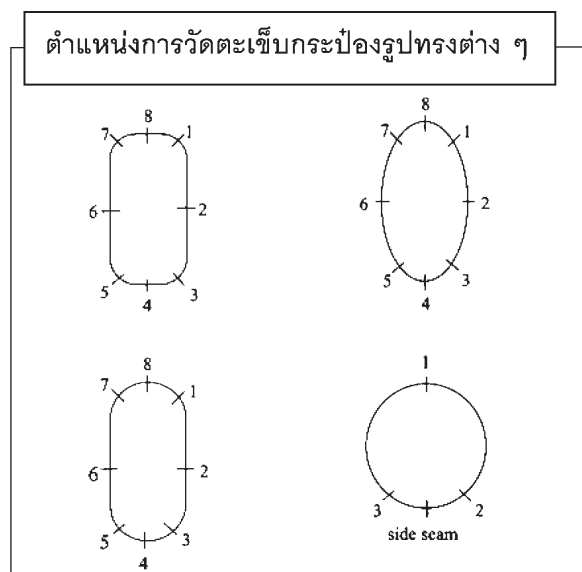
7.2 การฉีกวัดหรือตรวจวัดความสมบูรณ์ของตะเข็บกระป๋องและพนักขวด ต้องสุ่มตรวจทุกหัวเครื่องปิดอย่างน้อยทุก 4 ชั่วโมง ในระหว่างการผลิต โดยสุ่ม 1 กระป๋อง ต่อ 1 หัว เครื่องปิดภาชนะพร้อมบันทึกผล เมื่อตรวจพบข้อบกพร่องที่มีผลต่อความสมบูรณ์ของตะเข็บ ต้องมีการดำเนินการแก้ไขทันที

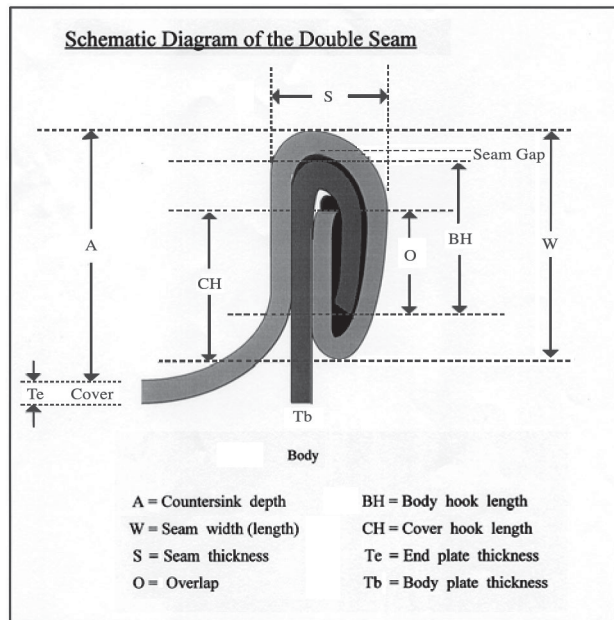
7.3 วิธีการฉีกวัดตะเข็บกระป๋องต้องเป็นไปตามมาตรฐานสากล กระป๋องทรงกลมควรวัด 3 จุดห่างจากกัน 120 องศา ถ้าเป็นกระป๋อง 3 ชั้น ควรวัดห่างจากตะเข็บข้างออกไปข้างละ 0.5 นิ้ว และอีกหนึ่งจุดตรงข้ามกับตะเข็บข้าง การตรวจวัดต้องรวมถึง

7.3.1 seam width, seam thickness และ countersink depth

7.3.2 body hook และ cover hook (end hook) เพื่อคำนวณหา overlap

7.3.3 seam tightness (หรือ wrinkle free) และ pressure ridge





$$O = CH + BH + Te - W$$

$$\% \text{ overlap} = \frac{O}{W - (2 Te + Tb)} \times 100$$

$$\% \text{ Body hook butting} = \frac{BH - 1.1 Tb}{W - 1.1 (2 Te + Tb)} \times 100$$

$$\text{Free space} = S - (2 Tb + 3 Te)$$

7.4 ในกรณีที่ใช้ micrometer ในการตรวจวัดตะเข็บ ต้องมีการปรับเทียบอยู่เสมอ โดยเมื่อปรับตัวหมุนให้สุดตัววัดแล้ว ต้องอ่านค่าได้เท่ากับศูนย์

7.5 การตรวจวัดผนังของภาชนะบรรจุชนิด retort pouch และ semi-rigid container ต้องรวมการตรวจสอบความแข็งแรงของผนังด้วย โดยอาจใช้วิธีแรงดึง หรือ burst-pressure test และมีความถี่การตรวจอย่างน้อยทุก 4 ชั่วโมง โดยสุ่ม 1 ถูต่อ 1 ตำแหน่งการปิดผนัง

7.6 ในกรณีที่ตรวจพบข้อบกพร่องของตะเข็บหรือผนังที่มีผลต่อความสมบูรณ์ของภาชนะ ต้องหยุดเดินเครื่องทันที และกักผลิตภัณฑ์เพื่อการตรวจสอบตั้งแต่เวลาที่ตรวจพบข้อบกพร่องย้อนไปถึงเวลาสุดท้ายที่ตรวจสอบก่อนหน้านั้น โดยแยกและชี้บ่งผลิตภัณฑ์ที่กักให้ชัดเจน

8. การปฏิบัติหลังปิดภาชนะ

8.1 ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุและปิดฝาแล้ว ควรล้างให้สะอาดด้วยน้ำหรือน้ำยาชนิดใช้กับอาหารได้ ก่อนนำไปฆ่าเชื้อ เพื่อกำจัดคราบน้ำมัน เศษอาหาร หรือสิ่งปลอมปนอื่น ๆ ที่อาจติดมากับภาชนะบรรจุ การล้างต้องไม่ปฏิบัติรุนแรงจนทำให้เกิดการขีดข่วน หรือทำให้เกิดการเสียหายต่อภาชนะบรรจุ

8.2 การจัดเรียงผลิตภัณฑ์ลงตะกร้าฆ่าเชื้อ ต้องไม่ทำให้ภาชนะโดยเฉพาะภาชนะชนิดอ่อนตัว เกิดการเสียหาย หรือเกิดข้อบกพร่องที่มีผลต่อความสมบูรณ์ของภาชนะ

8.3 การจัดเรียงผลิตภัณฑ์ต้องไม่ทำให้เกิดการขีดขวางการไหลเวียนของไอน้ำในหม้อฆ่าเชื้อ สำหรับ retort pouch ส่วนของถุงผลิตภัณฑ์ต้องไม่วางในลักษณะซ้อนทับกัน

8.4 มีบันทึกการจัดเรียงผลิตภัณฑ์ลงตะกร้าหม้อฆ่าเชื้อ โดยมีรายละเอียดของจำนวน ผลิตภัณฑ์โดยประมาณ ขนาดภาชนะ รหัสผลิตภัณฑ์ และเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของการจัดเรียง

8.5 มีการป้องกันที่เหมาะสม ไม่ให้ผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่ฆ่าเชื้อปะปนกับผลิตภัณฑ์ที่ฆ่าเชื้อแล้ว เช่น ใช้หม้อฆ่าเชื้อชนิด 2 ประตู มีการกั้นแบ่งบริเวณอย่างเด็ดขาดระหว่างบริเวณที่มีผลิตภัณฑ์ที่ฆ่าเชื้อแล้วและที่ยังไม่ฆ่าเชื้อ หรือปิดประตูหม้อฆ่าเชื้อเมื่อพร้อมจะฆ่าเชื้อแล้วเท่านั้น

8.6 ตะแกรงหรือตะกร้าหม้อฆ่าเชื้อทุกใบ ต้องมีเครื่องหมายแสดงสถานภาพการฆ่าเชื้ออย่าง ชัดเจน ซึ่งอาจใช้แผ่นเปลี่ยนสีเมื่อผ่านความร้อน (heat-sensitive indicator) หรือวิธีการอื่น ๆ ที่เหมาะสม แผ่นดังกล่าว ต้องจัดเก็บเพื่อยืนยันการฆ่าเชื้อเมื่อผลิตภัณฑ์ได้ผ่านการฆ่าเชื้อและจัดเรียง ลงพาเลตแล้ว

9. รหัสผลิตภัณฑ์

มีรหัสผลิตภัณฑ์ที่อ่านได้ชัดเจนและไม่ลบเลือนปรากฏบนภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ก่อนการฆ่าเชื้อ ซึ่งอาจใช้วิธีปั๊ม (emboss) หรือหมึกพิมพ์ (ink jet) โดยต้องไม่ทำให้เกิดความเสียหายที่มีผลต่อ ความสมบูรณ์ของภาชนะบรรจุ รหัสการผลิตอาจรวมถึงประเภทของผลิตภัณฑ์ โรงงานที่ผลิต และ วันเดือนปีที่ผลิต

10. กระบวนการฆ่าเชื้อ

10.1 ช่วงเวลาระหว่างการปิดภาชนะจนถึงเวลาเริ่มเปิดไอน้ำเข้าหม้อฆ่าเชื้อ ต้องไม่เกิน 2 ชั่วโมง

10.2 วัตถุดิบอุณหภูมิเริ่มต้น (initial temperature: IT) ของผลิตภัณฑ์ตามความถี่ที่เหมาะสม โดยเลือกภาชนะที่เย็นที่สุดก่อนการฆ่าเชื้อเพื่อตรวจสอบอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ ซึ่งต้องไม่ต่ำกว่าที่กำหนดในกระบวนการฆ่าเชื้อที่ผ่านการตรวจยืนยันแล้ว (scheduled process)

10.3 ในกรณีที่ฆ่าเชื้อด้วยระบบไอน้ำ การไล่อากาศในหม้อฆ่าเชื้อต้องสามารถไล่อากาศได้อย่างสมบูรณ์เพื่อให้เกิดไอน้ำอิ่มตัว ในขณะที่ไล่อากาศควรเปิดท่อระบายน้ำเพื่อระบายน้ำที่เกิดจากการควบแน่นของไอน้ำบริเวณผนังหม้อ ตะแกรงหรือบริเวณรอบผลิตภัณฑ์ ในช่วงเริ่มต้นของการเปิดไอน้ำ ตามผลการทดสอบการกระจายความร้อน (temperature distribution test)

10.4 กระบวนการฆ่าเชื้อต้องได้รับการตรวจยืนยันโดยบุคลากรหรือหน่วยงานที่มีความรู้ความชำนาญในกระบวนการฆ่าเชื้ออาหารประเภทกรดต่ำในภาชนะบรรจุปิดสนิท มีเครื่องมืออุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบนี้ รวมทั้งมีรายงานผลการตรวจยืนยันดังกล่าว ที่ระบุถึงปัจจัยวิกฤต (critical factor) ต่าง ๆ ที่มีผลต่อกระบวนการฆ่าเชื้อและต้องควบคุมในระหว่างการผลิต เช่น

- ลักษณะการบรรจุ และสูตรของส่วนผสมที่ใช้
- ขนาดของภาชนะบรรจุ
- น้ำหนักบรรจุ
- ช่องว่างเหนืออาหาร
- ความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์
- ปริมาณอากาศในภาชนะบรรจุ
- อุณหภูมิเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์
- อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ

10.5 การฆ่าเชื้อต้องสอดคล้องตามขั้นตอนที่ได้รับการตรวจยืนยันแล้ว ในกรณีที่ฆ่าเชื้อด้วยระบบไอน้ำ ต้องสอดคล้องตั้งแต่ขั้นตอนการไล่อากาศ (venting schedule) อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ และการทำให้เย็นหลังการฆ่าเชื้อ

11. การควบคุมการฆ่าเชื้อ

11.1 มีตารางการฆ่าเชื้อทั้งอุณหภูมิและเวลาตามประเภทการบรรจุและขนาดภาชนะของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งขั้นตอนการไล่อากาศ ในบริเวณหม้อฆ่าเชื้อให้สามารถใช้งานได้อย่างสะดวก

11.2 พนักงานควบคุมหม้อฆ่าเชื้อ ต้องมีความเข้าใจและได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับการควบคุมและการใช้งานหม้อฆ่าเชื้อ

11.3 บริเวณที่ตั้งของหม้อฆ่าเชื้อควรสะอาดอยู่เสมอ โดยเฉพาะบริเวณที่มีการเดินผ่านตะกร้าที่ฆ่าเชื้อแล้ว พื้นบริเวณดังกล่าวต้องไม่มีน้ำขัง ซึ่งอาจกระเด็นไปปนเปื้อนผลิตภัณฑ์ได้

11.4 หม้อฆ่าเชื้อและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ ต้องเหมาะสมและสามารถฆ่าเชื้อได้ตามที่กำหนด มีการตรวจสอบสภาพของหม้อฆ่าเชื้ออย่างสม่ำเสมอ

11.5 ตรวจสอบการระบายการฆ่าเชื้อโดยตรวจสอบอุณหภูมิและเวลาอย่างต่อเนื่อง โดยใช้อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องตามที่ระบุในข้อ 12.1.1 และ 12.1.2 หรือ 12.2.1 และ 12.2.2

11.6 ในบริเวณหม้อฆ่าเชื้อต้องมีนาฬิกาติดผนังที่เที่ยงตรง มีเข็มวินาทีหรือตัวเลขที่ระบุถึงวินาทีในกรณีที่เป็นนาฬิกาดิจิตอล สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน จากจุดควบคุมการทำงานของหม้อฆ่าเชื้อ และการจับเวลาการฆ่าเชื้อต้องใช้นาฬิกาติดผนังเท่านั้น ไม่ใช้นาฬิกาข้อมือโดยเด็ดขาด ในกรณีที่ใช้นาฬิกามากกว่า 1 เรือนในบริเวณเดียวกัน ต้องปรับเวลาทุกเรือนให้ตรงกัน

11.7 ในกรณีที่ฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ ก่อนการไล่อากาศในหม้อฆ่าเชื้อ ท่อไอน้ำหลัก (main steam) ที่ส่งไอน้ำเข้าหม้อฆ่าเชื้อ ต้องมีความดันไอน้ำไม่ต่ำกว่า 90 psi เพื่อให้การไล่อากาศเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ หรือหากความดันน้อยกว่านี้ต้องมีผลการทดสอบยืนยัน

12. อุปกรณ์หม้อฆ่าเชื้อ

12.1 หม้อฆ่าเชื้อชนิดนิ่งและใช้ไอน้ำ (Steam Still Retort)

12.1.1 เทอร์โมมิเตอร์ชนิดปรอทในหลอดแก้ว (Mercury-In-Glass Thermometer)

1) หม้อฆ่าเชื้อทุกหม้อต้องมีเทอร์โมมิเตอร์ชนิดปรอทในหลอดแก้วติดตั้งในตำแหน่งที่เหมาะสม สามารถอ่านค่าอุณหภูมิได้อย่างถูกต้องจากจุดที่พนักงานทำการควบคุมไอน้ำ มีความละเอียดของอุณหภูมิอย่างน้อย 0.5°C โดยมีช่วงการอ่านไม่มากกว่า 4°C ต่อ 1 ซม.

2) เทอร์โมมิเตอร์ทุกตัวต้องได้รับการปรับเทียบความเที่ยงตรงเมื่อแรกติดตั้ง และอย่างน้อยปีละครั้งหลังจากนั้น การปรับเทียบทุกครั้งต้องมีบันทึกวันเดือนปีที่ปรับเทียบ เทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานที่ใช้ วิธีการปรับเทียบ ผลปรับเทียบ และผู้ทำการปรับเทียบ เทอร์โมมิเตอร์ที่มีอุณหภูมิเบี่ยงเบนไปจากมาตรฐาน 0.5°C หรือปรอทเหลวขาดช่วง ต้องนำไปซ่อมแซมแก้ไขก่อนนำกลับมาใช้งาน หรือเปลี่ยนตัวใหม่

3) เทอร์โมมิเตอร์ทุกตัวควรมีการบ่งชี้สถานะการปรับเทียบ เช่น ป้ายหรือสติ๊กเกอร์ระบุวันเดือนปีที่ปรับเทียบ และการปรับเทียบครั้งต่อไป

4) กระจาปะเทอร์โมมิเตอร์อาจติดตั้งบนผนังหม้อฆ่าเชื้อโดยตรง หรือท่อที่ต่อออกจากผนังหม้อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 3/4 นิ้ว เทอร์โมมิเตอร์ที่ติดตั้งบนท่อภายนอกหม้อฆ่าเชื้อ จะต้องมียาลัดเคอร์ขนาดอย่างน้อย 1/16 นิ้ว ที่ตำแหน่งฐานกระจาปะเทอร์โมมิเตอร์ เพื่อให้ไอน้ำไหลเวียนในบริเวณดังกล่าวได้ทั่วถึง

5) ต้องใช้เทอร์โมมิเตอร์ชนิดปรอทในหลอดแก้วสำหรับอ้างอิงอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อเท่านั้น ไม่ใช้กราฟบันทึกอุณหภูมิ

12.1.2 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Temperature Recording Device)

1) หม้อฆ่าเชื้อทุกหม้อต้องมีเครื่องบันทึกอุณหภูมิโดยมีความละเอียดของการอ่านอุณหภูมิได้ไม่มากกว่า 1 °C ในแต่ละช่วง 5 °C ของอุณหภูมิฆ่าเชื้อ และปรับให้อ่านได้ใกล้เคียงกับเทอร์โมมิเตอร์ชนิดปรอทในหลอดแก้วมากที่สุด และต้องไม่สูงกว่าเทอร์โมมิเตอร์โดยเด็ดขาด

2) เครื่องบันทึกอุณหภูมิจะปรับได้โดยบุคคลที่ได้รับมอบหมายเท่านั้น ควรมีการป้องกันไม่ให้มีการปรับแต่งโดยพลการ เช่น มีป้ายระบุ หรือมีอุปกรณ์ปิดล็อก เครื่องบันทึกอุณหภูมิอาจทำงานร่วมกับตัวควบคุมไอน้ำในเครื่องเดียวกันโดยเป็นทั้งเครื่องบันทึกและควบคุม ซึ่งถ้าใช้ลมเป็นตัวควบคุมอุณหภูมิ ต้องมีที่กรองที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ลมที่แห้งและสะอาด

3) ในกรณีติดตั้งกระจาปะเครื่องบันทึกอุณหภูมิที่ท่อชั้นนอกของหม้อฆ่าเชื้อ ต้องมียาลัดเคอร์ขนาดอย่างน้อย 1/16 นิ้ว เพื่อให้ไอน้ำไหลเวียนในบริเวณดังกล่าวได้ทั่วถึง

4) เครื่องบันทึกอุณหภูมิต้องถูกต้องและเที่ยงตรงมีการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ

12.1.3 มาตรวัดความดัน (Pressure Gauge)

1) หม้อฆ่าเชื้อทุกหม้อต้องมีมาตรวัดความดันที่มีขีดบอกความดันตั้งแต่ 0 และครอบคลุมค่าความดันที่ใช้ในหม้อฆ่าเชื้อ 2 ใน 3 ของค่าความดันสูงสุดของมาตรวัดนั้น ขีดแบ่งมีความละเอียดอย่างน้อย 2 psi (0.14 kg/cm²) ขนาดหน้าปัดของมาตรวัดควรมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 4 นิ้ว (102 มม.)

2) ต้องมีการปรับเทียบความเที่ยงตรงของมาตรวัดกับตัวมาตรฐานอย่างน้อยปีละครั้ง และควรมีการบ่งชี้สถานะการปรับเทียบ เช่น ป้ายหรือสติ๊กเกอร์ระบุวันเดือนปีที่ปรับเทียบ และการปรับเทียบครั้งต่อไป ซึ่งมาตรวัดที่เที่ยงตรงต้องให้ค่าความดันสอดคล้องกับอุณหภูมิที่ระดับน้ำทะเลเดียวกัน

ความสัมพันธ์ระหว่างความดันไอน้ำและอุณหภูมิ

อุณหภูมิ (°F)	ระดับน้ำ ทะเล	ความสูงจากระดับน้ำทะเล (ฟุต)							อุณหภูมิ (°C)
		500	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	6,000	
200	-	-	-	-	-	-	-	-	93.3
205	-	-	-	-	-	-	0.5	0.9	96.1
210	-	-	-	0.4	0.9	1.4	1.8	2.3	98.9
212	0.0	0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.4	2.9	100.0
215	0.9	1.1	1.4	1.9	2.4	2.9	3.3	3.8	101.7
220	2.5	2.7	3.0	3.4	3.9	4.4	4.9	5.3	104.4
225	4.2	4.5	4.7	5.2	5.7	6.2	6.6	7.1	107.2
230	6.1	6.3	6.6	7.1	7.6	8.0	8.5	9.0	110.0
235	8.1	8.3	8.6	9.1	9.6	10.0	10.5	11.0	112.8
240	10.3	10.5	10.8	11.3	11.7	12.2	12.7	13.1	115.6
242	11.2	11.4	11.7	12.2	12.7	13.1	13.6	14.1	116.7
245	12.6	12.9	13.1	13.6	14.1	14.6	15.0	15.5	118.3
248	14.1	14.3	14.6	15.1	15.6	16.0	16.5	17.0	120.0
250	15.1	15.4	15.6	16.1	16.6	17.1	17.5	18.0	121.1
252	16.2	16.4	16.7	17.2	17.7	18.1	18.6	19.1	122.2
255	17.8	18.1	18.3	18.8	19.3	19.8	20.2	20.7	123.9
260	20.7	21.0	21.2	21.7	22.2	22.7	23.1	23.6	126.7
265	23.8	24.0	24.3	24.8	25.3	25.8	26.3	26.8	129.4
270	27.3	27.5	27.8	28.3	28.8	29.3	29.8	30.3	132.2
275	30.9	31.2	31.5	32.0	32.5	33.0	33.5	34.0	135.0

12.1.4 อุปกรณ์ควบคุมไอน้ำ (Steam Controller)

หม้อฆ่าเชื้อต้องมีอุปกรณ์ควบคุมไอน้ำอัตโนมัติเพื่อรักษาอุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อ ซึ่งอาจทำงานร่วมกับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ การควบคุมไอน้ำอาจควบคุมโดยลมและตัวเซนเซอร์ของอุณหภูมิที่ติดตั้งใกล้กับกระเปาะเทอร์โมมิเตอร์ชนิดปรอทในหลอดแก้ว

12.1.5 ท่อไอน้ำเข้า (Steam Inlet)

ท่อไอน้ำเข้าหม้อฆ่าเชื้อต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะทำให้การฆ่าเชื้อเป็นไปอย่างเหมาะสม อาจติดตั้งบริเวณด้านบนหรือด้านล่างของหม้อฆ่าเชื้อ แต่ต้องอยู่ในทิศทางตรงข้ามกับท่อไล่อากาศเสมอ

12.1.6 ท่อกระจายไอน้ำ (Steam Spreader)

1) ท่อกระจายไอน้ำเป็นท่อที่ต่อเนื่องจากท่อไอน้ำเข้าซึ่งติดตั้งอยู่ภายในหม้อฆ่าเชื้อ ความยาวของท่อกระจายไอน้ำต้องเท่ากับ ความยาวของหม้อฆ่าเชื้อในกรณีที่เป็นหม้อชนิดแนวนอน และถ้าหม้อมีความยาวมากกว่า 30 ฟุต ต้องมีท่อไอน้ำเข้าหม้อแยกเป็น 2 ท่อ

2) รูกระจายไอน้ำควรอยู่ด้านบนของท่อเป็นแนวยาว 2 แถวตลอดความยาวของท่อกระจายไอน้ำ โดยมีระยะห่างระหว่างรูเท่า ๆ กัน และทำมุม 90 องศา กับรูอีกแถว หรือ 45 องศา กับแนวตรงกลางด้านบนของท่อ

3) ขนาดของรูกระจายไอน้ำต้องไม่เล็กกว่า 3/16 นิ้ว และมีจำนวนเหมาะสมกับขนาดของท่อกระจายไอน้ำ โดยพื้นที่หน้าตัดรวมของรูกระจายไอน้ำทั้งหมดต้องเท่ากับ $1 \frac{1}{2}$ ถึง 2 เท่าของพื้นที่หน้าตัดของท่อไอน้ำเข้า (steam inlet)

4) ท่อกระจายไอน้ำต้องไม่เป็นสนิม รูกระจายไม่อุดตัน และมีการบำรุงรักษาสม่ำเสมอ

ขนาดของรูกระจายไอน้ำ	จำนวนรูกระจายไอน้ำสัมพันธ์กับขนาดของท่อไอน้ำเข้า				
	1 นิ้ว	1 1/4 นิ้ว	1 1/2 นิ้ว	2 นิ้ว	2 1/2 นิ้ว
3/16	47-62	81-108	11-148	183-244	260-346
7/32	35-56	60-80	71-108	135-180	190-254
1/4	27-36	45-60	63-84	102-137	147-196
5/16	-	30-40	40-54	66-88	93-124
3/8	-	21-28	28-37	45-60	66-88
7/16	-	-	21-28	33-45	48-64
1/2	-	-	15-20	26-36	36-48

12.1.7 บลีดเดอร์ (Bleeders)

1) บลีดเดอร์ที่ติดตั้งบนหม้อฆ่าเชื้อชนิดแนวนอน (ยกเว้นบลีดเดอร์ของเทอร์โมมิเตอร์) ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 1/8 นิ้ว (3 มม.) ห่างจากปลายหม้อไม่มากกว่า 1 ฟุต และห่างระหว่างกันไม่มากกว่า 8 ฟุต หรือหากติดตั้งในตำแหน่งที่นอกเหนือไปจากตำแหน่งดังกล่าว ต้องมีผลการทดลองการกระจายความร้อน (heat distribution) ยืนยันความสมบูรณ์ของการไล่อากาศและการไหลเวียนของไอน้ำในหม้อฆ่าเชื้อ

2) ติดตั้งบลีดเดอร์ในลักษณะที่สามารถมองเห็นไอน้ำที่ออกมาได้อย่างชัดเจน ควรเปิดบลีดเดอร์เต็มในทุกตัวตลอดกระบวนการฆ่าเชื้อ ซึ่งรวมทั้งในระหว่างการไล่อากาศ การดึงอุณหภูมิขึ้น และการฆ่าเชื้อ

3) ในกรณีที่หม้อฆ่าเชื้อมีท่อไอน้ำเข้าทางด้านบนและท่อไล่อากาศด้านล่างหม้อดังกล่าวต้องมีบลีดเดอร์อยู่ด้านล่างเพื่อระบายน้ำที่เกิดจากการควบแน่น (condensate) และต้องเปิดตลอดในระหว่างการฆ่าเชื้อ

12.1.8 อุปกรณ์จัดเรียงผลิตภัณฑ์ (Stacking Equipment)

1) ตะกร้า/ตะแกรงใส่ผลิตภัณฑ์ ควรมีช่องเปิดเหมาะสมให้ไอน้ำไหลเวียนได้ทั่วกระป๋องในระหว่างการไล่อากาศ การดึงอุณหภูมิและการฆ่าเชื้อ ทั้งนี้ ส่วนของอุปกรณ์ดังกล่าวต้องไม่มีขอบคมหรือส่วนแหลมคมที่อาจทำให้เกิดการขีดข่วนภาชนะผลิตภัณฑ์

2) ในกรณีที่ใช้แผ่นรองตะแกรงระหว่างชั้น แผ่นรองต้องอยู่ในสภาพดี ไม่ทำให้กระป๋องเสียหาย ขนาดรูของแผ่นรองควรมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว และมีระยะจุดศูนย์กลางของช่องเปิด 2 รูในแถวตรงเดียวกัน 2 นิ้ว ขนาดของแผ่นรองต้องพอดีกับตะแกรงหม้อฆ่าเชื้อ ไม่ทำให้กระป๋องเกิด nesting

3) ใช้แผ่นรองเพียง 1 แผ่นระหว่างชั้นของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ จำนวนทั้งหมดที่ใช้ต้องสอดคล้องกับผลการศึกษาการกระจายความร้อน

12.1.9 ท่อไล่อากาศ (Vents)

1) ติดตั้งในตำแหน่งตรงข้ามกับทางเข้าของไอน้ำ เช่น ถ้าไอน้ำเข้าหม้อฆ่าเชื้อทางด้านล่าง ท่อไล่อากาศต้องอยู่ทางด้านบน และมีขนาดพื้นที่หน้าตัดใหญ่กว่าพื้นที่หน้าตัดของท่อไอน้ำเข้า ท่อไล่อากาศควรมีลักษณะสั้นและตรง เพื่อให้การไล่อากาศในหม้อเป็นไปอย่างสมบูรณ์ และไม่ควรต่อท่อไล่อากาศร่วมกับท่อน้ำทิ้งแบบปิดโดยตรง ยกเว้นจะมีการติดตั้งตัวป้องกันไม่ให้อากาศไหลกลับเข้าไปในท่อระบายน้ำ

2) ติดตั้งวาล์วชนิด gate valve หรือ ball valve หรือวาล์วชนิดอื่นที่เมื่อเปิดจนสุดแล้ว จะทำให้อากาศระบายออกได้อย่างเต็มที่โดยไม่มีสิ่งกีดขวาง

3) หม้อฆ่าเชื้อที่มีท่อไล่อากาศย่อยมากกว่า 1 ท่อ และมีท่อรวม (manifold) ก่อนปล่อยอากาศออกสู่ภายนอก ท่อไล่อากาศย่อยแต่ละท่อควรห่างกันไม่มากกว่า 5 ฟุต และห่างจากปลายหม้อทั้ง 2 ข้างไม่มากกว่า 2.5 ฟุต ขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อรวม ควรเท่ากับหรือใหญ่กว่าพื้นที่หน้าตัดรวมของท่อย่อยทั้งหมด และมีวาล์วควบคุมเพียงวาล์วเดียว

4) ในกรณีที่มีท่อไล่อากาศรวมใหญ่ (manifold header) เชื่อมต่อท่อรวม (manifold) ของแต่ละหม้อฆ่าเชื้อ เพื่อปล่อยอากาศสู่ภายนอก ท่อรวมใหญ่นั้นต้องไม่มีวาล์วเปิดปิด และขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อต้องมากกว่าพื้นที่หน้าตัดรวมของท่อไล่อากาศรวมทั้งหมดที่ต่อเชื่อมกัน และไล่อากาศพร้อมกัน

12.1.10 วาล์วนิรภัย (Safety Valve)

1) มีวาล์วนิรภัยติดตั้งที่หม้อฆ่าเชื้อทุกหม้อ เพื่อช่วยในการระบายความดันในกรณีที่หม้อฆ่าเชื้อมีความดันสูงกว่าที่กำหนด การเลือกใช้ชนิดของวาล์วเพื่อให้เหมาะสมกับสภาวะการผลิตของโรงงาน ควรเป็นไปตามข้อกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของโรงงานผู้ผลิตวาล์ว

2) ตรวจสอบวาล์วนิรภัยอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้มั่นใจว่าวาล์วนั้นยังทำงานได้ตามที่ต้องการ ช่องปล่อยไอน้ำของวาล์วในกรณีที่มีการระบายไอน้ำออกมา ต้องหันไปในทิศทางที่ไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน

12.1.11 ท่อลม (Air Inlet)

หม้อฆ่าเชื้อที่ใช้ลมในการรักษาความดันภายในหม้อในระหว่างการทำให้ผลิตภัณฑ์เย็น ต้องติดตั้งวาล์วลมที่เหมาะสม และปิดสนิทไม่มีลมรั่วเข้าไปในหม้อในระหว่างการฆ่าเชื้อ

12.2 หม้อฆ่าเชื้อชนิดนิ่งและใช้น้ำ (Pressure Water in Still Retort)

12.2.1 เทอร์โมมิเตอร์ชนิดปรอทในหลอดแก้ว (Mercury-In-Glass Thermometer)

1) หม้อฆ่าเชื้อทุกหม้อต้องมีเทอร์โมมิเตอร์ชนิดปรอทในหลอดแก้วติดตั้งในตำแหน่งที่เหมาะสม สามารถอ่านค่าอุณหภูมิได้อย่างถูกต้อง มีความละเอียดของอุณหภูมิอย่างน้อย $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ โดยมีช่วงการอ่านไม่มากกว่า $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ต่อ 1 ซม.

2) เทอร์โมมิเตอร์ทุกตัวต้องได้รับการปรับเทียบความเที่ยงตรงเมื่อแรกติดตั้งและอย่างน้อยปีละครั้งหลังจากนั้น การปรับเทียบทุกครั้งต้องมีบันทึกวันเดือนปีที่ปรับเทียบ เทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานที่ใช้ วิธีการปรับเทียบ ผลการปรับเทียบ และผู้ทำการปรับเทียบ เทอร์โมมิเตอร์ที่มีอุณหภูมิเบี่ยงเบนไปจากมาตรฐาน $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ หรือปรอทเหลวขาดช่วง ต้องนำไปซ่อมแซมแก้ไขก่อนนำกลับมาใช้งาน หรือเปลี่ยนตัวใหม่

3) เทอร์โมมิเตอร์ทุกตัวควรมีการบ่งชี้สถานะการปรับเทียบ เช่น ป้ายหรือสติ๊กเกอร์ระบุวันเดือนปีที่ปรับเทียบ และการปรับเทียบครั้งต่อไป

4) กระจกเปาะเทอร์โมมิเตอร์ต้องติดตั้งให้อยู่ในตำแหน่งที่ต่ำกว่าระดับผิวน้ำที่ใช้ในการฆ่าเชื้ออย่างน้อย 5 ซม. หรือ 2 นิ้ว ถ้าเป็นหม้อฆ่าเชื้อชนิดแนวนอน ต้องติดตั้งโดยตรงที่ผนังหม้อบริเวณด้านข้างตรงกลางของหม้อ

5) ต้องใช้เทอร์โมมิเตอร์ชนิดปรอทในหลอดแก้วสำหรับอ้างอิงอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อเท่านั้น ไม่ใช้กราฟบันทึกอุณหภูมิ

12.2.2 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Temperature Recording Device)

1) หม้อฆ่าเชื้อทุกหม้อต้องมีเครื่องบันทึกอุณหภูมิ โดยมีความละเอียดของการอ่านอุณหภูมิได้ไม่มากกว่า $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ในแต่ละช่วง $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ของอุณหภูมิฆ่าเชื้อ และปรับให้อ่านได้ใกล้เคียงกับเทอร์โมมิเตอร์ชนิดปรอทในหลอดแก้วมากที่สุด โดยต้องไม่สูงกว่าเทอร์โมมิเตอร์โดยเด็ดขาด

2) เครื่องบันทึกอุณหภูมิจะปรับได้โดยบุคคลที่ได้รับมอบหมายเท่านั้น ควรมีการป้องกันไม่ให้มีการปรับแต่งโดยพลการ เช่น มีป้ายระบุ หรือมีอุปกรณ์ปิดล็อก เครื่องบันทึกอุณหภูมิอาจทำงานร่วมกับตัวควบคุมไอน้ำในเครื่องเดียวกันโดยเป็นทั้งเครื่องบันทึกและควบคุม

- 3) กระเปาะเครื่องบันทึกอุณหภูมิควรติดตั้งในตำแหน่งที่ใกล้กับกระเปาะเทอร์โมมิเตอร์ หรืออยู่ในตำแหน่งที่อุณหภูมิต่ำสุดในหม้อฆ่าเชื้อ แต่ต้องไม่สัมผัสกับไอน้ำโดยตรง
- 4) เครื่องบันทึกอุณหภูมิต้องเที่ยงตรง และมีการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ

12.2.3 มาตรวัดความดัน (Pressure Gauge)

- 1) หม้อฆ่าเชื้อทุกหม้อต้องมีมาตรวัดความดันที่มีขีดบอกความดันตั้งแต่ 0 และครอบคลุมค่าความดันที่ใช้ในหม้อฆ่าเชื้อ 2 ใน 3 ของค่าความดันสูงสุดของมาตรวัดนั้น ขีดแบ่งมีความละเอียดอย่างน้อย 2 psi (0.14 kg/cm²) ขนาดหน้าปัดของมาตรวัดควรมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 4 นิ้ว (102 มม.)
- 2) ต้องมีการปรับเทียบความเที่ยงตรงของมาตรวัดกับตัวมาตรฐานอย่างน้อยปีละครั้ง และควรมีการบ่งชี้สถานะการปรับเทียบ เช่น ป้ายหรือสติ๊กเกอร์ระบุวันเดือนปีที่ปรับเทียบ และการครบรอบครั้งต่อไป ซึ่งมาตรวัดที่เที่ยงตรงต้องให้ค่าความดันสอดคล้องกับอุณหภูมิที่ระดับน้ำทะเลเดียวกัน

12.2.4 วาล์วนิรภัย (Safety Valve)

- 1) มีวาล์วนิรภัยติดตั้งที่หม้อฆ่าเชื้อทุกหม้อ เพื่อใช้ในการระบายความดันในกรณีที่หม้อฆ่าเชื้อมีความดันสูงมากกว่าที่กำหนด การเลือกใช้ชนิดของวาล์วเพื่อให้เหมาะสมกับสภาวะการผลิตของโรงงาน ควรเป็นไปตามข้อกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของโรงงานผู้ผลิตวาล์ว
- 2) ตรวจสอบวาล์วนิรภัยอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ความมั่นใจว่าวาล์วนั้นยังทำงานได้ตามที่ต้องการ ช่องปล่อยไอน้ำของวาล์วในกรณีที่มีการระบายไอน้ำออกมา ต้องหันไปในทิศทางที่ไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน

12.2.5 วาล์วควบคุมความดัน (Pressure Control Valve)

นอกจากวาล์วนิรภัยแล้ว ควรติดตั้งวาล์วควบคุมความดันที่ท่อน้ำล้น (overflow line) โดยวาล์วดังกล่าวต้องสามารถป้องกันการเพิ่มของความดันที่ไม่ต้องการในหม้อฆ่าเชื้อ และใช้สำหรับควบคุมระดับน้ำสูงสุดในหม้อ ควรมีตะแกรงกั้นวาล์วที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการอุดตันเนื่องจากผลิตภัณฑ์หรือเศษอื่น ๆ

12.2.6 อุปกรณ์ควบคุมไอน้ำ (Steam Controller)

หม้อฆ่าเชื้อต้องมีอุปกรณ์ควบคุมไอน้ำอัตโนมัติเพื่อรักษาอุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อ ซึ่งอาจทำงานร่วมกับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ

12.2.7 ท่อไอน้ำเข้า (Steam Inlet)

ท่อไอน้ำเข้าหม้อฆ่าเชื้อต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะทำให้การฆ่าเชื้อในหม้อเป็นไปอย่างเหมาะสม ทำให้เกิดการกระจายความร้อนอย่างทั่วถึงทั้งหม้อ

12.2.8 อุปกรณ์จัดเรียงผลิตภัณฑ์ (Stacking Equipment)

ตะกร้า/ตะแกรงใส่ผลิตภัณฑ์และแผ่นรองตะกร้า ควรมีช่องเปิดเหมาะสมให้ความร้อนไหลเวียนได้ทั่วผลิตภัณฑ์ในระหว่างการตั้งอุณหภูมิและการฆ่าเชื้อ ทั้งนี้ ส่วนของอุปกรณ์ดังกล่าวต้องไม่มีขอบคมหรือส่วนแหลมคมที่อาจทำให้เกิดการขีดข่วนภาชนะผลิตภัณฑ์ ระหว่างระหว่างชั้นตะกร้าต้องเป็นไปตามผลการศึกษการแทรกผ่านความร้อน โดยไม่ทำให้ภาชนะบรรจุชนิดอ่อนตัวเสียหายหรือซ้อนทับกันในระหว่างการฆ่าเชื้อ

12.2.9 ท่อน้ำทิ้ง (Drain Valve)

ใช้วาล์วชนิดที่ไม่ทำให้เกิดการอุดตัน และมีตะแกรงติดตั้งทางน้ำออกทุกท่อ

12.2.10 เครื่องแสดงระดับน้ำ (Water Level)

มีเครื่องหมายแสดงระดับน้ำในหม้อฆ่าเชื้อระหว่างการฆ่าเชื้อ เช่น มาตรวัดแก้ว หรือ petcock น้ำควรท่วมชั้นบนสุดของผลิตภัณฑ์ในระหว่างช่วงการตั้งอุณหภูมิ การฆ่าเชื้อ และการหล่อเย็น ระดับน้ำดังกล่าวควรสูงกว่าชั้นบนสุดของผลิตภัณฑ์อย่างน้อย 15 ซม. หรือ 6 นิ้ว มีการตรวจและบันทึกระดับน้ำอย่างสม่ำเสมอ

12.2.11 ลมและตัวควบคุม (Air Supply and Controls)

1) หม้อฆ่าเชื้อชนิดแรงดันน้ำ ต้องมีอุปกรณ์ในการอัดลมเข้าหม้อในระดับความดันที่เหมาะสม ความดันภายในหม้อฆ่าเชื้อต้องควบคุมโดยเครื่องควบคุมความดันอัตโนมัติ วาล์วท่อลมควรเป็นชนิดทางเดียว (เช่น check valve) เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำไหลย้อนเข้าท่อ

2) การหมุนเวียนของลมหรือน้ำต้องเป็นไปอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงการตั้งอุณหภูมิ การฆ่าเชื้อ และการหล่อเย็น ถ้าใช้ลมเป็นตัวช่วยในการหมุนเวียน ต้องจ่ายลมเข้าทางท่อไอน้ำในตำแหน่งระหว่างหม้อฆ่าเชื้อและวาล์วควบคุมไอน้ำบริเวณด้านล่างของหม้อฆ่าเชื้อ

12.2.12 ทางเข้าของน้ำหล่อเย็น (Cooling Water Entry)

น้ำหล่อเย็นควรเข้าหม้อในลักษณะที่ไม่สัมผัสกับขวดแก้วของผลิตภัณฑ์โดยตรง เพื่อป้องกันการแตกของภาชนะเนื่องจาก thermal shock

12.2.13 Retort Headspace

พื้นที่ของ retort headspace ต้องมีการควบคุมตลอดกระบวนการฆ่าเชื้อ เพื่อควบคุมความดันอากาศภายในหม้อ โดยการควบคุมระดับน้ำภายในหม้อ

12.2.14 การหมุนเวียนของน้ำ (Water Circulation)

ระบบหมุนเวียนของน้ำในหม้อฆ่าเชื้อต้องเหมาะสมที่จะทำให้การกระจายความร้อนภายในหม้อเป็นไปอย่างทั่วถึงตลอดกระบวนการฆ่าเชื้อ มีการตรวจสอบระหว่างการฆ่าเชื้ออย่างสม่ำเสมอ เช่น มีสัญญาณเสียงเมื่อระบบดังกล่าวทำงานผิดปกติ

12.3 หม้อฆ่าเชื้อชนิดสเปรย์น้ำ (Water Spray Retort)

12.3.1 การกระจายความร้อนภายในหม้อฆ่าเชื้อ ต้องผ่านการทดสอบอย่างเหมาะสมในแต่ละรุ่นของหม้อฆ่าเชื้อ ชนิดผลิตภัณฑ์ ชนิดภาชนะบรรจุ และชนิดตะแกรง

12.3.2 ติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ชนิดปรอทในหลอดแก้วและเครื่องบันทึกอุณหภูมิในตำแหน่งที่สามารถอ่านค่าอุณหภูมิภายในหม้อฆ่าเชื้อได้อย่างถูกต้อง

12.3.3 มีอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำ (water flow) ซึ่งอัตราการไหลของน้ำต้องสอดคล้องกับผลการศึกษาการกระจายความร้อนในหม้อฆ่าเชื้อ

12.3.4 รุระบายน้ำในหม้อฆ่าเชื้อต้องอยู่ในสภาพดี ไม่เกิดการอุดตัน โดยควรมีโปรแกรมบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ

12.4 หม้อฆ่าเชื้อชนิดไอน้ำผสมอากาศ (Steam-air mixture Retort)

12.4.1 ระบบการหมุนเวียนของไอน้ำ-อากาศภายในหม้อฆ่าเชื้อ ต้องเหมาะสม ผ่านการยืนยันโดยการทดสอบการกระจายความร้อน และอุณหภูมิในหม้อฆ่าเชื้อต้องไม่มีส่วนใดส่วนหนึ่งต่ำกว่าที่กำหนด

12.4.2 การควบคุมการฆ่าเชื้อต้องสอดคล้องกับผลการทดสอบการกระจายความร้อน การแทรกผ่านความร้อน และคู่มือแนะนำของโรงงานผู้ผลิตหม้อฆ่าเชื้อ ตัวอย่างการควบคุมการฆ่าเชื้อ ได้แก่ การวัดความเร็วรอบของพัดลม การควบคุมความดันของลมที่ใช้ผสมกับไอน้ำ และความดันของไอน้ำผสมอากาศที่จ่ายเข้าสู่หม้อฆ่าเชื้อ เป็นต้น

13. การเบี่ยงเบนของกระบวนการฆ่าเชื้อ (Deviation in Thermal Processing)

ในกรณีที่ตรวจพบกระบวนการฆ่าเชื้อไม่เป็นไปตามที่กำหนด ต้องมีการดำเนินการ ดังต่อไปนี้

13.1 แยกกรุ่น และฆ่าเชื้อใหม่ให้สอดคล้องกับอุณหภูมิและเวลาที่กำหนด โดยเก็บบันทึกการฆ่าเชื้อใหม่เพื่อการตรวจสอบ หรือ

13.2 แยกกรุ่น เพื่อประเมินในรายละเอียดต่อไป ซึ่งการประเมินดังกล่าวต้องดำเนินการโดยบุคคลที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะทางกระบวนการฆ่าเชื้อ และหากผลการประเมินพบว่า การฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์รุ่นดังกล่าวไม่เป็นไปตามกระบวนการฆ่าเชื้อที่กำหนดและไม่ปลอดภัยต่อการบริโภค อาจดำเนินการฆ่าเชื้อใหม่ หรือทำลาย ทั้งนี้ ต้องอยู่ภายใต้การดูแลที่เหมาะสม

14. การหล่อเย็น (Cooling)

14.1 หลังการฆ่าเชื้อ ต้องทำให้ภาชนะบรรจุเย็นลงทันที น้ำหล่อเย็นต้องมีคุณภาพทางจุลินทรีย์ตามมาตรฐานน้ำบริโภค ในกรณีหม้อฆ่าเชื้อชนิดนิ่งและใช้ไอน้ำ ควรมีปริมาณคลอรีนหลงเหลือหลังใช้งานในระดับที่วัดได้ และตรวจวัดปริมาณคลอรีนหลงเหลือหลังใช้อย่างน้อยกะทำงานละ 2 ครั้ง

14.2 การเก็บน้ำหล่อเย็นต้องอยู่ในสภาพถูกสุลักษณะ มีฝาปิดมิดชิด น้ำที่ผ่านการเติมคลอรีนแล้ว ควรมีระยะเวลาสัมผัส (contact time) อย่างน้อย 20 นาที เพื่อให้คลอรีนทำปฏิกิริยาฆ่าเชื้อในน้ำได้อย่างเพียงพอ

14.3 น้ำหล่อเย็นที่หมุนเวียนกลับมาใช้ ต้องมีระบบการปรับปรุงน้ำให้มีคุณภาพเทียบเท่ามาตรฐานน้ำบริโภค โดยมีระบบกรอง และเติมคลอรีนอย่างเหมาะสม

14.4 ในกรณีที่มีการปรับปรุงน้ำหล่อเย็นด้วยวิธีอื่น วิธีดังกล่าวต้องเทียบเท่ากับการใช้คลอรีน

15. การจัดการผลิตภัณฑ์หลังฆ่าเชื้อ

15.1 ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อและทำให้เย็นแล้ว เมื่อนำออกจากหม้อฆ่าเชื้อต้องเอียงตะแกรงหรือตะกร้าผลิตภัณฑ์เพื่อให้น้ำที่ยังตกค้างบนภาชนะผลิตภัณฑ์ไหลออกให้เหลือน้อยที่สุด ก่อนนำไปพักให้แห้งและเย็น

15.2 ไม่สัมผัสกระป๋องที่ยังร้อนและเปียกชื้น การขนย้ายตะกร้าหม้อฆ่าเชื้อหลังการฆ่าเชื้อ ต้องดำเนินการโดยพนักงานที่สวมถุงมือสะอาดและฆ่าเชื้อแล้ว (ในบริเวณดังกล่าว ควรมีอ่างน้ำยาฆ่าเชื้อ)

15.3 บริเวณที่פקกระป๋องให้เย็น เป็นบริเวณเขตจำกัดเฉพาะบุคคลที่เกี่ยวข้องเท่านั้น ไม่เปิดโล่งออกสู่ภายนอก สามารถป้องกันสัตว์ และแมลงต่าง ๆ ได้ บริเวณดังกล่าวรวมทั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในบริเวณนี้ต้องอยู่ในสภาพสะอาด

15.4 ผลิตภัณฑ์ที่จะติดฉลากหรือจัดเก็บเพื่อรอติดฉลากต่อไปต้องแห้งและเย็นแล้วเท่านั้น การดำเนินการกับผลิตภัณฑ์ต้องไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อตัวกระป๋อง โดยเฉพาะบริเวณตะเข็บกระป๋อง

16. การสุ่มตรวจผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังปิดฉลาก

สุ่มตรวจผลิตภัณฑ์กระป๋องก่อนปิดฉลากเพื่อตรวจหาข้อบกพร่อง เช่น กระป๋องบวม สนิม สิ่งสกปรก หรือความไม่สมบูรณ์ของกระป๋อง โดยมีการแยกกระป๋องที่ตรวจพบข้อบกพร่องออกทันที ผลิตภัณฑ์ที่ปิดฉลากแล้วต้องมีการสุ่มตรวจข้อบกพร่องอีกครั้งก่อนการจำหน่าย

17. สถานที่เก็บผลิตภัณฑ์

17.1 โครงสร้างอยู่ในสภาพดี ระบายอากาศดี ไม่ชื้น หรือร้อนจนเกินไป มีโปรแกรมทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ ไม่มีฝุ่นละออง และหยากไย่

17.2 เก็บวางผลิตภัณฑ์เป็นหมวดหมู่ มีระเบียบ และห่างจากผนังพอประมาณให้สามารถทำความสะอาดและตรวจติดตามได้

17.3 โครงสร้างปกปิดมิดชิดจากนก หนู แมลง และสัตว์อื่น ๆ

18. การบันทึกข้อมูล

18.1 การบันทึกข้อมูลผลการตรวจวัดต่าง ๆ ต้องชัดเจน อ่านได้ไม่ลบลือน และต้องบันทึกทันทีหลังการตรวจวัด ฟอรมที่ใช้ในการบันทึกต้องมีรายละเอียดที่จำเป็นครบถ้วน มีวันที่ตรวจวัด และผู้ตรวจวัด

18.2 บันทึกกระบวนการฆ่าเชื้อทุกระบบ ต้องมีรายละเอียดครอบคลุมอย่างน้อยดังต่อไปนี้

- หมายเลขหม้อฆ่าเชื้อ
- ชื่อผลิตภัณฑ์และประเภทการบรรจุ
- รหัสผลิตภัณฑ์
- ขนาดภาชนะผลิตภัณฑ์
- จำนวนภาชนะผลิตภัณฑ์โดยประมาณ

- อุณหภูมิเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์
- อุณหภูมิและเวลาที่กำหนดในการฆ่าเชื้อ (scheduled process) และที่ปฏิบัติจริง (actual temperature and time)
- อุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์ชนิดปรอทในหลอดแก้ว และกราฟระหว่างการฆ่าเชื้อ
- ความดันภายในหม้อฆ่าเชื้อ

สำหรับการฆ่าเชื้อชนิดนิ่งและไอน้ำ ต้องมีเพิ่มเติมดังนี้

- เวลาเปิดไอน้ำ
- อุณหภูมิและเวลาในการไล่อากาศ
- อุณหภูมิและเวลาที่เริ่มฆ่าเชื้อ
- เวลาปิดไอน้ำ

สำหรับการฆ่าเชื้อชนิดนิ่งและใช้น้ำ ต้องมีเพิ่มเติมดังนี้

- เวลาเปิดไอน้ำ
- เวลาที่อุณหภูมิในหม้อฆ่าเชื้อถึงอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ
- เวลาที่เริ่มฆ่าเชื้อ
- อุณหภูมิการฆ่าเชื้อ
- ระดับน้ำ (water level - ถ้าเป็นการฆ่าเชื้อแบบน้ำท่วมหรือ immersion)
- การหมุนเวียนของน้ำ (water circulation) และความดันในหม้อฆ่าเชื้อ (ถ้าเป็นการฆ่าเชื้อแบบน้ำท่วมหรือ immersion)
- Flow rate (ถ้าเป็นการฆ่าเชื้อเป็นสเปรย์น้ำ)
- เวลาปิดไอน้ำ

สำหรับการฆ่าเชื้อชนิดนี้และใช้ไอน้ำผสมอากาศ ต้องมีเพิ่มเติมดังนี้

- เวลาเปิดไอน้ำ
- เวลาที่อุณหภูมิในหม้อฆ่าเชื้อถึงอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ
- เวลาที่เริ่มฆ่าเชื้อ
- การหมุนเวียนของไอน้ำผสมอากาศ
อุณหภูมิการฆ่าเชื้อ
- เวลาปิดไอน้ำ

18.3 บันทึกผลการตรวจวัดต่าง ๆ ต้องมีการตรวจทานและลงนามโดยผู้ที่ได้รับมอบหมาย ภายใน 24 ชั่วโมงหลังจากผลิต และเก็บรักษาบันทึกไว้อย่างน้อย 3 ปี

ข้อกำหนดสุขลักษณะ
ในการผลิตผลิตภัณฑ์ปลาทูน่า

ข้อกำหนดสุขลักษณะในการผลิตผลิตภัณฑ์ปลาทูน่า

ขอบข่าย

สุขลักษณะฉบับนี้ เป็นข้อกำหนดเฉพาะสำหรับใช้เป็นแนวทางในการควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปลาทูน่า ทั้งปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง ขวดแก้ว ถุงแพวซ์ และทูน่าลอยด์แช่เยือกแข็ง โดยมีรายละเอียดครอบคลุมการปฏิบัติและการควบคุมที่จำเป็นในขั้นตอนการผลิตตั้งแต่การรับวัตถุดิบปลา การดูแลและเก็บรักษาปลา การละลาย การผ่าท้อง/เรียงปลาและจัดเรียงตะแกรง การนึ่ง และการชุดสะอาดขึ้นปลา ทั้งนี้ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเพิ่มขึ้นของฮีสตามีนในระหว่างการผลิต ในการตรวจรับรองกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปลาทูน่าของกรมประมง ต้องใช้ข้อกำหนดฉบับนี้ร่วมกับข้อกำหนดสุขลักษณะการผลิตผลิตภัณฑ์ประมง และข้อกำหนดสุขลักษณะในการผลิตผลิตภัณฑ์ประมงบรรจุภาชนะปิดสนิท แล้วแต่ชนิดผลิตภัณฑ์ที่ขอการรับรอง

ข้อกำหนด

1. การรับวัตถุดิบปลา การสุ่มตัวอย่าง การดูแลและเก็บรักษาปลา

1.1 ปลาที่รับเข้าทุกรุ่นต้องมีการตรวจสอบคุณภาพ เพื่อประเมินคุณภาพในเบื้องต้น เช่น ชนิดสภาพปลา อุณหภูมิและความสดของปลา ฯลฯ พร้อมทั้งบันทึกผล มีการคัดแยกปลาที่ไม่ได้คุณภาพออก เช่น ปลาที่บอบช้ำอย่างรุนแรง เหม็นเปรี้ยวและเน่าเสีย ฯลฯ และไม่นำมาผลิต

1.2 สุ่มตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของผู้บริโภค เช่น โปรทฮีสตามีน ฯลฯ โดยความถี่ในการสุ่มตรวจขึ้นกับประวัติการควบคุมคุณภาพปลา และความเสี่ยงในการตรวจพบสารดังกล่าว

1.3 การขนถ่ายปลาแช่เยือกแข็งจากเรือขนส่งไปยังห้องเย็นหรือโรงงาน ต้องมีสิ่งปกคลุมอย่างเหมาะสม และขนถ่ายอย่างรวดเร็ว เพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิปลาเพิ่มสูงขึ้นจนทำให้เกิดการละลายในระหว่างการขนส่ง

2. การละลายปลา

ปลาที่ละลายแล้วต้องมีอุณหภูมิใจกลางไม่สูงกว่า 5 °C รวมทั้งปลาที่ละลายแล้วและอยู่ในระหว่างการรอนำมาผลิต

3. การผ่าท้อง เรียงปลาในตะแกรง

3.1 ควบคุมเวลาตั้งแต่สิ้นสุดการละลาย (นับจากเวลาที่เริ่มปล่อยน้ำละลายออก) จนถึงสิ้นสุดการผ่าท้องปลา (เมื่อเรียงปลาลงบนตะแกรงนึ่ง) ไม่เกิน 2 ชั่วโมง สำหรับปลาน้ำหนักน้อยกว่า 5 กิโลกรัมหรือไม่เกิน 4 ชั่วโมง สำหรับปลาน้ำหนัก 5 กิโลกรัมขึ้นไป

3.2 ล้างปลาให้สะอาดก่อนการผ่าท้องด้วยน้ำที่สะอาด

3.3 ปลาที่ผ่าท้องแล้ว ต้องดึงไส้ปลาออกให้หมดและล้างให้สะอาด ตรวจสอบคุณภาพปลาทางด้านประสาทสัมผัส (sensory evaluation) โดยพนักงานที่มีความชำนาญและผ่านการฝึกอบรม หากพบปลาไม่ได้คุณภาพ ต้องคัดแยกปลาที่เน่าเสียหรือมีกลิ่นผิดปกติออก และไม่นำมาผลิต

3.4 ควบคุมเวลาจากการจัดเรียงปลาลงบนตะแกรงนี้ จนถึงการนำปลาเข้าตู้หนึ่งและเปิดไอน้ำเข้าตู้ไม่เกิน 2 ชั่วโมง สำหรับปลาน้ำหนักน้อยกว่า 5 กิโลกรัม หรือไม่เกิน 4 ชั่วโมง สำหรับปลาน้ำหนักตั้งแต่ 5 กิโลกรัมขึ้นไป แต่หากอุณหภูมิปลามากกว่า 5 °C ต้องนำปลาเข้าตู้ภายใน 1 ชั่วโมง

4. การนึ่งปลา (Precooking)

อุณหภูมิและเวลาในการนึ่งปลา ควรเพียงพอที่จะให้น้ำมันและของเหลวอื่น ๆ ออกจากตัวปลา เพื่อให้เนื้อปลา (loins) แยกออกจากกระดูกปลาได้ง่าย

5. การทำปลานึ่งให้เย็น (Cooling the Pre-cooked Fish)

ปลาล้างนึ่งแล้วต้องทำให้เย็น และเวลาตั้งแต่ออกจากหม้อนึ่งจนถึงจุดสะอาดเสร็จ ต้องไม่เกิน 8 ชั่วโมง สำหรับปลาน้ำหนักน้อยกว่า 10 กิโลกรัม หรือไม่เกิน 10 ชั่วโมง สำหรับปลาน้ำหนักตั้งแต่ 10 กิโลกรัมขึ้นไป

6. การขูดสะอาดชิ้นปลา (Loin Cleaning)

6.1 ในระหว่างการขูดสะอาดหรือตรวจสอบคุณภาพชิ้นปลา หากตรวจพบสีผิดปกติ เช่น สีเขียว สีส้มหรือสีแดง กลิ่นผิดปกติ หรือเนื้อปลาที่มีลักษณะเป็นรูพรุน (honey comb) ต้องแยกชิ้นปลาเหล่านั้นออก

6.2 ระวังไม่ให้เศษไส้ปลา หนัง เกล็ดปลา ก้างปลา และส่วนอื่น ๆ ที่ไม่ใช้ในการบริโภค ปลอมปนในเนื้อปลาที่ผ่านการขูดสะอาดแล้ว

6.3 ล้างภาชนะที่ใส่ผลิตภัณฑ์ที่ขูดสะอาดแล้วทุกครั้งหลังใช้ และล้างโต๊ะขูดสะอาดอย่างน้อยทุก 4 ชั่วโมง และหลังสิ้นสุดการทำงานในแต่ละกะการทำงาน

6.4 เวลาหลังสิ้นสุดการขูดสะอาดเสร็จจนถึงการบรรจุลงกระป๋อง ต้องไม่เกิน 1 ชั่วโมง

**แนวทางการศึกษาการกระจายความร้อน
สำหรับการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำแบบนิ่ง
(steam still retort)
ไม่รวมหม้อฆ่าเชื้อชนิด crateles**

แนวทางการศึกษาการกระจายความร้อน สำหรับการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำแบบนิ่ง (steam still retort) ไม่รวมหม้อฆ่าเชื้อชนิด crateless¹

การศึกษาและการทวนสอบสภาวะการกระจายความร้อนภายในหม้อฆ่าเชื้อ ต้องใช้วิธีการและอุปกรณ์ต่างๆ ที่เหมาะสม เพื่อให้มั่นใจว่าหม้อฆ่าเชื้อสามารถฆ่าเชื้อได้ตามกระบวนการที่กำหนด (scheduled process) แนวทางในการปฏิบัติการทดสอบการกระจายความร้อนมีรายละเอียดดังนี้

1. การเตรียมการ : การสำรวจอุปกรณ์ทั่วไป (General Processing Equipment Survey)

ก่อนการคัดเลือกหม้อฆ่าเชื้อที่เหมาะสมสำหรับการศึกษา ควรมีการสำรวจและบันทึกรายละเอียดอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการฆ่าเชื้อ ดังนี้

1.1 การจ่ายไอน้ำไปยังหม้อฆ่าเชื้อ (Steam Supply to the Retorts)

1.1.1 กำลังการผลิตและแรงดันของเครื่องกำเนิดไอน้ำ (boiler)

1.1.2 ท่อพักไอน้ำของหม้อฆ่าเชื้อ (retort header) ต้องมีแรงดัน และปริมาณไอน้ำเพียงพอที่จะจ่ายให้กับหม้อฆ่าเชื้อทดสอบ

1.1.3 ขนาดและความยาวของท่อไอน้ำ รวมทั้งขนาดและชนิดของวาล์วจากท่อไอน้ำหลัก (main steam line) ไปยังห้องฆ่าเชื้อ

1.1.4 ขนาดของท่อทั้งหมดที่เชื่อมต่อท่อไอน้ำหลัก (main line) ไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ไอน้ำ เช่น blancher, exhaust box ฯลฯ

1.2 ห้องฆ่าเชื้อ (Retort Room)

1.2.1 ชนิดและขนาดของหม้อฆ่าเชื้อทุกหม้อ

1.2.2 ลักษณะการติดตั้งท่อไอน้ำจากท่อไอน้ำหลักไปยังหม้อฆ่าเชื้อแต่ละหม้อ ขนาดท่อไอน้ำ ขนาดและชนิดของวาล์ว

¹ เรียบเรียงโดยสุรพล ชุมทรัพย์, ภัสราภา แก้วเนิน, นิตานาถ ดันทัยย์ และสุวิมล กิรติวิริยาภรณ์ จาก Temperature Distribution Protocol for Processing in Steam Still Retorts, Excluding Crateless Retorts ของ Institute for Thermal Processing Specialists สหรัฐอเมริกา

1.2.3 ลักษณะการติดตั้งท่อไล่อากาศ ขนาดท่อ ขนาดวาล์วและชนิด และการเชื่อมต่อท่อไอน้ำ

1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ลำเลียงผลิตภัณฑ์เพื่อฆ่าเชื้อ (Loading Equipment)

1.3.1 ขนาดภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ รูปแบบการจัดเรียงและลักษณะการลำเลียง ผลิตภัณฑ์ลงในตะกร้าหม้อฆ่าเชื้อ

1.3.2 จำนวนที่มากที่สุดของภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ต่อชั้น และจำนวนที่มากที่สุด ของตะกร้าหม้อฆ่าเชื้อต่อหม้อฆ่าเชื้อ

1.3.3 ขนาดของรูและช่องว่างของแผ่นรองพื้นตะกร้าหม้อฆ่าเชื้อ และแผ่นกั้นระหว่างชั้น

1.3.4 ถ้าใช้แผ่นกั้นระหว่างชั้น ให้คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เปิด (open area)

2. การเลือกหม้อฆ่าเชื้อที่จะใช้ในการศึกษา (Selection of The Test Retort)

หม้อฆ่าเชื้อที่ใช้ทดสอบ ควรเป็นหม้อฆ่าเชื้อที่มีสภาวะการฆ่าเชื้อที่เลวร้ายที่สุด (worst condition) ทั้งนี้ ให้พิจารณาจากผลการสำรวจอุปกรณ์ทั่วไปในขั้นตอนการเตรียมการข้างต้น ตัวอย่างปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะเลวร้ายที่สุดดังกล่าว เช่น หม้อฆ่าเชื้อที่อยู่ปลายสุดของท่อไอน้ำ การใช้ภาชนะบรรจุขนาดเล็กที่สุด ใช้แผ่นกั้นระหว่างชั้นภาชนะบรรจุ เปรียบเทียบกับการไม่จัดเรียงในตะกร้า (jumble pack)

3. การจัดทำเอกสารรายละเอียดหม้อฆ่าเชื้อที่จะศึกษา (Test Retort Documentation)

ระบุรายการ แผนภูมิ รายละเอียดการปฏิบัติงานและสภาวะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

3.1 ขนาดของหม้อฆ่าเชื้อ : ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง และหมายเลข จำนวนตะกร้าที่ใช้ศึกษาในแต่ละครั้ง สำหรับหม้อฆ่าเชื้อแนวตั้ง ต้องระบุถึง centering guide และ/หรือ baffle plate

3.2 ท่อไอน้ำจากท่อไอน้ำหลักไปยังหม้อฆ่าเชื้อ : ขนาดท่อ ขนาดและชนิดของวาล์ว อุปกรณ์ควบคุมแรงดันไอน้ำ และ steam by-pass

3.3 อุปกรณ์ควบคุมไอน้ำ : อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิและความดัน ชนิดและตำแหน่งที่ติดตั้ง

3.4 ระบบลม (ถ้ามี) : ขนาดของเครื่องอัดลม (air compressor) ประสิทธิภาพของ air dryer ตำแหน่งและชนิดของตัวกรองอากาศ

3.5 ระบบท่อ

3.5.1 ท่อกระจายไอน้ำ (steam spreader) - รูปร่าง ขนาด ตำแหน่ง และลักษณะการติดตั้ง (configuration) จำนวน ขนาด และตำแหน่งของรูในท่อไอน้ำ ขนาดของข้อต่อตัว T หรือข้อต่อแบบอื่นๆ

3.5.2 ท่อไล่อากาศ (vent) - ตำแหน่งและขนาดของท่อ ชนิดและขนาดของวาล์ว

3.5.3 ท่อไล่อากาศรวม (vent manifold หรือ manifold header) - ตำแหน่งและขนาดของท่อทั้งหมด รวมทั้งท่อที่ต่อเชื่อม

3.5.4 บริดเจอร์ มัฟเฟลอร์ (bleeder, muffler) - ตำแหน่ง จำนวน ขนาด และการติดตั้ง

3.5.5 ท่อระบายน้ำ (drain) - ตำแหน่ง และขนาด

3.5.6 ท่อน้ำ (water supply) - ตำแหน่งและขนาดของท่อ ขนาดและชนิดของวาล์ว (ถ้ามี)

3.5.7 ท่อลม (air supply)- ตำแหน่งและขนาดของท่อ ขนาดและชนิดของวาล์ว (ถ้ามี)

3.5.8 เทอร์มิเตอร์ชนิดปรอทในหลอดแก้ว (MIG thermometer) – ตำแหน่งที่ติดตั้งบนหม้อฆ่าเชื้อ

3.5.9 มาตรวัดความดัน – ตำแหน่งที่ติดตั้งบนหม้อฆ่าเชื้อ

3.5.10 ท่อหรืออุปกรณ์อื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น ท่อระบายน้ำควบแน่น (condensate) ฯลฯ

3.6 เครื่องบันทึก (recording device) : ชนิดและรายละเอียดของเครื่องบันทึก หรือ เครื่องบันทึก/ควบคุม (recorder/ controller)

4. อุปกรณ์สำหรับการทดสอบ (Test Equipment)

4.1 Data Logger : ต้องมีจำนวนช่องเพียงพอในการตรวจวัดและบันทึกอุณหภูมิตลอดกระบวนการฆ่าเชื้อ

4.2 เทอร์โมคอปเปิล : หรืออุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิชนิดอื่น ๆ ต้องมีขนาด ความยาว จำนวน และคุณภาพเหมาะสมในการวัดอุณหภูมิภายในหม้อฆ่าเชื้อ

4.3 อุปกรณ์วัดความดัน (ถ้าจำเป็น)

4.4 เทอร์โมมิเตอร์ชนิดปรอทในหลอดแก้ว : ถ้าหม้อฆ่าเชื้อที่ใช้ศึกษาไม่มี

4.5 Stuffing Box (Packing Gland) : สำหรับสอดสายวัดอุณหภูมิเข้าไปในหม้อฆ่าเชื้อ

5. การปรับเทียบมาตรฐานของอุปกรณ์สำหรับการทดสอบ (Standardization of Test Equipment)

5.1 เทอร์โมมิเตอร์ของหม้อฆ่าเชื้อ : เทอร์โมมิเตอร์ของหม้อฆ่าเชื้อชนิดปรอท ควรสอดคล้องกับข้อกำหนด และได้รับการสอบเทียบความเที่ยงตรงกับเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานภายในปีที่ผ่านมา

5.2 ระบบการตรวจวัดอุณหภูมิ : ได้แก่ Data Logger, เทอร์โมมิเตอร์, Extension wire หรืออุปกรณ์วัดอุณหภูมิอื่น ๆ ฯลฯ

5.2.1 ก่อนที่จะดำเนินการศึกษาการกระจายความร้อน ควรปรับเทียบอุปกรณ์ทดสอบ เช่น สายวัดอุณหภูมิ (lead) สายไฟต่อ (extension) และข้อต่อทั้งหมดที่จะใช้ในการทดสอบจริงกับหม้อฆ่าเชื้อที่จะศึกษา

5.2.2 มัดรวมสายวัดอุณหภูมิทั้งหมดให้อยู่ใกล้กับกระเปาะ MIG เทอร์โมมิเตอร์ และต้องระมัดระวังไม่ให้มีการปิดบังการไหลผ่านของไอน้ำไปยังกระเปาะ MIG หรือสายวัดอุณหภูมิ

5.2.3 เพิ่มความร้อนหม้อฆ่าเชื้อให้มีอุณหภูมิสูงเท่ากับอุณหภูมิที่ใช้ทดสอบการกระจายความร้อน และให้อุณหภูมิคงที่สม่ำเสมอ

5.2.4 ตรวจสอบความเที่ยงตรงของสายวัดอุณหภูมิ (TMD) กับ MIG เทอร์โมมิเตอร์

ของหม้อฆ่าเชื้อที่ผ่านการสอบเทียบแล้ว โดย TMD แต่ละตัวต้องอ่านค่าได้ไม่แตกต่างจาก MIG เทอร์โมมิเตอร์มากกว่า $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($0.5\text{ }^{\circ}\text{F}$) และความคลาดเคลื่อนรวมของ TMD ทุกตัวต้องไม่เกิน $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($1\text{ }^{\circ}\text{F}$) ถ้า TMD ใดอ่านค่าได้แตกต่างจากมาตรฐานข้างต้น จะต้องได้รับการปรับแก้ก่อนนำมาใช้ TMD ที่อ่านค่าใกล้เคียง MIG เทอร์โมมิเตอร์มากที่สุด ควรจัดวางให้อยู่ใกล้ MIG และใช้เป็นตัวอ้างอิงในการประเมินข้อมูลต่อไป

5.2.5 เพื่อให้การสอบเทียบสอดคล้องตามเกณฑ์ที่กำหนดข้างต้น องค์กรประกอบต่าง ๆ ของระบบการวัดอุณหภูมิต้องมีความผิดพลาดน้อยที่สุด ตัวอย่างเช่น ใช้สายวัดอุณหภูมิคุณภาพสูงจากม้วนเดียวกันในการทำ thermocouple lead และสายต่อ

6. การวางตำแหน่งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิภายในหม้อฆ่าเชื้อ (Placement of the Temperature Measuring Device in Retort)

6.1 ตำแหน่งของ TMD ภายในหม้อฆ่าเชื้อ ควรวางในตำแหน่งดังต่อไปนี้

6.1.1 ติดกัน หรือใกล้กับกระเปาะ MIG เทอร์โมมิเตอร์มากที่สุด

6.1.2 ติดกัน หรือใกล้กับกระเปาะของเครื่องควบคุมไอน้ำ ในกรณีที่กระเปาะของ MIG เทอร์โมมิเตอร์และเครื่องควบคุมไม่อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน

6.1.3 ในภาชนะบรรจุที่มีตัวกลางทดสอบ (testing medium) อย่างน้อย 2 ภาชนะ เพื่อวัดอุณหภูมิเริ่มต้น ในกรณีที่มิชข้อมูลสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่ได้จากการวัดด้วย TMD ที่แนบติดภายนอกภาชนะแล้วเป็นอุณหภูมิเริ่มต้นก่อนการทดสอบได้ อาจใช้วิธีการดังกล่าวในการวัดอุณหภูมิเริ่มต้นจริงได้เช่นเดียวกัน

6.1.4 วางอย่างน้อย 3 ตัว แยกกันในแต่ละตะกร้า

6.1.5 อาจจำเป็นต้องวาง Thermocouple ภายในหม้อฆ่าเชื้อในตำแหน่งอื่นๆ เพิ่มเติมเพื่อตรวจติดตามจุดที่ร้อนซ้ำที่สุดในหม้อฆ่าเชื้อ หรืออุณหภูมิเริ่มต้นของ testing medium

6.2 บันทึกตำแหน่งที่วาง TMD มีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยจัดทำเป็นแผนผังแสดงตำแหน่งการวาง TMD ทั้งหมดภายในหม้อฆ่าเชื้อที่ใช้ในการทดสอบการกระจายความร้อน

7. การจัดเตรียมภาชนะบรรจุในตะกร้าทดสอบ (Preparing the Test Crates or Baskets with Container)

7.1 ขนาดของภาชนะบรรจุ : คัดเลือกขนาดภาชนะบรรจุที่ใช้ในการศึกษา โดยทั่วไปจะใช้ภาชนะบรรจุที่มีขนาดเล็กที่สุด เนื่องจากจะให้สภาวะการกระจายความร้อนที่เลวร้ายที่สุด

7.2 ส่วนประกอบในภาชนะบรรจุ (container content) : โดยทั่วไปจะใช้ภาชนะที่ใส่น้ำ อย่างไรก็ตาม อาจใช้ตัวกลางอื่นที่ร้อนเร็วก็ได้

7.3 การจัดเรียงภาชนะบรรจุในตะกร้า : ควรจัดเรียงในลักษณะที่ให้สภาวะเลวร้ายที่สุด ภายใต้การฆ่าเชื้อปกติ หากมีการใช้แผ่นกั้นระหว่างชั้น ควรเลือกใช้แผ่นรองที่มีพื้นที่เปิดน้อยที่สุดในการศึกษานี้

8. การทดสอบการกระจายความร้อน (The Temperature Distribution Test)

8.1 การจัดเตรียม

8.1.1 ทวนสอบผลการสำรวจหม้อฆ่าเชื้อ

8.1.2 อุณหภูมิเริ่มต้น (IT) : IT คืออุณหภูมิภายในภาชนะบรรจุที่ร้อนที่สุดของการทดสอบ ซึ่งวัดจากภาชนะบรรจุที่มีอุปกรณ์วัดติดตั้งอยู่ภายใน ในการกำหนดขั้นตอนการไล่อากาศ (venting schedule) ควรพิจารณาช่วงอุณหภูมิเริ่มต้นจากการผลิตในสภาวะปกติด้วย หากไม่ใช้อุปกรณ์วัดภายในภาชนะบรรจุ ต้องใช้วิธีวัด IT ของผลิตภัณฑ์วิธีอื่นที่เหมาะสม การวัด IT ต้องคำนึงถึงอุณหภูมิของหม้อฆ่าเชื้อและตะกร้าซึ่งอาจสูงหรือต่ำกว่าอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ และมีผลกระทบต่อปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ทั้งหมด (Total heat load)

8.2 จุดที่ต้องบันทึกอุณหภูมิ

8.2.1 จุดวิกฤตที่ต้องตรวจวัด และบันทึกในระหว่างการทดสอบ มีดังนี้

8.2.1.1 อุณหภูมิที่เครื่องควบคุมตั้งค่าไว้

8.2.1.2 อุณหภูมิเริ่มต้น

8.2.1.3 เวลาที่เปิดไอน้ำเข้าหม้อฆ่าเชื้อ หรือเวลาที่ 0

8.2.1.4 อุณหภูมิและเวลาเมื่อปิดท่อ drain ถ้ามีการเปิดไว้ในระหว่างไล่อากาศ

8.2.1.5 อุณหภูมิและเวลาเมื่อปิดท่อไล่อากาศ โดยดูจาก MIG เทอร์โมมิเตอร์ และ TMD ค่าอ้างอิง

- 8.2.1.6 เวลาเมื่อ TMD อ่างอิง (อยู่ใกล้กับ MIG เทอร์โมมิเตอร์มากที่สุด) มีอุณหภูมิถึงค่าที่ตั้งไว้
 - 8.2.1.7 เวลาเมื่อเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (ถ้ามี) เริ่มต้นการฆ่าเชื้อตามโปรแกรมที่ตั้งไว้
 - 8.2.1.8 การอ่านค่าอุณหภูมิจาก MIG เทอร์โมมิเตอร์: ให้อ่านตามช่วงเวลาที่เหมาะสม รวมทั้งเวลาที่อุณหภูมิถึงค่าที่ตั้งไว้
- 8.2.2 นอกจากนี้ ยังมีจุดที่สำคัญที่จำเป็นต้องตรวจวัด และบันทึก ดังต่อไปนี้
- 8.2.2.1 อุณหภูมิและความดันไอน้ำของท่อไอน้ำรวม (steam header) (ในกรณีที่ superheated steam เป็นประเด็น) และ/หรือความดันไอน้ำที่ปลายท่อกระจายไอน้ำ
 - 8.2.2.2 เวลาที่เครื่องบันทึกอุณหภูมิ ถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่ตั้งไว้
 - 8.2.2.3 ความดันของหม้อฆ่าเชื้อ (เป็นทางเลือก) ที่อ่านในช่วงห่างที่เหมาะสม รวมทั้งเวลาที่อุณหภูมิฆ่าเชื้อถึงจุดที่กำหนด

8.3 การดำเนินการทดสอบ

8.3.1 data logger ต้องบันทึกค่าอุณหภูมิของ TMD แต่ละตัวก่อนที่จะเปิดไอน้ำเข้า และในช่วงห่างที่เหมาะสม ไม่เกินช่วงละ 1 นาทีตลอดการทดสอบ การบันทึกด้วย data logger ถือเป็นจุดวิกฤตของการทดสอบ

8.3.2 จุดวิกฤตต่างๆ ต้องมีการบันทึกไว้ตามช่วงเวลาและความถี่ที่เหมาะสม เพื่อทราบรายละเอียดและทวนสอบค่าการทำงานต่างๆ ของหม้อฆ่าเชื้อระหว่างทำการทดสอบ บันทึกเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งของการบันทึกการทดสอบ ซึ่งรวมถึงแผ่นบันทึกอุณหภูมิ (temperature recording chart)

8.3.3 การทดสอบควรดำเนินต่อไปอีกอย่างน้อย 10 นาที หลังจากหม้อฆ่าเชื้ออยู่ในอุณหภูมิที่กำหนดและคงที่แล้ว หรืออุปกรณ์วัดค่าทั้งหมดแสดงค่าอุณหภูมิคงที่

8.3.4 ตามหลักการ TMD ไม่ควรอ่านค่าอุณหภูมิได้มากกว่าหรือน้อยกว่า 0.6 °C (1 °F) จาก TMD อ่างอิง ในครั้งแรกที่อุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อถึงค่าที่ตั้งไว้ สถานการณ์หรือสภาวะที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดนี้ ต้องได้รับการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญการฆ่าเชื้อในอาหาร (Thermal processing specialist)

**แนวทางการทดสอบ
การแทรกผ่านความร้อน**

แนวทางการทดสอบการแทรกผ่านความร้อน¹

เอกสารฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการทดสอบการแทรกผ่านความร้อนของอาหารที่บรรจุในภาชนะปิดสนิทปลอดภัยในระดับการค้า เพื่อใช้ในการกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ด้วยความร้อน (Thermal Process) อย่างเหมาะสม ผู้ประกอบการอาจใช้วิธีการทดสอบการแทรกผ่านความร้อนอื่นได้เช่นเดียวกัน หากเป็นวิธีการที่เหมาะสมและให้ผลทดสอบที่ถูกต้อง

1. อักษรย่อเฉพาะ

t	เวลา
t_c	come-up time (CUT) เวลาตั้งแต่เริ่มปล่อยไอน้ำเข้าหม้อฆ่าเชื้อจนความร้อนถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่กำหนด (Processing Temperature)
t_p	Process Time (Operator's Process Time) เวลาที่นับจากสิ้นสุดของ CUT จนถึงเวลาสิ้นสุดการฆ่าเชื้อ
T	อุณหภูมิ
T_c	จุดกึ่งกลางกระป๋องหรือจุดที่ร้อนช้าที่สุด (Coldspot Temperature ; CT)
T_p	อุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อ (Retort Temperature ; RT)
T_w	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น (Cooling Water ; CW)

2. คำศัพท์เฉพาะ

2.1 Ballast Containers หมายถึง ภาชนะบรรจุที่ใส่ในหม้อฆ่าเชื้อระหว่างการทดสอบการแทรกผ่านความร้อน เพื่อจำลองสถานะของหม้อฆ่าเชื้อ โดยชนิด รูปร่าง และขนาดของภาชนะที่ใช้ต้องเหมือนกับภาชนะที่ใช้ในการผลิตจริง สิ่งที่ใช้บรรจุในภาชนะนี้อาจเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการศึกษาหรือวัสดุอื่นที่มีลักษณะการกระจายความร้อนคล้ายคลึงกับผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา ในบางกรณีอาจใช้น้ำแทนก็ได้

2.2 Cooling Time หมายถึง เวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมิภายในของผลิตภัณฑ์จนถึงอุณหภูมิหนึ่ง โดยทั่วไปประมาณ 35-45 °C

¹ เรียบเรียงโดยสุรพล ชุมทรัพย์ และสุวิมล กิรติวิริยาภรณ์ จาก Protocol for Carrying Out Heat Penetration Studies ของ IFTPS (Institute for Thermal Processing Specialists) สหรัฐอเมริกา

2.3 ปัจจัยวิกฤต (Critical Factors) หมายถึง ปัจจัยทางกายภาพและเคมี ที่มีผลกระทบต่อ การแทรกผ่านความร้อนในผลิตภัณฑ์และกระบวนการฆ่าเชื้อปัจจัยดังกล่าวได้แก่ภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ หม้อฆ่าเชื้อ และสถานะแวดล้อมในกระบวนการฆ่าเชื้อ

2.4 น้ำหนักบรรจุ น้ำหนักเนื้อ และน้ำหนักสุทธิ (Fill, Drain and Net Weights)

- น้ำหนักบรรจุ หมายถึง น้ำหนักของของแข็งก่อนการฆ่าเชื้อ
- Drain Weight หมายถึง น้ำหนักของของแข็งหลังการฆ่าเชื้อ
- น้ำหนักสุทธิ หมายถึง น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดภายในภาชนะบรรจุ

2.5 Heat Penetration Curve หมายถึง กราฟ logarithm แสดงอุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อ (RT) และอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์กับเวลา (เรียกว่า heating curve) หรืออุณหภูมิผลิตภัณฑ์และอุณหภูมิ ตัวกลางหล่อเย็นกับเวลา(เรียกว่า cooling curve)

2.6 Mercury-in-Glass Thermometer (MIG) โดยทั่วไปจะใช้เป็นอุณหภูมิอ้างอิง ของหม้อฆ่าเชื้อ การสอบเทียบอุปกรณ์วัดอุณหภูมิอื่น ๆ สามารถดำเนินการกับ MIG ที่ผ่าน การสอบเทียบและสามารถสอบกลับไปยังอุณหภูมิมาตรฐานได้

2.7 Resistance Temperature Detector (RTD) หมายถึง ระบบการวัดความร้อน โดยอาศัยคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงความต้านทานไฟฟ้าของโลหะที่เพิ่มมากขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยทั่วไปใช้ platinum เป็น sensor

2.8 Temperature Measuring Device (TMD) หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิ ได้แก่ เทอร์โมมิเตอร์ เทอร์โมคอปเปิ้ล RTD และเทอร์มิสเตอร์

2.9 Thermistor หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิที่ผลิตจากสารกึ่งตัวนำ (semiconductor) ซึ่งสามารถแสดงค่าความต้านทานไฟฟ้าอย่างเป็นสัดส่วนจากอุณหภูมิ ที่เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจนถึงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่แตกต่างกันมาก เทอร์มิสเตอร์ไวต่อการ เปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมากกว่าเทอร์โมคอปเปิ้ล หรือ RTD และสามารถจับค่าอุณหภูมิที่มีการ เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยได้

2.10 เทอร์โมคอปเปิ้ล (Thermocouple) หมายถึง อุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่ประกอบด้วยโลหะ

2 ชนิด ที่แตกต่างกันมาเชื่อมต่อกัน โดยมีรอยต่อ 2 จุด เมื่อจุดเชื่อมต่อกันหนึ่งอยู่ในที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอีกจุดหนึ่ง จะเกิดความต่างศักย์ทางไฟฟ้าเล็กน้อยเรียกว่า thermoelectric voltage หรือ electromotive force (emf) ความต่างศักย์ทางไฟฟ้านี้เป็นสัดส่วนโดยตรงต่ออุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างจุดเชื่อมต่อทั้งสอง

3. การออกแบบการทดสอบการแทรกผ่านความร้อน

เนื่องจากการทดสอบการแทรกผ่านความร้อนมีจุดประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการฆ่าเชื้อและการทำให้เย็นของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในภาชนะปิดสนิทในระบบหม้อฆ่าเชื้อที่ต้องการ เพื่อเป็นข้อมูลในการกำหนดอุณหภูมิและเวลาฆ่าเชื้อที่เหมาะสม และเป็นแนวทางในการพิจารณาการเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นในระหว่างการฆ่าเชื้อ ดังนั้น การออกแบบการศึกษาจึงเป็นสิ่งสำคัญ ต้องครอบคลุมปัจจัยวิกฤตทั้งหลายที่มีผลต่ออัตราการให้ความร้อน ทั้งในส่วนของผลิตภัณฑ์ ภาชนะบรรจุ และกระบวนการฆ่าเชื้อ

การทดสอบการแทรกผ่านความร้อนเป็นการหาสภาวะที่เลวร้ายที่สุดที่มีผลต่อการฆ่าเชื้อทางการค้า โดยปัจจัยที่ทำให้เกิดสภาวะเลวร้ายดังกล่าวอาจมาจากตัวผลิตภัณฑ์ ภาชนะบรรจุ และกระบวนการให้ความร้อน โดยทั่วไป ก่อนเริ่มกระบวนการศึกษาการแทรกผ่านความร้อน ควรตรวจสอบอุณหภูมิภายในหม้อฆ่าเชื้อและการกระจายความร้อนตามแนวทางการศึกษาการกระจายความร้อนให้เสร็จสมบูรณ์ก่อน สำหรับจำนวนภาชนะบรรจุที่ต้องใช้ในการศึกษาแต่ละครั้ง และจำนวนครั้งที่จะศึกษา เพื่อให้ได้ผลที่ถูกต้องทางสถิตินั้น ได้กล่าวไว้ในข้อ 5.11 และ 5.12

4. ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการให้ความร้อน

ในการทดสอบการแทรกผ่านความร้อน มีปัจจัยหลายอย่างที่ทำให้การรวบรวมข้อมูลเวลาและอุณหภูมิการฆ่าเชื้อผันแปรไป เช่น ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ กระบวนการให้ความร้อน ภาชนะบรรจุ และการตรวจวัด การกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อ (process) จึงจำเป็นต้องได้รับการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ และข้อมูลที่ต้องการจากการทดสอบ เพื่อกำหนดปัจจัยวิกฤตที่เหมาะสมที่มีผลต่อการฆ่าเชื้อเชิงการค้า

รายละเอียดที่จะระบุต่อไปนี้เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการแทรกผ่านความร้อน อย่างไรก็ตาม อาจมีปัจจัยนอกเหนือจากที่กล่าวถึงนี้เกี่ยวข้องเพิ่มเติมด้วย ซึ่งหากตรวจพบ ควรมีการบันทึกและนำมาประกอบการพิจารณาในการกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมต่อไป

4.1 ผลิตภัณฑ์

4.1.1 ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์และน้ำหนักของส่วนผสม ต้องอยู่ในสภาวะที่เลวร้ายที่สุด (worst case) ในบางกรณี การเปลี่ยนแปลงของส่วนผสม อาจต้องทำการศึกษาการแทรกผ่านความร้อนใหม่

4.1.2 น้ำหนักบรรจุที่ใช้ในการศึกษาการแทรกผ่านความร้อนต้องไม่น้อยกว่าน้ำหนักที่ระบุในกระบวนการฆ่าเชื้อที่กำหนด (process Schedule) โดยทั่วไป การศึกษาการแทรกผ่านความร้อนจะบรรจุน้ำหนักผลิตภัณฑ์ไว้มากกว่าการผลิตปกติ โดยอาจจะบุน้ำหนักที่บรรจุเกินเป็นร้อยละได้ (overfill percentage)

4.1.3 ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ควรมีการชั่งน้ำหนักของส่วนประกอบที่เป็นของแข็ง ทั้งก่อนและหลังการฆ่าเชื้อ น้ำหนักของชิ้นส่วนที่ตกค้างบนตะแกรงร่อน ให้แสดงค่าเป็น เปอร์เซนต์ต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ข้อสังเกต : การเพิ่มส่วนผสมที่ compressed หรือแห้ง (dehydrated) อาจมีผลให้ drained weight เพิ่มมากขึ้น

4.1.4 ส่วนประกอบที่มีลักษณะกึ่งเหลวหรือเหลว ควรมีการวัดความสม่ำเสมอ (consistency) หรือความหนืด (viscosity) ทั้งก่อนและหลังการฆ่าเชื้อ เนื่องจากลักษณะการไหลของของเหลวจะเปลี่ยนแปลงตามชนิดและความเข้มข้นของสารเพิ่มความหนืด (thickening agent) เช่น แป้ง กัม ฯลฯ อุณหภูมิและ Shear rate ซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงหรือไม่เปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะเมื่อมีการนำผลิตภัณฑ์มาฆ่าเชื้อใหม่อีกครั้ง (reprocess)

4.1.5 ขนาด รูปร่าง และน้ำหนักของส่วนประกอบที่เป็นของแข็ง จำเป็นต้องตรวจวัดก่อนและหลังกระบวนการฆ่าเชื้อ

4.1.6 ความสม่ำเสมอและขนาดของส่วนประกอบที่เป็นของแข็ง อาจเปลี่ยนแปลงไประหว่างกระบวนการฆ่าเชื้อ และมีผลต่อการวางตำแหน่งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ และตำแหน่งที่ร้อนซ้ำที่สุดของผลิตภัณฑ์

4.1.7 วิธีการเตรียมผลิตภัณฑ์ก่อนบรรจุต้องทำให้เหมือนกับการผลิตปกติ ตัวอย่างเช่น การลวก ซึ่งมีผลทำให้เกิดการบวม จับตัวเป็นก้อน หรือหดตัว และอาจมีผลต่อลักษณะการแทรกผ่านความร้อน

4.1.8 การจับตัวเป็นก้อนของผลิตภัณฑ์ อาจเปลี่ยนแปลงรูปแบบการแทรกผ่านความร้อน และมีผลต่อตำแหน่งร้อนซ้ำที่สุด โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่หั่นเป็นชิ้น ๆ อาจมีการซ้อนทับกันของชิ้นผลิตภัณฑ์ในระหว่างการฆ่าเชื้อ

4.1.9 การดูดซับน้ำของส่วนประกอบที่แห้ง ทั้งก่อนและหลังกระบวนการฆ่าเชื้อ เป็นปัจจัยวิกฤตที่อาจมีผลต่อรูปแบบการแทรกผ่านความร้อน และประสิทธิภาพในการทำลายสปอร์ของแบคทีเรีย ดังนั้น จึงควรมีการบันทึกรายละเอียดของการดูดซับน้ำระหว่างทำการศึกษการแทรกผ่านความร้อน

4.1.10 การถ่ายเทความร้อนไปยังผลิตภัณฑ์อาจเป็นแบบการนำความร้อน การพาความร้อน หรือแบบผสมทั้งการนำและการพา ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ อาหารบางชนิดมีลักษณะการถ่ายเทความร้อนแบบ broken โดยเริ่มจากแบบการพาความร้อน และเปลี่ยนเป็นแบบการนำเมื่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไปในระหว่างการฆ่าเชื้อ ตัวอย่างเช่น ซุป ซึ่งมีแบ่งเป็นส่วนผสม รูปแบบการให้ความร้อนจะเปลี่ยนไปเมื่อแบ่งเปลี่ยนตัวเป็นเจลที่อุณหภูมิหนึ่ง การเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยของส่วนผสมผลิตภัณฑ์หรือองค์ประกอบต่าง ๆ อาจมีผลทำให้จุดเปลี่ยนแปลงจากการพาความร้อนไปเป็นการนำความร้อนเกิดขึ้นที่อุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกันไปจากเดิมได้ ดังนั้น จึงควรมีการควบคุมดูแลเป็นพิเศษสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีการถ่ายเทความร้อนที่มีลักษณะเฉพาะ

4.1.11 คุณลักษณะผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น มีเกลือบเป็นองค์ประกอบ ค่าปริมาตรน้ำอิสระ ความเป็นกรด-ด่าง ความถ่วงจำเพาะ ความเข้มข้นของสารอาหาร และการปรับกรด อาจมีผลต่อการส่งผ่านความร้อนหรือการต้านทานความร้อนของเชื้อจุลินทรีย์ จึงควรมีการบันทึกไว้

4.2 ภาชนะบรรจุ

4.2.1 ควรจดบันทึกชื่อโรงงานผู้ผลิต และยี่ห้อของภาชนะบรรจุ หากมีผลต่อการบรรจุ การปิดผนึก และกระบวนการฆ่าเชื้อ

4.2.2 ควรมีการจดบันทึกชนิดของภาชนะบรรจุ ได้แก่ กระจ่างโลหะ ขวดแก้ว ถุงเพาเวิร์ช (retort pouch) หรือภาชนะบรรจุแบบกึ่งคงรูป (semi-rigid containers) รวมถึงขนาด และรูปร่างของภาชนะบรรจุ

4.2.3 การเกาะติดกันของกระป๋องแบบ nesting มีผลต่อการส่งผ่านความร้อน ดังนั้น ในการทดสอบการแทรกผ่านความร้อนที่มีรูปแบบการจัดวางภาชนะบรรจุในหม้อฆ่าเชื้อแบบ jumble คือไม่มีการใช้แผ่นกั้น ควรทำการทดสอบการแทรกผ่านความร้อนทั้งแบบกระป๋องเกาะติดกัน (nesting) และแบบกระป๋องเดี่ยว

4.2.4 ควรตรวจวัดและบันทึกค่าสุญญากาศ และช่องว่างเหนืออาหาร (vacuum and headspace) สำหรับภาชนะบรรจุชนิดคงรูป (rigid containers) และค่าปริมาณอากาศที่หลงเหลือ (residual gases) สำหรับภาชนะบรรจุชนิดอ่อนตัว (flexible containers) และภาชนะบรรจุชนิดกึ่งคงรูป (semi-rigid containers) เนื่องจากอากาศที่อยู่ในภาชนะทำให้เกิดชั้นฉนวน จึงเป็นสาเหตุทำให้ตำแหน่งที่ร้อนซ้ำที่สุดเปลี่ยนแปลง และอัตราการถ่ายเทความร้อนลดลง อย่างไรก็ตาม การฆ่าเชื้อแบบความดันสูง (overpressure) สามารถลดผลกระทบนี้ได้

4.2.5 ความหนาของผลิตภัณฑ์ในถุงแพรวซ์มีความสัมพันธ์โดยตรงต่อจุดที่ร้อนซ้ำที่สุด และการแทรกผ่านความร้อน หากถุงแพรวซ์มีความหนามากขึ้น การแทรกผ่านความร้อนก็จะใช้เวลานานขึ้น ดังนั้นการทดสอบการแทรกผ่านความร้อนควรทดสอบที่ถุงแพรวซ์ที่มีความหนามากที่สุด

4.2.6 การจัดวางภาชนะบรรจุภายในหม้อฆ่าเชื้อในแนวตั้งหรือแนวนอน ก็อาจเป็นปัจจัยวิกฤตสำหรับผลิตภัณฑ์หรือภาชนะบรรจุบางชนิด จึงควรศึกษารูปแบบการวางภาชนะบรรจุที่เหมาะสม การเปลี่ยนรูปแบบการจัดวางอาจมีผลกระทบต่อขั้นตอนการไล่อากาศ (vent schedule) และ come-up-time

4.2.7 การตรวจสอบความผิดปกติของภาชนะบรรจุหลังการฆ่าเชื้อ ควรเน้นภาชนะที่ให้ความร้อนซ้ำที่สุดและเร็วที่สุด และสิ่งที่ควรปฏิบัติเป็นอย่างยิ่งคือต้องตรวจสอบตำแหน่งของเทอร์โมคอปเปิ้ลในภาชนะบรรจุแบบอ่อนตัว เนื่องจากถ้าตำแหน่งนั้นเลื่อนหรือเปลี่ยนไป จะทำให้ผลของการทดสอบไม่ถูกต้อง

4.3 วิธีการบรรจุ

4.3.1 อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุมีผลต่ออุณหภูมิเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ (initial temperature) ก่อนการฆ่าเชื้อ ซึ่งส่งผลต่อพารามิเตอร์บางตัวที่เกี่ยวข้องกับการแทรกผ่านความร้อน เช่น lag factor และ retort come-up period เป็นต้น ดังนั้น อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ขณะบรรจุอาจจัดเป็นปัจจัยวิกฤตที่ต้องควบคุมโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติในการถ่ายเทความร้อนแบบผสม (broken heating behavior)

4.3.2 น้ำหนักบรรจุและน้ำหนักสุทธิอาจมีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนทั้งในหม้อฆ่าเชื้อแบบนิ่งและแบบหมุน ซึ่งข้อมูลความผันแปรดังกล่าว อาจตรวจสอบได้จากบันทึกการควบคุมการฆ่าเชื้อ และบันทึกการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์

4.3.3 โดยส่วนใหญ่แล้ว การควบคุม headspace โดยวิธีการตรวจสอบน้ำหนักสุทธิเพียงอย่างเดียวจะไม่เพียงพอ เนื่องจากค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของอาหารมีความหลากหลาย หากในผลิตภัณฑ์มีอากาศผสมมาก จะมีผลต่อสุญญากาศในภาชนะหรือใน headspace และมีผลอย่างยิ่งสำหรับการฆ่าเชื้อแบบหมุน headspace จึงเป็นปัจจัยวิกฤตที่ต้องควบคุมสำหรับการฆ่าเชื้อดังกล่าว เนื่องจากฟองอากาศที่อยู่ใน headspace ทำให้ผลิตภัณฑ์ภายในผสมกันในระหว่างที่หม้อหมุน

4.4 การปิดภาชนะหรือปิดผนึก

เครื่องปิดภาชนะหรือปิดผนึกต้องสามารถให้การปิดหรือผนึกที่แข็งแรงและคงสภาพในระหว่างการฆ่าเชื้อ รวมทั้งรักษาสุญญากาศในกรณีของกระป๋องและขวดแก้ว ซึ่งควรมีค่าอยู่ระหว่าง 35-70 kPa (10-20 in – Hg) ที่อุณหภูมิห้อง ค่าสุญญากาศในภาชนะขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น headspace อุณหภูมิผลิตภัณฑ์ อากาศในอาหาร (entrapped air) และประสิทธิภาพการทำให้เกิดสุญญากาศของเครื่องปิด ผลิตภัณฑ์บางประเภท เช่น ผักบรรจุกระป๋องแบบสุญญากาศ อาจมีค่าสุญญากาศน้อยและเป็นปัจจัยวิกฤตที่ต้องควบคุม กรณีบรรจุในภาชนะแบบอื่น เช่น ภาชนะบรรจุแบบอ่อนตัว (flexible) หรือกึ่งคงรูป สุญญากาศจะมีผลต่อปริมาณอากาศหลงเหลือในภาชนะบรรจุดังกล่าว ซึ่งเป็นปัจจัยวิกฤตที่ต้องควบคุมด้วยเช่นกัน

4.5 ระบบหม้อฆ่าเชื้อ

เนื่องจากประเภทของหม้อฆ่าเชื้อมีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนของผลิตภัณฑ์ในหม้อฆ่าเชื้อ รายงานผลการศึกษการทดสอบการแทรกผ่านความร้อนจึงควรรวมชนิดของหม้อฆ่าเชื้อและสภาวะของหม้อฆ่าเชื้อ ณ เวลาการทดสอบนั้นด้วย

4.5.1 come-up time (CUT) ควรสั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้ ทั้งนี้ ต้องสอดคล้อง กับการกระจายความร้อนที่เหมาะสม ในการศึกษาการแทรกผ่านความร้อน อาจใช้หม้อฆ่าเชื้อขนาดห้องปฏิบัติการได้ แต่เนื่องจากหม้อฆ่าเชื้อดังกล่าวมักมีขนาดเล็ก CUT จึงสั้นและเย็นเร็วกว่า จึงควรมีการทวนสอบอีกครั้งกับหม้อฆ่าเชื้อที่ใช้ในอุตสาหกรรมจริง

4.5.2 การใช้ระบบชั้นวางภาชนะบรรจุ (racking system) มีประโยชน์เพื่อแยกชั้นของกระป๋องหรือขวดแก้ว จำกัดการขยายตัวของภาชนะบรรจุแบบกึ่งคงรูปหรืออ่อนตัว ช่วยพยุงและทำให้เกิดช่องว่างถ่ายเทความร้อนสำหรับภาชนะบรรจุชนิดบาง และจำกัดความหนาของถุงเพาเว็กซ์ให้ไม่เกินที่กำหนด จึงควรมีการทำความเข้าใจและเลือกใช้รูปแบบของชั้นวางที่เหมาะสม เพื่อไม่ให้เกิดผลต่อการทำงานของหม้อฆ่าเชื้อและการถ่ายเทความร้อนไปยังผลิตภัณฑ์

4.5.3 การควบคุมการทำงานของหม้อฆ่าเชื้อแบบนิ่งขึ้นกับปัจจัยต่อไปนี้: ตัวกลางที่ทำให้ความร้อน (เช่น ใช้น้ำ ใช้น้ำ/อากาศ น้ำ (water immersion) หรือน้ำสเปรย์) ลักษณะของหม้อฆ่าเชื้อ (แนวตั้ง แนวนอน) วิธีการกระจายตัวกลางให้ความร้อน (ใช้พัดลม บีม การพ่นลม) และอื่น ๆ

4.5.4 หม้อฆ่าเชื้อแบบหมุน (axial, end-over-end) จะถูกออกแบบให้หมุนตะกร้า ทั้งตะกร้าที่มีผลิตภัณฑ์ในระหว่างการฆ่าเชื้อ การหมุนภาชนะบรรจุทำให้อัตราการแทรกผ่านความร้อนไปยังจุดร้อนช้าที่สุดในภาชนะเร็วกว่าหม้อฆ่าเชื้อแบบนิ่ง แต่อย่างไรก็ตาม อัตราการแทรกผ่านความร้อนอาจไม่เท่ากันทุกภาชนะในหม้อเดียวกันนั้น จึงควรมีการศึกษาหาตำแหน่งของภาชนะบรรจุที่ร้อนช้าที่สุด โดยมีข้อแนะนำว่า การบันทึกข้อมูลในระหว่างการทดสอบครั้งแรก ๆ ควรดำเนินการทุกช่วงเวลาสั้น ๆ (15 วินาที) โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวหนืด เนื่องจากจุดร้อนช้าที่สุดอาจเคลื่อนที่ระหว่างการหมุนและทำให้ผลทดสอบคลาดเคลื่อนได้ นอกจากนี้ ควรมีการทำความสะอาด slip-ring connectors และสอบเทียบเทอร์โมคอปเปิ้ลอย่างสม่ำเสมอ ปัจจัยวิกฤตของหม้อฆ่าเชื้อระบบนี้ ได้แก่ headspace ความสม่ำเสมอ (consistency) ของอาหาร อัตราส่วนของส่วนผสมที่เป็นของแข็งและของเหลว อุณหภูมิเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ก่อนการฆ่าเชื้อ (initial temperature) ขนาดภาชนะบรรจุ ความเร็วรอบในการหมุน และรัศมีการหมุน

4.5.5 หม้อฆ่าเชื้อแบบต่อเนื่อง (continuous retort systems) จะให้ภาชนะบรรจุเคลื่อนที่ไปตามเกลียวด้านในที่ติดกับผนังเครื่องอย่างต่อเนื่อง หรือเคลื่อนที่ผ่าน hydrostatic retort in chain driven flights เนื่องจากข้อจำกัดทางโครงสร้างทำให้การใช้เทอร์โมคอปเปิ้ลในการบันทึกอุณหภูมิระหว่างการทดสอบการแทรกผ่านความร้อนเป็นไปได้ยากหรือเป็นไปได้ไม่น่าเชื่อถือ ดังนั้นข้อมูลของการศึกษาในหม้อฆ่าเชื้อระบบนี้อาจรวบรวมจากอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิในตัวเครื่องเอง และอุปกรณ์เก็บข้อมูลในหม้อฆ่าเชื้อทางการค้า หรือการใช้จำลองการฆ่าเชื้อแทน

5. การวัดอุณหภูมิและการบันทึกข้อมูล

5.1 ระบบการเก็บข้อมูล (Data Acquisition System)

ความถูกต้องและแม่นยำของเครื่องบันทึกข้อมูล (datalogger) ที่ใช้ในการทดสอบการแทรกผ่านความร้อนมีผลต่อการอ่านอุณหภูมิที่วัดได้ เครื่องบันทึกข้อมูลโดยทั่วไปประกอบด้วยช่องวัดอุณหภูมิ หลายช่อง (multi-channel temperature measuring) และแสดงผล เป็นตัวเลข (digital data output) การสอบเทียบเครื่องบันทึกข้อมูลต้องรวมถึงการทวนสอบอัตราความเร็วในการบันทึกข้อมูลด้วย เนื่องจากความคลาดเคลื่อนของเวลาจะมีผลต่อความผิดพลาดของข้อมูล

5.2 ชนิดของเทอร์โมคอปเปิ้ล

TMDs ที่ใช้มากที่สุด ได้แก่ ชนิด Duplex type T (copper/constantan) ที่มี Teflon เป็นฉนวน ลักษณะทั่วไปเป็นแบบเส้นลวดสายอ่อนขนาด 20-, 22- หรือ 24-gauge และชนิด หัวเข็มแบบแข็ง รายละเอียดของเทอร์โมคอปเปิ้ล และตัวเชื่อมต่อสามารถหาข้อมูลได้ใน Bee และ Park (1978) และ Pflug (1975)

5.3 ชนิดของ Connectors และข้อผิดพลาดที่เกี่ยวข้อง

Connector ที่ใช้ในวงจรเทอร์โมคอปเปิ้ลจะถูกติดตั้งติดกับส่วนที่เชื่อมต่อกับไฟฟ้า connector มีหลายประเภทสำหรับการใช้งานเฉพาะและเทอร์โมคอปเปิ้ลแต่ละชนิด การใช้ connector และสายต่อของเทอร์โมคอปเปิ้ล ควรระมัดระวังไม่ให้เกิดข้อผิดพลาด (error) ขึ้น ซึ่งได้แก่ ความแตกต่างของ thermal emf ระหว่างเทอร์โมคอปเปิ้ล connector และสายต่อของเทอร์โมคอปเปิ้ล ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างรอยต่อของสายไฟ 2 เส้น และการสลับขั้วประจุที่รอยต่อของสายไฟ นอกจากนี้ ควรมีการทำความสะอาด connector ของเทอร์โมคอปเปิ้ลเป็นประจำด้วยน้ำยาทำความสะอาดโลหะ เพื่อให้มีการสัมผัสทางไฟฟ้าที่ดี และเป็นการป้องกันความคลาดเคลื่อนในการอ่านผล ทั้งนี้ หากมีการใช้ RTDs และ thermistor ต้องปฏิบัติติดตั้งที่กล่าวมานี้เช่นกัน

5.4 การสอบเทียบเทอร์โมคอปเปิ้ล

ควรมีการสอบเทียบเทอร์โมคอปเปิ้ลกับอุณหภูมิมาตรฐานที่สามารถสลับย้อนกลับได้ เช่น เทอร์โมมิเตอร์ RTD หรือ thermistor เนื่องจากเครื่องวัดอุณหภูมิที่อ่านค่าไม่ถูกต้องจะทำให้ผลการทดสอบคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้น การสอบเทียบอย่างสม่ำเสมอ จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะทำให้ข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือ ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ การสอบเทียบคือ slip-rings ที่ขาดชำรุดหรือสกปรก จุดเชื่อมต่อไม่ดี การออกซิเดชันของโลหะ จุดเชื่อมต่อมากกว่า 1 จุดใน 1 สาย และ datalogger cold junction compensation ไม่เหมาะสม จากสาเหตุดังกล่าว ควรจัดให้การสอบเทียบเทอร์โมคอปเปิ้ลเป็นส่วนหนึ่งของการรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาการแทรกผ่านความร้อน ข้อควรระวังเมื่อใช้เทอร์โมคอปเปิ้ลในการบันทึกข้อมูล ได้แก่ จุดเชื่อมต่อในเส้นลวด 1 เส้น ต้องน้อยที่สุด ทำความสะอาดจุดเชื่อมต่อทั้งหมด ต่อสายดินเทอร์โมคอปเปิ้ล และอุปกรณ์บันทึก กริดสายไฟในส่วนของฉนวนที่อยู่ภายนอกหม้อฆ่าเชื้อเพื่อป้องกันน้ำเข้าเครื่องบันทึกข้อมูล (ดูภาพประกอบที่ NFPA, 1985 หรือ ASTM, 1988) และใช้สายต่อเทอร์โมคอปเปิ้ลที่มีฉนวนที่เหมาะสม

5.5 ตำแหน่งของเทอร์โมคอปเปิ้ลในภาชนะบรรจุ

วิธีการใส่เทอร์โมคอปเปิ้ลในภาชนะบรรจุ ควรเป็นวิธีที่สามารถปิดผนึกไม่ให้อากาศและน้ำเข้าไปในภาชนะบรรจุได้ และควรตรวจสอบหลังจากเสร็จสิ้นการทดสอบแล้ว เทอร์โมคอปเปิ้ลควรอยู่ในตำแหน่งของชั้นอาหารที่ร้อนช้าที่สุดและติดตั้งในภาชนะบรรจุในบริเวณที่ร้อนช้าที่สุดเช่นเดียวกัน ในระหว่างที่ใส่เทอร์โมคอปเปิ้ลเข้าไปในภาชนะบรรจุ ต้องระวังไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ และต้องไม่ทำให้ภาชนะบรรจุเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปทรง เทอร์โมคอปเปิ้ลทั้งชนิดอ่อนและแข็ง สามารถใช้ได้กับภาชนะบรรจุแบบคงรูป (rigid) แบบอ่อนตัว (flexible) หรือแบบกึ่งคงรูป (semi-rigid) โดยใช้ compression fittings หรือ packing glands เป็นตัวช่วย

สำหรับภาชนะบรรจุแบบอ่อนตัวนั้น NFPA (1985) ได้จัดทำแผนภาพแสดงตำแหน่งเทอร์โมคอปเปิ้ลในส่วนประกอบอาหารที่มีลักษณะเป็นของแข็ง และอุปกรณ์ในการติดตั้งเทอร์โมคอปเปิ้ลต่าง ๆ เพื่อมั่นใจว่าเทอร์โมคอปเปิ้ลยังอยู่ในตำแหน่งที่กำหนดในภาชนะ การเลือกใช้ อุปกรณ์ติดตั้งเทอร์โมคอปเปิ้ลที่เหมาะสมต่อการใช้งานนั้น ควรพิจารณาจากชนิดผลิตภัณฑ์ การเรียงภาชนะบรรจุ ชนิดของภาชนะบรรจุ และเครื่องปิดภาชนะ การตรวจวัดการรั่วของภาชนะอาจวัดได้จากน้ำหนัก ก่อนและหลังฆ่าเชื้อที่เปลี่ยนแปลงไป ถ้าหากมีการรั่วซึ่งมีสาเหตุจากการติดตั้งเทอร์โมคอปเปิ้ลไม่เหมาะสม ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบในครั้งนั้นจะไม่สามารถนำมาใช้ได้ การทดสอบที่ใช้ nonprojecting, stainless steel receptacles ได้มีการกำหนด correction factors สำหรับชดเชยค่าการแทรกผ่านความร้อนที่ได้ด้วย (Ecklund, 1956)

5.6 ชนิดและตำแหน่งการวางของภาชนะบรรจุ

ชนิดและขนาดภาชนะบรรจุที่ใช้ในการศึกษาควรเป็นแบบเดียวกับที่ใช้ผลิตจริง ตะแกรงและการเรียงภาชนะบรรจุทั้งแบบคงรูป (กระป๋อง) กึ่งคงรูป (ถาด ถ้วย) และอ่อนตัว (ถุงเพาเวิร์ช) ควร มีรูปแบบเดียวกับการผลิตจริง ตำแหน่งของภาชนะบรรจุทดสอบควรอยู่ ณ ตำแหน่งที่ร้อนช้าสุดของหม้อฆ่าเชื้อ ซึ่งตำแหน่งดังกล่าวพิจารณาจากผลการศึกษาการกระจายความร้อน

5.7 อุณหภูมิของตัวกลางให้ความร้อน (Temperature of The Heating Medium)

TMDs ควรอยู่ในตำแหน่งที่ไม่สัมผัสโดยตรงกับตะแกรงหรือภาชนะบรรจุ และระบุตำแหน่งตามที่วางในหม้อฆ่าเชื้อ จำนวนเทอร์โมคอปเปิ้ลที่แนะนำให้ใช้วัดอุณหภูมิของหม้อฆ่าเชื้อควรจะมีอย่างน้อย 2 ตัว โดยอยู่ใกล้กับกระเปาะเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทในหลอดแก้ว (MIG) 1 ตัว และใกล้กับภาชนะบรรจุทดสอบอีก 1 ตัว นอกจากนี้ควรมีเทอร์โมคอปเปิ้ลเพิ่มเติมอีก 1 ตัววางไว้ใกล้กับเซ็นเซอร์ของตัวควบคุมอุณหภูมิ หากเซ็นเซอร์ดังกล่าวอยู่ไกลจากกระเปาะของ MIG

5.8 ความดันของหม้อฆ่าเชื้อ

การฆ่าเชื้อแบบความดันสูง (overpressure) จะมีผลต่อการขยายตัวของภาชนะบรรจุ เนื่องจากการขยายตัวของอากาศใน head space ซึ่งเป็นข้อดีกับผลิตภัณฑ์ภาชนะแบบอ่อนตัว และแบบกึ่งคงรูป เนื่องจากการทำให้การส่งผ่านความร้อนสู่อาหารดีขึ้น แต่อาจเป็นข้อเสียสำหรับการฆ่าเชื้อแบบหมุน (rotary process) จากการจำกัดขนาดของฟองอากาศใน headspace การฆ่าเชื้อแบบความดันสูงในหม้อฆ่าเชื้อที่ใช้ไอน้ำผสมอากาศจะเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของไอน้ำกับอากาศภายในหม้อ ซึ่งมีผลต่อการส่งผ่านความร้อนไปยังผลิตภัณฑ์

5.9 การหาตำแหน่งที่ร้อนซ้ำที่สุด

ตำแหน่งของจุดที่ร้อนซ้ำที่สุดในภาชนะบรรจุนั้นถือเป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดกระบวนการให้ความร้อน การถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน (conduction) ของผลิตภัณฑ์บรรจุกระป๋องที่มี headspace น้อย ตำแหน่งที่เป็นจุดร้อนซ้ำที่สุดคือตรงกลางกระป๋องโดยทั่วไปแล้วหาก headspace มีปริมาตรมากขึ้น ตำแหน่งจุดร้อนซ้ำที่สุดอาจเลื่อนขึ้นมาใกล้ส่วนบนกระป๋องก็ได้ เนื่องจากการเป็นฉนวนของ headspace โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าอัตราส่วนระหว่างความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางของกระป๋องมีค่าน้อย สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีการถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อน (convection) จุดที่ร้อนซ้ำที่สุดมักเป็นบริเวณก้นกระป๋อง ผลิตภัณฑ์ที่มีการถ่ายเทความร้อนเป็นแบบผสม จะมีจุดร้อนซ้ำที่สุดเปลี่ยนไปในภาชนะระหว่างฆ่าเชื้อ เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ สำหรับภาชนะบรรจุรูปทรงอื่นวัสดุอื่น อาจมีตำแหน่งที่ร้อนซ้ำที่สุดแตกต่างไปจากที่กล่าวนี้ ทั้งนี้ ควรมีการกำหนดตำแหน่งที่ร้อนซ้ำที่สุดให้เหมาะสม ซึ่งโดยทั่วไปมักกำหนดจากผลการทดสอบการแทรกผ่านความร้อนหลายครั้ง โดยใช้ภาชนะบรรจุหลายอัน เสียบเทอร์โมคอปเปิ้ลในตำแหน่งที่แตกต่างกัน หรือเสียบเทอร์โมคอปเปิ้ลหลายอันในภาชนะบรรจุเดียวกัน แต่วิธีหลังนี้อาจมีผลต่อการส่งผ่านความร้อนในผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะกับภาชนะบรรจุขนาดเล็ก ควรมีความระมัดระวังในการพิจารณาจุดร้อนซ้ำที่สุดโดยศึกษาทดลองหลาย ๆ ครั้งก่อน การศึกษาการส่งผ่านความร้อนจริง

5.10 อุณหภูมิเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์

การวัดอุณหภูมิเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ควรดำเนินการ ณ เวลาก่อนเริ่มทำการทดสอบ

5.11 จำนวนภาชนะบรรจุต่อการทดสอบ

ควรใช้เทอร์โมคอปเปิ้ลอย่างน้อย 10 ตัวในการทดสอบการแทรกผ่านความร้อนแต่ละครั้ง หากหม้อฆ่าเชื้อใดไม่สามารถใช้เทอร์โมคอปเปิ้ลได้เท่ากับจำนวนดังกล่าว ให้เพิ่มจำนวนซ้ำของการทดสอบให้มากขึ้น

5.12 จำนวนครั้งของการทดสอบ

ควรทำการทดสอบซ้ำหลายครั้งเพื่อให้ผลถูกต้อง หลังจากการหาจุดร้อนซ้ำที่สูงสุดครั้งแรกเสร็จสิ้น และปัจจัยวิกฤตทุกตัวได้ถูกกำหนดขึ้นแล้ว ควรทำการทดสอบซ้ำอีกครั้ง และหากผลที่ได้จากทั้ง 2 ครั้งมีความแตกต่างกัน ก็ควรจะทดสอบเพิ่มอีกครั้ง ความแตกต่างของผลการทดสอบมักพบเสมอ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมไม่เป็นเนื้อเดียวกันหรือมีการถ่ายเทความร้อนแบบผสม ความแตกต่างของค่าต่างๆ พิจารณาจากกราฟความร้อนและหล่อเย็น (heating and cooling curve) และ/หรือค่า lethality และควรมีการพิจารณาเป็นพิเศษ เมื่อตรวจพบกระบวนการฆ่าเชื้อที่มีรูปแบบการส่งผ่านความร้อนซ้ำสุด

6. การจัดทำเอกสารผลการทดสอบ

สรุปข้อมูลที่ควรระบุในแบบประเมิน (checklist) และเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ มีดังนี้

6.1 เอกสารข้อมูลก่อนทำการทดสอบ (Pre-test Documentation)

รายละเอียดต่อไปนี้อาจจะรวมในเอกสารสำหรับการศึกษาการแทรกผ่านความร้อน สำหรับรายละเอียดอื่นๆ ที่ไม่ได้ระบุในที่นี้ ก็อาจมีส่วนเกี่ยวข้องในการศึกษาด้วยเช่นกัน

6.1.1 คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ : Production Characteristics

- 6.1.1.1 ชื่อผลิตภัณฑ์ ชนิด รูปแบบ และ packing medium
- 6.1.1.2 สูตรและน้ำหนักส่วนผสม
- 6.1.1.3 น้ำหนักสุทธิและปริมาตร
- 6.1.1.4 ลักษณะความสม่ำเสมอ หรือความหนืด (consistency or viscosity) ของส่วนประกอบที่เป็นของเหลว
- 6.1.1.5 ขนาด รูปร่าง และน้ำหนักของส่วนผสมที่เป็นของแข็ง
- 6.1.1.6 ขนาดของส่วนผสมที่เป็นของแข็งที่จับกันเป็นก้อน
- 6.1.1.7 ค่าความเป็นกรด-ด่างของส่วนผสมที่เป็นของแข็งและของเหลว
- 6.1.1.8 วิธีการเตรียมอาหารก่อนทำการบรรจุ (วิธีการผสมส่วนผสมต่างๆ หรือมีการใช้เครื่องมือพิเศษ)
- 6.1.1.9 matting tendency
- 6.1.1.10 การดูดคืนน้ำ (rehydration) ของส่วนผสม
- 6.1.1.11 วิธีการปรับกรด
- 6.1.1.12 คุณสมบัติอื่นๆ เช่น เปอร์เซ็นต์ของส่วนผสมที่เป็นของแข็ง และความหนาแน่น เป็นต้น

6.1.2 รายละเอียดของภาชนะบรรจุ : Container Description

- 6.1.2.1 ประเภทของวัสดุที่ใช้ผลิตภาชนะบรรจุ (ชื่อทางการค้าและชื่อโรงงานผู้ผลิต)
- 6.1.2.2 ชนิด ขนาด และมีติด้านในของภาชนะบรรจุ
- 6.1.2.3 รหัสของภาชนะบรรจุที่ทดสอบ (container test identification code)
- 6.1.2.4 ความหนามากที่สุดสำหรับภาชนะบรรจุแบบอ่อนตัว
- 6.1.2.5 น้ำหนักของภาชนะบรรจุ (gross weight)
- 6.1.2.6 การจัดเรียงภาชนะบรรจุ (container nesting characteristics)
- 6.1.2.7 ตำแหน่งของจุดที่ร้อนซ้ำที่สุดในภาชนะบรรจุ

6.1.3 เครื่องมือเก็บข้อมูลและวิธีการ (Data Acquisition Equipment and Methodology)

- 6.1.3.1 รายละเอียดของระบบการทักข้อมูล
- 6.1.3.2 การบำรุงรักษาเทอร์โมคอปเปิ้ลและอุปกรณ์เชื่อมต่อ
- 6.1.3.3 จำนวนเทอร์โมคอปเปิ้ลและอุปกรณ์เชื่อมต่อที่ใช้
- 6.1.3.4 ตรวจสอบระบบสายดิน (electrical ground checked)
- 6.1.3.5 ตำแหน่งเทอร์โมคอปเปิ้ลที่ใช้วัดตัวกลางให้ความร้อนและอุณหภูมิที่อ่านได้เปรียบเทียบกับอุปกรณ์วัดอุณหภูมิอ้างอิง
- 6.1.3.6 ชนิด ความยาว ชื่อโรงงานผู้ผลิต และหมายเลขรหัสของเทอร์โมคอปเปิ้ลและอุปกรณ์เชื่อมต่อ
- 6.1.3.7 ตำแหน่งของเทอร์โมคอปเปิ้ลในภาชนะบรรจุ
- 6.1.3.8 เทคนิคการวางตำแหน่งของเทอร์โมคอปเปิ้ล
- 6.1.3.9 ข้อมูลการสอบเทียบเทอร์โมคอปเปิ้ลแต่ละตัว

6.1.4 วิธีการบรรจุ : Fill Method

- 6.1.4.1 อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ขณะบรรจุ
- 6.1.4.2 น้ำหนักบรรจุ
- 6.1.4.3 ช่องว่างเหนืออาหาร
- 6.1.4.4 วิธีการบรรจุ (เทียบกับวิธีการบรรจุจากสภาวะการปฏิบัติงานจริง)

6.1.5 การปิดผนึก : Sealing Operations

- 6.1.5.1 ชนิด/ประเภทของเครื่องปิดผนึก
- 6.1.5.2 การตั้งค่าเวลา อุณหภูมิ ความดัน และค่าสุญญากาศ (ถ้ามี)
- 6.1.5.3 วิธีการกำจัดอากาศออกจากภาชนะบรรจุ (gas evacuation method)
- 6.1.5.4 ค่าสุญญากาศในกระป๋อง
- 6.1.5.5 ปริมาณอากาศหลงเหลือในภาชนะบรรจุแบบอ่อนตัว

6.1.6 ระบบหม้อฆ่าเชื้อ : Retort System

- 6.1.6.1 แบบนิ่ง หรือแบบเคลื่อนที่ (end-over-end, axial or oscillatory)
- 6.1.6.2 Reel diameter (จำนวนของภาชนะหรือ ตะกร้า) และความเร็วในการหมุน
- 6.1.6.3 ข้อมูลการศึกษาตำแหน่งของภาชนะสำหรับหม้อฆ่าเชื้อแบบหมุน
- 6.1.6.4 ตัวกลางให้ความร้อน (ไอน้ำ ไอน้ำ/อากาศ น้ำท่วมผลิตภัณฑ์ น้ำพ่น เป็นฝอย) และอัตราการไหล
- 6.1.6.5 วิธีการหมุนเวียนของน้ำ หรือ overpressure media
- 6.1.6.6 บันทึกการกระจายความร้อน
- 6.1.6.7 ตารางการไล่อากาศ
- 6.1.6.8 หมายเลขหม้อฆ่าเชื้อ

6.1.7 การบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าหม้อฆ่าเชื้อ

- 6.1.7.1 รายละเอียดวิธีการบรรจุ หรือการจัดเรียง
- 6.1.7.2 ตำแหน่งของภาชนะบรรจุชั้นที่ใช้ทดสอบในหม้อฆ่าเชื้อ (บริเวณที่ร้อนช้าที่สุด)
- 6.1.7.3 รูปแบบการจัดวางภาชนะบรรจุ (container orientation)
- 6.1.7.4 ตำแหน่งของเทอร์โมคอปเปิ้ลที่ใช้วัดอุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อ
- 6.1.7.5 การใช้ ballast containers เพื่อมั่นใจได้ว่าการบรรจุภาชนะบรรจุเต็มกำลังของหม้อฆ่าเชื้อสำหรับหม้อฆ่าเชื้อบางระบบ
- 6.1.7.6 เลือกช่วงเวลาสำหรับระบบการบันทึกอุณหภูมิ

6.1.8 ข้อมูลเพิ่มเติม

- 6.1.8.1 วันที่
- 6.1.8.2 หมายเลขการทดสอบ

- 6.1.8.3 ชื่อโรงงานและสถานที่ตั้ง
- 6.1.8.4 ผลการทดสอบการแทรกผ่านความร้อนในแต่ละครั้ง

6.2 เอกสารผลการทดสอบ

- 6.2.1 หมายเลขของการทดสอบ
- 6.2.2 อุณหภูมิเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ ขณะเริ่มให้ความร้อน
- 6.2.3 เวลาเริ่มให้ความร้อน
- 6.2.4 เวลาและอุณหภูมิ ขณะปิด vent, ถ้ามี
- 6.2.5 อุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์ปรอทในหลอดแก้ว (MIG)
- 6.2.6 เวลาที่ความร้อนของหม้อฆ่าเชื้อถึงอุณหภูมิที่กำหนด (tc)
- 6.2.7 ค่าความดันที่อ่านได้จากเกจวัดความดัน (calibrated pressure gauge) หรือ transducer
- 6.2.8 เวลาเริ่มต้นการฆ่าเชื้อ
- 6.2.9 เวลาเริ่มต้นการทำให้เย็น หรือการทำให้เย็นภายใต้ความดัน (ถ้ามี)
- 6.2.10 เวลาสิ้นสุดการทำให้เย็น
- 6.2.11 ความเร็วของการหมุน (ถ้ามี)
- 6.2.12 อุณหภูมิน้ำเย็น
- 6.2.13 บันทึกความคลาดเคลื่อน หรือสิ่งที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนด

6.3 การจัดทำเอกสารหลังการทดสอบ

- 6.3.1 น้ำหนักสุทธิและน้ำหนักรวม เพื่อตรวจสอบการรั่วของภาชนะบรรจุ
- 6.3.2 ความหนาของภาชนะบรรจุ
- 6.3.3 ตำแหน่งของเทอร์โมคอปเปิ้ล ไม่ว่าจะอยู่ในอาหารหรือไม่ก็ตาม
- 6.3.4 ค่าสุญญากาศในภาชนะบรรจุแบบกระป๋องและขวดแก้ว หรือปริมาณอากาศหลงเหลือในภาชนะบรรจุแบบอ่อนตัวและกึ่งแข็ง
- 6.3.5 คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ภายหลังการฆ่าเชื้อ เช่น syrup strength ลักษณะที่ปรากฏ ความหนืด ช่องว่างเหนืออาหาร น้ำหนักเนื้อ ความเป็นกรด-ด่าง ความชื้น การหดตัว matting, clumping
- 6.3.6 ตำแหน่งและรูปแบบการจัดเรียงภาชนะบรรจุ หรือมีรูปแบบการวางแบบ jumble pack

7. เอกสารอ้างอิง

- ASTM. 1988. Standard Guide for Use in the Establishment of Thermal Processes for Foods Packaged in Flexible Containers. F 1168-88. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA.
- Bee, G.R. and Park, D.K. 1978. Heat penetration measurement for thermal process design. *Food Technol.* 32(6): 56-58.
- CFPRA. 1977. Guidelines for the Establishment of Scheduled Heat Processes for Low-Acid Foods. Technical Manual No. 3. Campden Food Preservation Research Association, Chipping Campden, Gloucestershire, UK.
- Ecklund, O.F. 1956. Correction factors for heat penetration thermocouples. *Food Technol.* 10(1): 43-44.
- IFTPS. 1992. Temperature Distribution Protocol for Processing in Steam Still Retorts, Excluding Crateless Retorts. Institute for Thermal Processing Specialists, Fairfax, VA.
- NFPA. 1985. Guidelines for Thermal Process Development for Foods Packaged in Flexible Containers. National Food Processors Association, Washington, DC.
- Pflug, I.J. 1975. Procedures for Carrying Out a Heat Penetration Test and Analysis of the Resulting Data. University of Minnesota, Minneapolis, MN.

พิมพ์ที่ ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด

79 ถนนวงศ์วิมาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทร. 0-2561-4567, 0-2561-4590-6 โทรสาร 0-2941-1230

E-mail : ACFT@co-opthai.com www.co-opthai.com

