สาระน่ารู้

การใช้เครื่องฆ่าเชื้ออาหารกระป๋อง (Still Retort Operation)

วิวัธน์ ปฐมโยธิน*

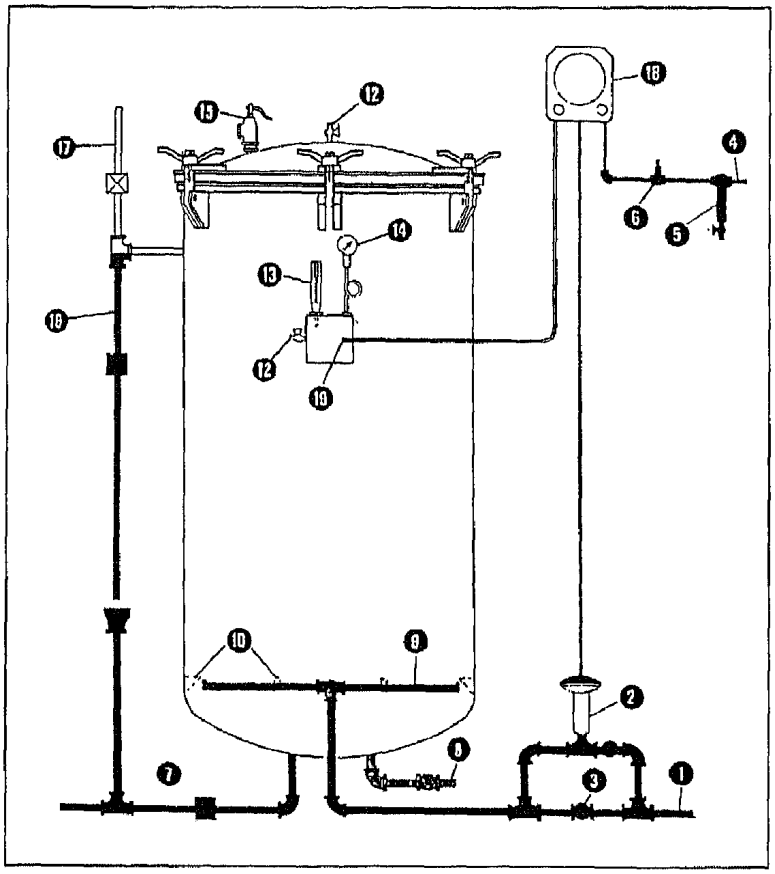
อุตสาหรรมการผลิตอาหารกระป๋องเป็นการผลิตอาหารบรรจุในภาชนะปิดผนึกอากาศซึมผ่านเข้าออกไม่ได้ ผ่านการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยความร้อนก่อนหรือหลังการบรรจุและปิดผนึกในช่วงระยะเวลาหนึ่งที่อุณหภูมิสูงเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นต้นเหตุให้อาหารเสื่อมคุณภาพ เน่าเสีย และเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค เป็นการถนอมอาหารที่บรรจุภายในไม่ให้เน่าเสียหรือเปลี่ยนแปลงในสภาวะการเก็บรักษาปกติได้เป็นระยะเวลานาน

สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องประเภทกรดต่ำ (low acid canned foods; LACF) เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีค่าความเป็นกรดด่าง (pH value) สูงกว่า 4.6 ได้แก่ผลิตภัณฑ์เนื้อ, ปลา, หน่อไม้ ผักต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งสภาพธรรมชาติของอาหารประเภทนี้มีความเหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ประเภททนร้อน (thermophiles) และสามารถสร้างสปอร์เมื่อเกิดสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเจริญ ดังนั้นจึงต้องใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง และระยะเวลาเหมาะสมในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และสปอร์แบบการฆ่าเชื้อทางการค้า (commercial sterilization) ซึ่งนอกจากจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัยต่อการบริโภคแล้วยังจะช่วยรักษาคุณภาพลักษณะที่ดีและคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ด้วย

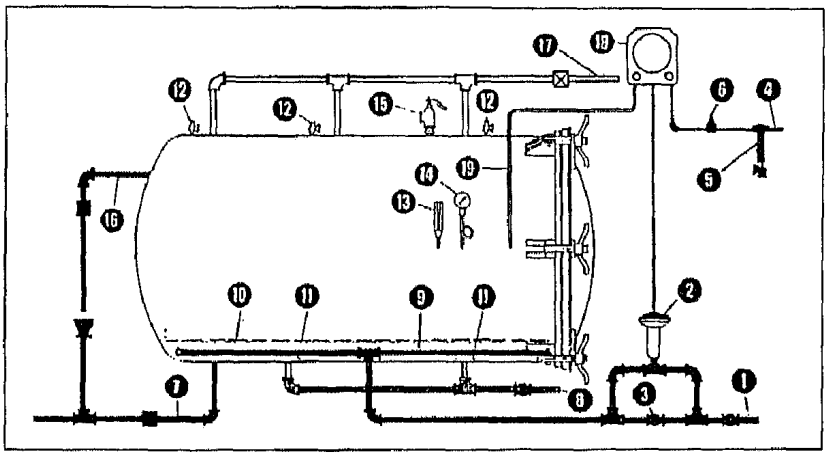
เครื่องฆ่าเชื้อ (Retort) เป็นอุปกรณ์สำคัญในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารกระป๋อง การใช้เครื่องได้อย่างถูกต้อง เป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้กระบวนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์มีประสิทธิภาพดี ซึ่งต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์และกรรมวิธีการผลิตที่ดี เรียกว่า GMP (Good Manufacturing Practice) โดยทั่วไปโครงสร้างของเครื่องฆ่าเชื้อเป็นโลหะหนาประกอบเป็นรูปทรงปิด ซึ่งอาจเป็นทรงกระบอกหรือสี่เหลี่ยม ควรหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อน มีฝาโลหะครอบปิดสนิทด้วยล็อคที่แน่นหนา เครื่องฆ่าเชื้อต้องสามารถใช้งานได้ปลอดภัยที่ความดัน 40-60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ขึ้นกับจุดประสงค์ของการใช้งานและอัตราคูณไว้เพื่อความปลอดภัย สามารถแบ่งเครื่องฆ่าเชื้อตามลักษณะการใช้งานเป็น 2 ประเภทคือ

1. **เครื่องฆ่าเชื้อแบบนิ่ง** (still retort) ไม่ต่อเนื่อง การทำงานเป็นชุด แบ่งตามลักษณะการวางเป็นแนวตั้ง (vertical type) แสดงในรูปที่ 1 และแบบขวางตามแนวนอน (horizontal type) แสดงในรูปที่ 2

*ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการอาหาร, สาขาวิจัยอุตสาหกรรมอาหาร
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย



รูปที่ 1 เครื่องฆ่าเชื้อแบบนิ่งแนวตั้ง (Still/Vertical retort)



รูปที่ 2 เครื่องฆ่าเชื้อแบบนิ่งแนวนอน (Still/Horizontal retort)

ทั้งรูปที่ 1 และรูปที่ 2 มีอุปกรณ์ส่วนประกอบแสดงในรูปดังนี้

1. ท่อไอน้ำเข้า	*2. วาล์วควบคุมไอน้ำ*	*3. ท่อไอน้ำเบี่ยง*	*4. ท่อลมสำหรับอุปกรณ์บันทึก*
5. อุปกรณ์ดักกรองลม	*6. อุปกรณ์ควบคุมแรงดันลม*	*7. ท่อระบายน้ำ*	*8. ท่อน้ำเข้า*
9. ท่อกระจายน้ำ	*10. ที่รองรับตระกร้าใส่กระป๋อง*	*11. ที่กะบังน้ำเข้า*	*12. ช่องระบายไอน้ำ*
13. เทอร์โมมิเตอร์	*14. มาตรวัดความดัน*	*15. วาล์วนิรภัย*	*16. ท่อน้ำล้น*
17. ท่อไล่อากาศ	*18. เครื่องควบคุมและบันทึกอุณหภูมิ*		*19. อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ*

2. **เครื่องฆ่าเชื้อแบบต่อเนื่อง** (continuous retort) มีหลายรูปบบ ได้แก่ hydrostatic sterilizer, sterilmatic sterilizer เป็นต้น

โรงงานอาหารกระป๋องประเภทกรดต่ำในประเทศไทยส่วนมากใช้เครื่องฆ่าเชื้อแบบนิ่งลักษณะขวางตามแนวนอน (still/horizontal retort) เป็นเครื่องแบบพื้นฐานผลิตในประเทศ ใช้เจ้าหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่โดยการปิดเปิดวาล์วไอน้ำ การทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารกระป๋องประเภทกรดต่ำแบบนี้ จะต้องศึกษาถึงข้อกำหนดขั้นต่ำที่จำเป็นสำหรับการติดตั้งควบคุมและการใช้งานให้ถูกต้อง

ส่วนประกอบเครื่องฆ่าเชื้อ

ในการผลิตอาหารกระป๋องประเภทกรดต่ำ ต้องใช้อุณหภูมิสูงในการทำลายสปอร์ของเชื้อจุลินทรีย์ แหล่งพลังงานความร้อนสูงเป็นไอน้ำอิ่มตัว บริสุทธิ์ ปราศจากสารเจือปนต่างๆและมีแรงดันไอน้ำไม่ต่ำกว่า 90 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว คงที่ตลอดเวลาทำงาน เพื่อให้การควบคุมอุณหภูมิฆ่าเชื้อให้สม่ำเสมอ บริเวณที่ติดตั้งเครื่องฆ่าเชื้อควรเป็นพื้นที่กว้างเพียงพอสะดวกในการปฏิบัติงาน อากาศถ่ายเทและมีการระบายน้ำดี สำหรับส่วนประกอบของเครื่องฆ่าเชื้อ มีดังนี้

- **หัวจ่ายไอน้ำ** (steam header) หรือท่อพักไอน้ำ ทำหน้าที่จ่ายไอน้ำไปยังเครื่องฆ่าเชื้อหลายๆตัว เป็นท่อมีฉนวนหุ้ม และมีที่ดักน้ำที่กลั่นตัวออกมา ควรติดตั้งใกล้บริเวณเครื่องฆ่าเชื้อ เป็นส่วนช่วยควบคุมกำลังไอน้ำให้คงที่เพียงพอขณะฆ่าเชื้อ

- **ท่อไอน้ำเข้า** (steam inlet) เป็นท่อที่มีขนาดใหญ่เพียงพอต่อการใช้งาน ทำหน้าที่นำไอน้ำเข้าเครื่องฆ่าเชื้อ อาจอยู่ส่วนบนหรือส่วนล่างของเครื่องฆ่าเชื้อ แต่ต้องอยู่ในตำแหน่งตรงข้ามช่องไล่อากาศ

- **เครื่องควบคุมไอน้ำ** (steam controller) เครื่องฆ่าเชื้อแต่ละเครื่องควรมีอุปกรณ์ควบคุมไอน้ำอัตโนมัติ มีความแม่นยำในการควบคุมอุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อได้ดี ควรใช้วาล์วอัตโนมัติแบบทำงานด้วยลม และมีการใช้ท่อไอน้ำเบี่ยง (steam-by-pass) ต่อขนานคร่อมท่อที่ติดตั้งวาล์วอัตโนมัติ ท่อนี้มีขนาดเดียวกับท่อไอน้ำเข้าเครื่องฆ่าเชื้อ และมีหน้าที่ควบคุมเครื่องฆ่าเชื้อด้วยมือในกรณีเครื่องควบคุมไอน้ำอัตโนมัติขัดข้องและช่วยร่นระยะเวลาไล่อากาศเร็วขึ้น แต่ต้องมีพนักงานดูแลตลอดเวลาขณะเปิด ห้ามปล่อยทิ้งไว้

- **ท่อกระจายไอน้ำ** (steam spreader) เป็นท่อปลายปิดที่ติดตั้งภายในเครื่องฆ่าเชื้อต่อจากทางเข้าท่อไอน้ำ ตัวท่อถูกเจาะรูส่วนบนเป็นแนวยาวสองแนวตามความยาวท่อตลอดเครื่องฆ่าเชื้อ ช่วยให้ไอน้ำกระจายทั่วถึง ท่อกระจายไอน้ำนี้มีจำนวนและขนาดของรูกระจายไอน้ำต้องสัมพันธ์กันกับขนาดท่อไอน้ำเข้ามาในเครื่องฆ่าเชื้อ อย่างน้อยตามข้อแนะนำของ Bulletin-262 (NFPA, 1982) ที่ได้กำหนดไว้ให้มีพื้นที่รูกระจายไอน้ำรวมกันเท่ากับ 1 1/2 ถึง 2 เท่าของพื้นที่หน้าตัดของท่อไอน้ำเข้า และขนาดของรูไม่ควรมีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 3/16 นิ้ว และมีระยะห่างรูต่อรูเท่าๆ กันตลอดความยาวท่อกระจายไอน้ำตลอดเครื่องฆ่าเชื้อ แนวทางการกำหนดจำนวนรูสัมพันธ์กับขนาดท่อไอน้ำเข้าและขนาดรูกระจายไอน้ำ แสดงในตารางที่ 1

- **วาล์วนิรภัย** (safety valve) เป็นวาล์วอัตโนมัติใช้ป้องกันแรงดันที่เกินความต้องการภายในเครื่องฆ่าเชื้อ โดยระบายแรงดันที่สูงเกินกำหนด

ตารางที่ 1 จำนวนรูบนท่อกระจายไอน้ำสัมพันธ์กับขนาดท่อไอน้ำเข้าและขนาดรูกระจายไอน้ำ

ขนาดของรูกระจายไอน้ำ (ø นิ้ว)	จำนวนรูกระจายไอน้ำสัมพันธ์กับขนาดท่อไอน้ำเข้า				
	(ø 3/4 นิ้ว)	(ø 1 นิ้ว)	(ø 1 1/4 นิ้ว)	(ø 1 1/2 นิ้ว)	(ø 2 นิ้ว)
3/16	29-39	47-63	82-109	111-148	183-244
7/32	22-29	35-46	60-80	82-109	134-179
1/4	17-22	27-36	46-61	63-83	103-137
5/16	11-14	17-23	30-40	40-54	66-88
3/8	-	12-16	21-28	28-37	46-61
1/2	-	-	12-16	16-21	26-35

ø : เส้นผ่าศูนย์กลาง

ปลอดภัยให้ออกจากเครื่องฆ่าเชื้อโดยเร็ว ต้องเป็นวาล์วมาตรฐาน ขนาดจะแตกต่างกันไปตามสภาพของงาน

- **ช่องไล่อากาศ** (vent) ติดวาล์วขนาดใหญ่เพียงพอที่จะให้ไอน้ำขับดับอากาศภายในเครื่องฆ่าเชื้อออกมา ต้องติดตั้งในลักษณะที่สามารถไล่อากาศออกจากเครื่องฆ่าเชื้อได้หมดและรวดเร็วเต็มที่ ต้องไม่ต่อตรงกับท่อระบายน้ำ และอยู่ตรงข้ามกับทางเข้าไอน้ำเสมอ

ถ้ามีการรวมช่องไล่อากาศหลายช่องจากเครื่องฆ่าเชื้อเดียวกันมารวมเป็นท่อรวมเรียก vent manifold ท่อรวมนี้ต้องมีพื้นที่หน้าตัดใหญ่กว่าพื้นที่หน้าตัดของช่องไล่อากาศทุกช่องรวมกัน ท่อรวมนี้ต้องสั้นที่สุด ไม่มีส่วนโค้งงอ และต้องแน่ใจว่าอากาศถูกไล่ออกจากเครื่องฆ่าเชื้อหมดสมบูรณ์ในช่วงเวลาไล่อากาศ ตัวอย่างข้อกำหนดอย่างน้อยที่สุดของอุณหภูมิเครื่องฆ่าเชื้อและเวลาในการไล่อากาศในเครื่องฆ่าเชื้อแสดงไว้ในตารางที่ 2 และ 3

- **ช่องระบายไอน้ำ** (bleeder) เป็นรูเปิดขนาด 1/8 ถึง 1/4 นิ้ว เพื่อไล่อากาศที่อาจแทรกอยู่ในไอน้ำ และทำให้เกิดการหมุนเวียนของไอน้ำในเครื่องฆ่าเชื้อ ช่องระบายไอน้ำนี้ต้องเปิดให้ไอน้ำระบายออกสะดวกตลอดเวลาปฏิบัติการฆ่าเชื้อ พนักงานควบคุมเครื่องฆ่าเชื้อต้องสามารถสังเกตการระบายไอน้ำได้ง่าย ช่องระบายไอน้ำอาจมีติดตั้งอยู่บริเวณส่วนล่างของเครื่องฆ่าเชื้อ เพื่อไล่น้ำที่เกิดจากการกลั่นตัวของไอน้ำในเครื่องฆ่าเชื้อได้ นอกจากนี้บริเวณที่กะเปาะเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิเครื่องฆ่าเชื้อต้องมีรูระบายไอน้ำ

เครื่องฆ่าเชื้อแบบตั้งจะมีช่องระบายไอน้ำที่ส่วนบนสุดของเครื่องตรงข้ามกับท่อไอน้ำเข้าสำหรับเครื่องฆ่าเชื้อแบบนอนต้องมีช่องระบายไอน้ำส่วนบน

ตารางที่ 2 ข้อกำหนดในการไล่อากาศสำหรับเครื่องฆ่าเชื้อแบบนิ่งแนวตั้ง

เครื่องฆ่าเชื้อแบบนิ่งแนวตั้ง (3-4 crates vertical retort)					
ท่อไอน้ำเข้า (ø นิ้ว)	ช่องไล่อากาศ (ø นิ้ว)	เวลา (นาที)		อุณหภูมิ (^{0}ซ)	
		ไม่มีที่กั้นชั้นวางกระป๋อง	มีที่กั้นชั้นวางกระป๋อง	ไม่มีที่กั้นชั้นวางกระป๋อง	มีที่กั้นชั้นวางกระป๋อง
1	1 1/4	4	6	105	107
1 1/4	1 1/2	3	5	105	107
1 1/2	2	3	5	105	107
2	2 1/2	2	4	107	110

ตารางที่ 3 ข้อกำหนดในการไล่อากาศสำหรับเครื่องฆ่าเชื้อแบบนิ่งแนวนอน

เครื่องฆ่าเชื้อแบบนิ่งแนวนอน (horizontal retort) ยาวไม่เกิน 8 ฟุต					
ท่อไอน้ำเข้า (ø นิ้ว)	ช่องไล่อากาศ (ø นิ้ว)	เวลา (นาที)		อุณหภูมิ (^{0}ซ)	
		ไม่มีที่กั้นชั้นวางกระป๋อง	มีที่กั้นชั้นวางกระป๋อง	ไม่มีที่กั้นชั้นวางกระป๋อง	มีที่กั้นชั้นวางกระป๋อง
1	1 1/4	4	6	105	107
1 1/4	1 1/2	4	6	105	107
1 1/2	2	4	6	105	107
2	2 1/2	3	5	107	110

ของเครื่อง ห่างจากปลายแต่ละข้างไม่เกินหนึ่งฟุต และช่องระบายไอน้ำอื่นๆ นอกจากนี้ต้องอยู่ห่างกันไม่เกิน 8 ฟุต ขนานไปตามส่วนบนของเครื่องฆ่าเชื้อ

- **ท่อระบายน้ำ** (drain) ควรมีขนาดใหญ่พอที่จะระบายน้ำที่ใช้ทำความเย็นกระป๋องที่อยู่ภายในเครื่องฆ่าเชื้อหลังจากสิ้นสุดการฆ่าเชื้อโดยไม่ใช้เวลานานเกินไปจนมีผลเสียต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ได้ วาล์วท่อระบายน้ำควรเป็นแบบ gate valve

- **ท่อน้ำเข้า** (water line) เครื่องฆ่าเชื้อที่ใช้น้ำเป็นตัวทำให้กระป๋องเย็นตัวลง ท่อน้ำเข้าต้องมีขนาดใหญ่และมีจำนวนเพียงพอให้น้ำเข้าเครื่องฆ่าเชื้อรวดเร็ว ควรใช้วาล์วประเภท globe valve และต้องแน่ใจว่าไม่รั่ว ไม่มีน้ำซึมไหลเข้าเครื่องฆ่าเชื้อขณะทำการฆ่าเชื้อ ซึ่งอาจมีผลทำให้ฆ่าเชื้อไม่เพียงพอ (underprocessing)

- **ท่ออากาศ** (air line) เครื่องฆ่าเชื้อที่ใช้ลมเป็นตัวทำให้กระป๋องเย็นลงด้วยความดันในท่ออากาศ ต้องใช้วาล์วแบบ globe valve และต้องแน่ใจว่าไม่มีการรั่วของอากาศเข้าเครื่องฆ่าเชื้อขณะทำการฆ่าเชื้อ เพราะส่วนผสมของอากาศและไอน้ำทำให้ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำร้อนลดต่ำลง ความร้อนอาจไม่พอในการฆ่าเชื้อ

- **ที่รองรับตะกร้าใส่อาหารกระป๋อง** (basket or crate support) เครื่องฆ่าเชื้อตามแนวตั้งจะมีที่รองรับตะกร้าหรือตะแกรงใส่กระป๋องในบริเวณตอนล่างของเครื่องฆ่าเชื้อ

- **ท่อน้ำล้น** (overflow) เป็นท่อระบายน้ำส่วนที่ท่วมล้นเมื่อมีการทำให้อาหารกระป๋องเย็นด้วยน้ำในเครื่องฆ่าเชื้อ

อุปกรณ์ควบคุม วัดและบันทึกอุณหภูมิ ความดันและเวลา

อุปกรณ์ควบคุม วัดและบันทึกอุณหภูมิ ความดันและเวลา เป็นส่วนสำคัญในการควบคุมประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารกระป๋อง ดังนั้นเครื่องฆ่าเชื้อควรมีอุปกรณ์ควบคุมวัดและบันทึกที่ได้มาตรฐาน อยู่ในสภาพทำงานได้ดีถูกต้องแม่นยำ อุปกรณ์เหล่านี้จะติดตั้งที่เครื่องฆ่าเชื้อในตำแหน่งที่อ่านง่าย ชัดเจน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. **เทอร์โมมิเตอร์** เป็นชนิดปรอทในหลอดแก้ว (mercury in glass thermometer) มีขีดแบ่งละเอียดถึง 0.5°ซ. (หรือ 1°ฟ.) และมีสเกลไม่เกิน 4°ซ. ต่อ ซม. (หรือ 17°ฟ ต่อนิ้ว) ต้องติดตั้งให้กระเปาะเทอร์โมมิเตอร์สอดในช่องต่อกับเครื่องฆ่าเชื้อที่เป็นรูเปิดซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอย่างน้อย 3/4 นิ้ว และมีช่องระบายไอน้ำเป็นรูขนาดอย่างน้อย 1/16 นิ้ว ตั้งในตำแหน่งให้ไอน้ำผ่านตลอดตามความยาวของกระเปาะเทอร์โมมิเตอร์ ให้ไอน้ำระบายออกจากช่องระบายไอน้ำอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาฆ่าเชื้อ ควรติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ในตำแหน่งที่อ่านได้ง่ายชัดเจน ไม่ควรติดตั้งที่ฝาปิดเครื่องฆ่าเชื้อ เทอร์โมมิเตอร์ต้องผ่านการตรวจสอบความถูกต้องเที่ยงตรงกับเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานอย่างน้อยปีละครั้ง หรือเมื่อสงสัยเกี่ยวกับความแม่นยำ

2. **เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ** (Temperature recording device) เป็นอุปกรณ์ติดตั้งกับเครื่องฆ่าเชื้อเพื่อวัดและบันทึกอุณหภูมิและเวลาฆ่าเชื้ออาหารกระป๋อง วัดได้ละเอียดถึง 1°ซ. (หรือ 2°ฟ.) ภายในช่วงกระดาษกราฟบันทึกระหว่าง ±5°ซ. หรือ

±10°ฟ.) ของอุณหภูมิที่ใช้ฆ่าเชื้อ แผ่นกระดาษกราฟบันทึกควรมีความยาวของสเกลไม่น้อยกว่า 3 นิ้ว ต้องปรับการบันทึกค่าให้ตรงกับเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท โดยตำแหน่งที่วัดอยู่ใกล้กับกะเปาะเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทและช่องระบายไอน้ำ และต้องมีการป้องกันการแก้ไข ปรับแต่ง การบันทึกอุณหภูมิโดยพลการ ให้ผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องเท่านั้นจึงปรับเปลี่ยนได้

อุปกรณ์บันทึกอุณหภูมินี้อาจใช้ร่วมกับเครื่องควบคุมไอน้ำและสามารถใช้เป็นเครื่องควบคุมและบันทึกอุณหภูมิในเครื่องเดียวกัน โดยตัววัดอุณหภูมิจะส่งสัญญาณให้วาล์วควบคุมซึ่งถูกกระตุ้นให้ทำงานปิดเปิดไอน้ำ ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่สม่ำเสมอ

3. **มาตรวัดความดัน** (pressure gauge) ติดตั้งที่เครื่องฆ่าเชื้อโดยต่อกับอุปกรณ์คอห่านหรือเกจ์ไซฟอน (goose-neck or gauge siphon) เพื่อป้องกันตัวมาตรเสียหาย มาตรวัดความดันควรวัดได้ในช่วง 0-30 หรือ 0-60 ปอนด์ต่อตารางนิ้วและช่องแบ่งละเอียด 1 หรือ 2 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว มาตรควรมีหน้าปัดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่ต่ำกว่า 4.5 นิ้ว มาตรวัดความดันจะบ่งชี้ความแตกต่างระหว่างความดันบรรยากาศและความดันในเครื่องฆ่าเชื้อ ในตารางที่ 4 แสดงถึงความสัมพันธ์ของความดันมาตรกับอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่ความสูงเหนือระดับน้ำทะเลต่าง ๆ

4. **นาฬิกาบอกเวลา** ควรใช้นาฬิกาขนาดใหญ่อ่านได้ง่าย ชัดเจน บอกเวลาแม่นยำอาจมีการติดตั้งสัญญาณเตือนเมื่อครบเวลาที่กำหนด ไม่ควรอ่านจากอุปกรณ์ใช้บันทึกอุณหภูมิ

การบรรจุอาหารกระป๋องใส่เครื่องฆ่าเชื้อ

1. ตะกร้าบรรจุอาหารกระป๋อง (crate, basket, tray) ทำด้วยเหล็กเจาะรูพรุน ขนาดของรูอย่างต่ำ

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ของความดันมาตรกับอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่ความสูงเหนือระดับน้ำทะเลต่าง ๆ

อุณหภูมิ (°ซ.)	ความดันมาตร (ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) ที่ระดับเหนือน้ำทะเล (ฟุต)					อุณหภูมิ (°ฟ.)
	ที่ระดับน้ำทะเล	500	1,000	3,000	5,000	
96.1	-	-	-	-	0.5	205
98.9	-	-	-	0.9	1.8	210
100.0	0.0	0.2	0.5	1.5	2.4	212
104.4	2.5	2.7	3.0	3.9	4.9	220
110.0	6.1	6.3	6.6	7.6	8.5	230
115.6	10.3	10.5	10.8	11.7	12.7	240
121.1	15.1	15.4	15.6	16.6	17.5	250
126.7	20.7	21.0	21.2	22.2	23.1	260

1 นิ้ว แต่ละรูห่างกันไม่เกิน 2 นิ้ว เมื่อมีการใช้แผ่นแบ่งกั้นระหว่างชั้นหรือส่วนล่างของตะกร้า ควรเจาะรูพรุนขนาดเดียวกันเพื่อให้มากพอให้ไอน้ำแทรกผ่านเข้าไปทั่วถึงกระป๋อง และถ้ามีรูเปิดน้อยจะทำให้การไล่อากาศไม่สมบูรณ์ ในการใช้แผ่นกั้นระหว่างชั้นวางกระป๋อง มีผลให้ต้องใช้เวลาไล่อากาศนานขึ้น แสดงในตารางที่ 2 และ 3

2. การเรียงกระป๋อง ควรเรียงให้ไอน้ำไหลผ่านหมุนเวียนสะดวกและทั่วถึง ถ้าจำเป็นในการแยกรุ่นของผลิตภัณฑ์เป็น 2 ชุด ในตะกร้าบรรจุกระป๋องเดียวกัน ควรใช้ร่างแหตาข่ายหรือวัสดุอื่นๆ ที่มีช่องเปิดขนาดใหญ่กว่า 1/2 นิ้ว ห่อหุ้มเพื่อแบ่งรุ่น ไม่ควรใช้ถุงปุ๋ย กระสอบ ผ้า หรือวัสดุอื่นใดที่คล้ายคลึงมาวางกั้นแบ่งแยกชั้น เป็นการขวางการไหลหมุนเวียนของไอน้ำ

3. ต้องหลีกเลี่ยงข้อผิดพลาดระหว่างตะกร้าบรรจุอาหารกระป๋องที่ไม่ได้รับการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์จะมาปะปนกับอาหารกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว โดยใช้วิธีการเขียนระหัสให้ถูกต้องและอาจมีการใช้แผ่นบ่งชี้ที่มีปฏิกิริยาต่อความร้อนในรูปแบบต่าง ๆ ติดกับตะกร้าบรรจุอาหารกระป๋อง เช่น cook-chex label ติดป้องกันการผิดพลาด แผ่นบ่งชี้นี้จะเปลี่ยนสีไปเมื่อได้รับความร้อนถึงอุณหภูมิที่กำหนด แต่เมื่อไม่ทราบแน่ชัดว่าผ่านความร้อนแล้วหรือไม่ควรแยกออกไว้ต่างหาก

4. การวางอาหารกระป๋องในเครื่องฆ่าเชื้อ ต้องวางให้ไอน้ำไหลผ่านสะดวกทั่วถึง เนื่องจากไอน้ำไหลแทรกผ่านมีทิศทางจากข้างล่างสู่เบื้องบน เช่น การวางอาหารกระป๋องในเครื่องฆ่าเชื้อ ในลักษณะวางตั้งกระป๋องขึ้น ทำให้ไอน้ำไหลแทรกผ่านสะดวกรวดเร็วกว่าการวางกระป๋องในแนวนอน

5. อาหารกระป๋องที่ผ่านการไล่อากาศและปิดฝาแล้ว ต้องรีบนำไปฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ให้เร็วที่สุด เนื่องจากการรอการฆ่าเชื้อเป็นเวลานานจะมีผลกระทบต่อคุณภาพอาหารและประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ คือ จำนวนจุลินทรีย์ที่เพิ่มมากขึ้นอาจเป็นผลให้อาหารมีกลิ่นรสผิดปกติก่อนดำเนินการฆ่าเชื้อ หรือเป็นผลให้อุณหภูมิเริ่มต้นผิดไปจากที่กำหนด ทำให้ต้องใช้เวลาฆ่าเชื้อจุลินทรีย์นานกว่าที่กำหนด ดังนั้นไม่ควรทิ้งอาหารกระป๋องที่ยังไม่ได้ฆ่าเชื้อไว้นานเกินกว่า 1 ชั่วโมง (เพื่อรอให้อาหารกระป๋องมีปริมาณมากพอเต็มเครื่องฆ่าเชื้อต่อรุ่นในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์) ถ้าต้องรอนานควรดำเนินการฆ่าเชื้ออาหารกระป๋องชุดแรกที่ยังไม่เต็มเครื่องฆ่าเชื้อไปก่อน

กระบวนการฆ่าเชื้ออาหารกระป๋อง

กระบวนการฆ่าเชื้อประกอบด้วยช่วงเวลาไล่อากาศ, ช่วงเวลาที่อุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่กำหนด, เวลาฆ่าเชื้อและเวลาทำให้กระป๋องเย็นตัวลง ก่อนจะเริ่มเปิดท่อไอน้ำเข้าเครื่องฆ่าเชื้อต้องเปิดวาล์วไล่อากาศที่ควบคุมท่อไล่อากาศทั้งหมด รวมทั้งวาล์วท่อระบายน้ำ และช่องระบายไอน้ำทั้งหมดต้องเปิดกว้างก่อนเริ่มกระบวนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารกระป๋องดังนี้

1. **การไล่อากาศ** (venting) เนื่องจากอากาศเป็นฉนวนทำให้ความร้อนกระจายตัวไม่สม่ำเสมอทั่วตลอดภายในเครื่องฆ่าเชื้อ จำเป็นต้องใช้ไอน้ำไล่อากาศออกจากเครื่องฆ่าเชื้อให้แน่ใจว่าไม่มีอากาศเหลืออยู่ เพราะส่วนผสมของอากาศและไอน้ำทำให้ประสิทธิภาพการใช้ความร้อนฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ลดลง การกำหนดวิธีการไล่อากาศขึ้นกับขนาด รูปลักษณะของเครื่องฆ่าเชื้อ ปริมาณและแรงดันไอน้ำ แรง

ต้านอากาศที่ถูกไล่ออกจากเครื่องฆ่าเชื้อ, ขนาดและตำแหน่งของช่องไล่อากาศ เป็นต้น ดังนั้นการตั้งข้อกำหนดช่วงเวลาไล่อากาศนานเท่าใดขึ้นกับการตรวจสอบผลของการกระจายตัวของความร้อน (heat distribution test) ในเครื่องฆ่าเชื้อ (อย่างไรก็ตามสำหรับเครื่องฆ่าเชื้อขนาดมาตรฐานและแรงดันไอน้ำใช้ในการฆ่าเชื้อสม่ำเสมอมากกว่า 90 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) ตัวอย่างข้อกำหนดวิธีการไล่อากาศแสดงไว้ในตารางที่ 2 และ 3 ต้องทำการตรวจวัดอุณหภูมิและจับเวลาการไล่อากาศให้ได้อย่างน้อยตามข้อกำหนด (อุณหภูมิไล่อากาศจะต้องสูงกว่า 100°ซ.)

2. **ช่วงเวลาที่อุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่กำหนด** (come-up time) เป็นช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มเปิดไอน้ำเข้าเครื่องฆ่าเชื้อผ่านกระบวนการไล่อากาศจนอุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่กำหนด คือเปิดท่อไอน้ำเข้าเครื่องฆ่าเชื้อผ่านกระบวนการไล่อากาศจนอุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่กำหนด คือ เปิดท่อไอน้ำเข้าไล่น้ำค้างท่อผ่านทางท่อระบายน้ำแล้วปิดท่อระบายน้ำ ทำการไล่อากาศออกจากเครื่องฆ่าเชื้อตามข้อกำหนดการไล่อากาศโดยตรวจสอบอุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อและจับเวลาต่อจากนั้นจึงเริ่มหรี่วาล์วไล่อากาศจนปิดหมด และถ้ามีการใช้ท่อไอน้ำเบี่ยง (steam-by-pass) ต้องค่อยๆ หรี่วาล์วปิดลงโดยมิให้อุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อลดต่ำลงทันทีทันใด แต่ช่องระบายไอน้ำ (bleeder) ต้องเปิดตลอดเวลา แล้วตรวจดูอุณหภูมิที่อุปกรณ์บันทึกอุณหภูมิต้องเท่ากันหรือต่ำกว่ากับอุณหภูมิที่อุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทที่วัดอุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อเล็กน้อย

3. **เวลาฆ่าเชื้อ** (process time) นับตั้งแต่อุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อสูงถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่กำหนด โดยตรวจอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์ และห้ามใช้ความดันเป็นหลักเกณฑ์ในการกำหนดการฆ่าเชื้อ ทำการจับเวลาฆ่าเชื้อด้วยนาฬิกาที่เที่ยงตรงถูกต้อง

ในการกำหนดเวลาการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมขึ้นกับความสามารถทนความร้อนของจุลินทรีย์ในอาหาร คุณสมบัติลักษณะอาหารและการศึกษาอัตราการแทรกผ่านของความร้อน (heat penetration rate) ไปยังใจกลางอาหารที่จุดร้อนช้าที่สุดของผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องนั้น โดยคำนึงถึงการรักษาคุณสมบัติและคุณลักษณะที่ดีของอาหารเพื่อให้ผู้บริโภคยอมรับ การกำหนดการให้ความร้อนฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องเป็นการผลิตที่กำหนด (scheduled process) เป็นการกำหนดเวลาและอุณหภูมิขั้นต่ำเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ได้รับการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แบบเชิงการค้าอย่างเพียงพอ และในการผลิตจริงผู้ผลิตอาจเพิ่มระยะเวลา แต่ต้องไม่นานจนเกินควร เพราะทำให้อาหารกระป๋องได้รับความร้อนเกินไป เรียกว่า over processing การเพิ่มเวลาเท่าไรนั้นเป็นประสบการณ์ของผู้ผลิตหรืออาจมีการใช้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิภายในอาหารกระป๋องขณะทำการฆ่าเชื้อเพื่อตรวจสอบและวัดค่าที่ถูกต้องขณะฆ่าเชื้อ

4. **การทำให้เย็น** (cooling) เมื่อครบกำหนดเวลาฆ่าเชื้อแล้วต้องทำให้อาหารกระป๋องเย็นตัวลงโดยเร็ว โดยใช้น้ำที่มีคลอรีนหรือใช้ระบบความดันลมร่วมกันเพื่อลดอุณหภูมิอาหารกระป๋องลงไปที่ระดับอุณหภูมิต่ำกว่า 50°ซ. แล้วนำมาเป่าด้วยลมให้กระป๋องแห้งไม่เป็นสนิมและลดอุณหภูมิอาหารภายในกระป๋องให้เย็นลงโดยเร็วเป็นการรักษาคุณภาพและสีอาหารไม่ให้เปลี่ยนแปลงเนื่องจากความร้อน

สะสม (stack burn) และช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์บางประเภทที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูง (thermophiles)

น้ำใช้ในการทำให้อาหารกระป๋องเย็นต้องเป็นน้ำที่สะอาด อาจมีการประหยัดน้ำใช้โดยนำน้ำผ่านเครื่องทำให้เย็น (cooling tower) แล้วนำมาใช้หมุนเวียน แต่ต้องมีการควบคุมคุณภาพและเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ให้มีปริมาณ 0.5 ส่วนในล้านส่วนในรูปคลอรีนอิสระ

สำหรับอาหารที่บรรจุกระป๋องขนาดใหญ่ โดยเฉพาะกระป๋องเบอร์ 10 หลังการฆ่าเชื้อต้องทำให้กระป๋องเย็นลงแบบควบคุมความดันเพื่อป้องกันการเกิดลักษณะเป็นสันนูนที่ฝากระป๋องที่เรียกว่า buckling อาจเป็นผลเสียต่อตะเข็บกระป๋อง ทำให้เกิดรอยรั่วได้ เหตุเกิดจากความดันภายในกระป๋องกับความดันรอบๆ กระป๋องในเครื่องฆ่าเชื้อไม่สมดุลย์กัน เมื่อปิดท่อไอน้ำเข้าความดันในเครื่องฆ่าเชื้อจะลดลงอย่างรวดเร็วก่อนอาหารในกระป๋องจะเย็นตัวลง ทำให้เกิดแรงดันภายในกระป๋องส่งผลต่อฝาและตะเข็บโป่งเป็นสันนูนขึ้น ดังนั้นในช่วงเวลาทำให้อาหารกระป๋องเย็นตัวลงหลังจากครบกำหนดเวลาฆ่าเชื้อแล้ว ต้องควบคุมความดันในเครื่องฆ่าเชื้อโดยเปิดท่อลมเข้าเครื่องแล้วค่อยๆ เปิดท่อน้ำเข้าเครื่องพร้อมกับควบคุมความดันโดยตรวจดูที่มาตรวัดความดัน การลดการปล่อยน้ำเข้าหรือเพิ่มลมเพื่อรักษาความดันให้อยู่ในช่วง ±1 ปอนด์ต่อตารางนิ้วของความดันในขณะทำการฆ่าเชื้อ เมื่อควบคุมความดันในเครื่องฆ่าเชื้อให้สม่ำเสมอได้แล้ว เริ่มเปิดให้น้ำเข้าเครื่องฆ่าเชื้อมากขึ้นจนเต็มที่และเปิดวาล์วท่อน้ำล้นเล็กน้อย โดยควบคุมความดันภายในเครื่องฆ่าเชื้อให้คงที่สม่ำเสมอ จนน้ำเข้าเต็มเครื่องฆ่าเชื้อพร้อมกับค่อยๆ หรี่วาล์วลมจนปิดสนิท ทำการลดอัตราการไหลของน้ำเข้า เวลาในการทำให้กระป๋องเย็นขึ้นกับชนิดอาหาร, ขนาดกระป๋อง, อัตราการไหลเข้าของน้ำ เป็นต้น หลังจากระบายน้ำหมดแล้วนำอาหารกระป๋องไปทำให้กระป๋องแห้ง

5. **การบำรุงรักษาและตรวจสอบอุปกรณ์วัดและควบคุมอุณหภูมิ** เป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องหมั่นตรวจ ดูแล แก้ไข อาจมีตะกอนสนิมเหล็กและตะกรันไปอุดตันรูที่ท่อกระจายไอน้ำ วาล์วต่างๆ อาจรั่วหรือสนิมจับต้องมีการตรวจแก้ไข ตรวจการทำงานของวาล์วนิรภัย ปั๊มใช้งานต่างๆ ตะแกรงและฝาปิดเครื่องฆ่าเชื้อที่ปิดไม่สนิท เป็นต้น

เครื่องมือวัดบันทึกและควบคุมอุณหภูมิเป็นอุปกรณ์สำคัญต้องหมั่นตรวจสอบดูแล โดยเฉพาะต้องมีการตรวจเปรียบเทียบกับมาตรฐานและปรับหรือเปลี่ยนให้เที่ยงตรงถูกต้องอย่างน้อยปีละครั้ง เพราะถ้าวัดผิดพลาดจะเกิดความเสียหายมาก

6. **การจดบันทึกการใช้งานของเครื่องฆ่าเชื้อ** ตัวอย่างแสดงในตารางที่ 5 เป็นสิ่งสำคัญในการควบคุมการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ควบคุมเครื่องฆ่าเชื้อและช่วยให้ทราบสาเหตุของปัญหาเมื่อเกิดการเสียหายขึ้น ดังนั้นต้องทำการตรวจสอบ ทบทวนการบันทึกการใช้งานของเครื่องฆ่าเชื้อและการผลิตให้เกิดความมั่นใจได้ว่าผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องผ่านกรรมวิธีการผลิตที่กำหนดอย่างถูกต้อง และต้องเก็บรักษาบันทึกไว้อย่างน้อย 1 ปี ที่โรงงานผลิต และเก็บรักษาต่อในสถานที่อื่นอีกเป็นระยะเวลา 2 ปี

7. **ในระหว่างการผลิตอาหารกระป๋อง** อาจมีเหตุสุดวิสัยอันทำให้เกิดการเบี่ยงเบนกรรมวิธีการผลิตที่กำหนดทำให้การฆ่าเชื้อต่ำกว่ากรรมวิธีการผลิตที่กำหนด เช่น เครื่องกำเนิดไอน้ำขัดข้อง แรง

ตารางที่ 5 ตัวอย่างตารางบันทึกประจำวันสำหรับผู้ควบคุมเครื่องฆ่าเชื้อ

ชื่อโรงงาน _____ วันที่ _____ เบอร์เครื่องฆ่าเชื้อ _____ ผู้ควบคุม _____

ข้อกำหนดการไล่อากาศ เวลา _____ นาที, อุณภูมิ _____ °ซ.

ผลิตภัณฑ์/โค๊ต	ข้อกำหนดการฆ่าเชื้อ			อุณหภูมิกระป๋องเริ่มต้นที่วัดได้ (°ซ.)	เวลาเปิดไอน้ำ	เริ่มเวลาฆ่าเชื้อ	อุณหภูมิฆ่าเชื้อที่เทอร์โมมิเตอร์ (°ซ.)	ความดันมาตร (ปอนด์/ตารางนิ้ว)	อุณหภูมิฆ่าเชื้อที่เครื่องบันทึก (°ซ.)	สิ้นสุดเวลาฆ่าเชื้อ	หมายเหตุ
	อุณหภูมิกระป๋องเริ่มต้น (°ซ.)	เวลาฆ่าเชื้อ (นาที)	อุณหภูมิฆ่าเชื้อ (°ซ.)								

ดันไอน้ำในท่อนำไอน้ำเข้าเครื่องลดต่ำลง จนเป็นผลให้อุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อลดต่ำลงขณะทำการฆ่าเชื้อ เป็นต้น หลังจากได้ตรวจพบในบันทึกการผลิตต้องทำการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ส่วนที่เกี่ยวข้องใหม่ และบันทึกการฆ่าเชื้อใหม่ไว้ หรืออาจแยกผลิตภัณฑ์นั้นไว้มาประเมินความปลอดภัยต่อสุขภาพก่อน หรือถ้าไม่แน่ใจต้องแยกออกไปทำลายทิ้ง

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2530. 'แนวทางในการปฏิบัติตาม GMP อาหารกระป๋อง' เอกสารประกอบสัมมนา การยกระดับมาตรฐานการผลิตอาหารกระป๋อง 13-15 พฤษภาคม 2530. กระทรวงสาธารณสุข.
2. Board, P.W., Steele, R.J. and Rutledge P.J., 1983. Manual for Approved Persons Course on Heat Processes for Low Acid Foods. CSIRO, Division of Food Research, North Ryde, Australia.
3. Bock, J.H., 1975. Retorts for Canning. Continental Can Co., Inc. Chicago, Illinois. U.S.A.
4. Lopez, A., 1981. Complete Course in Canning. Book I, 11th Ed., The Canning Trade, Baltimore, Maryland, U.S.A.
5. NFP'A., 1982. Thermal Processes for Low Acid Foods in Metal Containers. Bulletin 26-L, 12th ed., National Food Processors Association, Washington D.C. U.S.A.
6. NFPA, 1980. Laboratory Manual for Food Canners & Processors. volume I, The AVI Publishing Co., Inc. U.S.A.