สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ชุดอุปกรณ์เพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนในหม้อฆ่าเชื้อ

(Equipment for Enhancement of Heat Penetration in Retort)

โดย

อ. สมัคร รักแม่

สนับสนุนการวิจัยโดยคณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีงบประมาณ 2551

RCH
TJ
263.5
ส291ช

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 120287
วัน, เดือน, ปี 13 ก.พ. 2555

b.12336440
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงาน **ชุดอุปกรณ์เพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนในหม้อฆ่าเชื้อ**
(Equipment Set for Enhancement of Heat Penetration in Retort)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เพื่อออกแบบชุดเครื่องมือเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนในหม้อฆ่าเชื้อให้สูงขึ้น ในกระบวนการให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อโรคในอาหารกระป๋องจะทำการให้ความร้อนโดยวิธีผ่านไอน้ำร้อนหรือน้ำร้อนที่สภาวะความดันสูง อุณหภูมิประมาณ 120 องศาเซลเซียส ในหม้อฆ่าเชื้อโดยกระป๋องจะวางเรียงเป็นชั้นๆ ในตะกร้า ซึ่งแทบทั้งหมดในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารประเทศไทยจะเป็นแบบหม้อฆ่าเชื้อแบบอยู่นิ่ง ซึ่งต้องใช้เวลานานกว่าที่ความร้อนจะแทรกผ่านเข้าไปจนถึงจุดร้อนช้าที่สุดในกระป๋อง หากกระป๋องบรรจุอาหารมีขนาดใหญ่ก็จะยิ่งใช้เวลานานขึ้น ทำให้มีการสูญเสียพลังงานเป็นจำนวนมากในกระบวนการดังกล่าวและทำให้คุณภาพของอาหารลดลงเนื่องจากระยะเวลาดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะทำให้เกิดการแทรกผ่านความร้อนอย่างทั่วถึงในกระป๋อง ซึ่งจะลดระยะเวลาได้อย่างมาก โดยออกแบบระบบเขย่ากระป๋องขณะที่ถูกให้ความร้อนขึ้น ระบบดังกล่าวประกอบด้วยเพลาส่งกำลังจากมอเตอร์ที่อยู่ภายนอกหม้อฆ่าเชื้อ ส่งกำลังผ่านลูกเบี้ยวที่ติดสลับตำแหน่งกันเพื่อให้ทำการกดตะกร้าบรรจุกระป๋องที่ภายใต้รองรับด้วยสปริงเพื่อทำให้เกิดการหลักการเขย่าที่ออกแบบขึ้นสามารถทำให้เกิดการเขย่าในบรรจุภัณฑ์ขณะที่ให้ความร้อนตามที่คาดการณ์ไว้ แต่อัตราการเขย่าหรือรอบการหมุนของเพลาจะถูกควบคุม/จำกัดความเร็วด้วยความเร็วในการดันตัวกลับของสปริงที่รองรับตะกร้าชั้นใน งานวิจัยนี้ความเร็วรอบที่ใช้ในการเขย่าสูงสุดก็คือ 118 รอบ/นาที สำหรับตะกร้าที่บรรจุผลิตภัณฑ์น้ำหนัก 300 Kg ถ้าต้องการเพิ่มความเร็วในการกดให้มากขึ้นทำได้โดยการเพิ่มจำนวนสปริงเพื่อให้มีการกระจายแรงมากขึ้น และส่งแรงให้ตัวสปริงยืดเพื่อที่จะกลับมากระทบกับลูกเบี้ยวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
ปกใน		I
บทคัดย่อ		II
สารบัญ		III
1.	บทนำ	1
	1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
	1.3 ขอบเขตการวิจัย	1
2.	หม้อฆ่าเชื้อ	2
	2.1 ข้อมูลเบื้องต้นของหม้อฆ่าเชื้อ	2
	2.2 ประเภทของของหม้อฆ่าเชื้อ	2
	2.3 ส่วนประกอบของหม้อฆ่าเชื้อ	6
	2.4 กรรมวิธีฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารกระป๋อง	12
	2.5 อัตราการเทรกผ่านความร้อน	13
	2.6 ชนิดของบรรจุภัณฑ์	15
3.	การออกแบบชิ้นส่วนและชุดอุปกรณ์เขย่า	17
	3.1 เพลาส่งกำลัง	17
	3.2 ตะกร้ารองรับอาหารกระป๋อง	17
	3.3 ลูกเบี้ยวส่งถ่ายกำลัง	18
	3.4 ซีลกันรั่ว	23
	3.5 สปริง	19
	3.6 มอเตอร์	21
	3.7 แบบและส่วนประกอบของหม้อฆ่าเชื้อแบบเขย่า	23
4.	วิธีการทดลองและผลการทดลอง	28
	4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	28
	4.2 วิธีการทดลอง	28
	4.3 ผลการทดลอง	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่	เรื่อง	หน้า
5.	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	30
	บรรณานุกรม	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหารในประเทศไทยแทบทั้งหมด ที่มีการใช้หม้อฆ่าเชื้อเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการผลิตเพื่อให้ความร้อนในกระบวนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์เป็นหม้อฆ่าเชื้อแบบอยู่นิ่ง ทั้งนี้หม้อฆ่าเชื้อมีความสำคัญในอุตสาหกรรมอาหารเป็นอุปกรณ์ในการใช้ให้ความร้อนอาหารก่อนการส่งจำหน่าย โดยอาการกระป๋องเป็นที่นิยมในการผลิตเนื่องจากการผลิตเป็นอาหารแปรรูปที่บรรจุลงในกระป๋องเพราะเก็บรักษาง่ายและป้องกันการเสียหายได้ดี ซึ่งจะทำการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนโดยการสเตอริไลซ์ด้วยหม้อฆ่าเชื้อ แต่การให้ความร้อนด้วยวิธีนี้เป็นการให้ความร้อนที่รุนแรงซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางโภชนาการและประสาทสัมผัสของอาหาร ซึ่งหม้อฆ่าเชื้อในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นประเภทที่ผลิตภัณฑ์อยู่นิ่ง โดยก็ได้มีการคิดค้นหม้อฆ่าเชื้อแบบหมุนและแบบเขย่า แต่ก็ยังไม่แพร่หลายมากนัก ดังนั้นจึงทำการคิดค้นเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการแปรรูปอาหารโดยศึกษาการถ่ายเทความร้อนภายในกระป๋องที่มีการเขย่าขณะทำการฆ่าเชื้อ เพื่อต้องการเพิ่มประสิทธิ์ภาพในการถ่ายเทความร้อนให้ความร้อนสามารถผ่านเข้าไปได้อย่างรวดเร็วและทั่วถึงและต้องการขจัดจุดร้อนช้าภายในอาหารกระป๋อง ซึ่งจะทำให้อาหารภายในกระป๋องมีอุณหภูมิที่สม่ำเสมอ

ผลการการศึกษาดังกล่าวจะช่วยให้ลดเวลาในการให้ความร้อนแก่อาหารลงโดยจะเป็นการช่วยให้อาหารยังคงรักษาคุณค่าของสารอาหารและความพึงพอใจของผู้บริโภคด้านสี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี อีกทั้งยังเป็นการช่วยประหยัดเงินลงทุน และพลังงานอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบชุดอุปกรณ์เพิ่มการถ่ายเทความร้อนขณะให้ความร้อนแก่กระป๋องในหม้อฆ่าเชื้อ

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดพลังงานที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของโรงงาน
2. ช่วยให้อาหารมีคุณภาพดีและสม่ำเสมอ ลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารเนื่องจากความร้อนที่แตกต่างกันของใจกลางอาหาร และที่สัมผัสกับภาชนะบรรจุ

1.4 ขอบเขตโครงงาน

1. ศึกษาและออกแบบชุดอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเขย่าในหม้อฆ่าเชื้อ โดยมีสมมติฐานเพื่อดัดแปลงหม้อฆ่าเชื้อที่มีอยู่ในปัจจุบันให้เป็นหม้อฆ่าเชื้อแบบเขย่า
2. งานวิจัยนี้จะออกแบบขนาดตะกร้าเพื่อรองรับน้ำหนักได้สูงสุด 300 Kg ต่อตะกร้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หม้อฆ่าเชื้อ (Retort)

2.1 ข้อมูลเบื้องต้นของหม้อฆ่าเชื้อ [1]

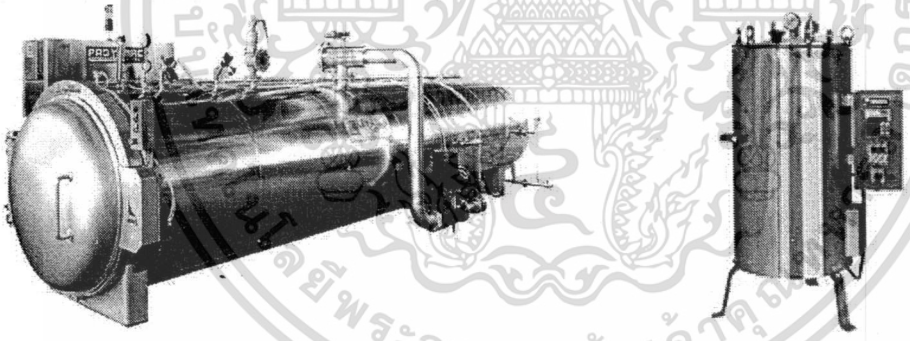
หม้อฆ่าเชื้อคืออุปกรณ์ที่สร้างจากโลหะหนาทนความร้อน มักประกอบขึ้นเป็นรูปทรงกระบอก มีฝาครอบปิดสนิทและมีที่ล็อคแน่นหนา ส่วนใหญ่ห่อหุ้มด้วยฉนวน ใช้สำหรับบรรจุและส่งผ่านกระบวนการให้ความร้อนแก่อาหารในภาชนะที่ปิดสนิท โดยเฉพาะสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำเพื่อทำลายจุลินทรีย์

2. ประเภทของของหม้อฆ่าเชื้อ

หม้อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารกระป๋องสามารถแบ่งตามลักษณะการทำงานได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.2.1 หม้อฆ่าเชื้อที่มีการทำงานเป็นชุดหรือรุ่นไม่ต่อเนื่อง (Batch retort system) ซึ่งสามารถแบ่งย่อยประเภทลงมาได้อีก ได้แก่

2.2.1.1 การแบ่งตามลักษณะการจัดวางตัว (Retort arrangement) ได้แก่ หม้อฆ่าเชื้อแบบวางแนวตั้ง (Vertical) และหม้อฆ่าแบบวางแนวนอน (Horizontal)



รูปที่ 2.1 หม้อฆ่าเชื้อแบบแนวนอน และแนวตั้ง

2.2.1.2 การแบ่งตามลักษณะการเคลื่อนที่ของบรรจุภัณฑ์ภายใน (Container movement) ได้แก่ หม้อฆ่าเชื้อแบบอาหารกระป๋องอยู่กับที่ (Stationary) และหม้อฆ่าเชื้อแบบอาหารกระป๋องหมุนแกว่ง (Rotary หรือ Agitating)

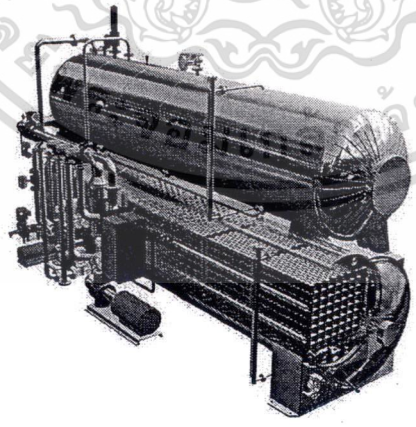
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หม้อฆ่าเชื้อแบบหมุนแกว่งสามารถทำงานได้ที่ความดันบรรยากาศ หรือออกแบบให้สามารถฆ่าเชื้อได้ภายใต้ความดันสูง โดยจะมีโครงสร้างทรงกระบอกโดยด้านในที่ติดกับผิวเครื่อง (Shell) จะประกอบด้วยเกลียวนำร่องรูปตัวที (Spiral T) เพื่อทำให้กระป๋องเคลื่อนไปตามเกลียวจากทางเข้าด้านหนึ่งสู่ทางออกอีกด้านหนึ่ง ขณะที่ภายในเครื่องจะมีแกนหมุน (Rotating reel) รูปทรงกระบอกตามความยาวเครื่อง โดยจะมีแถบเหล็กกั้นในแนวตั้งฉากกับผิวทรงกระบอกเป็นร่อง (Step) รอบแกนหมุน เพื่อพยุงกระป๋องให้อยู่ในแต่ละร่องโดยรอบผิวของแกนหมุน เมื่อเครื่องเริ่มหมุนกระป๋องซึ่งวางนอนอยู่ในแต่ละร่องจะถูกพาให้เคลื่อนที่ไปในลักษณะวงกลมตามผิวด้านในของเครื่อง และในขณะเดียวกันก็จะถูกนำร่องให้เคลื่อนที่ไปตามเกลียวตัวที เคลื่อนที่จากปลายด้านหนึ่งของเครื่องไปสู่อีกด้านหนึ่งตามความยาวเครื่อง โดยหม้อฆ่าเชื้อแบบอาหารกระป๋องหมุนแกว่งมีข้อดี คือ

1) **ประหยัดเวลาในการฆ่าเชื้อ** เนื่องจากการหมุนทำให้เกิดการส่งผ่านความร้อนเข้าสู่อาหารได้เร็วกว่าปกติ ทำให้สามารถฆ่าเชื้อที่ค่า F_0 ตามต้องการได้โดยใช้เวลาน้อยกว่าหม้อฆ่าเชื้อแบบอยู่นิ่ง นอกจากนี้ยังทำให้สามารถผลิตอาหารได้มากขึ้นในเวลาจำกัดที่เท่าเดิม

2) **ช่วยให้อาหารมีคุณภาพดีและสม่ำเสมอ** โดยทั่วไปหม้อฆ่าเชื้อแบบอาหารกระป๋องหมุนแกว่งนิยมใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะข้นหนืดส่งผ่านความร้อนได้ช้า หรือใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้วยความร้อน ดังนั้นการหมุนจะช่วยให้เกิดการเคลื่อนที่ของอาหารภายในภาชนะบรรจุทำให้การกระจายความร้อนของอาหารภายในภาชนะสามารถเกิดขึ้นได้เร็วและสม่ำเสมอ ช่วยลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารเนื่องจากความร้อนที่แตกต่างกันของอาหารที่ใจกลาง และที่สัมผัสผิวภาชนะบรรจุ (Temperature gradient in container)

3) **ประหยัดพลังงานที่ใช้** เนื่องจากการลดเวลาฆ่าเชื้อลงนั้น จัดว่าเป็นการใช้พลังงานไอน้ำหรือน้ำร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ



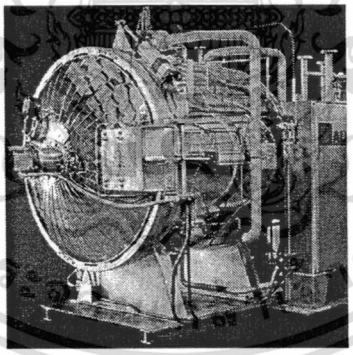
รูปที่ 2.2 หม้อฆ่าเชื้อแบบอาหารกระป๋องหมุนแกว่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.3 หม้อฆ่าเชื้อแบ่งตามลักษณะการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ เป็นการแบ่งที่ทำให้เครื่องแต่ละเครื่องมีลักษณะจำเพาะในการออกแบบ และประเมินประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกันออกไป ได้แก่

1) แบบใช้ไอน้ำอิ่มตัว (Steam) เมื่อไอน้ำอิ่มตัวกลั่นตัวลงที่ด้านนอกจะมีการถ่ายเทความร้อนแฝงไปยังอาหาร ถ้ามีอากาศอยู่ในหม้อฆ่าเชื้ออากาศนี้จะรวมตัวเป็นฉนวนฟิล์มอยู่รอบๆ กระป๋องและขัดขวางการควบแน่นของไอน้ำอิ่มตัว จึงต้องกำจัดอากาศภายในหม้อฆ่าเชื้อทั้งหมดออกไปก่อนโดยการแทนที่ด้วยไอน้ำ หลังการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนจะเป็นการหล่อเย็นในบรรจุภัณฑ์ด้วยน้ำเย็น ไอน้ำจะควบแน่นอย่างรวดเร็ว ส่วนอาหารจะเย็นลงอย่างช้าๆ แต่ความดันภายในบรรจุภัณฑ์จะยังคงสูงอยู่ ความดันอากาศที่ยังสูงนี้จะป้องกันแรงเค้นที่รอยปิดผนึก เมื่ออาหารเย็นลงต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ความดันอากาศจะลดลงและเย็นลงจนกระทั่งอุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมินี้บรรจุภัณฑ์จะแห้งเองเพื่อป้องกันสนิม และฉลากจะติดแน่นเร็วขึ้น

2) แบบใช้ไอน้ำและอากาศร้อนผสมกัน (Steam-Air heating) เป็นการใช้ไอน้ำในการฆ่าเชื้อในขณะที่มีการอัดอากาศ เพื่อต่อต้านความดันที่เกิดขึ้นภายในบรรจุภัณฑ์ที่อุณหภูมิฆ่าเชื้อนั้นๆ ทำให้สามารถใช้ฆ่าเชื้อในอาหารในบรรจุภัณฑ์ได้หลายชนิดมากกว่าเครื่องที่ใช้ไอน้ำเพียงอย่างเดียว การควบคุมอัตราส่วนของไอน้ำต่ออากาศเป็นจุดควบคุมที่สำคัญ เพื่อให้ทั้งอุณหภูมิและความดันเป็นไปตามกำหนดการฆ่าเชื้อ ลักษณะที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ การที่ต้องการออกแบบให้มีพัดลมหรือกลไกที่ทำให้ไอน้ำและอากาศนั้นผสมกันอย่างสม่ำเสมอและกระจายตัวอย่างทั่วถึง

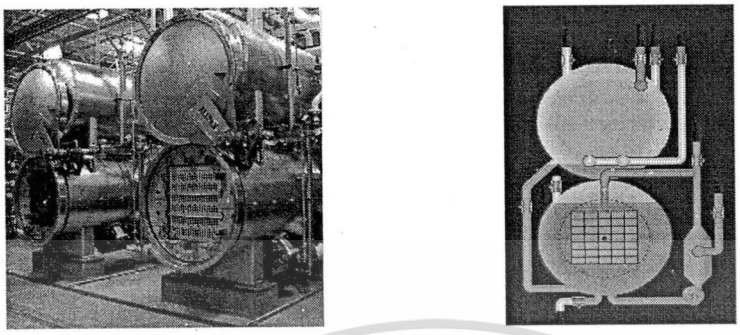


รูปที่ 2.3 หม้อฆ่าเชื้อแบบใช้ไอน้ำและอากาศร้อนผสมกัน

3) แบบให้ความร้อนท่วมบรรจุภัณฑ์ตลอดเวลาในการฆ่าเชื้อ (Full water immersion) หม้อฆ่าเชื้อประเภทนี้จะใช้น้ำร้อนเป็นตัวกลางให้ความร้อน (Heating Media) โดยน้ำร้อนจะท่วมบรรจุภัณฑ์ตลอดเวลาการฆ่าเชื้อ ดังนั้นจึงสามารถใช้ได้ทั้งการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอไรซ์ ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 100°C และแบบสเตอริไลซ์ ที่มีอุณหภูมิสูง เช่น ที่อุณหภูมิ 125°C โดยการอัดความดันเข้าไปในหม้อฆ่าเชื้อ การอัดความดันอาจใช้ไอน้ำอิ่มตัว (Saturated Steam) หรือใช้อากาศก็ได้ แต่ส่วนใหญ่นิยมใช้อากาศในการควบคุม

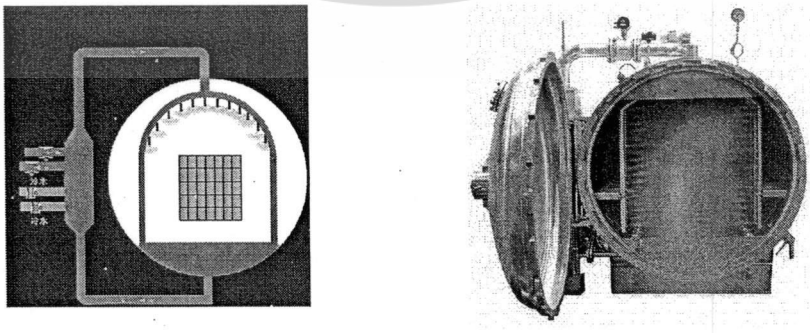
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความดันภายในหม้อฆ่าเชื้อ ส่วนวิธีการทำน้ำร้อนอาจใช้ไอน้ำฉีดเข้าผสมกันน้ำโดยตรง (Steam injection) หรือใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) โดยปั๊มน้ำผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนหมุนวนภายในหม้อฆ่าเชื้อตลอดเวลา



รูปที่ 2.4 หม้อฆ่าเชื้อแบบให้ความร้อนท่วมบรรจุภัณฑ์ตลอดเวลาในการฆ่าเชื้อ

4) แบบใช้น้ำร้อนภายใต้ความดันสูง (Cascade หรือ Shower Water หรือ Raining water retort) หม้อฆ่าเชื้อประเภทนี้ใช้น้ำร้อนเป็นตัวกลางให้ความร้อน แต่เพื่อเป็นการประหยัดน้ำจึงออกแบบให้น้ำตกลงมาเป็นสายผ่านอาหารที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ตลอดเวลา และต้องมีการหมุนเวียนน้ำด้วยปั๊มน้ำ การทำน้ำร้อนมีทั้งระบบพ่นไอน้ำผสมกับน้ำโดยตรง แต่โดยทั่วไปมักใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งอยู่ภายนอกหม้อฆ่าเชื้อและควบคุมความดันด้วยอากาศอัด ซึ่งควบคุมได้ง่ายกว่าเครื่องฆ่าเชื้อแบบน้ำท่วม อุณหภูมิน้ำจะค่อยสูงขึ้นจากการปั๊มน้ำหมุนเวียนผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ทำให้สามารถลดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิลงอย่างฉับพลันได้ (Thermal Shock) อย่างไรก็ตามหากออกแบบไม่ดีพออาจก่อให้เกิดปัญหาการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ไม่สม่ำเสมอขึ้นได้ ดังนั้นจึงต้องมีการจัดเรียงภาชนะบรรจุโดยใช้แผ่นกั้น และเรียงสลับเพื่อให้น้ำร้อนสัมผัสกับภาชนะบรรจุได้อย่างทั่วถึงและเพื่อความปลอดภัย อุณหภูมิน้ำร้อนต้องวัดอุณหภูมิน้ำขาออก สิ่งสำคัญอีกประการที่ต้องพิจารณา คือ อัตราการไหลของน้ำร้อนและความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านภาชนะบรรจุ เพราะถ้าอัตราการไหลต่ำเกินไปอุณหภูมิภายในหม้อฆ่าเชื้อจะแตกต่างกันมาก โอกาสที่การฆ่าเชื้อไม่สมบูรณ์ก็อาจจะเกิดตามมา



รูปที่ 2.5 หม้อฆ่าเชื้อแบบใช้น้ำร้อนภายใต้ความดันสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 เครื่องฆ่าเชื้อที่มีการทำงานต่อเนื่อง (Continuous retort system) มีลักษณะการทำงานใช้สายพานนำผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องเคลื่อนตัวเข้าเครื่องฆ่าเชื้อผ่านขั้นตอนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แล้วจึงนำออกจากเครื่องอัตโนมัติ เครื่องฆ่าเชื้อประเภทนี้จะมีกำลังการผลิตสูง แต่มีข้อจำกัดเรื่องขนาดของกระป๋องและต้นทุนค่าเครื่องฆ่าเชื้อสูงมาก

ดังนั้นในประเภทเครื่องฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารกระป๋องส่วนมากมีลักษณะการทำงานเป็นชุดหรือรุ่นไม่ต่อเนื่องรูปแบบวางแนวนอน สามารถผลิตขึ้นใช้ได้เองภายในประเทศ ใช้พลังงานไอน้ำอิ่มตัวเป็นแหล่งให้ความร้อนไปฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องประเภทกรดต่ำ เพราะผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องประเภทนี้มีสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ จึงต้องมีการควบคุมให้ผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เพื่อเกิดความมั่นใจให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค

2.3 ส่วนประกอบของหม้อฆ่าเชื้อ [2]

ส่วนประกอบของหม้อฆ่าเชื้อ ได้แก่

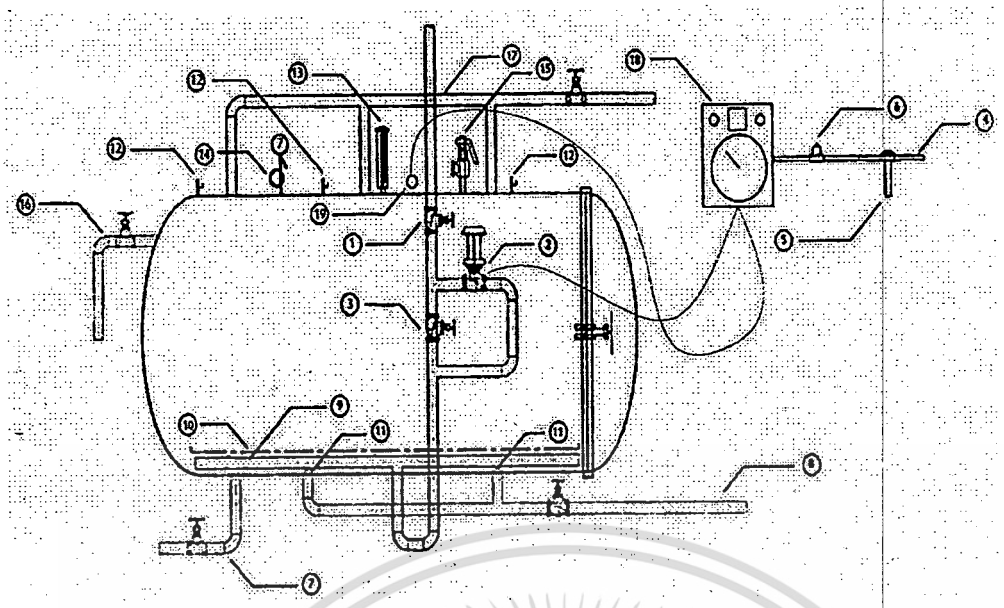
2.3.1 ท่อไอน้ำเข้า (Steam inlet) เป็นท่อไอน้ำต่อจากท่อพักไอน้ำที่บริเวณติดตั้งหม้อฆ่าเชื้อ ท่อไอน้ำเข้าเครื่องฆ่าเชื้อไม่ควรยาวและมีส่วนหักส่วนงอมากเกินไป ควรเดินท่อให้ตรงและสั้นที่สุดเพื่อลดแรงเสียดทานที่ทำให้เกิดความดันลดต่ำลงภายในเส้นท่อ และควรหุ้มฉนวนกันความร้อนท่อไอน้ำทั้งหมด ท่อไอน้ำเข้าต้องมีขนาดใหญ่เพื่อให้ไอน้ำเข้าสู่ภายในหม้อฆ่าเชื้อมีความดันมากเพียงพอในการไล่อากาศออกจากหม้อฆ่าเชื้อได้สมบูรณ์ ท่อไอน้ำเข้าต้องอยู่ตรงข้ามกับท่อทางระบายอากาศออกจากหม้อฆ่าเชื้อ

ในกรณีหม้อฆ่าเชื้อแบบวางนอนซึ่งมีความยาวมาก (มากกว่า 9 เมตร) ควรต่อท่อไอน้ำขนาดใหญ่เข้าหม้อฆ่าเชื้อ หรือมีท่อไอน้ำเข้า 2 ทางเข้า หรือท่อไอน้ำเข้าแบ่งย่อยก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ

2.3.2 วาล์วควบคุมไอน้ำอัตโนมัติ (Steam control valve) เพื่อควบคุมไอน้ำเข้าหม้อฆ่าเชื้อ โดยต่อเชื่อมโยงกับเครื่องควบคุมอุณหภูมิ ควรเป็นวาล์วควบคุมด้วยระบบการทำงานโดยความดันของอากาศอัด (Air to open type) หรือระบบไฟฟ้าแบบอัตโนมัติที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเพื่อสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในหม้อฆ่าเชื้อให้คงที่ตามความต้องการ

2.3.3 ท่อไอน้ำเบี่ยง (Steam bypass) เป็นท่อต่อคร่อมขนานไปท่อไอน้ำเข้าที่ติดตั้งวาล์วควบคุมไอน้ำอัตโนมัติ เป็นท่อไอน้ำที่มีวาล์วปิดเปิดแบบโกล์บวาล์วบังคับด้วยมือ ควบคุมไอน้ำให้ไหลผ่านใช้งานเมื่ออุปกรณ์วาล์วควบคุมน้ำอัตโนมัติขัดข้อง หรือมีเหตุขัดข้องทางไฟฟ้าหรือแหล่งจ่ายความดันอากาศอัด หรือเปิดใช้เพื่อร่นระยะเวลาในการไล่อากาศออกจากหม้อฆ่าเชื้อให้เร็วขึ้น ในกรณีใช้วาล์วควบคุมไอน้ำอัตโนมัติขนาดเล็กกว่าท่อไอน้ำเข้าหม้อฆ่าเชื้อ แต่ต้องมีพนักงานควบคุมดูแลตลอดเวลาขณะเปิดวาล์วท่อไอน้ำเบี่ยงนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบของหม้อฆ่าเชื้อแบบแนวนอน

1. ท่อไอน้ำเข้า
2. วาล์วควบคุมไอน้ำอัตโนมัติ
3. ท่อไอน้ำเบี่ยง
4. ท่ออัดอากาศสำหรับอุปกรณ์บันทึก
5. อุปกรณ์กรองอากาศ
6. อุปกรณ์ควบคุมความดันอากาศอัด
7. ท่อระบายอากาศ
8. ท่อน้ำเข้า
9. ท่อกระจายไอน้ำ
10. ที่รองรับตะกร้าใส่กระป๋อง
11. ที่กำบังน้ำเข้า
12. ช่องระบายไอน้ำ
13. เทอร์โมมิเตอร์
14. มาตรวัดความดัน
15. วาล์วนิรภัย
16. ท่อน้ำล้น
17. ท่อไล่อากาศ
18. เครื่องควบคุมและบันทึกอุณหภูมิ
19. อุปกรณ์ส่งสัญญาณวัดอุณหภูมิ

2.3.4 ท่ออัดอากาศสำหรับอุปกรณ์ควบคุมและบันทึกอุณหภูมิ (Compressed air inlet) เนื่องจากอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมินี้ใช้ร่วมกับวาล์วควบคุมไอน้ำอัตโนมัติที่มีการบังคับปิดเปิดวาล์วด้วยอากาศอัด จึงต้องมีท่ออัดอากาศเพื่อจ่ายอากาศอัดใช้ในระบบ

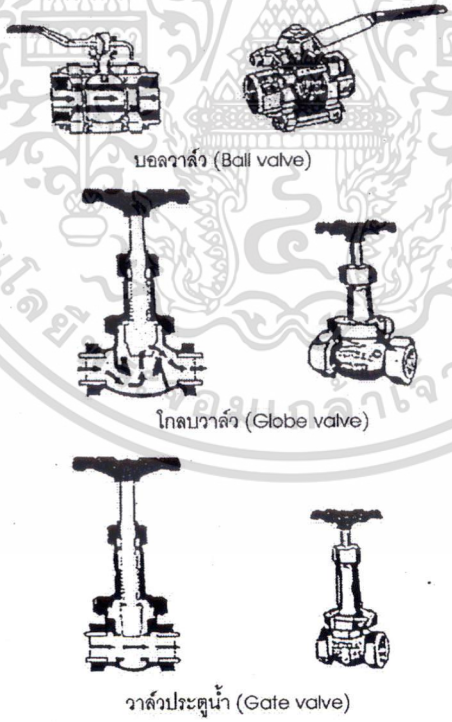
2.3.5 อุปกรณ์กรองอากาศ (Air filter) ติดตั้งที่ท่ออัดอากาศสำหรับอุปกรณ์ควบคุมและบันทึกอุณหภูมิเพื่อใช้กรองฝุ่นผง ละอองสิ่งสกปรกที่อาจติดไปกับอากาศอัดเข้าสู่อุปกรณ์ควบคุมและบันทึกอุปกรณ์ เป็นผลให้ระบบเสียหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 อุปกรณ์ควบคุมความดันอากาศอัด (Pressure regulator) ใช้ควบคุมความดันของอากาศอัดโดยอัตโนมัติ เพื่อให้ได้ความดันของอากาศอัดอยู่ในช่วงความดันที่เหมาะสมต่อการใช้งานของอุปกรณ์ควบคุมและบันทึกอุณหภูมิ

2.3.7 ท่อระบายน้ำ (Drain) ทำหน้าที่ระบายน้ำที่ใช้ในการหล่อเย็นผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องออกจากหม้อฆ่าเชื้อเมื่อสิ้นสุดกระบวนการฆ่าเชื้อแล้ว ดังนั้นท่อระบายน้ำควรมีขนาดใหญ่เพียงพอในการระบายน้ำออกจากหม้อฆ่าเชื้อได้รวดเร็ว โดยทั่วๆ ไปมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อมากกว่า 5 เซนติเมตร และติดตั้งวาล์วควบคุมการปิดเปิดด้วยวาล์วประตูน้ำหรือวาล์วประเภทอื่นที่เหมาะสม

2.3.8 ท่อน้ำเข้า (Water inlet) เป็นท่อน้ำเข้าหม้อฆ่าเชื้อในการปฏิบัติการทำให้อาหารกระป๋องเย็นตัวลงหลังจากการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยความร้อนแล้ว ควรให้น้ำเข้าหม้อฆ่าเชื้อให้อาหารกระป๋องเย็นตัวลงได้รวดเร็ว ท่อน้ำเข้าต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอ โดยทั่วไปมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ 3.8-5 เซนติเมตร และติดตั้งวาล์วควบคุมการปิดเปิดด้วยวาล์วประเภทโกล์บวาล์ว เมื่อปิดแล้วต้องไม่มีน้ำรั่วไหลเข้าเครื่องในขณะปฏิบัติการฆ่าเชื้อ



รูปที่ 2.7 รูปแบบของวาล์วที่ใช้กับหม้อฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.9 ท่อกระจายน้ำ (Steam spreader) เป็นท่ออุปกรณ์กระจายน้ำไอน้ำติดตั้งภายในหม้อฆ่าเชื้อต่อจากท่อไอน้ำเข้าบริเวณตอนกลางหม้อฆ่าเชื้อ ปลายท่อปิดจะติดตั้งเป็นรูปกากบาทสำหรับหม้อฆ่าเชื้อแนวตั้ง หรือเป็นท่อวางตามยาวตลอดขนานกับความยาวหม้อฆ่าเชื้อแนวนอน เพื่อให้ไอน้ำกระจายออกทั่วตลอดตามความยาวของท่อกระจายไอน้ำนี้ จำนวนรูและขนาดของรูต้องสัมพันธ์กันกับขนาดของท่อไอน้ำเข้าหม้อฆ่าเชื้อ ซึ่งมีข้อแนะนำกำหนดให้พื้นที่ของรูกระจายไอน้ำทั้งหมดรวมกันเท่ากับ $1\frac{1}{2}$ ถึง 2 เท่าของพื้นที่หน้าตัดของท่อไอน้ำเข้า ขนาดของรูกระจายไอน้ำควรมีเส้นผ่านศูนย์กลางของรูมากกว่า 5 มิลลิเมตร ($\frac{3}{16}$ นิ้ว) แนวเจาะรูมีระยะห่างรูต่อรูเท่าๆ กันตลอดความยาวของท่อกระจายไอน้ำที่วางยาวตลอดส่วนล่างของหม้อฆ่าเชื้อ แนวเจาะรูที่ส่วนบนของท่อกระจายไอน้ำนี้รับมุม 90 องศาจากศูนย์กลางของท่อ โดยอยู่ในแนวรูทั้งสองแนวทำมุมข้างละ 45 องศากับแนวกึ่งกลางท่อกระจายไอน้ำ

2.3.10 ที่รองรับตะกร้า หรือตะแกรงใส่อาหารกระป๋อง (Crate support) เป็นอุปกรณ์ภายในหม้อฆ่าเชื้อ ลักษณะเป็นรางรองรับตะกร้าบรรจุอาหารกระป๋องสำหรับหม้อฆ่าเชื้อประเภทอยู่กับที่ลักษณะวางแนวนอน แต่ถ้าเป็นหม้อฆ่าเชื้อลักษณะวางแนวตั้งจะมีอุปกรณ์รองรับตะกร้าที่บรรจุอาหารกระป๋องที่บริเวณส่วนล่างของหม้อฆ่าเชื้อ เพื่อไม่ให้ตะกร้าหรือตะแกรงที่บรรจุอาหารกระป๋องวางกดทับลงบนท่อกระจายไอน้ำของหม้อฆ่าเชื้อจนเกิดการเสียหาย

2.3.11 ที่กำบังน้ำเข้า (Water baffle) เป็นอุปกรณ์ขวางกั้นทางเข้าของน้ำหล่อเย็นผลิตภัณฑ์ อาหารกระป๋อง เพื่อกระจายน้ำหล่อเย็นและป้องกันไม่ให้เกิดสภาวะสุญญากาศบริเวณน้ำเข้าหม้อฆ่าเชื้อจนทำให้เกิดปัญหาแก่ผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องในบริเวณนั้น

2.3.12 ช่องระบายไอน้ำ หรือรูระบายไอน้ำ (Bleeder) เป็นรูเปิดขนาด 3-6 มิลลิเมตร (1/8-1/4 นิ้ว) ให้ไอน้ำไหลระบายผ่านออกจากหม้อฆ่าเชื้อได้สะดวกตลอดเวลา เพื่อให้เกิดการหมุนเวียนไอน้ำภายในหม้อฆ่าเชื้อ ดังนั้นต้องเปิดกว้างเต็มที่ตลอดเวลาปฏิบัติการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังสามารถช่วยไล่อากาศที่อาจแทรกอยู่ในไอน้ำระบายออกจากหม้อฆ่าเชื้อ ผู้ควบคุมหม้อฆ่าเชื้อต้องสังเกตเห็นการระบายไอน้ำออกเครื่องได้ชัดเจน ช่องระบายไอน้ำจะติดตั้งอยู่ส่วนบนสุดของหม้อฆ่าเชื้อตรงข้ามทางไอน้ำเข้าและอาจติดตั้งอยู่ส่วนอื่นๆ ตามความจำเป็นในการระบายไอน้ำหมุนเวียนภายในหม้อฆ่าเชื้อได้ดี อุณหภูมิฆ่าเชื้อจะสม่ำเสมอตลอดทั่วทั้งหม้อฆ่าเชื้อ

นอกจากนี้มีการติดตั้งช่องระบายไอน้ำที่บริเวณส่วนล่างของหม้อฆ่าเชื้อเพื่อระบายไอน้ำกลั่นตัวออกจากบริเวณส่วนล่างของหม้อฆ่าเชื้อ และยังมีการติดตั้งช่องระบายไอน้ำที่บริเวณติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์และอุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่ส่วนล่างของช่องเปิดด้านข้างของหม้อฆ่าเชื้อเพื่อให้วัดอุณหภูมิได้ถูกต้อง

2.3.13 เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิของหม้อฆ่าเชื้อต้องเป็นชนิดปรอทแท่งแก้ว มีขีดแบ่งละเอียดถึง 0.5 องศาเซลเซียส และมีช่วงสเกลไม่เกิน 4 องศาเซลเซียสต่อเซนติเมตร มีความยาวช่วงสเกลวัดไม่ต่ำกว่า 152 มิลลิเมตร (6 นิ้ว) ต้องติดตั้งที่หม้อฆ่าเชื้อทุกเครื่องในตำแหน่งที่ผู้ควบคุมหม้อฆ่าเชื้อสามารถอ่านค่าอุณหภูมิได้ง่ายชัดเจนการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์กับตัวเครื่องฆ่าเชื้อโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือติดตั้งที่ช่องเปิดด้านข้างของหม้อฆ่าเชื้อที่มีช่องระบายไอน้ำหรือรูระบายไอน้ำมีขนาดอย่างน้อย 2 มิลลิเมตร (1/16 นิ้ว) อยู่ในตำแหน่งระบายไอน้ำไหลผ่านแท่งกระเปาะเทอร์โมมิเตอร์ระบายออกจากหม้อฆ่าเชื้อตลอดเวลาปฏิบัติการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

2.3.14 มาตรวัดความดัน (Pressure gauge) หม้อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารกระป๋องควรติดตั้งมาตรวัดความดันภายในหม้อฆ่าเชื้อที่มีช่วงการวัดความดันระหว่าง 0-3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (0-40 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) หน้าปัดมีขนาดใหญ่เหมาะสม คือมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 8-10 เซนติเมตร (3-4 นิ้ว) ติดตั้งในตำแหน่งที่ผู้ควบคุมหม้อฆ่าเชื้อสามารถมองเห็นได้ง่าย ชัดเจน การติดตั้งกับหม้อฆ่าเชื้อผ่านอุปกรณ์ไซฟอน (Gauge siphon) หรือหางหมู เพื่อป้องกันความเสียหายต่อมาตรวัดความดัน ต้องมีการทดสอบความถูกต้องเที่ยงตรงอย่างน้อยปีละครั้ง

2.3.15 วาล์วนิรภัย (Safety value) เป็นวาล์วที่ติดตั้งกับหม้อฆ่าเชื้อโดยตรงเพื่อป้องกันความดันไอน้ำที่อยู่ภายในหม้อฆ่าเชื้อสูงเกินค่าความปลอดภัย โดยทำการระบายความดันที่สูงเกินกำหนดความปลอดภัยนี้ออกจากหม้อฆ่าเชื้ออย่างรวดเร็ว อัตโนมัติ จึงต้องมีการทดสอบการทำงานของวาล์วนิรภัยเป็นครั้งคราวเพื่อให้มั่นใจว่าวาล์วทำงานได้ตามข้อกำหนด

2.3.16 ท่อน้ำล้น (Overflow) เป็นท่อระบายน้ำหล่อเย็นผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องในส่วนที่ท่วมล้นในการปฏิบัติการทำให้อาหารกระป๋องเย็นตัวลงภายในหม้อฆ่าเชื้อให้ระบายน้ำหล่อเย็นล้นออกจากส่วนบนของผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋อง ควรติดตั้งวาล์วปิดเปิดประเภทวาล์วประตูน้ำหรือวาล์วประเภทอื่นที่เหมาะสม

2.3.17 ท่อไล่อากาศ (Vent) เป็นท่อทางระบายอากาศใช้ในการไล่อากาศออกจากหม้อฆ่าเชื้อ เป็นช่องทางออกขนาดใหญ่เพียงพอให้ใช้ความดันไอน้ำขับดันอากาศภายในหม้อฆ่าเชื้อให้ระบายออกไปสู่บรรยากาศโดยตรง ท่อไล่อากาศจึงอยู่ตรงข้ามกับท่อไอน้ำเข้าหม้อฆ่าเชื้อเสมอ บางครั้งมีการใช้ท่อร่วมทางระบายอากาศ (Vent manifold) โดยการต่อท่อไล่อากาศหลายท่อของหม้อฆ่าเชื้อต่อรวมกับท่อรวมขนาดใหญ่เดียวกัน ได้มีข้อกำหนดให้พื้นที่หน้าตัดของท่อรวมใหญ่นี้ต้องมีพื้นที่เท่ากับหรือใหญ่กว่าพื้นที่หน้าตัดของท่อไล่อากาศทุกท่อรวมกัน และท่อรวมนี้ต้องสั้นสุด ห้ามต่อร่วมท่อไล่อากาศและท่อรวมไล่อากาศเข้าเข้ากับทางระบายน้ำ และในกรณีมีการติดตั้งวาล์วปิดเปิดท่อไล่อากาศหรือท่อรวมไล่อากาศต้องติดตั้งวาล์วประเภทวาล์วประตูน้ำหรือวาล์วประเภทอื่นที่เหมาะสมเพื่อให้เปิดระบายอากาศได้รวดเร็วไม่มีการกีดขวางการไล่อากาศออกจากหม้อฆ่าเชื้อ

2.3.18 เครื่องควบคุม และบันทึกอุณหภูมิภายในหม้อฆ่าเชื้อ (Temperature controller and recorder) เป็นอุปกรณ์ต่อร่วมกับวาล์วควบคุมการไหลของไอน้ำ และอุปกรณ์วัดอุณหภูมิของหม้อฆ่าเชื้อทำการควบคุมอุณหภูมิภายในหม้อฆ่าเชื้อให้คงที่ สม่ำเสมอในช่วงเวลาและอุณหภูมิที่กำหนด เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมวัดและบันทึกอุณหภูมิ และสามารถบันทึกช่วงเวลาฆ่าเชื้อได้ มีกระดาษกราฟบันทึกอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

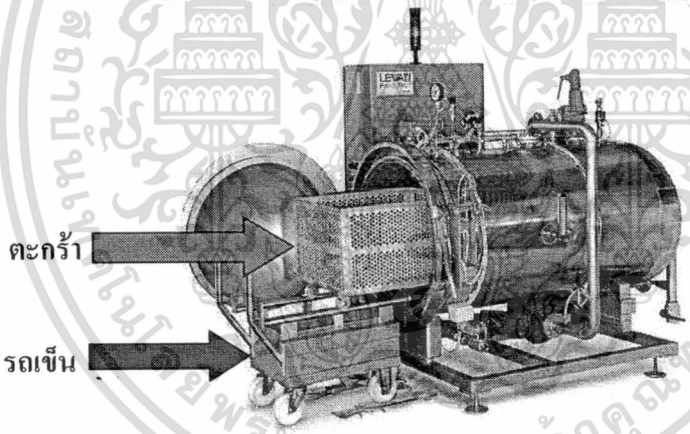
2.3.19 อุปกรณ์ส่งสัญญาณวัดอุณหภูมิ (Temperature sensor) เป็นสายส่งสัญญาณวัดค่าอุณหภูมิภายในหม้อฆ่าเชื้อ ส่งไปที่อุปกรณ์เครื่องควบคุมอุณหภูมิสัญญาณจะถูกแปลงให้เป็นความดันอากาศอัดไปควบคุมการปิดเปิดวาล์วควบคุมไอน้ำให้ปิดเปิดตามต้องการ

นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบกับหม้อฆ่าเชื้อ ได้แก่

2.3.20 นาฬิกาจับเวลาฆ่าเชื้อ (Clock or timing device) ใช้สำหรับจับเวลาฆ่าเชื้อ อ่านเวลาได้ง่าย บอกเวลาแม่นยำ เป็นแบบตัวเลขหรือแบบเข็มก็ได้

2.3.21 รถเข็น, ตะกร้า หรือตะแกรงบรรจุอาหารกระป๋อง (Crate, basket, or tray) ทำด้วยโลหะเป็นเหล็กไร้สนิม หรืออะลูมิเนียมเป็นเส้นแบนหรือกลมหรืออาจเป็นแผ่นเหล็กไร้สนิมเจาะรูพรุนประกอบขึ้นเป็นรถเข็น หรือตะกร้า

2.3.22 แผ่นกั้นแบ่งระหว่างชั้นกระป๋อง (Divider plate) อาจมีการใช้แผ่นกั้นชั้นวางอาหารกระป๋องภายในตะกร้าหรือรถเข็นที่บรรจุอาหารกระป๋องส่วนมากทำจากพลาสติกทนร้อนประเภทโพลีโพรไพลีนนำมาเจาะรูพรุน



รูปที่ 2.8 อุปกรณ์ประกอบหม้อฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 กรรมวิธีฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารกระป๋อง

ขั้นตอนการใช้เครื่องฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารกระป๋องด้วยความร้อนที่อุณหภูมิสูงภายใต้ความดันไอน้ำจะประกอบด้วย

2.4.1 การไล่อากาศ (Venting) เป็นขั้นตอนที่ช่วยให้อุณหภูมิทุกตำแหน่งภายในหม้อฆ่าเชื้อเท่ากัน เมื่อเปิดไอน้ำอิ่มตัวเข้าภายในเครื่องฆ่าเชื้อ มีอากาศอยู่รอบๆอาหารกระป๋องทำให้ความร้อนกระจายไม่สม่ำเสมอเพราะความร้อนจากไอน้ำจะถ่ายเทความร้อนที่สะสมอยู่ให้แก่อากาศที่อยู่ในลักษณะเป็นฉนวนห่อหุ้มอาหารกระป๋องภายในเครื่องฆ่าเชื้อไว้ เมื่อไอน้ำถ่ายเทความร้อนแล้วกลั่นตัวเป็นหยดน้ำไหลลงส่วนล่างของเครื่องฆ่าเชื้อ ดังนั้นในช่วงการไล่อากาศตอนแรกเมื่อเริ่มเปิดไอน้ำเข้าเครื่องฆ่าเชื้อจะมีไอน้ำกลั่นตัวปริมาณมากไหลออกทางท่อระบายน้ำที่ส่วนล่างของเครื่องฆ่าเชื้อ และอาจมีน้ำกลั่นตัวของไอน้ำที่ตกค้างอยู่ในท่อไอน้ำไหลรวมออกมา จึงต้องเปิดทางระบายน้ำไว้จนกว่าจะแน่ใจว่าน้ำกลั่นตัวถูกระบายออกจากเครื่องฆ่าเชื้อได้ก่อนที่จะปิดท่อทางระบายน้ำ เหลือไว้แต่ช่องรูระบายไอน้ำที่บริเวณส่วนล่างของเครื่องฆ่าเชื้อหรือมีการติดตั้งอุปกรณ์ดักน้ำกลั่นตัวจากไอน้ำไว้ที่ท่อทางระบายน้ำเพื่อระบายน้ำกลั่นตัวของไอน้ำออกจากเครื่องฆ่าเชื้อได้โดยอัตโนมัติ

2.4.2 ช่วงเวลาที่อุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่กำหนด (Come-up time) เป็นช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มเปิดไอน้ำเข้าเครื่องฆ่าเชื้อผ่านขั้นตอนการไล่อากาศจนถึงอุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อสูงขึ้นถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่กำหนด ในทางปฏิบัติเมื่อเมื่อเปิดไอน้ำเข้าเครื่องฆ่าเชื้อไล่อากาศออกจากเครื่องฆ่าเชื้อจะมีน้ำกลั่นตัวระบายออกจากเครื่องฆ่าเชื้อมากซึ่งต้องระบายออกให้หมดก่อนจึงจะปิดท่อทางระบายน้ำ เป็นผลให้อุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อสูงขึ้นจนถึงเวลาและถึงอุณหภูมิการไล่อากาศที่เป็นข้อกำหนดที่ตั้งไว้จึงปิดวาล์วท่อทางระบายอากาศทั้งหมด อุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อจะสูงขึ้นรวดเร็วจนถึงอุณหภูมิฆ่าเชื่อที่กำหนดจึงเริ่มเข้าช่วงเวลาฆ่าเชื้อ

2.4.3 ช่วงเวลาฆ่าเชื้อ (Process timing) เมื่ออุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อสูงขึ้นถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่กำหนดและคงที่สม่ำเสมอโดยการวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทในแท่งแก้วของเครื่องฆ่าเชื้อ จึงเริ่มทำการจับเวลาฆ่าเชื้อ ในการกำหนดเวลาฆ่าเชื้อที่เหมาะสมสำหรับการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องขึ้นกับการทนความร้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร และคุณสมบัติคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องและการศึกษาอัตราการแทรกผ่านความร้อนเข้าไปในอาหารกระป๋องที่จุร้อนช้าที่สุดโดยคำนึงถึงการรักษาคุณภาพ คุณลักษณะที่ดีและคุณค่าทางอาหารให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

2.4.4 การทำให้อาหารกระป๋องเย็น (Cooling) เมื่อครบกำหนดเวลาฆ่าเชื้อแล้วผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องต้องทำให้เย็นลงโดยเร็วด้วยน้ำสะอาดที่มีคลอรีนอิสระ 0.5-1 ส่วนในล้านส่วน การทำให้อาหารกระป๋องเย็นลงเพื่อหยุดยั้งการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื่องจากความร้อนสะสม และต้องทำให้อาหารกระป๋องเย็นลงเพียงพอที่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ประเภททนร้อนที่อาจทนได้ที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารกระป๋องเป็นการฆ่าเชื้อทางการค้าอุณหภูมิของอาหารต้องทำให้ลดต่ำลงที่อุณหภูมิต่ำกว่า 45 องศาเซลเซียส แล้วนำมาเป่าลมให้แห้งเพื่อไม่ให้อาหารกระป๋องเป็นสนิม ช่วยระบาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนและลดอุณหภูมิของอาหารให้เย็นลงอาหารไม่สุกเกินไปทำให้คงคุณลักษณะที่ดี คงคุณค่าทางอาหารไว้

2.5 อัตราการแทรกผ่านความร้อน (Rate of heat penetration) [3]

ความร้อนจะถ่ายเทจากไอน้ำหรือน้ำผ่านภาชนะเข้าสู่อาหาร ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยทั่วไปจะสูงมากและไม่ใช่ปัจจัยที่จำกัดการถ่ายเทความร้อน แต่ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออัตราการแทรกผ่านความร้อนไปสู่อาหารมีดังต่อไปนี้

2.5.1 องค์ประกอบและคุณภาพผลิตภัณฑ์อาหาร

ของเหลวหรืออาหารบางชนิด เช่น เมล็ดถั่วลันเตาในน้ำเกลือ จะเกิดการถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อนมากกว่าการนำความร้อนซึ่งเกิดในอาหารแข็ง อาหารมีการนำความร้อนต่ำซึ่งเป็นข้อจำกัดที่สำคัญในการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อนในอาหาร องค์ประกอบและธรรมชาติของผลิตภัณฑ์อาหารโดยเฉพาะปริมาณกรดหรือ pH มีผลต่อปริมาณความร้อนที่ต้องการในการฆ่าเชื้อมาก ปัจจัยเหล่านี้ได้แก่

2.5.1.1 ค่า pH

ค่า pH ของอาหารกระป๋องเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อชนิดของจุลินทรีย์ที่จะเจริญได้ และปริมาณความร้อนที่ต้องการในการฆ่าเชื้อ อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (pH สูงกว่า 4.5) จะต้องการความร้อนมากกว่าอาหารที่มีความเป็นกรดสูง (pH ต่ำกว่า 4.5)

2.5.1.2 ค่า a_w

ค่า a_w แสดงปริมาณน้ำในอาหารที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ได้หรือเพียงพอที่จะเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ อาหารกระป๋องส่วนใหญ่มีค่า $a_w > 0.98$ ดังนั้นจุลินทรีย์และสปอร์จึงสามารถเจริญได้ดี ถ้า $a_w < 0.95$ เชื้อจุลินทรีย์เช่น Staphylococcus aureus จะถูกยับยั้งและทำให้และทำให้ความต้องการความร้อนในการฆ่าเชื่อน้อยลง

2.5.1.3 น้ำหนักบรรจุ (fill weight)

ถ้าบรรจุภัณฑ์มีน้ำหนักที่มากเกินไปจะทำให้อัตราการแทรกผ่านความร้อนลดลง โดยในการทดลองจะใช้น้ำหนักบรรจุที่มากที่สุดที่จะเกิดขึ้นในการผลิตจริง

2.5.1.4 ขนาดชิ้นอาหาร

ขนาดชิ้นอาหารหรือที่เรียกว่า "Cut" และการเรียงตัวของอาหารในกระป๋องชิ้นอาหารที่มีขนาดใหญ่จะใช้เวลาในการฆ่าเชื้อนานกว่าชิ้นอาหารที่มีขนาดเล็ก อย่างไรก็ตามต้องคำนึงด้วยว่าอาหารที่มีขนาดเล็กนั้นมีแนวโน้มที่จะตกลงมาอัดแน่นที่บริเวณก้นกระป๋อง หรืออาหารที่เรียงตัวตามแนวนอนหรือแนวตั้งจะมีการเคลื่อนที่ของของเหลวยากง่ายต่างกัน

2.5.1.5 ความข้นหนืด (viscosity/consistency)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความข้นหนืดมีผลต่อการถ่ายเทความร้อน และระดับของผสมที่ช่องว่าเหนืออาหารการใส่แป้งมากเกินไปหรือใส่แป้งผิดประเภทอาจทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนลดลง ซึ่งเกิดปัญหาการให้ความร้อนไม่เพียงพอได้

2.5.1.6 การดูดคืนน้ำ (rehydration)

สปอร์อาจจะเจริญได้ถ้าอาหารและองค์ประกอบดูดกลืนน้ำได้ไม่เพียงพอในระหว่างการแปรรูป ในความร้อนแห้งสปอร์เหล่านี้จะทนความร้อนได้นานกว่าในความร้อนชื้น ดังนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกำหนดมาตรฐานของขนาดและความหนาแน่นของส่วนผสมแห้ง

2.5.1.7 วัตถุกันเสีย

วัตถุกันเสียและสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และสปอร์ เช่น เกลือไนเตรท ไนไตรท์ ที่ใช่ในผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก ไส้กรอก

2.5.1.8 อัตราส่วนของของแข็งต่อของเหลวที่บรรจุ

อัตราส่วนของของแข็งต่อของเหลวที่บรรจุก็มีผลต่อปริมาณความร้อนที่ต้องการในการฆ่าเชื้อเช่นเดียวกัน โดยการบรรจุของแข็งมากเกินไปจะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนช้าลง

2.5.1.9 การเตรียมวัตถุดิบ

การเตรียมวัตถุดิบ เช่น การลวก การแช่ในน้ำหรือสารละลายก่อนหรือไม่

2.5.1.10 ช่องว่างเหนืออาหารในกระป๋อง

ถ้าช่องว่างเหนืออาหารกระป๋องนี้มีไม่เพียงพอ อาจจะทำให้การหมุนเวียนของอาหารในกระป๋องไม่ดีเท่าที่ควร และอาจการให้ความร้อนอาจทำได้ไม่ทั่วถึง

2.5.2 ขนาดของบรรจุภัณฑ์

การส่งผ่านความร้อนไปยังจุดกึ่งกลางในบรรจุภัณฑ์ขนาดเล็กจะทำได้เร็วกว่าในบรรจุภัณฑ์ขนาดใหญ่กว่า

2.5.3 การหมุนกระป๋องในแนวแกน

การหมุนกระป๋องในแกนนอนหรือแกนตั้ง จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการพาความร้อนและเพิ่มอัตราการแทรกผ่านความร้อนในอาหารที่มีความหนืดหรืออาหารกึ่งแข็ง เช่น เมล็ดถั่วในซอสมะเขือเทศ

2.5.4 อุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อ

ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของอาหารและตัวกลางให้ความร้อนที่สูงกว่าจะให้การแทรกผ่านความร้อนที่เร็วกว่า

2.5.5 ลักษณะรูปร่างของบรรจุภัณฑ์

บรรจุภัณฑ์ที่มีลักษณะสูงจะส่งเสริมให้เกิดการพาความร้อนดีขึ้นในอาหารที่ได้รับความร้อนโดยการพา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

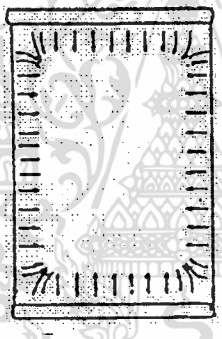
2.6 ชนิดของบรรจุภัณฑ์

การส่งผ่านความร้อนผ่านโลหะจะเร็วกว่าการส่งผ่านแก้วหรือพลาสติก เนื่องจากความแตกต่างเรื่องคุณสมบัติการนำความร้อน

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ เช่น การเรียงกระป๋องเครื่องฆ่าเชื้อ วิธีการทำให้เย็นอุณหภูมิและความดันของอากาศหรือน้ำเย็น ตำแหน่งของคู่ควบความร้อนในกระป๋อง การดูแลกระป๋องหลังปิดฝาแล้ว เวลาที่ใช้กว่าเครื่องฆ่าเชื้อจะมีอุณหภูมิถึงอุณหภูมิที่กำหนดหรือ CUT (come-up time) การควบคุมอุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อ

อัตราเร็วที่ปริมาณความร้อนแทรกผ่านไปยังจุดที่ร้อนช้าที่สุดของอาหารกระป๋องขึ้นอยู่กับลักษณะการถ่ายเทความร้อนของอาหารนั้นๆ การถ่ายเทความร้อนในอาหารจะซับซ้อนและมีผลต่อเวลาในการฆ่าเชื้อ ดังนั้นการแบ่งประเภทอาหารตามลักษณะทางความร้อนจะช่วยพิจารณาได้ดังนี้

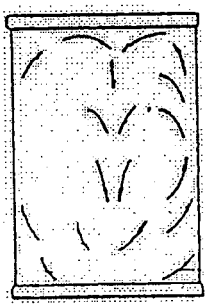
1) อาหารที่ถ่ายเทความร้อนแบบการนำ (conductive heating packs) ความร้อนจะถูกถ่ายเทในทุกทิศทางผ่านผนังกระป๋องแล้วผ่านโมเลกุลของอาหารที่ไม่เคลื่อนที่ จุดร้อนช้าที่สุดจะอยู่กึ่งกลางกระป๋องการถ่ายเทความร้อนแบบนี้จะถ่ายเทได้ช้ากว่าแบบการพาความร้อน



รูปที่ 2.7 แสดงการถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อน

2) อาหารที่ถ่ายเทความร้อนแบบการพา (convective heating packs) ความร้อนจะถูกถ่ายเทโดยโมเลกุลของอาหารจะเคลื่อนที่ไปด้วย เช่นอาหารเหลวที่มีความข้นหนืดต่ำหรือผลิตภัณฑ์ที่มีชิ้นอาหารขนาดเล็กในน้ำเกลือ เมื่อได้รับความร้อนก่อนและเคลื่อนที่ขึ้นด้านบนเนื่องจากความหนาแน่นน้อยลง ในขณะส่วนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าและความหนาแน่นมากกว่าจะเคลื่อนที่ลงล่าง ทำให้เกิดการหมุนเวียนของอาหารภายในกระป๋อง จุดร้อนช้าที่สุดจะอยู่ที่ที่ปริมาณ ¾ นิ้ว จากด้านล่างสำหรับกระป๋องขนาดเล็ก ถ้าเป็นกระป๋องขนาดใหญ่ เช่น กระป๋องเบอร์ 10 จุดร้อนช้าที่สุดจะอยู่ที่ประมาณหนึ่งนิ้วครึ่งจากด้านล่างของกระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อน

3) อาหารที่ถ่ายเทความร้อนแบบผสม (complex heating packs) เช่น อาหารที่มีส่วนผสมของสารให้ความหนืด โดนในช่วงแรกจะเป็นการถ่ายเทความร้อนแบบการพา และเมื่อให้ความร้อนต่อไปอาหารที่ข้นหนืดมากขึ้นและการถ่ายเทความร้อนจะเปลี่ยนเป็นแบบการนำ หรือผลิตภัณฑ์ที่มีชิ้นอาหารขนาดใหญ่ๆ ในของเหลว ซึ่งส่วนของเหลวจะร้อนเร็วกว่าส่วนที่เป็นชิ้นอาหาร จุดที่ความร้อนเข้าไปถึงช้าที่สุดของอาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบการนำและจุดร้อนช้าที่สุดของอาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบการพา

การหาอัตราการแทรกผ่านความร้อนทำได้โดยการวัดอุณหภูมิที่จุร้อนช้าที่สุดของอาหารในบรรจุภัณฑ์โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิที่เรียกว่าคู่ควบความร้อนเพื่อวัดอุณหภูมิของอาหารระหว่างกระบวนการให้ความร้อน

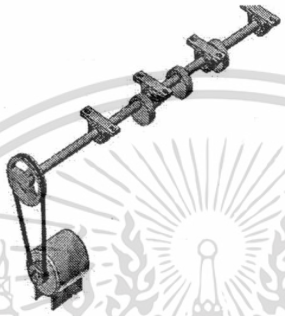
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 3
การออกแบบชิ้นส่วนและชุดอุปกรณ์เขย่า

3.1 เพลาส่งกำลัง

- เพลาที่ใช้จะต้องมีขนาดความยาวมากกว่าความยาวของเครื่องฆ่าเชื้อที่ต้องการดัดแปลง
- การติดตั้งเพลาจะต้องเจาะรูที่บริเวณก้นของหม้อฆ่าเชื้อเพื่อให้สามารถสอดเพลาเข้าไปได้ โดยที่ส่วนปลายของเพลานั้นจะมีส่วนที่ยื่นโผล่ออกมาเพื่อใช้จับกับโซ่ส่งกำลัง

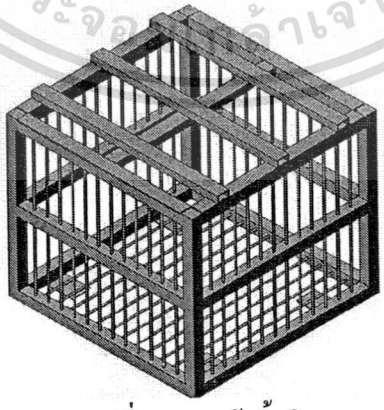


รูปที่ 3.1 เพลาที่ใช้ในการออกแบบ

3.2 ตะกร้ารองรับอาหารกระป๋อง

ตะกร้าที่ใช้สำหรับหม้อฆ่าเชื้อแบบเขย่าจะใช้จำนวนทั้งสิ้น 2 ตะกร้า คือ ตะกร้าด้านใน และตะกร้าด้านนอก การวางจะวางในลักษณะซ้อนกันโดยที่ตะกร้าด้านในจะมีขนาดเล็กกว่าตะกร้าด้านนอก

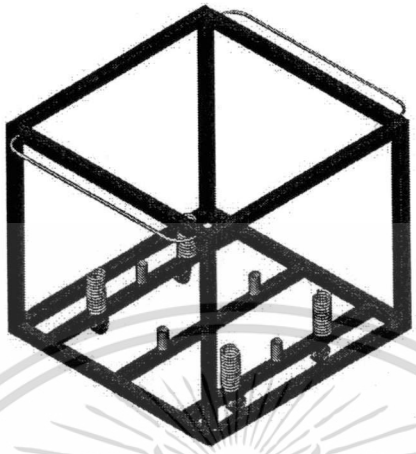
3.2.1 ตะกร้าชิ้นใน ตะกร้าด้านในนั้นจะเป็นตะกร้าแบบเดิมที่ใช้กันอยู่ทั่วไป แต่จะเพิ่มในส่วนที่เป็นฝาปิดตะกร้าซึ่งวางอยู่ด้านบน โดยส่วนที่เป็นฝาปิดนี้จะมีเพื่อรองรับแรงที่ส่งมาจากลูกเบี้ยวทรงกลมนั่นเอง



รูปที่ 3.2 ตะกร้าชิ้นใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
120287

3.2.2 ตะกร้าชิ้นนอก สำหรับส่วนของตะกร้าด้านนอกนั้นจะมีการติดตั้งสปริงไว้ที่ด้านล่างซึ่งเป็นบริเวณเดียวกับที่จะรองรับตะกร้าด้านใน และสปริงที่ใช้นั้นจะต้องทำจากวัสดุ Stainless steel เพราะสามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิฆ่าเชื้อ และที่สำคัญคือไม่เป็นสนิมเมื่อโดนน้ำ



รูปที่ 3.3 ตะกร้าชิ้นนอก

3.3 ลูกเบี้ยวส่งถ่ายกำลัง

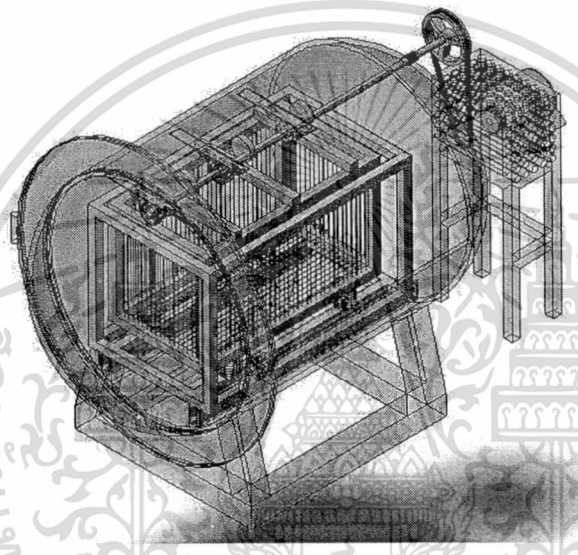
- สำหรับลูกเบี้ยวนั้นจะต้องใช้วัสดุ Stainless steel เช่นเดียวกับสปริง ที่สามารถทนต่ออุณหภูมิฆ่าเชื้อได้ และไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ
- จำนวนลูกเบี้ยวที่ใช้ทั้งหมดเท่ากับ 3 ลูกต่อหนึ่งตะกร้า โดยจะอยู่ในตำแหน่งต่างๆ กัน

รูปที่ 3.4 ลูกเบี้ยวทรงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ซีลกันรั่ว

เนื่องจากบริเวณส่วนท้ายของหม้อฆ่าเชื้อจะต้องทำการเจาะรูเพื่อสอดเพลาเข้าไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการป้องกันการเกิดการรั่วไหลของความดัน และอุณหภูมิในบริเวณที่ทำการเจาะ ฉะนั้นจึงจำเป็นจะต้องใช้วัสดุซึ่งมีความยืดหยุ่นและมีการหล่อลื่นที่ดี ทำการ Seal ที่ผิวแกนเพลาโดยตรง (บริษัท ซีลแทคอินดัสตรีส์ จำกัด , 2001) โดยวัสดุที่ใช้ก็คือ Packing Seal หรือที่รู้จักกันในชื่อของปะเก็นเชือก โดยจะใช้ Packing Seal ที่ทำจากวัสดุ PTFE เพราะเส้นใย PTFE เป็นผลิตภัณฑ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานต่ำ การสึกกร่อนต่ำ การกัดกร่อนต่ำ ถือเป็นซีลที่มีคุณภาพดี และที่สำคัญก็คือสามารถนำมาใช้งานได้ภายใต้อุณหภูมิ -50 ถึง 200°C และที่ความดัน 300 psi



รูปที่ 3.5 หม้อฆ่าเชื้อแบบเขย่า

3.5 สปริง

สปริงเป็นชิ้นส่วนที่มีความยืดหยุ่นซึ่งมีใช้อยู่ในเครื่องจักรกลทั่วไป ถึงแม้ว่าชิ้นส่วนอื่น ๆ ของเครื่องจักรกลจะมีคุณสมบัติในการยืดหยุ่นเหมือนกัน แต่สปริงจะมีการยืดหยุ่นมากกว่า สปริงอาจจะมีรูปร่างต่างกันและทำจากวัสดุหลายชนิดแม้แต่ของไหล เช่น อากาศ ก๊าซ และของเหลว ก็สามารถนำมาใช้ทำหน้าที่เป็นสปริงได้ สปริงอาจจะทำหน้าที่ได้ประเภทดังนี้

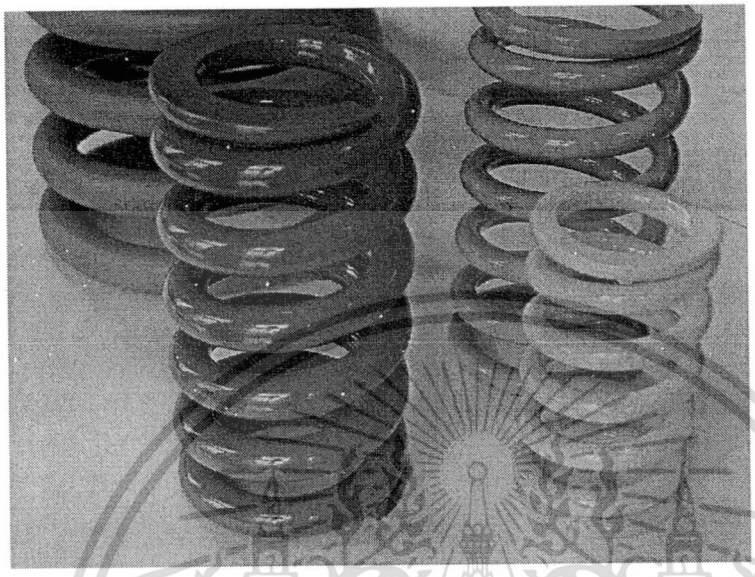
- ใช้เป็นแหล่งพลังงานให้กับกลไกต่าง ๆ งานประเภทนี้ใช้ได้กันมาตั้งแต่ดั้งเดิมและก็ยังคงจะมีใช้กันมากต่อไปอีก เช่น ลานนาฬิกา กล้องถ่ายหนัง ของเด็กเล่น เป็นต้น

- ใช้วัดแรง เช่น ตาชั่งสปริง ไดนาโมมิเตอร์ และอุปกรณ์ปรับต่าง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ใช้ทำหน้าที่เป็นส่วนของเครื่องจักรกลกลับคืนสู่ตำแหน่งเดิม เช่น ตัวตามลูกเบี้ยว (cam followers) ก้านวาล์ว เป็นต้น

- ใช้ส่งแรงจากชิ้นส่วนหนึ่งไปยังอีกชิ้นส่วนหนึ่ง เช่น สปริงแผ่นคลัตช์ คัปปลิง เป็นต้น



รูปที่ 3.6 สปริง

การใช้สปริงส่วนมากจะเป็นในรูปของการเก็บพลังงานเอาไว้ในตัวสปริง ความเค้นที่เกิดขึ้นในสปริงขณะใช้รับแรงจะมีค่าสูงมาก ดังนั้นจึงต้องนำวัสดุที่มีความแข็งแรงสูงมาใช้ทำสปริง โดยทั่วไปเหล็กสำหรับใช้ทำสปริงจะเป็นเหล็กที่มีค่าคาร์บอนสูงกว่า 0.5% แล้วผ่านกรรมวิธีทางความร้อนเพื่อให้มีความยืดหยุ่นสูง นอกจากนี้ยังมีวัสดุประเภทโลหะผสม เหล็กกล้าไร้สนิม และอื่นๆ ที่ต้องใช้กับงานเป็นพิเศษ เพื่อป้องกันการกัดกร่อนหรือทนทานต่ออุณหภูมิสูงๆ สำหรับวัสดุบางชนิดสามารถหาซื้อได้โดยทั่วไป

3.5.1 Hard-draw wire (ASTM A227) เป็นวัสดุที่มีราคาถูกสุด ไม่ควรใช้กับงานที่ต้องการอายุการทำงานยาวนานมาก และในชิ้นงานที่ต้องการความแม่นยำในการทำงานมาก อุณหภูมิใช้งานไม่ควรสูงกว่า 120°C หรือต่ำกว่า 0°C

3.5.2 Music wire (ASTM A228) เป็นลวดที่มีการใช้กันมากที่สุดในจำพวกสปริงขนาดเล็ก มีความแข็งแรงสูง และสามารถทนแรงที่กระทำซ้ำกันได้ดีมาก อุณหภูมิใช้งานไม่ควรสูงกว่า 120°C หรือต่ำกว่า 0°C

3.5.3 Oil-tempered wire (ASTM A229) ลวดสปริงชนิดนี้มีใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วไป เพราะราคาถูกกว่า Music wire อุณหภูมิใช้งานอยู่ระหว่าง 0°C ถึง 180°C

3.5.4 Valve spring quality carbon steel (ASTM A230) เหมาะสำหรับงานที่อาจจะเสียหายเนื่องจากความล้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.5 Chrome vanadium steel (ASTM A231) เป็นโลหะผสมที่นิยมใช้กันมากเมื่อโลหะอื่น ๆ ไม่สามารถทนความเค้นสูง ๆ ได้ เหมาะสำหรับรับแรงที่กระทำซ้ำกันเป็นอย่างยิ่ง รับแรงกระแทกได้ดี มักใช้ทำสปริงสำหรับวาล์วเครื่องยนต์ของเครื่องบิน ใช้ได้ที่อุณหภูมิสูงถึง 230°C

3.5.6 Chrome silicon steel (ASTM A401) เป็นโลหะผสมที่รับแรงได้สูง และมีคุณสมบัติในการรับแรงกระแทกได้ดี ใช้งานได้ที่อุณหภูมิสูงประมาณ 250°C

3.5.7 Stainless steel (chrome nickel ASTM A313 หรือ AISI 302) เป็นโลหะที่มีราคาแพง รับแรงได้สูง และสามารถทนต่อการกัดกร่อนได้ดีเหมาะสำหรับรับแรงกระแทก สำหรับการหาระยะยุบตัวต่ำที่สุดของสปริงสามารถหาได้จากสมการ

$$F = kx$$

3.6 มอเตอร์

ชนิดของมอเตอร์แบ่งตามลักษณะของไฟฟ้าที่ใช้มี 2 แบบ คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

3.6.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ หรือมอเตอร์หลายเฟส ตามพื้นฐานการสร้างแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่

3.6.1.1 มอเตอร์กรงกระรอก มีความเร็วคงที่ เป็นแบบที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง จริง ๆ แล้วความเร็วของมอเตอร์แบบนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามภาระเพียงเล็กน้อย แต่น้อยเกินกว่าที่จะเปลี่ยนแปลงจากต้นกำลังอื่นๆ ของกำลังทางกล เช่นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มอเตอร์ไฟฟ้าธรรมดาส่วนใหญ่สำหรับการขับอุปกรณ์ขนถ่ายจะเป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก มอเตอร์เหล่านี้จะถูกสตาร์ทด้วยแรงเคลื่อนไฟฟ้าโดยตรง หรือที่แรงเคลื่อนที่ลดลง โดยอาศัยหม้อแปลงอัตโนมัติ

แม้ว่ามอเตอร์กรงกระรอกจะถูกพิจารณาในเรื่องอุปกรณ์เช่นเดียวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แต่ก็มีหลายวิธีที่จะเปลี่ยนแปลงความเร็วได้ด้วยการเพิ่มหรือลดความถี่ หรือแรงเคลื่อน ความเร็วขาออกของมอเตอร์สามารถที่จะเพิ่มหรือลดลงโดยผ่านช่วงความเร็วต่างๆ ได้ อย่างไรก็ตามเมื่อทั้งมอเตอร์และชุดควบคุมสำหรับวิธีการนี้ในการเปลี่ยนความเร็วจะต้องระมัดระวังเรื่องการเข้ากันได้ (Matching) การออกแบบ และทดสอบแบบพิเศษ ระบบเหล่านี้จะมีราคาสูงและเหมาะกับสภาวะบางอย่างโดยเฉพาะ

3.6.1.2 มอเตอร์แบบ Wound-Rotor มอเตอร์แบบแกนหมุนพันขดลวด (Wound-rotor) หรือแบบ Slip-ring จะมีแกนหมุดพันขดลวดที่มีตัวนำไฟฟ้านำไปสู่ Slip Rings เพื่อสอดแทรกตัวความต้านทานไว้เพิ่มแรงบิดในขณะสตาร์ท และลดกระแสในการสตาร์ทและยังวางใจได้ต่อการลดความเร็วลง 50% ภายใต้แรงบิดขณะรับภาระเต็มที่ มอเตอร์แบบนี้เหมาะกับอุปกรณ์ขนถ่ายทุกชนิดที่ต้องควบคุมแรงบิดในขณะสตาร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์แบบ Wound-rotor อาจจะใช้เป็นมอเตอร์ความเร็วคงที่ หรือเป็นมอเตอร์ปรับความเร็วได้ทั้ง 2 แบบ มอเตอร์แบบ Wound-rotor สามารถควบคุมแรงบิดในขณะช่วงเวลาการสตาร์ทได้โดยการเพิ่มความต้านทานภายนอกเข้าไปในขดลวดทุติยภูมิ (Secondary Winding) ของมอเตอร์ผ่านทาง Slip Rings ทำให้สามารถกำหนดโปรแกรมแรงบิด ระหว่างการสตาร์ทให้เหมาะสมกับมอเตอร์ที่ขับอุปกรณ์ขนถ่ายแต่ละแบบ การขับประเภทนี้ได้มีการใช้กันอย่างกว้างขวางในสายพานลำเลียงขนาดใหญ่ๆ

3.6.1.3 มอเตอร์แบบ Synchronous มอเตอร์แบบนี้ถูกสร้างให้มีความเร็วเฉลี่ยเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความถี่ของแหล่งต้นกำลัง และเป็นสัดส่วนกลับกันกับจำนวนขั้วแม่เหล็กในขดลวดที่อยู่กับที่ (Stator) และตามส่วนกันในแกนหมุน (Rotor) มอเตอร์แบบ Synchronous มี 2 ประเภทหลักๆ คือ แบบไม่มีการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า (Non-excited) และแบบกระตุ้นด้วยไฟฟ้ากระแสตรง

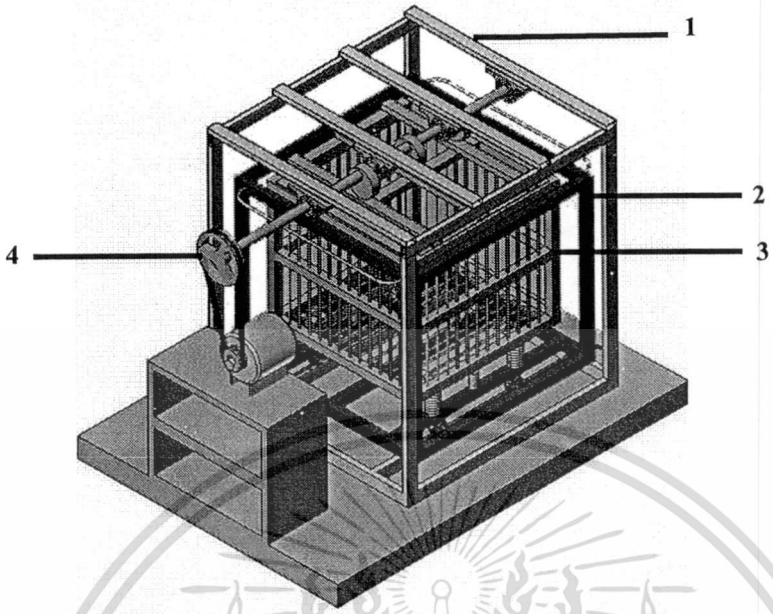
3.6.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motors) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงถูกใช้งานอย่างกว้างในงานอุตสาหกรรม เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับแรงบิดสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงไปตามการใช้งานเกือบทุกรูปแบบ สำหรับการใช้งานของทั้งมอเตอร์และการสร้างใหม่ (Regeneration) ในทิศทางและการหมุน การทำงานอย่างต่อเนื่องของ DC Motors โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วงความเร็ว 8 ต่อ 1 รวมทั้งการลดภาระหรือการลดความเร็วในระยะสั้นๆ จะอยู่ในช่วงไร้ขอบเขต (ควบคุมการลดความเร็วลงถึงศูนย์รอบต่อนาทีได้อย่างราบเรียบนุ่มนวล

มักจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเมื่อมันต้องจ่ายแรงบิดที่จะทำให้มอเตอร์หมุนมากกว่าแรงบิดขณะใช้งานปกติ 3 เท่าหรือมากกว่า และในสถานการณ์ฉุกเฉิน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสามารถที่จะจ่ายแรงบิดได้มากกว่า 5 เท่าของแรงบิดใช้งานปกติ โดยปราศจากการหยุดกลางคัน (Stalling) (ต้นกำลังสามารถจ่ายให้ได้)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสามารถที่จะควบคุมความเร็วจนถึงศูนย์รอบต่อนาทีได้อย่างไม่มีอุปสรรค โดยการเร่งในทิศทางตรงกันข้ามอย่างทันทีทันใดโดยไม่ต้องสับเปลี่ยนวงจรกำลังและมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณควบคุมได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากมันมีอัตราแรงบิดต่อความเฉื่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 แบบและส่วนประกอบของหม้อฆ่าเชื้อแบบเขย่า

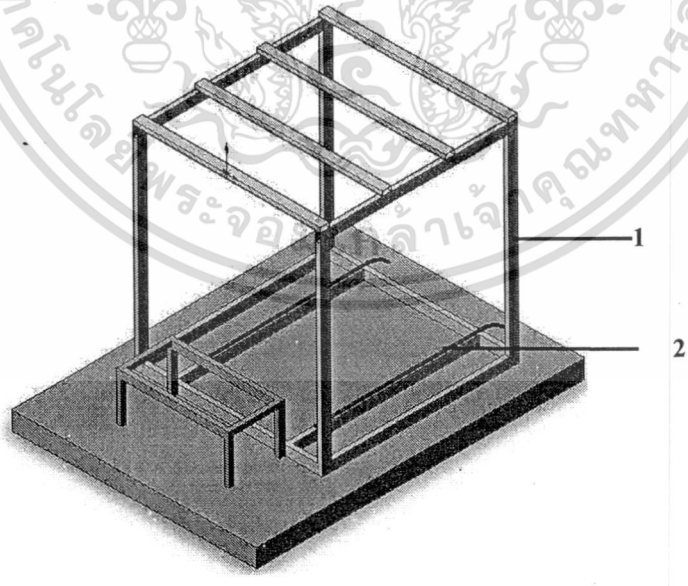


รูปที่ 3.7 แสดงลักษณะของเครื่องการจำลองการเขย่าในหม้อฆ่าเชื้อ

1. โครง 2. ตะกร้าชิ้นนอก 3. ตะกร้าชิ้นใน 4.อุปกรณ์ส่งกำลังและอื่น ๆ

3.7.1 โครงรองรับตะกร้า

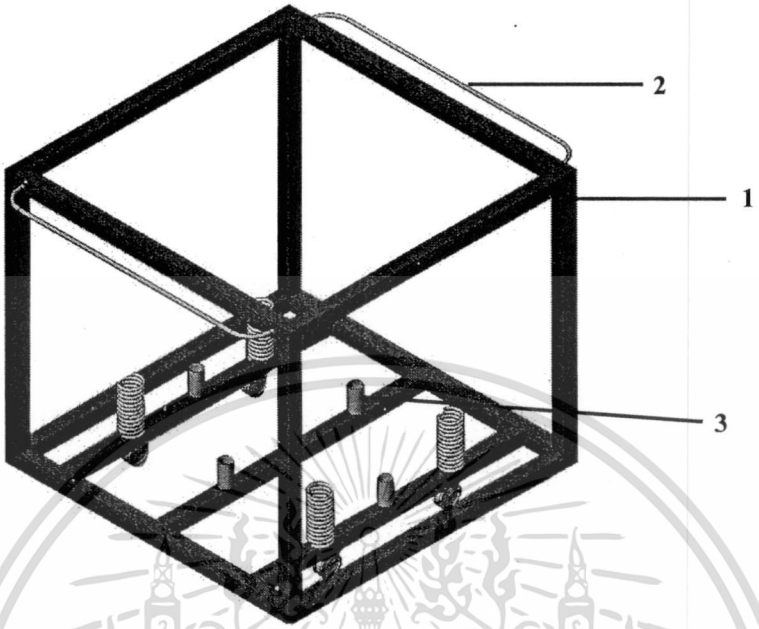
ส่วนประกอบต่าง ๆ นำมาประกอบกันภายในโครงสร้างดังภาพโดยมีขนาด (กว้าง x ยาว x สูง) : 1000 x 1050 x 1150 มิลลิเมตร^3



รูปที่ 3.8 โครงสร้าง

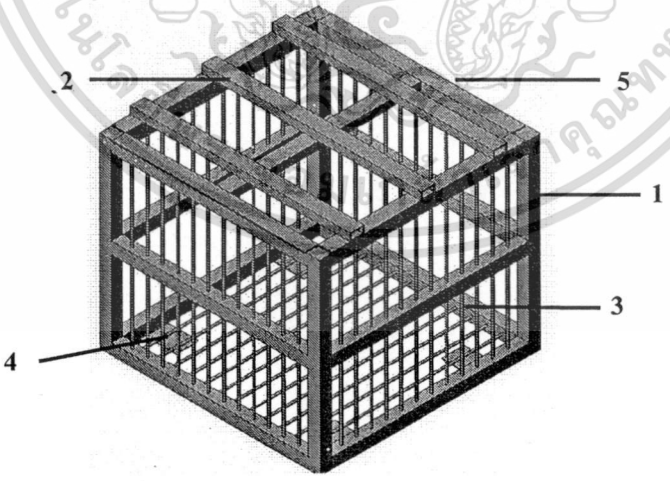
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.2 ตะกร้าชิ้นนอก



รูปที่ 3.9 ตะกร้าชิ้นนอก

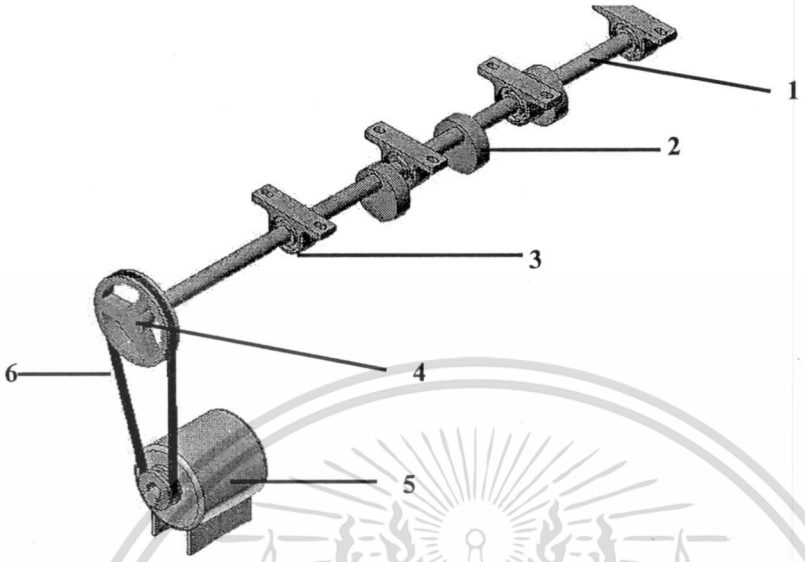
3.7.3 ตะกร้าชิ้นใน



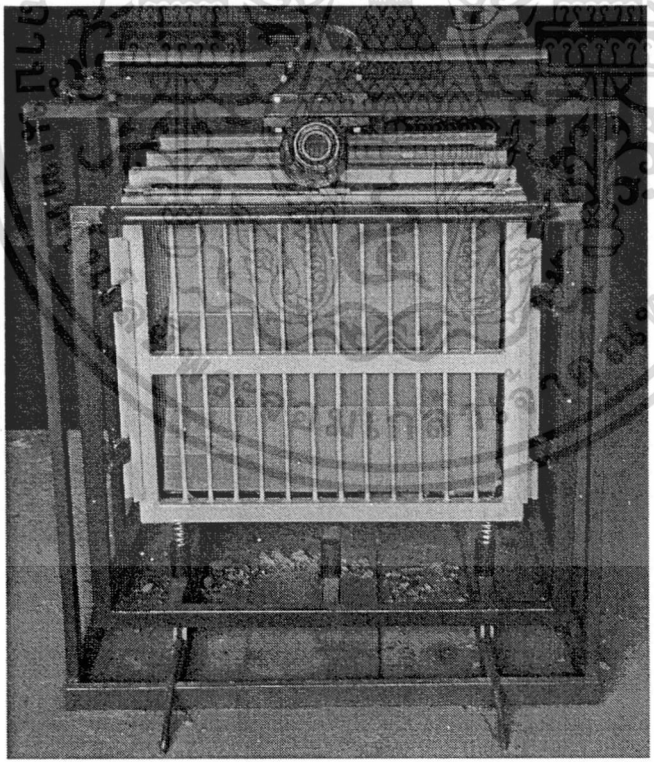
รูปที่ 3.10 ตะกร้าชิ้นใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.4 อุปกรณ์ส่งกำลังและอื่น ๆ

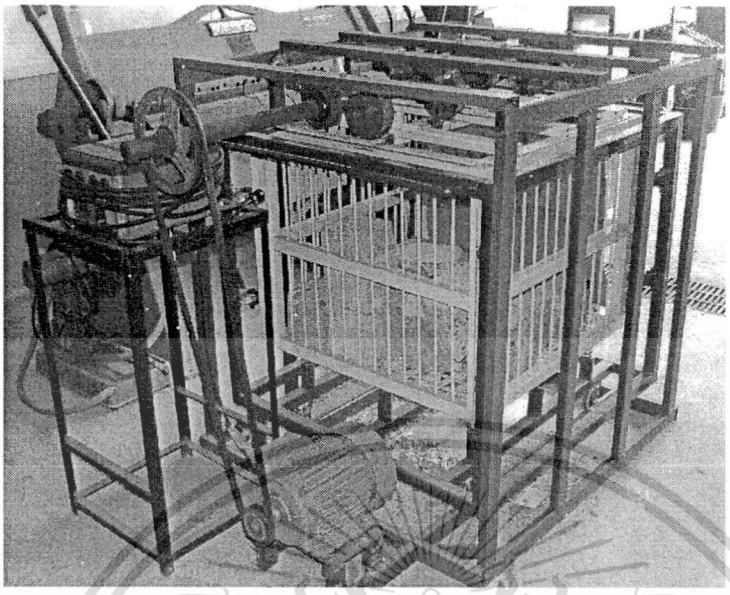


รูปที่ 3.11 อุปกรณ์ส่งกำลัง

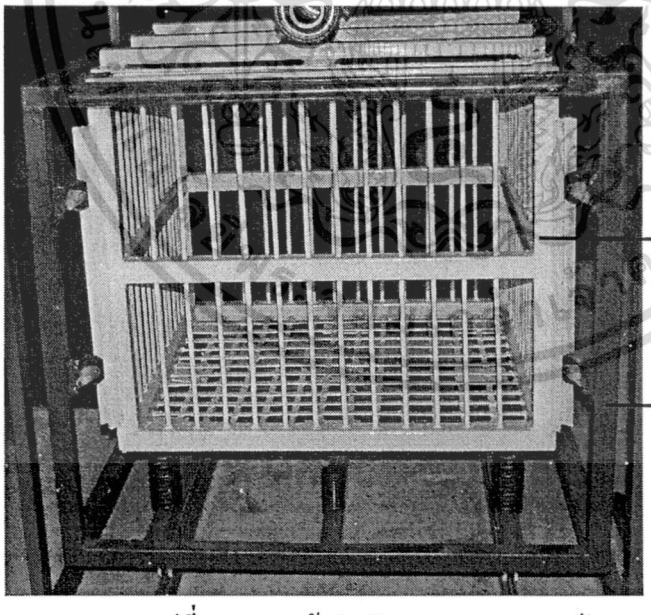


รูปที่ 3.12 เครื่องทดสอบการเขย่าในหม้อฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

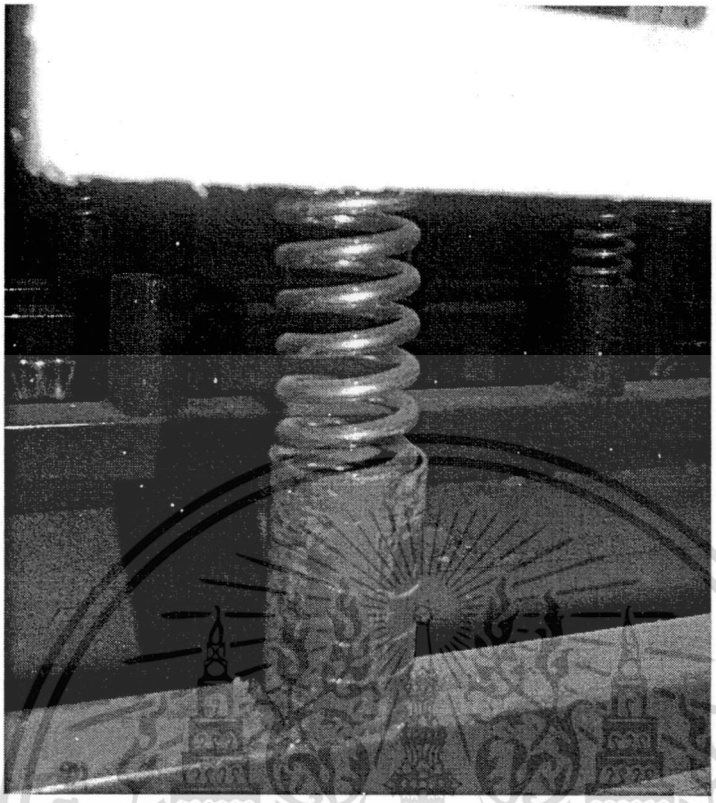


รูปที่ 3.13 เครื่องทดสอบการเขย่าในหม้อฆ่าเชื้อ



รูปที่ 3.14 ตะกร้าสำหับบรรจุอาหารกระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 ภาพสปริงที่ใช้ในเครื่องเขย่าในหม้อฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
วิธีทดลองและผลการทดลอง

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

4.1.1 อินเวอร์เตอร์ ใช้สำหรับปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง เพื่อให้ได้ความถี่ตามต้องการ

4.1.2 บรรจุภัณฑ์ ที่ภายในบรรจุภัณฑ์ได้ทำการบรรจุของเหลวที่มีชิ้นส่วนชิ้นเล็ก ๆ อยู่ภายใน เพื่อไว้สำหรับดูการเคลื่อนที่ภายในของบรรจุภัณฑ์ เมื่อใส่บรรจุภัณฑ์ลงในแบบจำลองการเขย่าในหม้อฆ่าเชื้อ

4.1.3 บล็อกปูน สำหรับใช้แทนน้ำหนักของบรรจุภัณฑ์ที่ 300 กิโลกรัม

4.2 วิธีการทดลอง

วิธีการทดลองแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ได้แก่

4.2.1 การทดลองหาอัตราการเขย่าสูงสุด

เมื่อสร้างชิ้นงานเพื่อทดสอบหลักการดังกล่าวแล้วจึงทำการทดลอง โดยใช้อินเวอร์เตอร์ในการปรับค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ระดับต่าง ๆ โดยทดลองให้ตะกร้าบรรจุน้ำหนัก 300 Kg โดยใช้ความเร็วรอบที่ 88, 105, 110, 118 และ120 รอบ/นาที

4.2.2 การทดสอบและเปรียบเทียบพฤติกรรมของของไหลที่ระดับความถี่ต่าง ๆ

4.2.2.1 นำวัสดุชิ้นเล็ก ๆ ที่ทาสีผสมน้ำมาบรรจุลงในขวดที่มีปริมาตร 325 ml โดยเว้นช่องว่างเหนืออาหารไว้ 5% ของปริมาตรขวดที่นำมาใช้ในการตรวจสอบ จากนั้นปิดฝาให้สนิทเพื่อไม่ให้เกิดการรั่วซึมของน้ำภายในขวด

4.2.2.2 นำขวดทดลองบรรจุลงในตะกร้าของเครื่อง โดยจะมีลักษณะการวาง 2 แบบ คือ วางขวดในแนวตั้ง และวางขวดในแนวนอน เพื่อสังเกตความแตกต่างของทั้ง 2 ลักษณะ

4.2.2.3 ทำการปรับค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ไปที่รอบต่าง ๆ โดยใช้อินเวอร์เตอร์ จากนั้นสังเกตพฤติกรรมของของไหลและวัสดุชิ้นเล็ก ๆ ภายในขวดทดลอง

4.3 ผลการทดลอง

4.3.1 ผลการทดลองการหาอัตราการเขย่าสูงสุด

จากการทดลองพบว่าที่ความเร็วรอบ 120 รอบ/นาที สปริงไม่สามารถยืดตัวดันตะกร้าให้กลับไปรับแรงจากลูกเบี้ยวได้ทันในรอบต่อไป จึงทำให้ความถี่ที่ลูกเบี้ยวกระทบกับตะกร้าน้อยกว่าจำนวนรอบที่ลูกเบี้ยวนั้นส่งแรงไปยังตะกร้า เพราะฉะนั้นตะกร้าที่รับน้ำหนัก 300 Kg ควรใช้ความเร็วรอบ 118 รอบ/นาที จะได้อัตราการเขย่าที่สูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ผลการทดสอบและเปรียบเทียบพฤติกรรมของของไหลที่ระดับความถี่ต่าง ๆ

4.3.2.1 วางผลิตภัณฑ์ในแนวตั้ง ทำการทดสอบที่ความถี่ต่าง ๆ เพื่อสังเกตพฤติกรรมของของไหล โดยสังเกตจากความปั่นป่วนของวัสดุชิ้นเล็ก ๆ ที่เกิดขึ้นภายในขวดทดลอง ซึ่งจากการสังเกตนั้นพบว่าที่ค่าความเร็วรอบสูงความปั่นป่วนของวัสดุชิ้นเล็ก ๆ ในขวดทดลองก็จะสูงตามไปด้วย สรุปก็คือวัสดุชิ้นเล็ก ๆ ภายในขวดทดลองจะมีความเร็วในการเคลื่อนที่เพิ่มมากขึ้นตามความเร็วรอบ

4.3.2.2 วางผลิตภัณฑ์ในแนวนอน ลักษณะของผลการทดลองเป็นไปในแนวโน้มเดียวกันกับการวางในแนวตั้ง แต่จะสังเกตเห็นการเคลื่อนที่ที่เกิดจากแนวแกนอื่นนอกจากการเคลื่อนที่ขึ้น-ลง คือสังเกตเห็นการเคลื่อนที่ในแนวซ้าย-ขวา ซึ่งเป็นผลมาจากการออกแบบให้รางของตะกร้าชิ้นในและล้อของตะกร้าชิ้นนอก ซึ่งใช้ในการบังคับให้ตะกร้าทั้ง 2 ตะกร้าสัมผัสกันนั้นมีช่องว่างเล็กน้อยเพื่อเว้นช่องว่างไว้สำหรับการขยายตัวของเหล็กเมื่อได้รับความร้อนที่มีอุณหภูมิสูง แต่ช่องว่างนี้กลับทำให้ตะกร้าในเกิดการเคลื่อนที่ไปในแนวซ้าย-ขวาด้วย เนื่องจากการส่งแรงของลูกเบี้ยวนั้นมีทั้งการส่งแรงที่มีทิศตามแนวแรงเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกและแรงเนื่องจากการเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ซึ่งมาปะทะกับฝาของตะกร้าในลักษณะที่ทำมุม θ กัน จึงเกิดแรงที่ทำให้ตะกร้าเคลื่อนที่ไปในแนวซ้าย-ขวา โดยการทดลองนี้ทำให้วัสดุชิ้นเล็ก ๆ เคลื่อนที่ไปใน 2 ทิศทาง และมีความปั่นป่วนมากกว่าการวางขวดทดลองไว้ในแนวตั้ง เนื่องมาจากทิศทางซ้าย-ขวาเป็นการเคลื่อนที่หนีแรงที่เกิดเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

รูปที่ 4.1 การเคลื่อนที่วัสดุชิ้นเล็ก ๆ ในแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ชุดอุปกรณ์เขย่าอาหารกระป๋องที่ได้ออกแบบและสร้างเพื่อทดสอบหลักการเขย่าที่ออกแบบขึ้นสามารถทำให้เกิดการเขย่าในบรรจุภัณฑ์ขณะที่ให้ความร้อนตามที่คาดการณ์ไว้ อัตราการเขย่าในการวิจัยนี้ใช้ความเร็วรอบที่การเขย่าสูงสุดก็คือ 118 รอบ/นาที สำหรับตะกร้าที่บรรจุผลิตภัณฑ์น้ำหนัก 300 Kg ถ้าต้องการเพิ่มความเร็วในการกดให้มากขึ้นทำได้โดยการเพิ่มจำนวนสปริง เพื่อให้มีการกระจายแรงมากขึ้นและส่งแรงให้ตัวสปริงยืดเพื่อที่จะกลับมากระทบกับลูกเบี้ยวได้ทัน สำหรับการเรียงอาหารกระป๋อง หรือขวดบรรจุภัณฑ์จะต้องวางในแนวขนานกับการหมุนของลูกเบี้ยวเพื่อให้เกิดความปั่นป่วนภายในอาหารหรือเครื่องดื่มมากที่สุด สำหรับการดัดแปลงหม้อฆ่าเชื้อให้ใช้ชุดอุปกรณ์เขย่าที่ออกแบบนี้ได้นั้นต้องมีการออกแบบที่ดีเพื่อป้องกันการเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่ติดตั้งแบริ่งนั้นจะต้องมีการกระจายแรงหรือเพิ่มวัสดุเพื่อให้โครงสร้างบริเวณนั้นมีความแข็งแรงสูงสุด นอกจากนี้ในทางปฏิบัติการจัดเรียงกระป๋องลงในตะกร้ายังไม่สามารถป้องกันการเกิดความเสียหายของกระป๋องที่เกิดจากการเสียดสีจากการเขย่าได้ โดยจะต้องมีการออกแบบในระบบดังกล่าวเพิ่มเติมเพื่อให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล, **โครงการศึกษาและพัฒนาศักยภาพผู้ผลิตอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ เพื่อการบังคับใช้.**

[2] สถาบันอาหาร, **หลักการผลิตและฆ่าเชื้ออาหารในภาชนะปิดสนิทด้วยความร้อน (Principle of Thermally Process for food in Hermetically Sealed Container),** กันยายน 2547.

[3] วิไล รังสาดทอง, **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร,** ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, พิมพ์ครั้งที่ 3. 2546.

[4] Satori Stocktec, **Fresher Better tasting Long shelf life ambient foods,** February 2006.

[5] ภาณุฤทธิ์ ยุกตะทัต, **การออกแบบเครื่องจักรกล 2,** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ท้อป. 2548.

[6] Unknown, Available : http://conceptfe.en.alibaba.com

[7] วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน, 2536, **การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1,** บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), หน้า 228-238.

[8] มานพ ตันตระบัณฑิตย์, สำลี แสงห้าว, สุทิน จิตเจริญ, **ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล.**

[9] Unknow, Available : http://www.gprecision.net/machine/machine_parts_chain.html

[10] บริษัท ซีลเทค อินดัสตรีส์ จำกัด, **Mechanical Seals Handbook.** 2001.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้