สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การออกแบบระบบผลิตอาหารเหลวพาสเจอร์ไรซ์ตามหลักสุขลักษณะ

Hygienic Engineering Design for Liquid Food Pasteurization Plant

ผศ.ดร.นวภัทรา หนูนาค

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2555

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH
TX
531
น297ก

b.12603685

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....131113
วัน,เดือน,ปี.....22 พ.ค. 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ การออกแบบระบบผลิตอาหารเหลวพาสเจอร์ไรซ์ตามหลักสุขลักษณะ
แหล่งเงิน งบประมาณเงินรายได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์
ประจำปีงบประมาณ 2555 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 200,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2554 ถึง 30 กันยายน 2555
หัวหน้าโครงการวิจัย ผศ.ดร.นวภัทรา หนูนาค
สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินการออกแบบระบบพาสเจอร์ไรซ์ตามหลักสุขลักษณะ โดยมีระบบพาสเจอร์ไรซ์ในโรงประลองสาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร สจล. เป็นกรณีศึกษา จากการวิเคราะห์พบว่าเกณฑ์ที่ใช้สำหรับการออกแบบระบบพาสเจอร์ไรซ์ ได้แก่ รอยเชื่อม การติดตั้งอุปกรณ์ การระบายน้ำทิ้ง วัสดุและโครสร้างของอุปกรณ์ นอกจากนี้ยังศึกษาลักษณะการไหลของของไหลในจุดอับจากการทดสอบ พบว่าลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคขึ้นอยู่กับความลึกของจุดอับและทิศทางการไหลของของไหล

คำสำคัญ : การออกแบบตามหลักสุขลักษณะ ระบบพาสเจอร์ไรซ์ จุดอับ การไหลของของไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Hygienic Engineering Design for Liquid Food Pasteurization Plant

Researcher: Navaphattra Nunak

Faculty of Engineering Department of Food Engineering

ABSTRACT

The purpose of this research is to evaluate the pasteurization system constructed in the food engineering at KMITL under the concept of hygienic design. It can be concluded that there are five main groups of hygienic criteria being the basis knowledge for pasteurization process such as welding, equipment installation, draining, materials, and constructions. In addition this research also studied the fluid flow pattern in the dead space. It was found that the motion pattern of particles in a dead space depends on depth of dead space and direction of fluid.

Keywords: Hygienic Design, Pasteurization system, Dead space, Fluid flow

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นางสาววีณา หรูรัตนสิน นางสาวสุนิตรา ภูครองหิน นายสุรเชษฐ ย่านวารี และนายอรรคพล คุ้มฤทธิ์ นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร สำหรับการให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการวิจัย และ “การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนงบประมาณเงินรายได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2555สำหรับการจัดสรรทุนอุดหนุนการวิจัย”

นวภัทรา หนูนาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญภาพ VI

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ระบบพาสเจอร์ไรซ์ 4

2.2 การออกแบบตามหลักสุขลักษณะ 5

2.3 สิ่งที่ต้องคำนึงในการออกแบบ 6

2.4 ส่วนประกอบในการออกแบบเครื่องมือ 7

บทที่ 3 การวิเคราะห์ระบบพาสเจอร์ไรซ์ตามหลักสุขลักษณะ 10

3.1 การวิเคราะห์การออกแบบชุดถังพาสเจอร์ไรซ์และแนวทางแก้ไขตามหลักสุขลักษณะ 11

3.2 การวิเคราะห์การออกแบบระบบท่อและแนวทางแก้ไขตามหลักสุขลักษณะ 19

3.3 การวิเคราะห์การติดตั้งปั๊มและแนวทางแก้ไขตามหลักสุขลักษณะ 23

3.4 การวิเคราะห์การออกแบบตู้ควบคุมและแนวทางแก้ไขตามหลักสุขลักษณะ 24

3.5 การวิเคราะห์การติดตั้งเครื่องมือวัดและแนวทางแก้ไขตามหลักสุขลักษณะ 24

3.6 การวิเคราะห์การออกแบบโครงประกอบและแนวทางแก้ไขตามหลักสุขลักษณะ 28

3.7 การวิเคราะห์การออกแบบพื้นยกระดับและแนวทางแก้ไขตามหลักสุขลักษณะ 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การทดสอบการไหลของของเหลวในระบบท่อ 31

4.1 การสร้างชุดทดสอบและวิธีการทดสอบ 31

4.2 ผลการทดสอบ 34

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 36

บรรณานุกรม 37

ประวัตินักวิจัย 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ขั้นตอนการพาสเจอร์ไรซ์	4
3.1 ระบบพาสเจอร์ไรซ์	10
3.2 ถังผสมและถังเก็บวัตถุดิบ	11
3.3 ลักษณะขอบถัง	12
3.4 การออกแบบถังที่ถูกหลักสุขลักษณะ	12
3.5 รอยเชื่อมใบกวน	13
3.6 การติดตั้งมอเตอร์ใบกวน	13
3.7 น็อตยึดใบกวน	14
3.8 ถังรักษาระดับ	14
3.9 ขอบถังรักษาระดับ	15
3.10 บริเวณก้นถังรักษาระดับ	15
3.11 ฝาถังผสม	16
3.12 ขอบฝาถัง	16
3.13 ผิวด้านบนฝาถัง	17
3.14 ด้ามจับฝาถัง	17
3.15 ลักษณะฝาถัง	18
3.16 การออกแบบฝาถัง	18
3.17 ระบบท่อ	19
3.18 ท่องอ	20
3.19 ท่อแยกวน	20
3.20 ท่อลด	21
3.21 ท่อสามทาง	22
3.22 ลักษณะคัปปลิ้ง	22
3.23 ประเก็น	23
3.24 ลักษณะปั๊ม	23
3.25 ลักษณะการติดตั้งปั๊ม	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.26 ตู้ควบคุม	25
3.27 ลักษณะของตู้ควบคุม	25
3.28 สวิตช์ปุ่มกด	26
3.29 เครื่องมือวัด	27
3.30 รอยเชื่อม	27
3.31 บริเวณเกลียวที่ติดกับถัง	28
3.32 ลักษณะพื้นที่หน้าตัดแบบต่าง ๆ ที่ถูกหลักสุขลักษณะ	28
3.33 โครงประกอบ	29
3.34 ลักษณะของการยกระดับพื้น	29
3.35 การซีลฐานของพื้นที่ยกระดับ	30
4.1 ท่อแก้วสามทาง	31
4.2 ชุดทดสอบ	32
4.3 การประกอบท่อแก้วไม่มีฝาปิดในลักษณะต่าง ๆ	32
4.4 รูปแบบท่อสามทางที่เตรียมกับระยะจุดอับที่ทดสอบ	33
4.5 เม็ดสาคูที่ผ่านการต้มและย้อมสี	33
4.6 ลักษณะการไหลของของไหลภายในท่อที่เป็นจุดอับ	34
4.7 ลักษณะการไหลของของไหลภายในท่อที่เป็นจุดอับลักษณะต่าง ๆ	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร เป็นสาขาวิชาหนึ่งที่สำคัญในคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ.2539 เพื่อสนองตอบนโยบายการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทยที่มุ่งเน้นการพัฒนาอุตสาหกรรมอาหารเป็นสำคัญ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตวิศวกรที่มีความรู้ความสามารถในการออกแบบ เครื่องจักรกล ตลอดจนกระบวนการผลิตในการแปรรูปอาหารให้เหมาะสมกับสภาพวัตถุดิบและให้ได้ลักษณะผลิตภัณฑ์ตามต้องการ นอกจากการมุ่งพัฒนาบัณฑิตที่มีคุณภาพในการวิจัย สามารถวิเคราะห์ ออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรอุปกรณ์ ตลอดจนกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว สาขาวิชาวิศวกรรมอาหารยังมีปรัชญาในการ **"มุ่งเป็นผู้นำทางเทคโนโลยีการผลิตเครื่องจักรกลอาหารและระบบการแปรรูปอาหารที่ปลอดภัยในระดับอุตสาหกรรม"** เพื่อตอบสนองความต้องการในการพัฒนาประเทศ บทบาทสำคัญในงานต่าง ๆ ของวิศวกรอาหาร ได้แก่ การออกแบบ ติดตั้ง บำรุงรักษาเครื่องจักรกลในการผลิต การออกแบบและควบคุมกระบวนการการผลิตในอุตสาหกรรม การปรับปรุงกระบวนการผลิต การจัดการพลังงานในโรงงานอาหาร การวิจัยและพัฒนา และงานด้านการตลาดเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตอาหาร

อุตสาหกรรมอาหารเป็นอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการดำรงชีวิตของประชาชน ปัจจุบันทั่วโลกให้ความสำคัญกับ**การผลิตอาหารที่ปลอดภัย**เป็นอย่างยิ่ง กระบวนการผลิตอาหารปลอดภัยต้องได้รับการควบคุมทุกขั้นตอนของการผลิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตอาหารในระดับอุตสาหกรรมที่อาศัยเครื่องจักรต้องมั่นใจได้ว่าเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตเหล่านั้นได้รับ **การออกแบบอย่างถูกหลักสุขลักษณะ** ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้ต้องไม่ถูกปนเปื้อนในระหว่างกระบวนการผลิต โดยใช้เครื่องจักรที่ออกแบบอย่างถูกหลักสุขลักษณะและถูกหลักทางวิศวกรรม มาตรฐานความปลอดภัยที่สำคัญเกี่ยวข้องกับเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตอาหารได้แก่ มาตรฐาน ISO 14159 และ EN 1672-2 ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับมาตรฐาน ISO 22000 ซึ่งองค์ประกอบที่สำคัญข้อหนึ่งคือ การกำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับ การออกแบบและการติดตั้งเครื่องจักร เครื่องมือและ อุปกรณ์ต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารให้ถูกหลักสุขอนามัยหรือเรียกว่า Hygienic Design ความสำคัญยังรวมไปถึงการออกแบบและติดตั้งให้ถูกต้องตามหลักทางวิศวกรรม จากความสำคัญดังกล่าว หลายองค์กรจึงเข้ามามีบทบาทในการกำหนดแนวปฏิบัติ เช่น FDA, GMP, ASME, 3-A และ **EHEDG (European Hygienic Engineering and Design Group)** เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น เพื่อการปรับตัวเชิงรุกเพื่อรู้เท่าทันมาตรฐานต่างๆ สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร สจล.ซึ่งได้เล็งเห็นความสำคัญดังกล่าว จึงได้จัดตั้ง **"โครงการก่อตั้งกลุ่มวิศวกรรมการออกแบบระบบการผลิตที่ดีสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร (Good Engineering Practice for Food Industries)"** โดยอ้างอิงถึงแนวปฏิบัติที่ดี (Hygienic Guidelines) ของ EHEDG ซึ่งปัจจุบันสาขาวิชาฯ เป็นตัวแทนของ EHEDG ประจำประเทศไทยมีชื่อว่า **"EHEDG Thailand"** โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำแนวปฏิบัติ จัดกลุ่มผู้เชี่ยวชาญและเป็นศูนย์กลางความร่วมมือในการแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างหน่วยงานการศึกษาและภาคเอกชนทั้งผู้ผลิตเครื่องจักรและผู้ผลิตอาหาร รวมถึงการให้ความรู้กับนักศึกษาและผู้ประกอบการเพื่อยกระดับมาตรฐานการผลิตภายในประเทศให้เป็นที่น่าเชื่อถือเป็นที่ยอมรับในระดับสากล และเพิ่มขีดความสามารถของอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารไทยให้สามารถแข่งขันได้อย่างยั่งยืน

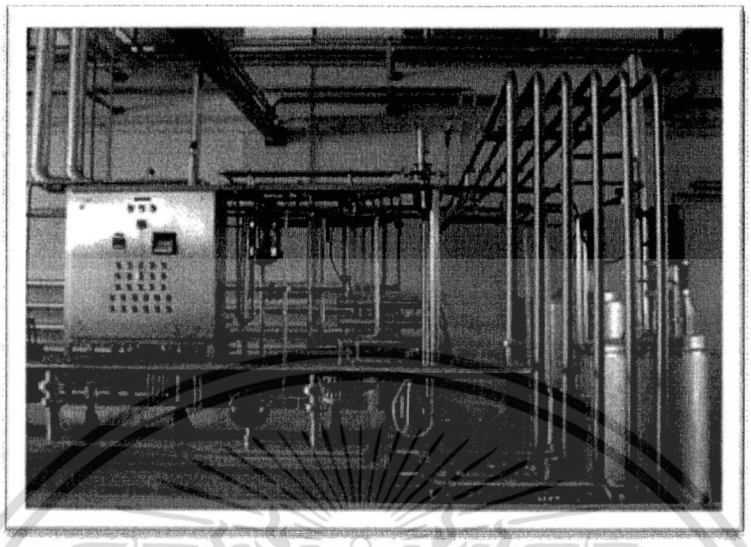
ปัจจุบัน สาขาวิชาฯ ได้ติดตั้งเครื่องจักรแปรรูปในระดับโรงงานต้นแบบที่โรงประลอง (Workshop) ของสาขาวิชาฯ หลายชนิดเช่น ชุดผลิตอาหารเหลวที่ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์ (Pasteurization Plant) (ภาพที่ 1) ชุดผลิตอาหารกระป๋อง (Canning Plant) เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryer) เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum Dryer) เครื่องทำแห้งโดยแบบระเหิด (Freeze Dryer) เครื่องแช่แข็งแบบแผ่น (Plate Freezer) เครื่องฆ่าเชื้ออาหารกระป๋องและอาหารในบรรจุภัณฑ์แบบอ่อนตัว (Steam & Over Pressure Retort) เป็นต้น โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการศึกษาวิจัยและฝึกอบรมสำหรับนักศึกษาประจำสาขาวิชาฯ และผู้ประกอบการภายนอกที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตอาหาร

ดังนั้น เพื่อการบรรลุปรัชญาและวัตถุประสงค์ของสาขาวิชาฯ ในการเป็นผู้นำทางเทคโนโลยีการผลิตเครื่องจักรกลอาหารและระบบการแปรรูปอาหารในระดับอุตสาหกรรมที่ปลอดภัย สาขาวิชาฯ มีนโยบายเป็นศูนย์กลางระหว่างหน่วยงานวิจัยและผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมอาหาร ในการรวบรวมข้อมูล วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ถูกหลักสุขลักษณะและเหมาะสมกับกระบวนการแปรรูปอาหารแต่ละชนิด รวมถึงการถ่ายทอดเทคโนโลยี ดังกล่าวให้กับผู้ประกอบการในภาคเอกชนทั้งผู้ผลิตเครื่องจักรและผู้ผลิต โดยเริ่มต้นที่การศึกษา รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และปรับแก้ ชุดผลิตอาหารเหลวที่ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์ (Pasteurization Plant) ที่ติดตั้ง ณ โรงประลองของสาขาวิชาฯ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อปรับปรุงชุดผลิตอาหารเหลวที่ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์ (Pasteurization Plant) ที่ติดตั้งอยู่ในสาขาวิชาฯ ให้ถูกหลักสุขลักษณะ สำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปอาหารที่ดีแก่นักศึกษาและผู้ประกอบการภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 ชุดผลิตอาหารเหลวที่ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์ (Pasteurization Plant)

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ปรับปรุงชุดผลิตเครื่องดื่มหรืออาหารเหลวหรือระบบฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์ที่ติดตั้งอยู่ในสาขาวิชาฯ ให้ถูกหลักสุขลักษณะสำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1) วิเคราะห์ชุดผลิตอาหารเหลวที่ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์ (Pasteurization Plant) ที่ติดตั้งที่โรงประลองของสาขาวิชาฯ โดยอาศัยองค์ความรู้ทางวิศวกรรมอาหารและ “Hygienic Engineering Design”

2) ประเมินชุดผลิตอาหารเหลวที่ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์ (Pasteurization Plant) ให้ถูกหลักสุขลักษณะรวมถึงการสร้างชุดทดสอบที่เกี่ยวข้อง

3) การพัฒนาสื่อผสมสารสนเทศ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้หลักการออกแบบระบบฆ่าเชื้ออาหารเหลวด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์ (Pasteurization Plant) ตามหลักสุขลักษณะ โดยอาศัยองค์ความรู้ทางวิศวกรรมอาหารและ “Hygienic Engineering Design”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

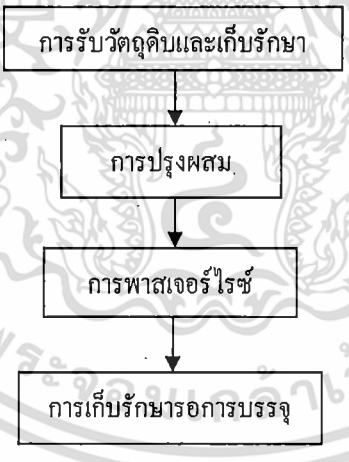
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบพาสเจอร์ไรซ์ (Pasteurization system)

พาสเจอร์ไรซ์ หมายถึง กรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภค และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ โดยเฉพาะเป็นการทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (Pathogenic bacteria) สำหรับระบบที่ใช้ในการให้ความร้อนในระดับพาสเจอไรซ์ประกอบด้วยการให้ความร้อน 2 ระดับคือ ระบบอุณหภูมิต่ำเวลานาน (Low Temperature Long Time; LTLT) เช่นอุณหภูมิ 60°C จำเป็นต้องใช้เวลานานถึง 30 นาที และระบบอุณหภูมิสูงเวลาสั้น (High Temperature Short Time; HTST) เป็นระบบที่ใช้อุณหภูมิ 87.5°C โดยใช้เวลาเพียง 15 วินาทีเท่านั้น

2.1.1 กระบวนการพาสเจอร์ไรซ์

ขั้นตอนกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์หลัก ๆ มีดังต่อไปนี้คือ การรับวัตถุดิบและการเก็บรักษาวัตถุดิบ การปรุงผสม การพาสเจอร์ไรซ์ และการเก็บรักษารอการบรรจุ ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการพาสเจอร์ไรซ์

วิธีการฆ่าเชื้อในกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ Heating section ทำให้ผลิตภัณฑ์ร้อนถึงอุณหภูมิพาสเจอร์ไรซ์โดยอาศัยการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิจากระบบผลิตน้ำร้อน และทำให้ผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนกระทั่งอุณหภูมิถึง 72 องศา-เซลเซียส การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แบบพาสเจอร์ไรซ์เกิดขึ้นในส่วนนี้ ก่อนส่งต่อไปยังท่อคงอุณหภูมิ ต่อมาเป็นส่วน Regenerating section เป็นการแลกเปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนระหว่างผลิตภัณฑ์เริ่มต้นกับผลิตภัณฑ์ร้อนที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นส่งต่อมายังส่วน Cooling section ซึ่งเป็นขั้นตอนการลดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วให้เย็นลงถึง 5 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่าโดยอาศัยการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิกับน้ำเย็น

2.1.2 ส่วนประกอบของระบบพาสเจอร์ไรซ์

ระบบพาสเจอร์ไรซ์ ประกอบด้วย ระบบท่อ ถังเก็บรักษาวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ ถังรักษาระดับ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ปั๊ม เครื่องโฮโมจีไนส์ ตู้ควบคุม และอุปกรณ์อื่น ๆ ประกอบกัน สำหรับส่วนประกอบหลักที่ควรได้รับการพิจารณาในการออกแบบให้ถูกหลักสุขลักษณะ มีรายละเอียดดังนี้

1) ถังเก็บรักษาวัตถุดิบ ทำหน้าที่เก็บรักษาอาหารเหลว มีลักษณะเป็นถังสแตนเลส 2 ชั้น ชั้นนอกอาจเป็นฉนวนหรือถังที่มีน้ำเย็นหล่อเลี้ยงอยู่ ส่วนภายในที่สัมผัสกับอาหารทำด้วยสแตนเลสผิวเรียบขึ้นรูปเป็นชิ้นเดียวกันทั้งหมด พื้นถังลาดเอียงสู่ท่อระบาย และมีการติดตั้งวาล์วหน้าถังให้ชิดตัวถังมากที่สุด เพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำวัตถุดิบที่ค้างอยู่ภายนอกถัง

2) ถังผสม ทำหน้าที่ปรุงผสมวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องมีการปรุงแต่งวัตถุเจือปนอาหาร เช่น สี กลิ่น สารให้ความหวาน วิตามิน สเตบิไลเซอร์ เป็นต้น ภายในติดตั้งใบกวนช่วยในการผสมให้ดีขึ้น และลดเวลาในการผสมอีกด้วย

3) ท่อคงอุณหภูมิ ลักษณะเป็นท่อที่มีความยาวสัมพันธ์กับอัตราการไหลและระยะเวลา เป็นการคงอุณหภูมิการพาสเจอร์ไรซ์ให้เป็นไปตามกำหนดก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการลดอุณหภูมิ

4) วาล์วเปลี่ยนทิศการไหล เป็นวาล์วชนิดหนึ่งทำด้วยสเตนเลส ติดตั้ง ณ จุดสุดท้ายของท่อคงอุณหภูมิ เพื่อเปลี่ยนทิศทางการไหลของผลิตภัณฑ์ให้กลับลงสู่ถังปรับระดับ ในกรณีที่อุณหภูมิของของผลิตภัณฑ์ที่ไหลผ่านมีค่าน้อยกว่าค่าที่ตั้งไว้ แต่ถ้าหากอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์มากค่ามากกว่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ก็จะทำการเปลี่ยนทิศทางการไหลของผลิตภัณฑ์ให้ไปยังถังเก็บผลิตภัณฑ์

5) ตู้ควบคุมระบบการทำงาน เป็นตู้ที่ติดตั้งอุปกรณ์ทางด้านควบคุมการทำงานของระบบ และส่วนแสดงผลต่าง ๆ ของระบบ เช่น ชุดควบคุมอุณหภูมิ อุปกรณ์บันทึกข้อมูล สวิตช์ควบคุมต่าง ๆ เป็นต้น

2.2 การออกแบบตามหลักสุขลักษณะ

การออกแบบตามหลักสุขลักษณะ (Hygienic design) เป็นการออกแบบเบื้องต้นก่อนทำการก่อสร้างโรงงานและติดตั้งเครื่องจักร สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การออกแบบตัวโรงงานและการออกแบบเครื่องจักรรวมถึงอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักร โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อป้องกันอันตราย ต่าง ๆ ทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ นอกจากนั้นยังเกิดผลดีทั้งในด้านความปลอดภัย และเป็นการลดต้นทุนการผลิต ทั้งนี้ความสำคัญของการทำ Hygienic Design เป็นที่ตระหนักใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงการอุตสาหกรรมอาหารทั่วโลก จึงเป็นที่มาของมาตรฐานรับรองกระบวนการทำ Hygienic Design ดังมาตรฐาน 3A และ EHEDG ซึ่งเป็นที่ยอมรับในสหรัฐอเมริกาและยุโรป อีกทั้งยังช่วยสนับสนุนการบริหารจัดการกระบวนการผลิตในโรงงานให้เกิดความปลอดภัยตามมาตรฐาน GMP และ HACCP

Hygienic design เป็นการออกแบบเพื่อป้องกันลดการปนเปื้อนจากแหล่งภายนอกมาสู่อาหาร ซึ่งสามารถทำได้โดยการออกแบบโรงงาน อุปกรณ์และเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต โดยคำนึงถึงหลักความปลอดภัยทั้งในกระบวนการผลิตและส่วนที่เกี่ยวข้องต่อกระบวนการผลิต การป้องกันการสะสมของอาหารและสิ่งสกปรกในส่วนต่างๆของเครื่องจักรและตัวอาคาร รวมไปถึงการป้องกันการปนเปื้อนลงสู่อาหาร อันจะเป็นการเน้นการป้องกันการเกิดปัญหา มากกว่ามุ่งไปสู่การหาหนทางแก้ปัญหา ทำให้การจัดการกระบวนการผลิตและการบำรุงรักษาทำได้ง่าย ลดต้นทุนในการผลิต สามารถพัฒนาสู่มาตรฐานสากลอื่นๆได้ง่าย และยังสร้างความน่าเชื่อถือต่อผู้บริโภคให้กับตัวผลิตภัณฑ์ Hygienic design เป็นกระบวนการป้องกันอันตรายด้านต่างๆที่จะเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ไม่ให้ไปสู่อาหาร โดยเริ่มตั้งแต่การออกแบบในขั้นต้นก่อนที่จะก่อสร้างอาคารโรงงานจนกระทั่ง การผลิตและติดตั้งเครื่องจักร ดังนั้นจึงสามารถลดขั้นตอนการตรวจสอบอาหารที่ผลิต และเมื่อเกิดข้อผิดพลาดขึ้น ก็จะสามารถหาจุดที่บกพร่องของกระบวนการผลิต เพื่อทำการแก้ไขได้อย่างเป็นระบบและรวดเร็วยิ่งขึ้น

ในกระบวนการผลิตอาหารนั้นความสะอาดเป็นสิ่งสำคัญอย่างมาก หากเกิดการปนเปื้อนขึ้นอาจเกิดอันตรายต่อผู้บริโภค อันจะนำมาซึ่งความไม่น่าเชื่อถือต่อตัวผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจทำให้เกิดการเสียรายได้หรืออาจถึงขั้นเลิกกิจการ อันเนื่องมาจากผู้บริโภคไม่เชื่อในตัวผลิตภัณฑ์ การทำ Hygienic design จึงเป็นการลดโอกาสที่สิ่งปนเปื้อนต่างๆจะลงสู่อาหารให้น้อยลงหรือให้ไม่มีอยู่เลย

2.3 สิ่งที่ต้องคำนึงในการออกแบบ

1) ความปลอดภัย ของผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะถึงมือผู้บริโภคนั้นเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดของการออกแบบ โดยต้องสามารถป้องกันผลิตภัณฑ์จากการปนเปื้อนทั้ง 3 ทางโดยเฉพาะการปนเปื้อนจากสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่ก่อให้เกิดโรคเช่นเชื่อจุลินทรีย์ได้แก่ Listeria และ E.coli เป็นต้น ซึ่งสิ่งมีชีวิตเหล่านี้อาจอาศัยอยู่ในเครื่องมือและเจริญเติบโตระหว่างการผลิตแล้วจึงปนเปื้อนเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ จุลินทรีย์เหล่านี้สามารถเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็ว การออกแบบที่ดีนั้นจะต้องทำให้แน่ใจว่าในเครื่องมือเหล่านั้นไม่มีแหล่งที่จุลินทรีย์สามารถอาศัยอยู่ได้และไม่มีสิ่งติดค้างในเครื่องมือ

2) การทำความสะอาด เป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้ในการป้องกันการปนเปื้อน ซึ่งภายหลังเสร็จสิ้นการผลิตแล้วอาจเกิดการสะสมของกากที่เหลือซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้จุลินทรีย์เพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว เครื่องมือที่ยากต่อการทำความสะอาดจำเป็นที่จะต้องใช้สารเคมีทำความสะอาดที่เข้มข้นขึ้นและใช้ระยะเวลานานขึ้น โดยสิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ตามมาคือต้นทุนที่สูงขึ้น สูญเสียเวลาที่ใช้ในการผลิตและอายุการใช้งานที่จะสั้นลง ดังนั้นการออกแบบเครื่องมือที่ดีควรจะสามารถทำความสะอาดได้ง่าย

3) การควบคุมดูแล การตรวจสอบเครื่องมือเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งในการควบคุมดูแลสุขลักษณะในอุตสาหกรรม โดยสิ่งที่จะต้องนำมาพิจารณาในการตรวจสอบได้แก่ การควบคุม การทดลอง และการพิสูจน์ผลจากการออกแบบว่าเป็นไปตามข้อกำหนดด้านสุขลักษณะหรือไม่ ในบางกรณีอาจจำเป็นต้องทำการตรวจระบบการทำความสะอาดด้วยเช่นกัน

4) ความสอดคล้องกับกระบวนการ ในบางครั้งการออกแบบเครื่องมือที่ถูกสุขลักษณะแต่ไม่สามารถปฏิบัติงานได้ก็ไม่นับว่าเป็นการออกแบบที่เหมาะสม ดังนั้นผู้ออกแบบควรคำนึงหลักสุขลักษณะและฟังก์ชั่นการทำงานควบคู่ไปด้วยกัน การออกแบบนั้นควรเน้นไปในด้านสุขลักษณะมากกว่าซึ่งอาจทำให้ลดประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องมือลง อย่างไรก็ตาม การออกแบบด้านสุขลักษณะที่ดีนั้นจะช่วยลดเวลาที่ใช้ในการทำความสะอาดลงได้ซึ่งสามารถนำเวลาในส่วนนี้ไปใช้ในกระบวนการผลิตแทนได้

5) การประเมินความเสี่ยงในการออกแบบ

เครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการผลิตอาหารถูกออกแบบและสร้างให้เหมาะสมกับจุดประสงค์ที่ต้องการนำไปใช้ การจัดระดับของมาตรฐานด้านสุขลักษณะก็จะแตกต่างกันไปตามชนิดของเครื่องมือและขึ้นอยู่กับความเสี่ยงที่จะเกิดการปนเปื้อนจากเครื่องมือไปสู่ผลิตภัณฑ์

2.4 ส่วนประกอบในการออกแบบเครื่องมือ

1) การระบายน้ำ การระบายน้ำเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างมากในการออกแบบเครื่องมือทุกชนิด เนื่องจากของเหลวหรือน้ำทิ้งจากกระบวนการต่างๆสามารถเป็นแหล่งเพาะเชื้อจุลินทรีย์ได้เป็นอย่างดี ไม่ว่าจะเป็นบริเวณท่อหรือพื้นผิวของอุปกรณ์ทุกชนิดควรออกแบบให้มีการระบายน้ำได้ในตัวมันเองเพื่อลดความเสี่ยงในการปนเปื้อนระหว่างกระบวนการผลิต ควรหลีกเลี่ยงการออกแบบที่ทำให้เกิดมุมแหลมขึ้นในอุปกรณ์ ควรเปลี่ยนจากมุมแหลมให้เป็นมุมโค้งหรือให้มนขึ้นจะช่วยลดการเกิดน้ำขังในบริเวณนี้ได้

2) วัสดุที่นำมาใช้ ในการออกแบบอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่จะต้องสัมผัสกับอาหารควรเลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติเบื้องต้นดังนี้

- ต้องมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่วงกว้าง
- ต้องไม่ก่อให้เกิดสารพิษ ไม่เจือปน และไม่มีการดูดซับกับผลิตภัณฑ์อาหาร
- ต้องไม่เกิดเกิดรอบแตกร้าว สึกก่อน และมีอายุการใช้งานที่เหมาะสม
- ต้องสามารถป้องกันจากสิ่งแทรกซึมที่ไม่พึงประสงค์
- ต้องง่ายต่อการทำความสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) พื้นผิวที่สัมผัสกับอาหาร ในการออกแบบพื้นผิวที่จะต้องมีการสัมผัสกับอาหารนั้น นอกจากควรเลือกวัสดุที่จะนำมาใช้อย่างเหมาะสมแล้ว ควรคำนึงถึงความราบเรียบของพื้นผิว ความต่อเนื่องกัน ไม่เป็นรอยแยกและจะต้องปราศจากรอยขูดขีดและไม่เป็นหลุมเป็นบ่อ ซึ่งสิ่งเหล่านี้สามารถเป็นที่อาศัยของจุลินทรีย์และของเสียต่างๆได้ พื้นผิวที่ดีนั้นจะต้องสามารถทำความสะอาดได้ง่าย

4) มุม รอยแตกร้าวและจุดอับ การออกแบบมุมที่ดีนั้นควรออกแบบให้เป็นส่วนโค้งเนื่องจากสามารถลดการสะสมของเชื้อโรคหรือสิ่งที่ไม่ต้องการแล้ว ยังสามารถทำความสะอาดได้ง่าย และควรออกแบบให้สามารถทำความสะอาดให้ง่ายที่สุด นอกจากนี้ยังควรหลีกเลี่ยงการทำให้เกิดรอยเชื่อมบริเวณมุมแหลมด้วย

5) รอยเชื่อมและข้อต่อ ในการออกแบบท่อนั้น การเชื่อมต่อโดยใช้ข้อต่อเป็นตัวเชื่อมนั้นเป็นสิ่งที่ควรหลีกเลี่ยงเนื่องจากการใช้ข้อต่อจะทำให้เกิดขอบหรือส่วนที่ยื่นออกมา เกิดซอกเล็กต่างๆ รวมไปถึงรอยแยกบริเวณวงแหวนที่เป็นข้อต่อของท่อ สิ่งเหล่านี้ทำให้การออกแบบเป็นไปอย่างไม่ถูกสุขลักษณะ ดังนั้นจึงควรใช้การเชื่อมแบบถาวรแทนการใช้ข้อต่อจะช่วยลดความเสี่ยงทางสุขลักษณะลงได้ รอยเชื่อมที่ดีควรมีลักษณะราบเรียบเพื่อป้องกันไม่ให้เป็นแหล่งเพาะเชื้อ

การออกแบบจุดเชื่อมต่อโดยใช้หมุดยึดควรใช้เมื่อมีความจำเป็นเท่านั้น ซึ่งบริเวณจุดเชื่อมต่อนั้นควรออกแบบให้สามารถถอดประกอบได้ ไม่มีรอยแยกและควรใช้ยางเป็นวัสดุปกคลุม ด้านข้างของท่อจะต้องประกอบสนิทกันอย่างพอดีเพื่อป้องกันการกักเก็บจุลินทรีย์

6) หมุดยึด ในการออกแบบหรือเลือกใช้หมุดยึดหรือสกรูที่ไม่เหมาะสมอาจก่อให้เกิดปัญหาตามมาหลายอย่างเช่น การทำงานของเครื่องจักรหรือการไหลของผลิตภัณฑ์เกิดการติดขัดทำให้เกิดความเสียหายได้ นอกจากนี้การเลือกใช้หมุดยึดหรือสกรูที่ผิดชนิดอาจก่อให้เกิดการสะสมของกากทำให้เป็นที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์ได้ ดังนั้นในการออกแบบและเลือกใช้ควรคำนึงชนิด ลักษณะให้เหมาะสมกับงาน ควรเลือกหมุดยึดหรือสกรูที่ทำจากสแตนเลสสตีลและหากต้องมีการสัมผัสกับผลิตภัณฑ์ควรมีหัวน็อตคลุมบริเวณหัวของหมุดหรือสกรูเพื่อป้องกันการสะสมของสิ่งที่ไม่ต้องการบริเวณร่องสกรู

7) การซีล (Seal) ในการเลือกวัสดุที่จะนำมาใช้ในการผนึกควรเลือกวัสดุที่ไม่ก่อให้เกิดสารพิษกับผลิตภัณฑ์สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ในช่วงกว้าง นอกจากนี้ยังควรเลือกใช้วัสดุที่สามารถยืดหยุ่นได้ดี ทนทานต่อแรงกด ทนต่อความเป็นกรด-เบส ซึ่งวัสดุที่นิยมนำใช้คือวัสดุประเภทยาง อีกทั้งในการผนึกควรคำนึงถึงการขยายหรือหดตัวของยางเมื่อได้รับความร้อนด้วย เนื่องจากการหดหรืออขยายตัวนี้อาจทำให้เกิดแหล่งที่อยู่อาศัยของจุลลินทรีย์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) ปลายเพลา (Shaft ends) เครื่องกวน เครื่องผสม หรือเครื่องตัด ตัวอย่างเครื่องเหล่านี้สามารถทำให้เกิดความเสี่ยงจากการการแตกร้าวบริเวณที่โลหะกับโลหะ หรือพื้นที่ที่เข้าไม่ถึงในท่อ และถ้าจะยึดโลหะกับโลหะจะต้องออกแบบตามคำแนะนำเพื่อให้รอยต่ออยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ เช่น ดุมล้อ น็อต และข้อต่อของเพลา ต้องซีลอย่างดีภายใต้การควบคุมความดันในการอัดและกด ตรงบริเวณมุมต้องมีความโค้งมนและมีความชัน และต้องหลีกเลี่ยงรอยต่อแบบสกรู

9) ฝาปิด การออกแบบให้ถูกสุขลักษณะของประตูและฝาปิดควรจะสามารถป้องกันการเข้าและสะสมของสิ่งสกปรก การออกแบบที่เหมะสมคือขอบฝาควรจะมีความลาดชันและอยู่ด้านนอกของภาชนะควรจะง่ายต่อการเคลื่อนย้ายในการทำความสะอาด

10) ขอบ การออกแบบขอบด้านบนของเครื่องมือที่ใช้บรรจุต้องหลีกเลี่ยงขอบที่ผลิตภัณฑ์สามารถเข้าไปสะสมและยากต่อการทำความสะอาด

11) เครื่องมือควบคุมและอุปกรณ์การวัด เครื่องมือที่ต้องบรรจุของเหลวส่งผ่านของเหลวหรือให้ของเหลวผ่านจะต้องเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสม ตัวอย่างเช่น เครื่องวัดความดันแบบ Bourdon เมื่อของเหลวไหลผ่านเครื่องมือควรเลือกวัสดุที่เหมาะสมกับชนิดอาหารที่ไหลผ่าน การเลือกวัสดุที่จะนำมาใช้ออกแบบอุปกรณ์ให้ถูกสุขลักษณะนั้น ต้องพิจารณาในเรื่องชนิดของจุลินทรีย์และสารพิษจากจุลินทรีย์ที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการผลิตเข้ามารวมในการพิจารณาเลือกใช้วัสดุ อย่างไรก็ตามกฎของความสะอาดและการออกแบบอย่างรอบคอบจะทำให้ความเสี่ยงจากการติดเชื้อโรคลดลง การออกแบบบริเวณที่ต้องมีการเปียกชื้นถือว่าสำคัญจะต้องออกแบบให้เหมาะสม

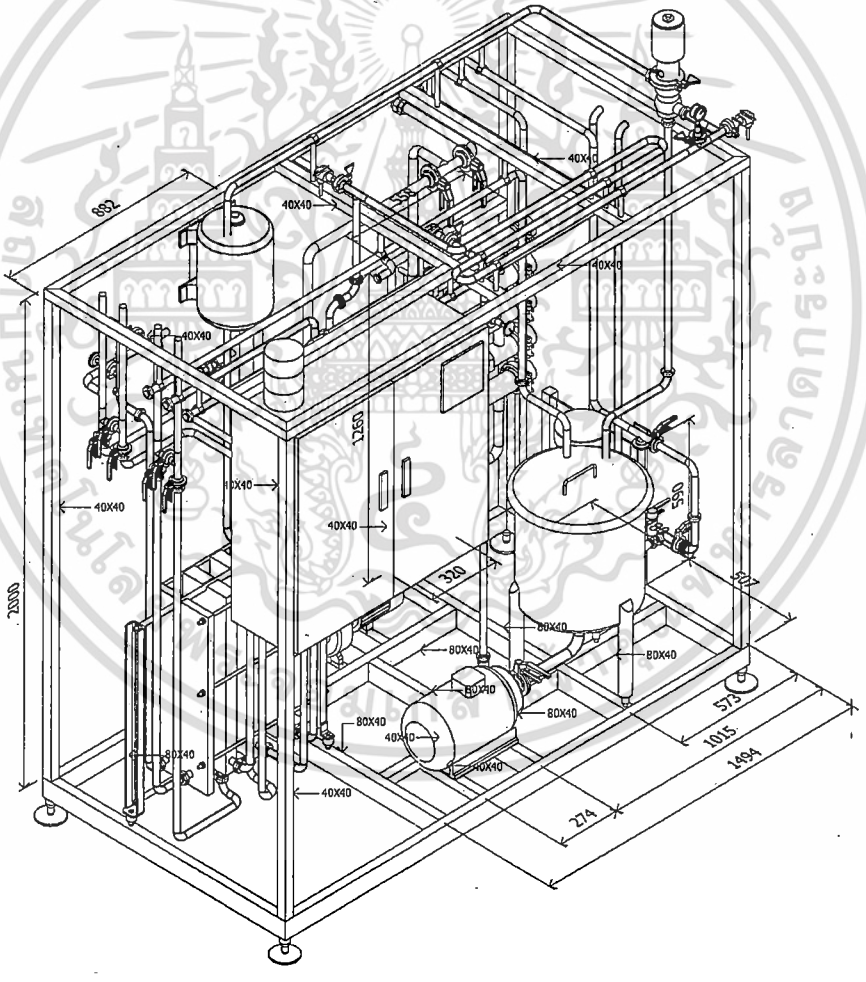
12) การติดตั้งเครื่องมือ ถึงแม้จะออกแบบเครื่องมือให้ถูกสุขลักษณะทุกอย่าง แต่ถ้าได้รับการติดตั้งและเลือกตำแหน่งไม่ถูกต้องก็จะทำให้เครื่องมือไม่ถูกสุขลักษณะ

13) การหุ้มด้วยฉนวนและการหุ้มด้วยโลหะ แนะนำควรหลีกเลี่ยงการใช้วัสดุที่เป็นฉนวน เป็นไปได้ที่จะมีจุลินทรีย์และฝุ่นสะสมอยู่ภายในมากมาย ถ้าจำเป็นต้องใช้ในกระบวนการ จะต้องปลอดภัย ทางเลือกแรกที่แนะนำคือการใช้อากาศเป็นฉนวน สแตนเลสด้านนอกท่อ เชื่อมให้สนิทเพื่อป้องกันการเข้าของอากาศความชื้น หรือแมลง จะการเข้าไปทำความเสียหายระหว่างผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การวิเคราะห์ระบบพาสเจอร์ไรซ์ตามหลักสุขลักษณะ

ระบบพาสเจอร์ไรซ์ (ภาพที่ 3.1) ที่ใช้เป็นกรณีศึกษาสำหรับโครงงานวิจัยนี้ ตั้งอยู่ภายในโรงประลอง สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. เป็นระบบที่ใช้สำหรับการพาสเจอร์ไรซ์นมและน้ำผลไม้ โดยมีกำลังการผลิตสูงสุด 200 ลิตรต่อชั่วโมง ระบบพาสเจอร์ไรซ์ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้แก่ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ถังเก็บรักษา วัตถุดิบ ถังผสม ถังรับผลิตภัณฑ์ วาล์วควบคุมการไหล ปั๊ม ระบบท่อ ระบบควบคุม และเครื่องมือวัด ซึ่งควรได้รับการออกแบบและการติดตั้งที่เหมาะสม เพื่อให้กระบวนการพาสเจอร์ไรซ์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 3.1 ระบบพาสเจอร์ไรซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การวิเคราะห์การออกแบบชุดถังพาสเจอร์ไรซ์และแนวทางแก้ไขตามหลักสุขลักษณะ

ชุดถังพาสเจอร์ไรซ์ประกอบด้วย ถังเก็บรักษาวัตถุดิบ ถังผสม และถังรักษา ใช้สำหรับเก็บรักษาวัตถุดิบก่อนเข้าสู่กระบวนการ รักษาระดับของเหลวระหว่างกระบวนการ และเพื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หลังกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ระหว่างรอการบรรจุต่อไป ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก ได้แก่ ตัวถัง ฝาถัง ขอบถัง ขาตั้งถัง มอเตอร์ใบกวน ใบกวน และเครื่องมือวัดชนิดต่าง ๆ ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้ติดตั้งตามประเภทการใช้งานของถัง

3.1.1 ถังเก็บรักษาวัตถุดิบและถังผสม

ถังเก็บรักษาวัตถุดิบและถังผสมมีลักษณะเป็นทรงกระบอกทำจากสแตนเลส ชนิด 304 ดังภาพที่ 3.2 ใช้สำหรับเป็นแหล่งพักวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์เพื่อรอเข้าสู่กระบวนการผลิต ส่วนถังผสมใช้สำหรับผสมวัตถุดิบและส่วนประกอบต่าง ๆ โดยทั้งสองถังได้ติดตั้งใบกวนไว้ด้านในเพื่อใช้สำหรับการกวนผสมป้องกันการตกตะกอนของผลิตภัณฑ์

(ก) (ข)

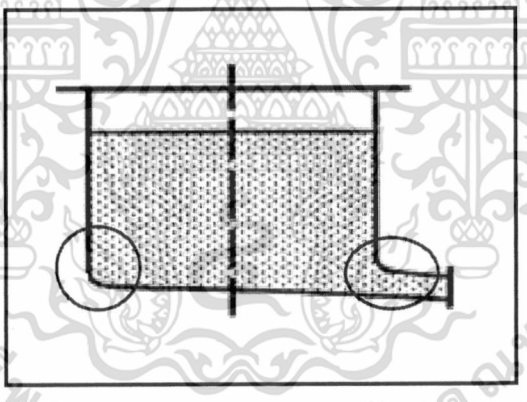
ภาพที่ 3.2 ถังผสมและถังเก็บวัตถุดิบ (ก) ถังผสมขนาด 300 ลิตร (ข) ถังเก็บวัตถุดิบขนาด 600 ลิตร

ขอบถังเก็บวัตถุดิบและถังผสม มีความลาดเอียงเล็กน้อย บางจุดมีรอยยุบตัวของโลหะ ดังภาพที่ 3.3 ซึ่งไม่ถูกต้องตามหลักสุขลักษณะ อาจทำให้เกิดการสะสมของฝุ่นและสิ่งสกปรกจากภายนอกได้ แนวทางแก้ไข ควรเน้นไปที่การทำความสะอาดทุกครั้ง ทั้งก่อนและหลังปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.3 ลักษณะขอบถัง

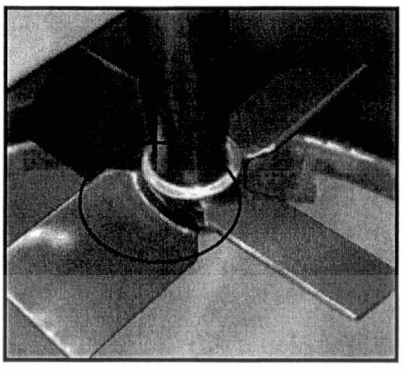
บริเวณก้นถังเก็บวัตถุดิบและถังผสม เอียงทำมุม 4 องศา ถูกต้องตามหลักสุขลักษณะ โดยก้นถังที่ดีควรออกแบบให้มีความลาดเอียงอย่างน้อย 3 องศา จากแนวระดับ เพื่อระบายของเหลวออกด้านล่างได้อย่างสะดวก และป้องกันการตกค้างของวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ที่เป็นสาเหตุให้เกิดการเพาะเชื้อของจุลินทรีย์ รวมถึงต้องทำการเปลี่ยนบริเวณที่เป็นมุมแหลมภายในอุปกรณ์ให้มีความโค้งเพื่อให้ทำความสะอาดได้ง่าย และช่วยให้การระบายของเหลวมีประสิทธิภาพ ดังภาพที่ 3.4 (Lelieveld et al., 2006)

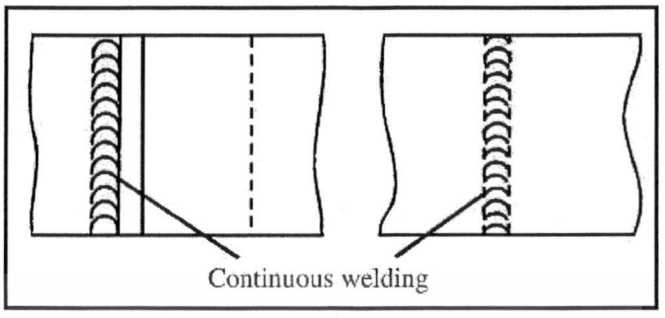


ภาพที่ 3.4 การออกแบบถังที่ถูกหลักสุขลักษณะ

รอยเชื่อมใบกวน มีลักษณะเรียบเนียน ไม่มีรอยหยัก ดังภาพที่ 3.5 (ก) ซึ่งถูกต้องตามหลักสุขลักษณะ รอยเชื่อมที่ดีควรมีลักษณะราบเรียบ ไม่มีมุมแหลม ไม่มีรอยหยัก เพื่อป้องกันการสะสมของสิ่งตกค้างซึ่งเป็นแหล่งเพาะเชื้อของจุลินทรีย์ ดังภาพที่ 3.5 (ข) (Lelieveld et al., 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

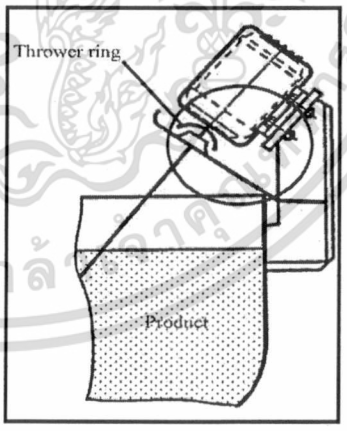




(ก) (ข)

ภาพที่ 3.5 รอยเชื่อมใบกวน (ก) รอยเชื่อมใบกวนถังผสมและถังเก็บวัตถุดิบ (ข) รอยเชื่อมที่ถูกหลักสุขลักษณะ

การติดตั้งมอเตอร์ใบกวน เป็นการติดตั้งเหนือฝาถังในแนวดิ่ง มีกรอบสแตนเลสรอบแกนเพลาของมอเตอร์ เปรียบเสมือนเป็นการใช้วัสดุปิดหุ้มที่ตัวมอเตอร์โดยตรง เพื่อป้องกันฝุ่นละอองจากภายนอก และเพื่อป้องกันสารหล่อลื่นจากมอเตอร์ปนเปื้อนเข้าสู่ภายในถัง บริเวณแกนเพลาของมอเตอร์มีการติดพลาสติกซีลหุ้มแกนมอเตอร์ ดังภาพที่ 3.6 (ก) เปรียบเสมือน Thrower ring ดังภาพที่ 3.6 (ข) เพื่อป้องกันสารหล่อลื่นที่ไหลมาตามแกนมอเตอร์เข้าสู่ภายในถัง

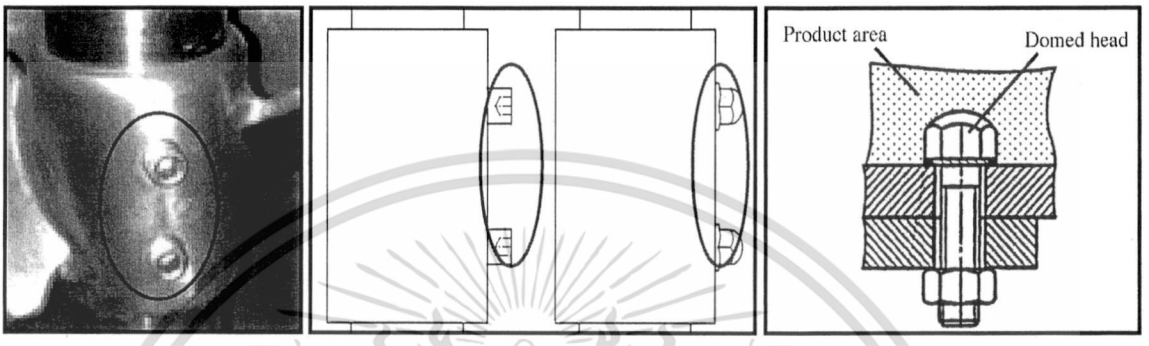


(ก) (ข)

ภาพที่ 3.6 การติดตั้งมอเตอร์ใบกวน (ก) มีสแตนเลสหุ้มก้านมอเตอร์พลาสติกซีลหุ้มแกนมอเตอร์ (ข) ลักษณะการติดตั้งวัสดุหุ้มมอเตอร์และก้านมอเตอร์ที่ถูกสุขลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น๊อตยึดใบกวน หัวน็อตมีลักษณะเป็นรูหกเหลี่ยม ไม่มีวัสดุซีลหุ้มหัวน็อต ดังภาพที่ 3.7 (ก) ซึ่งไม่ถูกต้องตามหลักสุขลักษณะ เนื่องจากน็อตที่ใช้ในบริเวณที่สัมผัสกับอาหาร หัวน็อตควรมีลักษณะเป็นโดม (Domed head) เพื่อป้องกันการสะสมของผลิตภัณฑ์บริเวณร่องน็อต ดังภาพที่ 3.7 (ข) (Lelieveld et al., 2006)

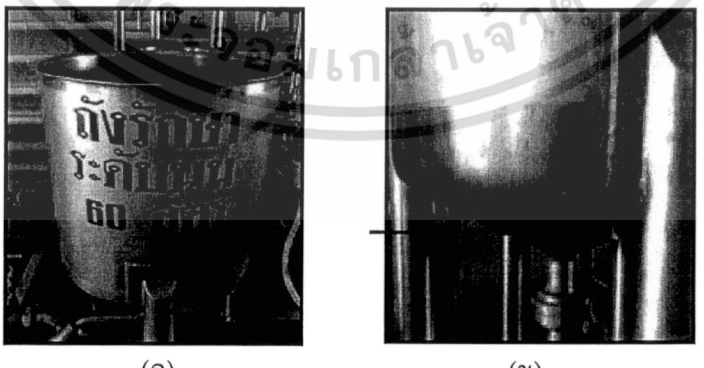


(ก) (ข)

ภาพที่ 3.7 น็อตยึดใบกวน (ก) หัวน็อตใบกวนของถังผสม (ข) หัวน็อตที่ถูกสุขลักษณะ

3.1.2 ถังเก็บรักษาระดับ

ถังเก็บรักษาระดับเป็นถังทรงกระบอกทำจากสแตนเลส ชนิด 304 ใช้สำหรับพักวัตถุดิบ เพื่อส่งกลับไปให้ความร้อนใหม่ เมื่อมีอุณหภูมิต่ำกว่าที่กำหนดหลังจากได้อุณหภูมิที่ต้องการแล้วส่งไปยังขั้นตอนต่อไป ด้านในถังเก็บรักษาระดับมีการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับชนิดวัดการสะเทือนของของเหลว (Vibrating level switch) เป็นอุปกรณ์ส่งสัญญาณให้วัตถุดิบไหลเข้าสู่ถัง และรักษาระดับของวัตถุดิบก่อนเข้าสู่กระบวนการ

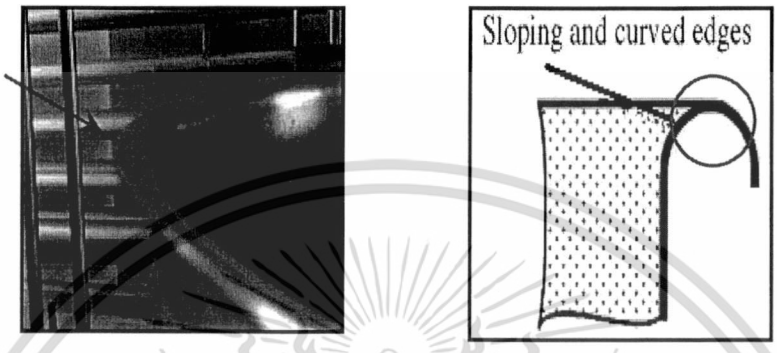


(ก) (ข)

ภาพที่ 3.8 ถังรักษาระดับ (ก) ถังเก็บรักษาระดับ (ข) ด้านล่างถังเก็บรักษาระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

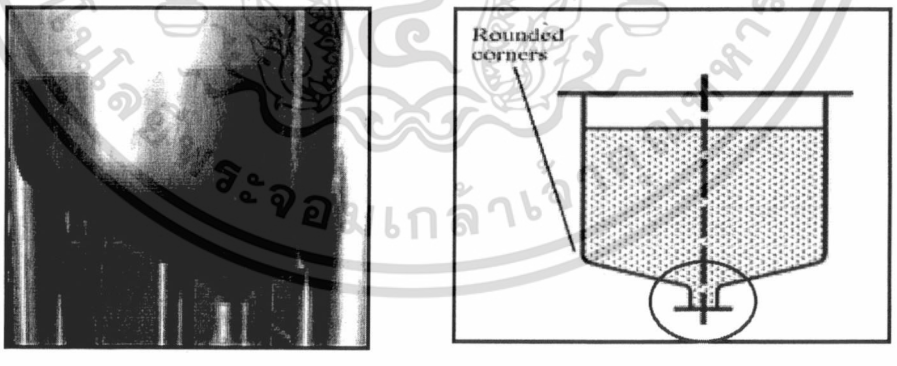
ขอบถังเก็บรักษาระดับ มีลักษณะโค้งมนลง ดังภาพที่ 3.9 (ก) ซึ่งถูกต้องตามหลักสุขลักษณะ เนื่องจากขอบถังที่ดีควรมีความโค้งมน และมีความลาดชันเพื่อป้องกันการสะสมของฝุ่นและสิ่งสกปรก และง่ายต่อการทำความสะอาดดังภาพที่ 3.9 (ข) (Lelieveld et al., 2006)



(ก) (ข)

ภาพที่ 3.9 ขอบถังรักษาระดับ (ก) ขอบถังรักษาระดับ (ข) ขอบถังที่ถูกสุขลักษณะ

บริเวณก้นถัง มีลักษณะเป็นกรวยโค้งลงดัง ภาพที่ 3.10 (ก) ซึ่งถูกต้องตามหลักสุขลักษณะ เนื่องจากถังที่ดีควรออกแบบให้มีการระบายของไหลออกทางด้านล่างได้อย่างสะดวก และบริเวณที่เป็นมุมแหลมภายในถังควรทำให้เป็นส่วนโค้ง เพื่อให้ทำความสะอาดได้ง่ายและเกิดการระบายออกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังภาพที่ 3.10 (ข) (Lelieveld et al., 2006)



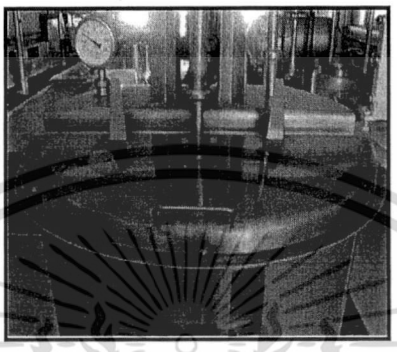
(ก) (ข)

ภาพที่ 3.10 บริเวณก้นถังถังเก็บรักษาระดับ (ก) ก้นถังรักษาระดับ (ข) ก้นถังที่ถูกสุขลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

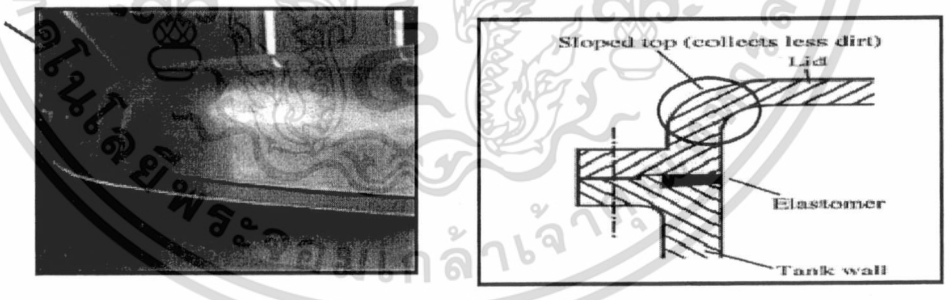
3.1.3 ฝาถังเก็บรักษาวัตถุดิบ ถังผสม และถังรักษาระดับ

ฝาถัง เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ป้องกันสิ่งสกปรกจากภายนอก เช่น แมลง และฝุ่นละอองต่าง ๆ เข้าสู่ภายในถัง และป้องกันสิ่งที่อยู่ภายในถังออกสู่ภายนอกระหว่างที่มีการกวนภายในถัง ดังภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.11 ฝาถังผสม

ขอบฝาถังทั้ง 3 ประเภท มีลักษณะโค้งมนลง ดังภาพที่ 3.12 (ก) ซึ่งถูกต้องตามหลักสุขลักษณะ เนื่องจากการออกแบบมุมที่ถูกต้องควรมีความโค้งมนบริเวณขอบฝาถัง เพื่อป้องกันการสะสมของฝุ่นและสิ่งสกปรกจากภายนอกดังภาพที่ 3.12 (ข) (Lelieveld et al., 2006)



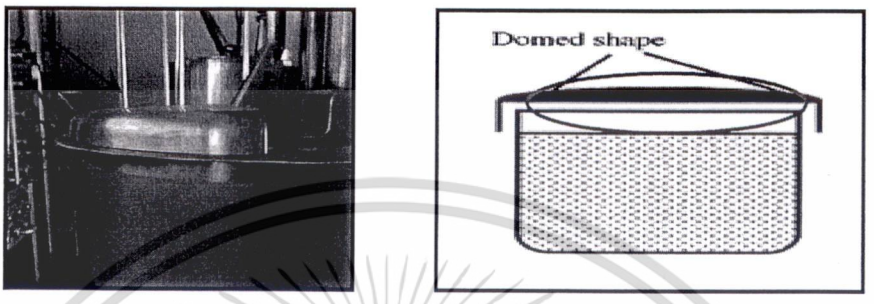
(ก) (ข)

ภาพที่ 3.12 ขอบฝาถัง (ก) ขอบฝาถัง (ข) ขอบฝาถังที่มีความชันด้านบนง่ายต่อการทำความสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผิวด้านบนของฝาถังมีลักษณะเรียบ ไม่มีความลาดชันดังภาพที่ 3.13 (ก) ซึ่งไม่ถูกต้องตามหลักสุขลักษณะ เนื่องจากการออกแบบฝาถังควรให้มีพื้นผิวด้านบนลาดเอียงเพื่อไม่ให้เกิดการสะสมของฝุ่นและสิ่งสกปรกจากภายนอกดังภาพที่ 3.13 (ข) (Lelieveld et al., 2006)



(ก) (ข)

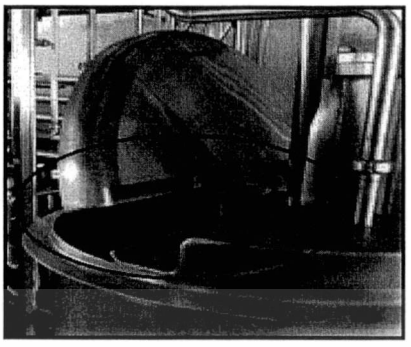
ภาพที่ 3.13 ผิวด้านบนฝาถัง (ก) ผิวด้านบนของฝาถัง (ข) การออกแบบฝาถังที่ถูกหลักสุขลักษณะ

ด้ามจับฝาถัง มีลักษณะโค้งมน และรอยเชื่อมที่ยึดติดกับฝาถังมีลักษณะราบเรียบและต่อเนื่องกันดังภาพที่ 3.14 ซึ่งถูกต้องตามหลักสุขลักษณะ เพื่อป้องกันไม่ให้เป็นแหล่งเพาะเชื้อและสะสมของฝุ่นรวมถึงสิ่งสกปรกจากภายนอก

ภาพที่ 3.14 ด้ามจับฝาถัง

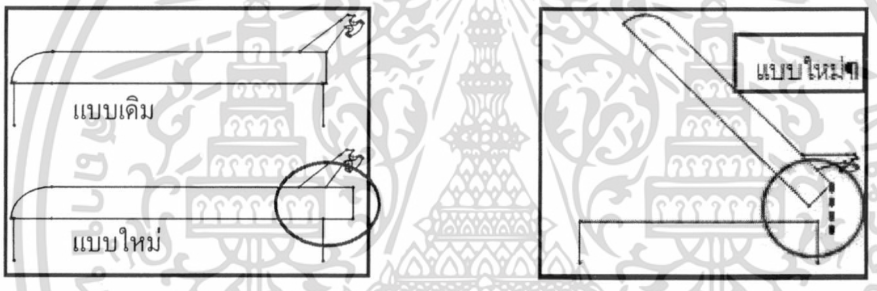
อย่างไรก็ตาม เมื่อเปิดฝาทำให้เกิดช่องระหว่างฝาถังกับปากถังด้านบานพับดังภาพที่ 3.15 ซึ่งไม่ถูกต้องตามหลักสุขลักษณะเนื่องจากอาจทำให้ฝุ่นและสิ่งสกปรกตกลงสู่ด้านใน ซึ่งมีแนวทางในการแก้ไขดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
131113



ภาพที่ 3.15 ลักษณะฝาถัง

แนวทางที่ 1 ทำการผลิตฝาถังใหม่ โดยออกแบบให้ขอบของฝาถังยื่นเลยออกจากปากถังในวงกลมดังภาพที่ 3.16 เพื่อลดโอกาสของฝุ่นและสิ่งสกปรกที่อาจตกลงสู่ผลิตภัณฑ์ภายในถัง



(ก) (ข)

ภาพที่ 3.16 การออกแบบฝาถัง (ก) ฝาถังปิด (ข) ฝาถังเปิด

แนวทางที่ 2 ทำความสะอาดด้านบนของฝาถังทุกครั้งก่อนทำการเปิดฝา เพื่อป้องกันฝุ่นและสิ่งสกปรกตกลงสู่ผลิตภัณฑ์ภายในถัง

นอกจากนี้ในระหว่างกระบวนการทำความสะอาด อาจทำให้เกิดการสะสมของสารทำความสะอาด จึงควรถอดฝาถังและส่วนประกอบต่าง ๆ ออกทำความสะอาดทุกครั้งหลังการใช้งาน หลังจากทำความสะอาดแล้วควรนำผ้าหรืออุปกรณ์สำหรับเช็ดมาเช็ดฝาให้แห้งก่อนนำไปประกอบเข้ากับตัวถังเพื่อป้องกันการตกค้างของสารทำความสะอาด

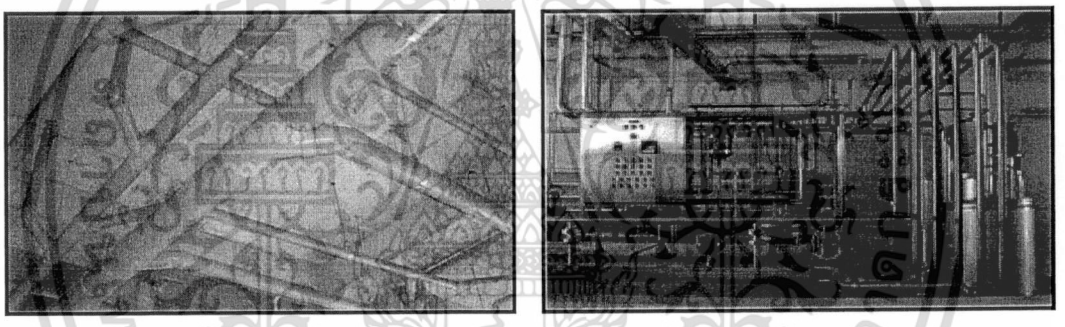
ถังมีความสำคัญในกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ทั้งในด้านของการบรรจุวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ ใช้ในการผสมวัตถุดิบ เก็บวัตถุดิบ รักษาระดับวัตถุดิบก่อนเข้าสู่กระบวนการ และเก็บผลิตภัณฑ์ ถังที่ดีนั้นบริเวณขอบถังควรมีลักษณะโค้งมนและลาดเอียง บริเวณก้นถังควรออกแบบให้มีการระบายออกทางด้านล่างได้อย่างสะดวก รวมไปถึงควรเปลี่ยนบริเวณที่เป็นมุมแหลมภายในอุปกรณ์ให้เป็นส่วนโค้งเพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้องกันการสะสมของฝุ่นละอองหรือสิ่งสกปรกซึ่งอาจเป็นแหล่งการสะสมของจุลินทรีย์ สำหรับฝาถังมีความสำคัญในกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์เพื่อป้องกันฝุ่นละออง และสิ่งสกปรกต่าง ๆ จากภายนอกเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ภายในถังซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนของแบคทีเรียได้ ฝาถังที่ดีขอบฝาควรมีความลาดชันและอยู่ด้านนอกของภาชนะ ง่ายต่อการเคลื่อนย้ายในการทำความสะอาด และในระหว่างการผลิตไม่ควรเปิดฝาถังโดยไม่จำเป็น

3.2 การวิเคราะห์การออกแบบระบบท่อและแนวทางแก้ไขตามหลักสุขลักษณะ

ระบบท่อ คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการลำเลียงของไหลให้เคลื่อนที่จากบริเวณหนึ่งไปอีกบริเวณหนึ่ง ดังภาพที่ 3.17 (ก) ท่อมีความสำคัญมากในกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ ซึ่งการออกแบบและติดตั้งท่อในลักษณะต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งานและข้อจำกัดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ ตำแหน่งถัง การติดตั้งอุปกรณ์ เครื่องมือวัด รวมไปถึงพื้นที่ที่ใช้ในกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ ดังภาพที่ 3.17 (ข)



(ก) (ข)

ภาพที่ 3.17 ระบบท่อ (ก) ระบบท่อในการลำเลียง (ข) พื้นที่ปฏิบัติงาน

กระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ ประกอบด้วยระบบท่อลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

3.2.1 ท่องอ

ท่องอรูปตัวยู ดังภาพที่ 3.18 (ก) ปลายท่องอด้านหนึ่งมีลักษณะเป็นข้อต่อมีเกลียวตัวผู้และเกลียวตัวเมียไว้สำหรับประกอบติดกับท่อตรง ดังภาพที่ 3.18 (ข) โดยบริเวณเกลียวท่อตรงและเกลียวท่องอมีประเก็นอยู่ด้านในดังภาพที่ 3.18 (ค) เพื่อให้ท่อทั้งสองต่อกันอย่างแนบสนิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

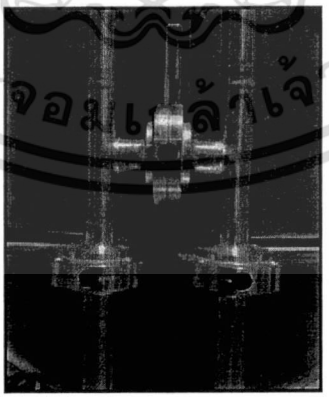
(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 3.18 ท่องอ (ก) ท่องอรูปตัวยู (U) (ข) ข้อต่อแบบคัปปลิ้ง (ค) ประเก็น ในข้อต่อแบบคัปปลิ้ง

เป็นการออกแบบที่ไม่ถูกต้องตามหลักสุขลักษณะ เนื่องจากท่อลักษณะนี้เมื่อหยุดกระบวนการผลิต อาจทำให้เกิดการติดค้างของผลิตภัณฑ์ในท่อ แนวทางแก้ไข คือ การใช้คัปปลิ้งเชื่อมต่อท่อทำให้สามารถถอดชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ เพื่อระบายของไหลที่ตกค้างออกและทำความสะอาดได้

3.2.2 ท่อแยกวน

ท่อแยกวน มีลักษณะเป็นรูปตัวเอช (H) ดังภาพที่ 3.19 มีปลายทั้งสี่ด้านเชื่อมติดกับท่อตรง รอยเชื่อมมีลักษณะเรียบ ไม่ขรุขระ ท่อแยกวนมีวาล์วแบบปีกผีเสื้อ (Butterfly valve) เพื่อใช้ในการควบคุมทิศทางการไหลของผลิตภัณฑ์ ติดตั้งโดยเชื่อมต่อกับเครื่องโฮโมจิไนเซอร์ เพื่อเป็นทางเข้า-ออกของผลิตภัณฑ์ มีท่อตรงแนวนอนสั้นเชื่อมต่อกับท่อตรงแนวดิ่งทั้งสอง เพื่อใช้สลับทิศการไหลข้ามอุปกรณ์โฮโมจิไนเซอร์ ซึ่งเป็นการออกแบบที่ถูกต้องตามหลักสุขลักษณะเนื่องจากการวางท่อในแนวนอนที่ไม่มีจุดระบายน้ำนั้น ควรมีความยาวท่อสำหรับลำเลียงของไหลสั้นที่สุด เพื่อลดโอกาสการติดค้างของผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 3.19 ท่อแยกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ท่อลด

ท่อลด มี 2 ลักษณะคือ ท่อลดในส่วนที่ต่อออกจากถังรักษาระดับ (Balance tank) โดยปลายทั้งสองด้านมีจุดศูนย์กลางเยื้องศูนย์กัน ทำให้ผิวท่อด้านล่างอยู่ในระนาบเดียวกัน ดังภาพที่ 3.20 (ก) ซึ่งถูกต้องตามหลักสุขลักษณะเนื่องจากไม่ทำให้เกิดการติดค้างของผลิตภัณฑ์ ดังภาพที่ 3.20-20 (ค) และท่อลดส่วนที่ต่อเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดท่อสวม (Double pipe) มีลักษณะปลายท่อทั้งสองด้าน มีจุดศูนย์กลางอยู่ระนาบเดียวกัน ทำให้ผิวท่อด้านล่างเกิดความลาดเอียง ดังภาพที่ 3.20 (ข) ซึ่งก่อให้เกิดการตกค้างของผลิตภัณฑ์เป็นการออกแบบที่ไม่ถูกต้องตามหลักสุขลักษณะ

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 3.20 ท่อลด (ก) ท่อลดส่วนที่ต่อออกจากถังรักษาระดับ (ข) ท่อลดส่วนที่ต่อเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดท่อสวม (ค) การออกแบบท่อลดที่ถูกต้องตามหลักสุขลักษณะ

3.2.4 ท่อสามทาง

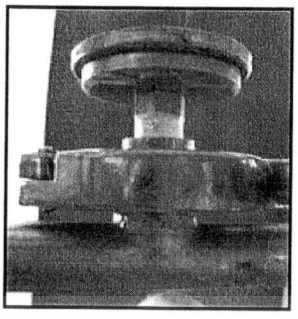
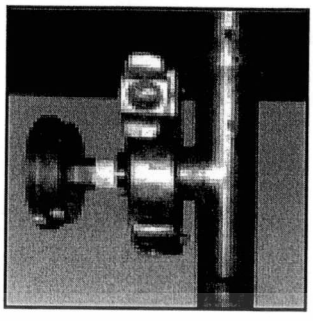
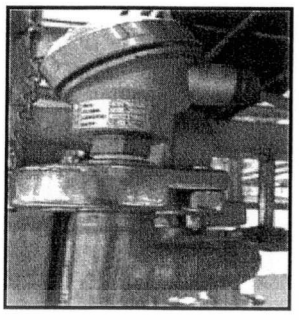
ท่อสามทาง ใช้ในการติดตั้งเครื่องมือวัดความดันและอุณหภูมิ มี 3 ลักษณะ ได้แก่

1) ท่อสามทางที่ปลายทั้งสองต่อกับท่อตรงในแนวนอน มีการติดตั้งเครื่องมือวัดความดันไว้ด้านบนดังภาพที่ 3.21 (ก)

2) ท่อสามทางที่ปลายทั้งสองต่อกับท่อตรงในแนวตั้ง โดยมีการติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิชนิด อาร์ทีดี บริเวณท่อตรงกลางดังภาพที่ 3.21 (ข) และ

3) ท่อสามทางที่ปลายด้านล่างและท่อตรงกลางต่อกับท่อตรง ในลักษณะคล้ายท่องอ 90 องศา โดยมีการติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิชนิด อาร์ทีดี บริเวณปลายด้านบนดังภาพที่ 3.21 (ค)

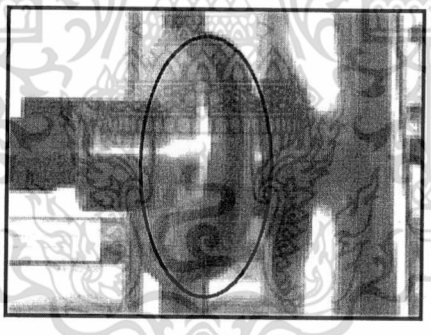
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 3.21 ท่อสามทาง

ท่อสามทางทั้ง 3 ลักษณะ มีปลายด้านที่ต่อกับท่อตรงแบบเชื่อมติด โดยรอยเชื่อมมีลักษณะราบเรียบ ปลายท่อบริเวณส่วนที่ใช้ติดตั้งเครื่องมือวัดมีลักษณะเป็นเกลียว และมีคัปปลิ้งไว้สำหรับเชื่อมติดกับเครื่องมือวัด บริเวณระหว่างปลายท่อตรงกับปลายของอุปกรณ์มีปะเก็นขั้นกลาง เพื่อให้ต่อกันได้อย่างแนบสนิท ดังภาพที่ 3.22



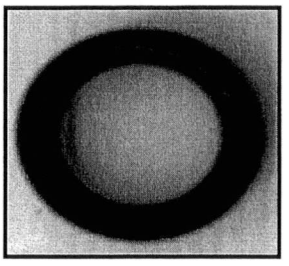
ภาพที่ 3.22 ลักษณะคัปปลิ้ง

3.2.5 ประเก็น

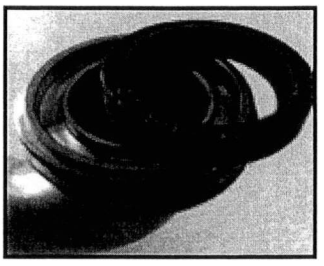
ประเก็น คือ อีลาสโตเมอร์ชนิดหนึ่ง ทำหน้าที่เป็นวัสดุกั้นกลางระหว่างอุปกรณ์ที่ต่อกันเพื่อป้องกันการรั่วไหลและป้องกันแรงกระแทก ลักษณะของประเก็นที่ถูกต้องตามหลักสุขลักษณะต้องมีความยืดหยุ่นสูง ทนต่อความร้อน และไม่ทำปฏิกริยากับอาหาร

ประเก็นดังภาพที่ 3.23 มีลักษณะเป็นแผ่นยางวงกลม ตรงกลางมีรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อพอดี ใช้สำหรับกั้นกลางระหว่างท่อ 2 ท่อที่ต่อกันด้วยข้อต่อแบบคัปปลิ้ง เพื่อป้องกันการรั่วไหลของของไหลภายในท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



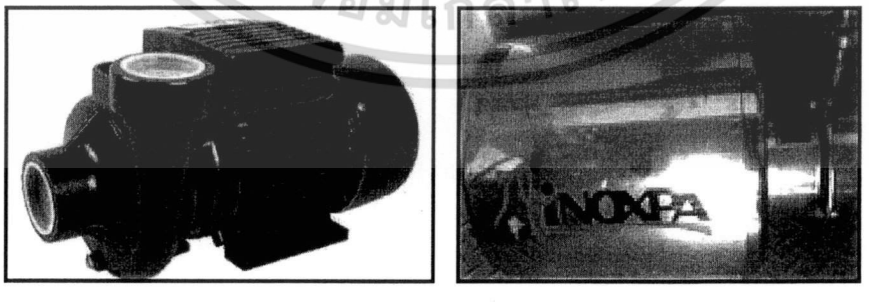
(ข)

ภาพที่ 3.23 ประเก็น

ระบบท่อในกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ เป็นตัวกลางในการลำเลียงของเหลวจากบริเวณหนึ่งไปอีกบริเวณหนึ่ง ซึ่งท่อมีลักษณะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการติดตั้งถัง การติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือวัด และพื้นที่ที่ใช้ในกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ การออกแบบระบบท่อที่ดีควรออกแบบไม่ให้มีจุดที่ทำให้เกิดการตกค้างหรือสะสมของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ในระหว่างกระบวนการผลิต รวมไปถึงป้องกันการตกค้างของสารทำความสะอาด ถ้ามีความจำเป็นที่ต้องออกแบบระบบท่อในลักษณะที่มีจุดที่ก่อให้เกิดการตกค้างหรือสะสม ควรออกแบบให้มีจุดเชื่อมต่อที่สามารถถอดประกอบได้ง่าย เพื่อช่วยระบายของเหลวที่ตกค้างอยู่ออกจากระบบท่อ

3.3 การวิเคราะห์การติดตั้งปั๊มและแนวทางแก้ไขตามหลักสุขลักษณะ

ปั๊ม คือ อุปกรณ์สำหรับส่งของเหลวจากบริเวณหนึ่งไปยังอีกบริเวณหนึ่ง หรือหมุนเวียนของเหลวให้ผสมกันในบริเวณที่จำกัด ปั๊มมีหลายประเภทแตกต่างกันตามการใช้งานหรือขนาดแรงดันที่ต้องการ ดังภาพที่ 3.24 (ก) ในกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ ตำแหน่งการติดตั้งปั๊มมีผลต่อประสิทธิภาพการส่งถ่ายวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์รวมถึงมีผลต่อการทำความสะอาดในกระบวนการ ดังภาพที่ 3.24 (ข)



ภาพที่ 3.24 ลักษณะปั๊ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปั๊มในกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์มีทั้งหมด 4 ตำแหน่ง ได้แก่

- บริเวณถังผสมขนาด 300 ลิตร
- บริเวณถังเก็บวัตถุดิบขนาด 500 ลิตร
- บริเวณถังเก็บวัตถุดิบขนาด 300 ลิตร และ
- บริเวณถังรักษาระดับขนาด 60 ลิตร

โดยปั๊มทั้ง 4 ตัวมีฝาสแตนเลสครอบตัวปั๊ม ดังภาพที่ 3.25 (ก) การติดตั้งปั๊มบริเวณใต้ถังห่างจากขอบถังผสมและถังรักษาระดับประมาณ 15 เซนติเมตร และ 25 เซนติเมตรตามลำดับ ดังภาพที่ 3.25 (ข) ซึ่งถูกต้องตามหลักสุขลักษณะ เนื่องจากการติดตั้งเครื่องมือไม่ควรอยู่ใต้ถัง ซึ่งยากต่อการบำรุงรักษาและทำความสะอาด ดังนั้น จึงควรติดตั้งให้ง่ายต่อการเข้าไปดูแลรักษา และมีพื้นที่หรือช่องว่างสำหรับทำความสะอาดใต้ถัง ดังภาพที่ 3.25 (ค)

(ก) (ข) (ค)

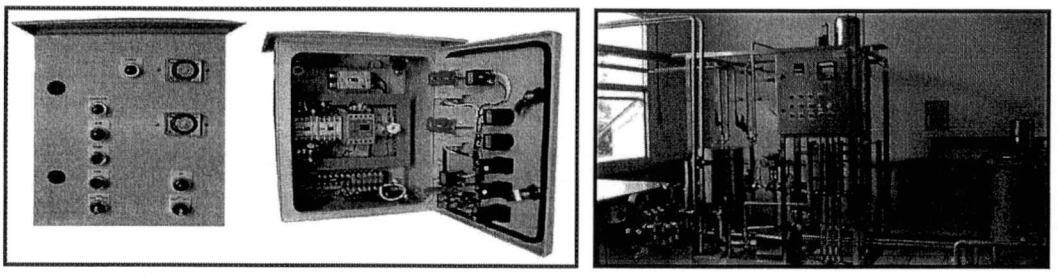
ภาพที่ 3.25 ลักษณะการติดตั้งปั๊ม (ก) มีฝาสแตนเลสครอบตัวปั๊ม (ข) ติดตั้งปั๊มใต้ถังซึ่งห่างจากขอบถัง 15 เซนติเมตร สูงจากพื้น 3 เซนติเมตร (ค) ลักษณะการติดตั้งปั๊มที่ถูกสุขลักษณะ

ปั๊มมีความสำคัญในกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ ในด้านของการส่งวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์จากบริเวณหนึ่งไปอีกบริเวณหนึ่งในกระบวนการ การติดตั้งปั๊มจึงควรติดตั้งให้อยู่ห่างจากบริเวณใต้ถัง และควรมีฝาครอบตัวปั๊มเพื่อให้ง่ายต่อการดูแลรักษาและทำความสะอาด อีกทั้งเป็นการป้องกันการปนเปื้อนหรือสะสมจากสิ่งสกปรก

3.4 การวิเคราะห์การออกแบบตู้ควบคุมและแนวทางแก้ไขตามหลักสุขลักษณะ

ตู้ควบคุม คือ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับควบคุมกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งให้ดำเนินไปตามที่ต้องการ (ก) ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ชุดวงจรควบคุม อุปกรณ์แสดงผล และอุปกรณ์ปรับค่าดังภาพที่ 3.26 (ก) เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญ ดังรูป 3.26 (ข) เนื่องจากเป็นตัวควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามความต้องการ และปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์

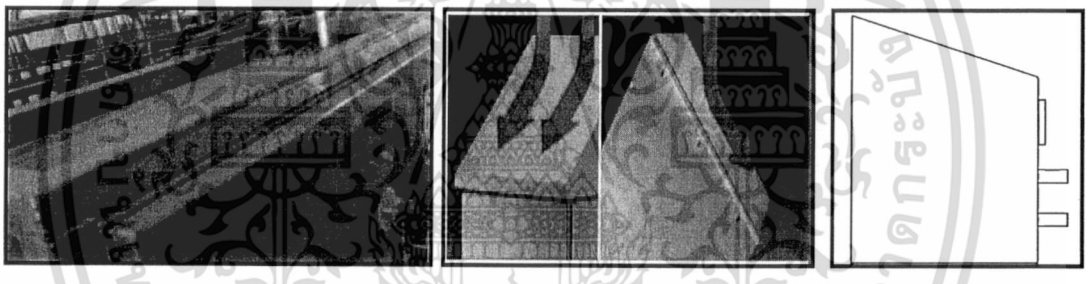
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

ภาพที่ 3.26 ตู้ควบคุม (ก) ส่วนประกอบภายในตู้ควบคุม (ข) ตู้ควบคุมในกระบวนการ

ตู้ควบคุมด้านบนมีพื้นผิวราบเรียบ ไม่มีความลาดเอียง ทำให้เกิดการสะสมของฝุ่นละออง และเนื่องจากตำแหน่งของตู้ควบคุมอยู่สูงจึงยากต่อการทำความสะอาด ดังภาพที่ 3.27 (ก) ซึ่งเป็นการออกแบบที่ไม่ถูกสุขลักษณะเนื่องจากการออกแบบที่ถูกสุขลักษณะ ควรออกแบบด้านบนให้ลาดเอียงเพื่อไม่ให้เกิดการสะสมของฝุ่นละอองได้ ดังภาพที่ 3.27 (ข) (Lelieveld et al., 2006)



(ก) (ข)

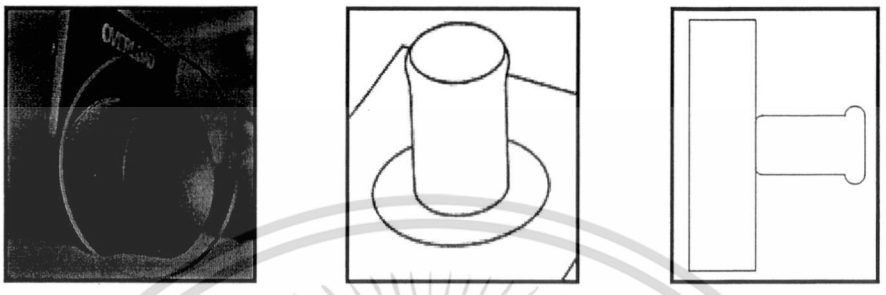
ภาพที่ 3.27 ตู้ควบคุม (ก) ลักษณะของตู้ควบคุม (ข) การออกแบบตู้ควบคุมให้ถูกหลักสุขลักษณะ

บริเวณด้านล่างรอบ ๆ สวิตซ์ปุ่มกดมีผิวขรุขระทำให้เกิดการสะสมของฝุ่นละอองและเชื้อจุลินทรีย์ เป็นการออกแบบที่ไม่ถูกสุขลักษณะดังภาพที่ 3.28 (ก) เนื่องจากการออกแบบที่ถูกสุขลักษณะ ควรออกแบบให้ป้องกันการปนเปื้อน และสามารถทำความสะอาดได้ ดังภาพที่ 3.28 (ข) (Lelieveld et al., 2006) โดยมีแนวทางการแก้ไข 2 แนวทางดังนี้

แนวทางที่ 1 ควรเปลี่ยนสวิตซ์ใหม่ ให้มีลักษณะเป็นขอบมน ไม่มีผิวขรุขระ ดังภาพที่ 3.28 (ค) ข้อเสียของแนวทางที่ 1 คือ สวิตซ์แบบใหม่นั้นไม่มีผิวขรุขระทำให้มีแรงเสียดทานระหว่างมือผู้ใช้งานกับตัวสวิตซ์น้อยจึงยากต่อการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวทางที่ 2 ควรมีการทำความสะอาดบริเวณสวิตซ์อย่างน้อยชั่วโมงละ 1 ครั้ง เพื่อป้องกันสะสมของเชื้อจุลินทรีย์หรือฝุ่นละออง และทำความสะอาดสวิตซ์ก่อนและหลังกระบวนการผลิต



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 3.28 สวิตซ์ปุ่มกด (ก) ลักษณะสวิตซ์ปุ่มกด (ข) การออกแบบสวิตซ์ปุ่มกดให้ถูกหลักสุขลักษณะ (ค) แนวทางการออกแบบสวิตซ์ปุ่มกด

ตู้ควบคุมเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญในกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ ในส่วนของการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ตู้ควบคุมมีการสัมผัสจากผู้ปฏิบัติงานอยู่เสมอ ดังนั้น จึงควรมีการออกแบบเพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งปนเปื้อนต่าง ๆ รวมทั้งการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ เน้นการทำความสะอาดและบำรุงรักษาง่ายเพื่อความสะดวกในการปฏิบัติงาน

3.5 การวิเคราะห์การติดตั้งเครื่องมือวัดและแนวทางแก้ไขตามหลักสุขลักษณะ

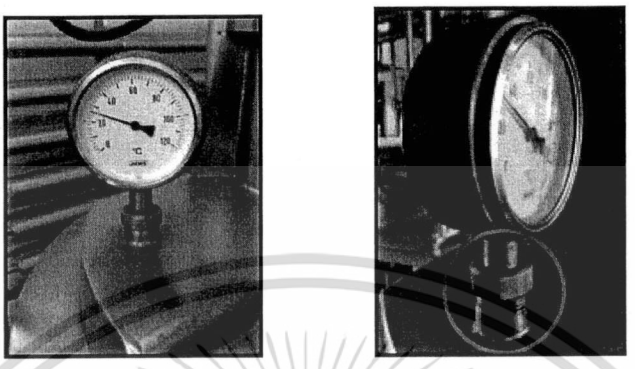
เครื่องมือวัด เป็นอุปกรณ์ที่ใช้แสดงปริมาณทางกายภาพเช่น อุณหภูมิ แสง เสียง เป็นต้น ให้ออกมาในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ทางกล ทางไฟฟ้า เป็นต้น เพื่อรู้ หรือเพื่อควบคุมปริมาณทางกายภาพเหล่านั้น เครื่องมือวัดในกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ส่วนใหญ่เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความดัน เพราะค่าของอุณหภูมิและความดันมีผลต่อผลิตภัณฑ์ในด้านการฆ่าเชื้อแบคทีเรียในผลิตภัณฑ์ การควบคุมค่าอุณหภูมิและความดันนั้นเครื่องมือวัดเป็นตัวส่งปริมาณทางกายภาพเหล่านั้นในรูปของสัญญาณไปให้ระบบควบคุมเพื่อควบคุมกระบวนการให้ดำเนินไปตามที่ต้องการ

การติดตั้งเครื่องมือวัดในกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์นั้นมีผลต่อการส่งสัญญาณในการควบคุม และอาจทำให้เกิดจุดอับ เป็นสาเหตุให้เกิดการปนเปื้อนของวัตถุดิบ และการสะสมของจุลินทรีย์

เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบเกจวัดแต่ละตัวมีปลอกแสตนเลสเพื่อสวมฐานเกจให้ติดกับถังโดยเชื่อมปลอกติดกับถัง และเชื่อมต่อฐานของเกจวัดกับปลอกแสตนเลส ด้วยเกลียวสแตนเลส ดังภาพที่ 3.29 (ก) ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

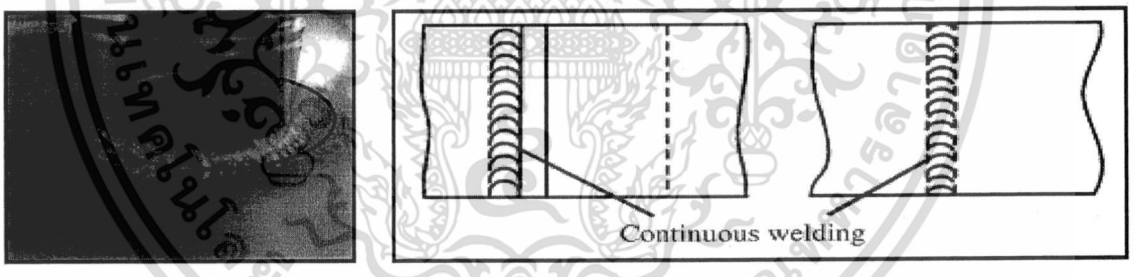
ติดตั้งอยู่ปริเวณขอบของฝาถังที่ปิดอย่างถาวร โดยเกลียวสแตนเลสมีคราบน้ำมันเกาะบริเวณเกลียวดังภาพที่ 3.29 (ข)



(ก) (ข)

ภาพที่ 3.29 เครื่องมือวัด

รอยเชื่อมระหว่างปลอกแสตนเลสกับฝาปิดถัง มีความขรุขระ ไม่เรียบ ดังภาพที่ 3.30 (ก) ซึ่งเป็นการออกแบบที่ไม่ถูกต้องตามหลักสุขลักษณะ เนื่องจากรอยเชื่อมที่ถูกหลักสุขลักษณะต้องมีผิวที่เรียบไม่ขรุขระ เพื่อป้องกันการสะสมของฝุ่นละอองและเชื้อจุลินทรีย์ ดังภาพที่ 3.30 (ข) (Lelieveld et al., 2006)

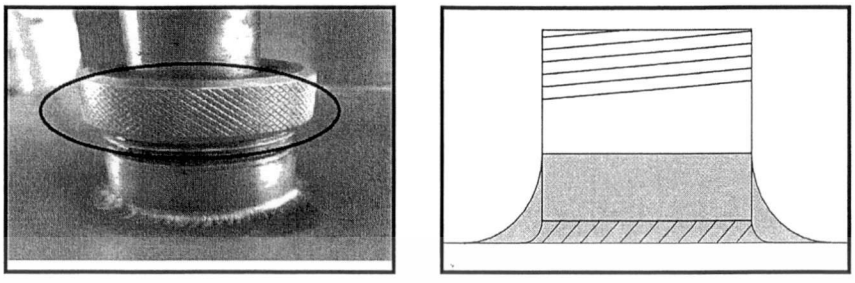


(ก) (ข)

ภาพที่ 3.30 (ก) รอยเชื่อมระหว่างปลอกสวมเกจวัดกับฝาปิดถัง (ข) ของรอยเชื่อมที่ถูกหลักสุขลักษณะ

บริเวณเกลียวที่ติดกับถังมีน้ำมันหล่อลื่นไหลรั่วออกภายนอก อาจปนเปื้อนสู่ผลิตภัณฑ์ได้ ซึ่งเป็นการออกแบบที่ไม่ถูกสุขลักษณะ เพราะ อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำมันสู่วัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ในระหว่างกระบวนการได้ ดังภาพที่ 3.31 (ก) ควรมีการซีลปิดรอยด้วยยางหรือแผ่นสแตนเลสให้มีความลาดเอียงเพื่อป้องกันการเกิดมุมอับ ไม่ให้ฝุ่นหรือสิ่งปนเปื้อนอื่น ๆ สะสม ดังภาพที่ 3.31 (ข) นอกจากนั้นควรมีการบำรุงรักษาเกลียวเลือกใช้และเติมน้ำมันหล่อลื่นอย่างถูกวิธีเพื่อป้องกันการเกิดสนิม และป้องกันการปนเปื้อนของน้ำมันสู่ผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



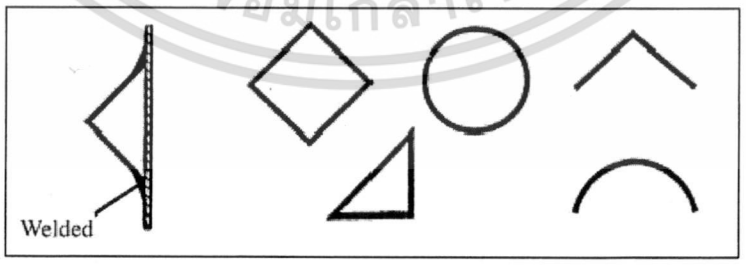
(ก) (ข)

ภาพที่ 3.31 บริเวณเกลียวที่ติดกับถัง (ก) เกลียวที่ติดกับถังมีน้ำมันหล่อลื่นรั่วออกภายนอก (ข) แนวทางการออกแบบที่ถูกสุขลักษณะ

การติดตั้งเครื่องมือวัดในกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ ควรเลือกติดตั้งในบริเวณที่เหมาะสม และควรมีการซีลรอยเชื่อม หรือเติมน้ำมันหล่อลื่นเกรดอาหารและถูกวิธีเพื่อเป็นการบำรุงรักษาเครื่องมือวัดอุณหภูมิให้มีประสิทธิภาพอยู่เสมอ ส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ

3.6 การวิเคราะห์การออกแบบโครงประกอบและแนวทางแก้ไขตามหลักสุขลักษณะ

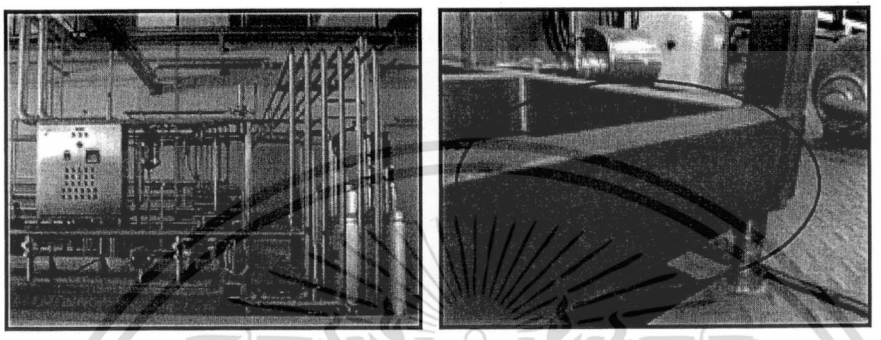
โครงประกอบที่รองรับอุปกรณ์ต่าง ๆ ควรสร้างในลักษณะสี่เหลี่ยมกลวงหรือทรงกระบอก บริเวณปลายของโครงประกอบควรปิดสนิทโดยการเชื่อม หรือครอบด้วยฝาครอบพลาสติก การออกแบบโครงประกอบนั้นต้องคำนึงถึงแรงสั่นสะเทือน เนื่องจากโครงประกอบนั้นได้รับแรงสั่นสะเทือนอย่างต่อเนื่องอาจทำให้เกิดรอยแตกขนาดเล็กได้ สำหรับการติดตั้งโครงประกอบในแนวตั้งสามารถใช้โครงประกอบที่มีลักษณะพื้นที่หน้าตัดแบบใดก็ได้ ส่วนการติดตั้งโครงประกอบในแนวนอนควรออกแบบให้ไม่เป็นการสะสมของฝุ่น และสามารถทำความอาดได้ง่าย ควรออกแบบให้มีลักษณะพื้นที่หน้าตัด ดังภาพที่ 3.32



ภาพที่ 3.32 ลักษณะพื้นที่หน้าตัดแบบต่าง ๆ ที่ถูกหลักสุขลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงประกอบของกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ วัสดุที่ใช้ทำตัวโครงทำมากจากแสเตนเลสที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ต่อเป็นโครงขึ้นมาเพื่อติดตั้ง ถังรักษาระดับ ปั๊ม ตู้ควบคุม เครื่องมือวัด และระบบท่อดังภาพที่ 3.33 (ก) รอยต่อโครงประกอบบริเวณมุมเชื่อมติดกันอาจเกิดการสะสมของฝุ่นละอองและมีโอกาสเกิดการสะสมของเชื้อแบคทีเรียซึ่งเป็นการออกแบบที่ไม่ถูกสุขลักษณะ ดังภาพที่ 3.33 (ข)

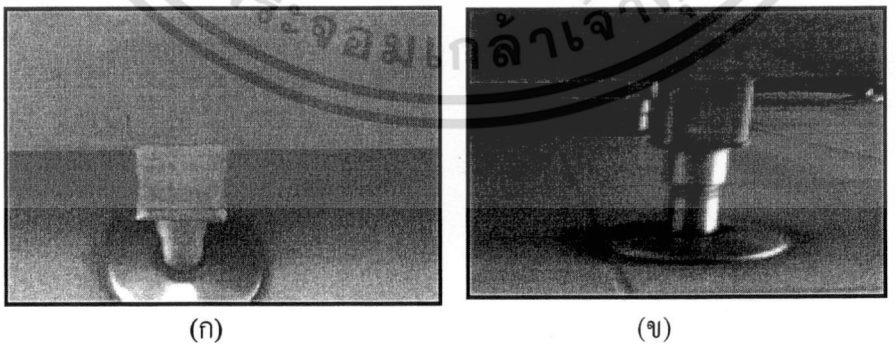


(ก) (ข)

ภาพที่ 3.33 โครงประกอบ (ก) โครงประกอบกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ (ข) ฐานของโครงประกอบ

3.7 การวิเคราะห์การออกแบบพื้นยกระดับและแนวทางแก้ไขตามหลักสุขลักษณะ

ในบางกระบวนการผลิตมีการยกระดับพื้นขึ้นมา เพื่อความสะดวกในการติดตั้งอุปกรณ์ เครื่องมือของกระบวนการนั้น และเพื่อแบ่งสัดส่วนของกระบวนการผลิตให้ชัดเจน การยกระดับพื้นในกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ มีการยกระดับพื้นความสูง 15 เซนติเมตร บริเวณขาเกิดจุดอับขึ้นระหว่างฐานของพื้นที่ยกระดับกับพื้นราบ ดังภาพที่ 3.34 (ก) ในการออกแบบที่ถูกสุขลักษณะควรยกระดับพื้นให้สูงอย่างน้อย 30 เซนติเมตรเพื่อให้ง่ายต่อการทำความสะอาด ดังภาพที่ 3.34 (ข)

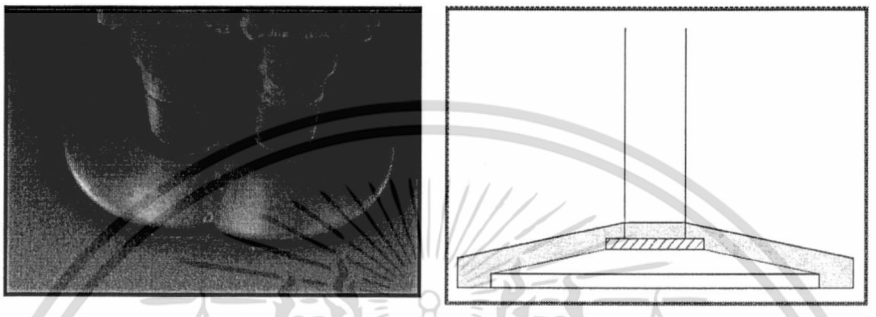


(ก) (ข)

ภาพที่ 3.34 ลักษณะของการยกระดับพื้น (ก) มุมของฐาน (ข) การยกระดับพื้นที่ถูกสุขลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฐานของพื้นที่ยกระดับมีรอยการซีลยึดติดกับพื้นขรุขระ ไม่ราบเรียบ เกิดพื้นที่เล็กยากต่อการทำความสะอาด อาจเป็นที่สะสมของฝุ่น หรือเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ ดังภาพที่ 3.35 (ก) บริเวณพื้นราบที่เกิดมุมอับควรหาวัสดุมาซีลปิดมุมให้สนิท หลีกเลี่ยงการทำให้เกิดมุมฉากหรือมุมแหลมซึ่งยากต่อการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อโรค ดังภาพที่ 3.35 (ข)



(ก) (ข)

ภาพที่ 3.35 การซีลฐานของพื้นที่ยกระดับ (ก) ฐานพื้นที่ยกระดับ (ข) ฐานของพื้นยกระดับที่ถูกสุขลักษณะ

การยกระดับพื้นนั้น ถ้ามีการยกระดับไม่เหมาะสมทำให้เกิดความลำบากในการปฏิบัติงานรวมถึงยากต่อการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อโรค นอกจากนั้นในการออกแบบควรพิจารณาถึงการเกิดมุมอับและทำการแก้ไข โดยการซีลปิดช่องหรือมุมอับนั้นให้สนิทป้องกันการสะสมของสิ่งสกปรกและเชื้อโรคต่าง ๆ

การแปรรูปอาหารเหลวโดยกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์เป็นวิธีการฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อน มีส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ ระบบท่อปิด ถังบรรจุ เครื่องมือวัด และเซนเซอร์ชนิดต่าง ๆ หากมีการออกแบบระบบที่ไม่ถูกสุขลักษณะแล้ว อาจทำให้อาหารติดค้างในระบบท่อ และมีจุดที่สารทำความสะอาดไม่สามารถเข้าไปทำความสะอาดได้ทั่วถึง ส่งผลให้เกิดการสะสมของอาหารจนเป็นแหล่งเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ จากการวิเคราะห์ พบว่า เกณฑ์ที่ใช้สำหรับการออกแบบระบบพาสเจอร์ไรซ์ ได้แก่ รอยเชื่อม การติดตั้งอุปกรณ์ การระบายน้ำทิ้ง วัสดุ และโครงสร้างของอุปกรณ์ ซึ่งเป็นเกณฑ์สำคัญที่สามารถนำไปใช้ประเมินจุดเสี่ยงของระบบฆ่าเชื้อ หรือประกอบการตัดสินใจในการออกแบบระบบ เป็นต้น

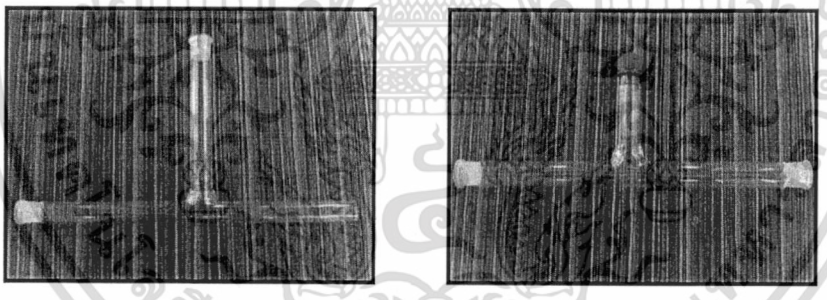
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดสอบการไหลของของเหลวในระบบท่อ

การทดสอบการไหลของของเหลวในระบบท่อ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการไหลของของเหลวที่มีผลต่อการออกแบบระบบท่อปิดสำหรับกระบวนการแปรรูปอาหารเหลวแบบพาสเจอร์ไรซ์ที่ถูกสุขลักษณะ ซึ่งมีขั้นตอนดำเนินการดังนี้ การสร้างชุดทดลอง การศึกษาลักษณะการไหลของของเหลวในจุดอับที่มีระดับความลึกของจุดอับต่างกัน

4.1 การสร้างชุดทดสอบและวิธีการทดสอบ

ชุดทดสอบการไหลของของเหลวในระบบท่อปิดประกอบด้วยอุปกรณ์ ดังนี้ ปั๊มน้ำขนาด 1 แรงม้า (ยี่ห้อ Inorpa) เครื่องปรับความเร็วรอบ (Inverter) ท่อยางซิลิโคนทนความร้อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 32 มิลลิเมตร ท่อแก้วตรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 30 มิลลิเมตร ยาว 270 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชิ้น และท่อแก้วสามทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตรที่มีฝาปิดจำนวน 1 ชิ้นดังแสดงในภาพที่ 4.1 (ก) และไม่มีฝาปิดจำนวน 1 ชิ้น ดังแสดงในภาพที่ 4.1 (ข)



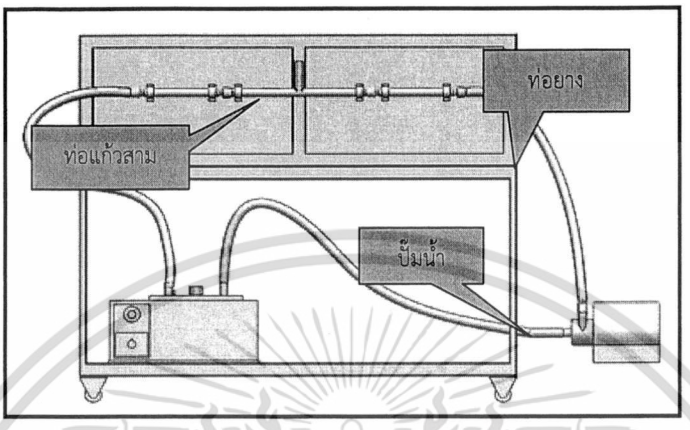
(ก) (ข)

ภาพที่ 4.1 ท่อแก้วสามทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร (ก) มีฝาปิด (ข) ไม่มีฝาปิด

สร้างชุดทดสอบโดยการนำอุปกรณ์ที่กล่าวทั้งหมดติดตั้งบนโครงเหล็กขนาด 0.67 x 1.6 เมตร สูง 1.3 เมตร แบ่งส่วนการติดตั้งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนบนของโครงเหล็ก มีแผ่นอะคริลิคใสยึดติดกับโครงเหล็กเพื่อเป็นฐานสำหรับติดตั้งท่อแก้ว โดยติดตั้งท่อสามทางไว้ตำแหน่งตรงกลาง ปลายของท่อสามทางทั้งสองข้างต่อเข้ากับท่อตรงเพื่อใช้เป็นจุดเชื่อมกับสายยาง และส่วนล่างของโครงเหล็ก ติดตั้งปั๊มน้ำ ซึ่งอุปกรณ์ทั้งสามที่กล่าวมาข้างต้นเชื่อมต่อกันด้วยสายยางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 32 มิลลิเมตร ยาว 2.8 เมตร ดังภาพที่ 4.2 การประกอบท่อแก้วสำหรับการศึกษาลักษณะการไหลของของเหลวในจุดอับที่ระยะจุดอับต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบท่อแก้วดังภาพที่ 4.3 โดยใช้ท่อแก้วสามทางที่มีปลายท่อแก้วด้านหนึ่งติดตั้งก้านลูกสูบไว้เพื่อปรับระดับความลึกของจุดอับ



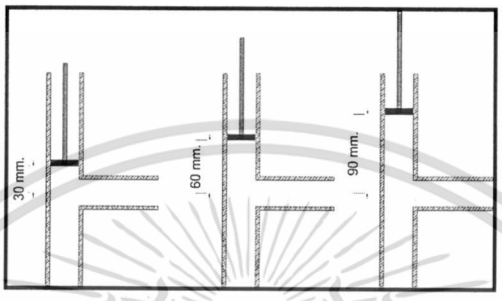
ภาพที่ 4.2 ชุดทดสอบ

ภาพที่ 4.3 การประกอบท่อแก้วไม่มีฝาปิดในลักษณะต่าง ๆ

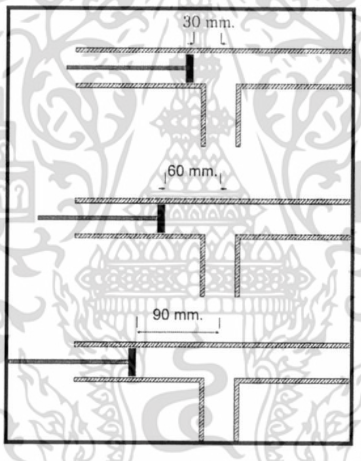
ทดลองโดยเตรียมชุดทดลองและปรับระยะของจุดอับ 3 ระยะ คือ 3 เซนติเมตร 6 เซนติเมตรและ 9 เซนติเมตร ดังภาพที่ 4.4 ท่อแก้วสามทางมีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 4.3 จากนั้นนำเม็ดสาคูไปต้มและย้อมสีดังภาพที่ 4.5 เพื่อทำให้เม็ดสาคูไม่ละลายเมื่อโดนน้ำ และเพื่อง่ายต่อการสังเกตการเคลื่อนที่ของเม็ดสาคูได้ชัดเจนขึ้น เมื่อเตรียมเม็ดสาคูเสร็จแล้วก็นำไปใส่น้ำที่เตรียมไว้ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ เปิดปั๊มน้ำให้น้ำไหลผ่านชุดทดลองโดยใช้เครื่องมือปรับความเร็วรอบในการควบคุมอัตราการไหลของน้ำ บันทึกภาพลักษณะการไหลภายในจุดอับ ด้วยกล้องดิจิตอล (ยี่ห้อ SONY รุ่น Exmor R 10.2 mega pixels) ทำการทดลองที่อัตราการไหลของน้ำ 3 อัตราการไหล คือ 0.14 0.19 และ 0.23 ลิตรต่อวินาที ตามลำดับในแต่ละระยะของจุดอับ เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดำเนินการครบทุกขั้นตอนแล้วให้เปลี่ยนทิศทางการไหลของน้ำให้ไหลในทิศตรงข้ามกับการทดลองแรก เพื่อดูผลของทิศทางการไหลที่มีต่อการเคลื่อนที่ของเม็ดสาคู แล้วทดลองเช่นเดียวกับที่กล่าวมาข้างต้น จากนั้นนำภาพที่บันทึกได้มาวิเคราะห์ลักษณะการไหลของจุดอับในรูปแบบต่าง ๆ พร้อมทั้งจัดทำวีดีทัศน์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของจุดอับและลักษณะการไหลภายในจุดอับในรูปแบบต่าง ๆ

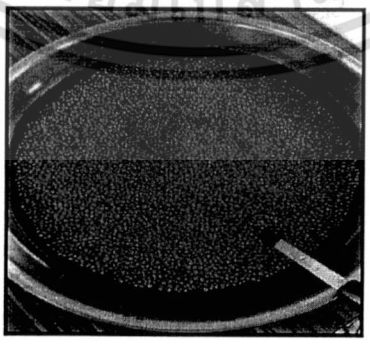


(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.4 รูปแบบท่อสามทางที่เตรียมกับระยะจุดอับที่จะทดสอบ



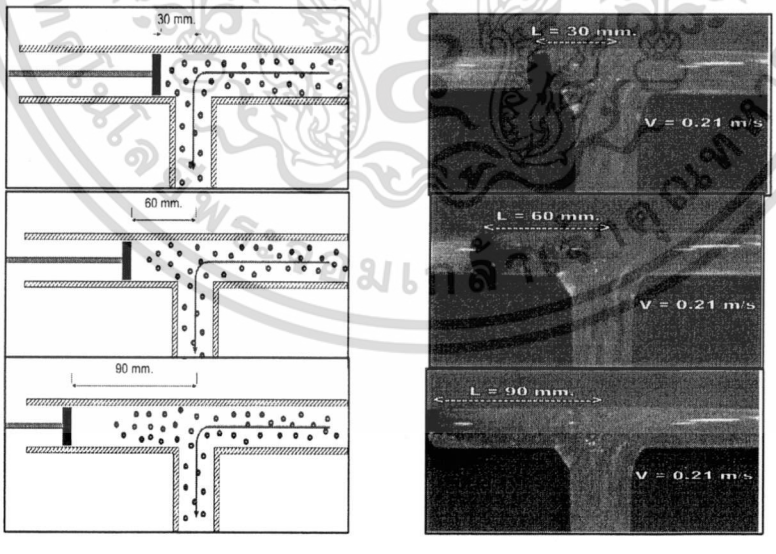
ภาพที่ 4.5 เม็ดสาคูที่ผ่านการต้มและย้อมสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดสอบ

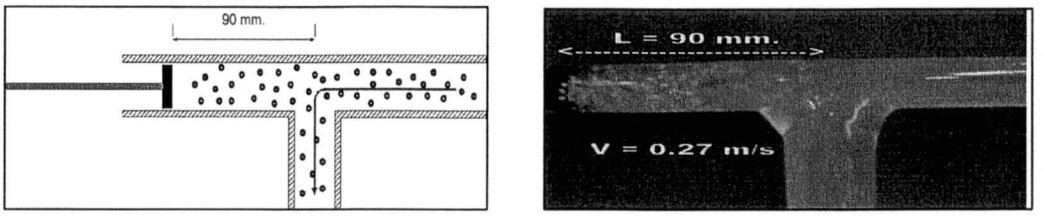
พิจารณาลักษณะการไหลของของไหลภายในท่อส่วนที่เป็นจุดอับที่ระยะความลึกของจุดอับ 30 มิลลิเมตร 60 มิลลิเมตร และ 90 มิลลิเมตร พบว่า เมื่อระยะจุดอับเพิ่มขึ้นปริมาณเม็ดสาคูที่เข้ามาบริเวณปลายจุดอับมีปริมาณน้อยลง (ภาพที่ 4.6) แสดงให้เห็นว่าระยะของจุดอับส่งผลต่อลักษณะการไหลของของไหลภายในจุดอับ โดยระยะของจุดอับที่เพิ่มขึ้นทำให้ของไหลไหลเข้าถึงจุดอับได้ยากขึ้น และเมื่อพิจารณาลักษณะการไหลเมื่อปรับทิศทางการไหล พบว่า ทิศทางการไหลของของเหลวที่ไม่ได้พุ่งเข้าสู่จุดอับโดยตรงทำให้ปริมาณเม็ดสาคูที่เข้ามาบริเวณปลายจุดอับน้อยกว่าทิศทางที่พุ่งเข้าสู่จุดอับโดยตรง (ภาพที่ 4.7 (ก) เทียบกับ (ข) และ (ค) เทียบกับ (ง)) แสดงให้เห็นว่าทิศทางการไหลส่งผลต่อลักษณะการไหลของของไหลภายในจุดอับ โดยทิศทางการไหลที่ไม่ได้ไหลพุ่งเข้าสู่จุดอับโดยตรงทำให้ของไหลไหลเข้าถึงจุดอับได้ยากกว่าทิศทางการไหลที่พุ่งเข้าสู่จุดอับโดยตรง เนื่องจากทิศทางการไหลที่ไม่ได้ไหลพุ่งเข้าสู่จุดอับโดยตรง ของไหลต้องชนกับผิวท่อก่อนเข้าสู่จุดอับจึงส่งผลให้แรงที่ส่งให้ของไหลไหลเข้าสู่จุดอับนั้นลดลง

สำหรับการพิจารณาตำแหน่งของจุดอับ ดังรูป 4.7 พบว่า ที่ทิศทางการไหลของของไหลเหมือนกัน จุดอับที่วางตัวในแนวดิ่งมีปริมาณเม็ดสาคูเข้ามาบริเวณปลายจุดอับน้อยกว่าจุดอับในแนวนอน แสดงให้เห็นว่าตำแหน่งของจุดอับส่งผลต่อลักษณะการไหลของของไหลภายในจุดอับ โดยจุดอับที่อยู่ในแนวดิ่งทำให้ของไหลไหลเข้าถึงจุดอับได้ยากกว่าจุดอับที่อยู่ในแนวนอน (ภาพที่ 4.7 (ก) เทียบกับ (ค) และ (ข) เทียบกับ (ง)) เนื่องจากการไหลของของไหลภายในจุดอับที่อยู่ในแนวดิ่งถูกต้านด้วยแรงโน้มถ่วงโลก

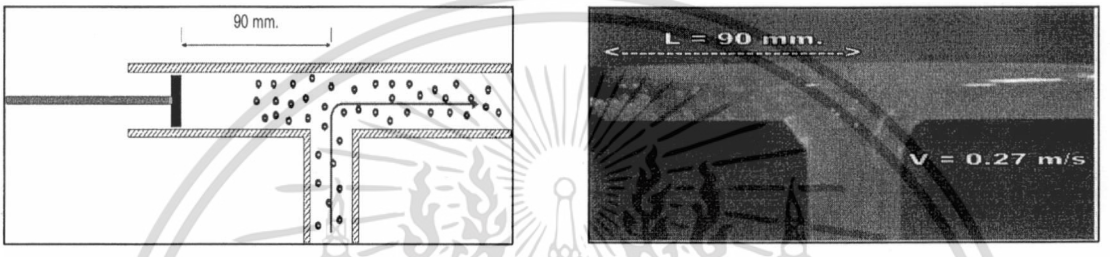


ภาพที่ 4.6 ลักษณะการไหลของของไหลภายในท่อที่เป็นจุดอับ

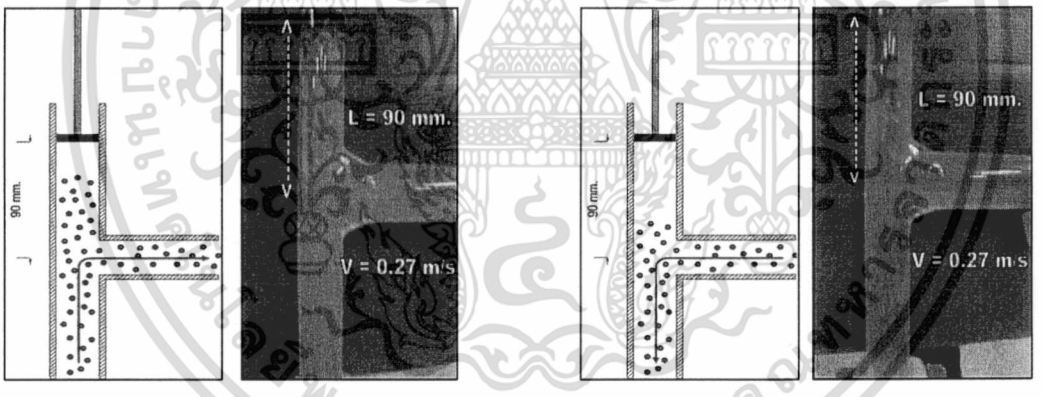
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)



(ค) (ง)

ภาพที่ 4.7 ลักษณะการไหลของของไหลภายในท่อที่เป็นจุดอับลักษณะต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

ระบบพาสเจอร์ไรซ์เป็นระบบการฆ่าเชื้ออาหารเหลวที่นิยมมากในอุสาหกรรม หัวใจสำคัญของกระบวนการฆ่าเชื้อ คือ การทำความสะอาด ในการออกแบบระบบพาสเจอร์ไรซ์ต้องมั่นใจได้ว่า ภายหลังเสร็จสิ้นกระบวนการระบบทุกส่วนได้รับการทำความสะอาดอย่างทั่วถึง อย่างไรก็ตาม บางจุดในระบบถูกมองข้ามในเรื่องสุขลักษณะ ซึ่งอาจก่อให้เกิดจุดเสี่ยงต่อการติดค้างของผลิตภัณฑ์และเป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรค อีกทั้งยังส่งผลให้การทำความสะอาดเข้าถึงได้ยาก จากการวิเคราะห์ระบบพาสเจอร์ไรซ์ พบว่า เกณฑ์การออกแบบตามหลักสุขลักษณะที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ รอยเชื่อม การติดตั้งอุปกรณ์ การระบายน้ำทิ้ง วัสดุและโครงสร้างของอุปกรณ์ เพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์หาจุดเสี่ยงและจุดที่เหมาะสมตามหลักสุขลักษณะและแนวทางแก้ไข จากการวิเคราะห์การออกแบบตามหลักสุขลักษณะ พบว่า ในระบบท่อหลายจุดมีจุดอับซึ่งเป็นจุดเสี่ยงที่ไม่ถูกหลักสุขลักษณะปรากฏอยู่ ดังนั้น หากต้องการเพิ่มโอกาสของสารทำความสะอาดในการทำความสะอาดบริเวณจุดอับได้อย่างทั่วถึง และลดการสูญเสียความร้อน ควรออกแบบจุดอับให้มีระยะสั้น วางตัวในแนวนอน และมีทิศทางการไหลของของไหลพุ่งเข้าหาจุดอับ และจากการทดสอบการไหลของของเหลวในระบบท่อสรุปได้ว่า เมื่อต้องการเพิ่มโอกาสของสารทำความสะอาดในการทำความสะอาดบริเวณจุดอับได้อย่างทั่วถึง ควรติดตั้งท่อที่มีจุดอับวางตัวในแนวนอน และกำหนดให้ทิศทางการไหลของของไหลมีทิศทางพุ่งเข้าหาจุดอับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กองควบคุมอาหาร. 2550. คู่มือการตรวจประเมินสถานที่ผลิตผลิตภัณฑ์นมพร้อมบริโภคชนิดเหลวที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนโดยวิธีพาสเจอร์ไรส์. พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก.

หน่วยเคลื่อนที่เพื่อความปลอดภัยด้านอาหารกองควบคุมอาหาร. 2550."กระบวนการพาสเจอร์ไรส์." ในโครงการวิจัยศักยภาพการเป็นศูนย์เรียนรู้ GMP ของสถานที่ผลิตนมพาสเจอร์ไรส์.หน้า 13-41.

วิไล รังสาดทอง. 2546. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น.

Lelieveld HLM, Mostert MA, Holah J, and White B. 2003. **Hygiene in food processing.** USA: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล ผศ.ดร.นวภัทรา หนูนาค

เพศ ☐ชาย ☑ หญิง วันเดือนปีเกิด 07 กันยายน 2519 อายุ 36 ปี

สถานภาพ ☐ โสด ☑ สมรส

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วศ.บ.	วิศวกรรมเกษตร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า-เจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2542
M.Eng.	Post-Harvest and Food Process Engineering	Asian Institute of Technology	2545
Dr.Nat.tech	Food Technology	University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Austria	2549

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ Food Properties (Mechanical, Optical, Thermal and Textural Properties), Measurement and Instruments in Food Processing, Hygienic Design of Food Processing Equipment

ตำรา

- นวภัทรา หนูนาค และ ทวีพล ซื่อสัตย์. 2555. การวัดและเครื่องมือวัด ประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 316 หน้า

ผลงานวิชาการ

International Journals

- **Nunak N.** and Schleining G. (2011). Instrumental Textural Changes in Raw White Shrimp during Iced Storage. Journal of Aquatic Food Product Technology, 20, 4, 350-360
- Pimpen Pornchaloempong Panmanas Sirisomboon and **Navapattra Nunak**. 2011.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mass-Volume-Area properties of frozen Skipjack tuna. International Journal of Food Properties Available online: 12 Feb 2011

- **N.Nunak** and T.Suesut. (2010). Measuring geometric mean diameter of fruits and vegetables using light sectioning method. Songklanakarin Journal Science Technology
- **Nunak N.** and Schleining G. (2006). A rapid blade cutting method for the evaluation of osmotic dehydration of apples and potatoes. Journal of Texture Studies, 37, 1, 80-92
- Jarimopas B., Nunak T., and **Nunak N.** (2005). Electronic device for measuring volume of selected fruit and vegetables. Postharvest Biology and Technology, 35, 25-31

National Journals

- นวภัทรา หนูนาค และ อมรรัตน์ มุขประเสริฐ, "จลนศาสตร์การถ่ายเทมวลในระหว่างกระบวนการออสโมติคไชโป๊วหวาน", วิศวกรรมสาร มข., ปีที่ 38, ฉบับที่ 1, มกราคม-มีนาคม 2554
- นวภัทรา หนูนาค, "ปัจจัยและกระบวนการเบื้องต้นที่มีผลต่ออัตราการถ่ายเทมวลของชิ้นอาหารในระหว่างกระบวนการออสโมติค", วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ., ปีที่ 32, ฉบับที่ 1, มกราคม-มีนาคม 2552

Selected Proceedings

- **Navaphattra Nunak** and Kiattisak Roonprasang, "Use of Electrical Conductivity to Monitor Gel Forming of Soft-Tofu, Hanoi, Vietnam, 3rd -4th March, 2011
- **Navaphattra Nunak** and Taweepol Suesut, "Design of an Instrument for Concentration Control of Sugar Solution during Osmotic Process", International Conference on Precision Instrumentation and Measurement, Kiryu, Japan, 17th – 20th March, 2010
- **Navaphattra Nunak,** Teerawat Nunak and Taweepol Suesut, "Identification of Thermal Distribution in Liquid during Ohmic Heating Process by Infrared Thermography", International Conference on Precision Instrumentation and Measurement, Kiryu, Japan, 17th – 20th March, 2010
- **Navaphattra Nunak** and Taweepol Suesut, "Evaluation of White Shrimp Freshness during Iced Storage by Computer Vision", International Conference on Precision Instrumentation and Measurement, Kiryu, Japan, 17th – 20th March, 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **Navaphattra Nunak** and Taweepol Suesut, "Fish Species Sorting and Size Estimation using Laser Light Sectioning", International Conference on Precision Instrumentation and Measurement, Kiryu, Japan, 17th – 20th March, 2010
- **Navaphattra Nunak** and Taweepol Suesut, "Electrical Conductivity of Bonito Tuna during Ohmic Thawing", International Conference on Innovations in Agricultural, Food and Renewable Energy Productions for Mankind, Nakhon Ratchasima, Thailand, 1st – 3rd April, 2009
- **Navaphattra Nunak**, Taweepol Suesut, and Sarayut Inthuset, "Fish Size Measurement by Computer Vision using Laser Light Sectioning", International Conference on Innovations in Agricultural, Food and Renewable Energy Productions for Mankind, Nakhon Ratchasima, Thailand, 1st – 3rd April, 2009
- **N.NUNAK** and G.SCHLEINING, "Evaluation of the water transfer in osmotically dehydrated fruit and vegetables using TA-XT2", International Conference on Agricultural, Food and Biological Engineering & Post Harvest/ Production Technology, 21 – 24 January 2007, pp.
- Schleining, G. and **Nunak, N.** A rapid texture measurement method to determine the mass transfer in osmotically dehydrated plant products. In: Pedro Fito and Fidel Toldra: Intrafood 2005: Innovations in Traditional foods, 25-28 October, Valencia; Conference Proceedings, Vol 1, 261-264; Elsevier, London; ISBN 84-9705-880-1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้