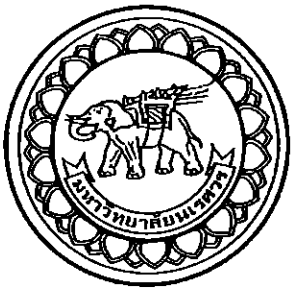


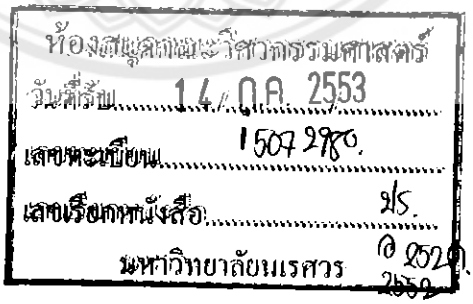
เครื่องล้างไข่สำหรับชุมชนขนาดเล็ก

(Egg Washer for Small Community)

นายอภิชาติ ศรีสุก รหัส 48361257

นายฉันทิชย์ ฉัตรคชรายฎร์ รหัส 48363466

นายชาญวิทย์ วรรณกุล รหัส 48363503



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2552

ใบรับรองโครงงาน

หัวข้อโครงงาน : เครื่องล้างไข่สำหรับชุมชนขนาดเล็ก

(Egg Washer For Small Community)

ผู้ดำเนินโครงงาน : นายอภิชาติ ศรีสุก รหัสนิสิต 48361257

นายฉันทิชย์ ฉัตรคชราษฎร์ รหัสนิสิต 48363466

นายชาญวิทย์ วรรณกุล รหัสนิสิต 48363503

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน : ดร.ศลิษา วีรพันธุ์

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2552

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงงาน

.....ประธานกรรมการ

(ดร.ศลิษา วีรพันธุ์)

.....กรรมการ

(ดร.ภาณุ พุทธวงศ์)

.....กรรมการ

(อ.ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา)

หัวข้อโครงงาน	: เครื่องล้างไข่สำหรับชุมชนขนาดเล็ก	
ผู้ดำเนินโครงงาน	: นายอภิชาติ ศรีสุก	รหัสนิสิต 48361257
	นายฉันทิชย์ ฉัตรคชราษฎร์	รหัสนิสิต 48363466
	นายชาญวิทย์ วรรณกุล	รหัสนิสิต 48363503
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	: ดร.ศลิษา วีรพันธุ์	
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล	
ปีการศึกษา	: 2552	

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องล้างไข่ขึ้นสำหรับชุมชนขนาดเล็ก โดยเน้นให้เครื่องมีหลักการทำงานที่ไม่ซับซ้อน ใช้ต้นทุนต่ำ อุปกรณ์ในการสร้างหาง่าย สามารถทำการบำรุงรักษาได้ง่าย โดยมีขอบเขตในการล้างไข่ประมาณ 90 - 100 ฟองต่อหนึ่งครั้ง หลักการทำงานของเครื่องจะอาศัยฟองอากาศไปทำให้สิ่งสกปรกหลุดออกจากเปลือกไข่ ซึ่งฟองอากาศที่ได้นั้นเกิดจากการพ่นลมลงในน้ำด้วยปั๊มลม โดยก่อนที่จะทำการสร้างเครื่องล้างไข่ได้ต้องอาศัยผลจากการทดสอบเพื่อนำมาเปรียบเทียบหาปัจจัยความเหมาะสมก่อน เช่น ขนาดรูเจาะ ตำแหน่งของรูเจาะ จำนวนของรูเจาะ ลักษณะการวางท่อ ขนาดถัง ขนาดตะแกรงใส่ไข่ ความดันที่เหมาะสม และสารละลายที่จะใช้ผสมน้ำในการล้างไข่ สุดท้ายแล้วข้อมูลที่ได้จากการทดสอบทั้งหมด ทำให้ได้เครื่องล้างไข่ที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ คือ ถังน้ำขนาด ความกว้าง 36 เซนติเมตร ความยาว 43 เซนติเมตร ความสูง 42 เซนติเมตร บรรจุน้ำได้ 50 ลิตร ตะแกรงสำหรับใส่ไข่ ขนาด ความกว้าง 16 เซนติเมตร ความยาว 27 เซนติเมตร ความสูง 5 เซนติเมตร แบ่งเป็นชั้นๆ จำนวน 7 ชั้น บรรจุไข่ได้ 90 – 100 ฟอง แบบท่อพ่นลมเป็นแบบวางในแนวนอน เจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ที่ตำแหน่ง 90° จำนวน 4 รู โดยในการล้างไข่แต่ละครั้งจะใช้ที่ความดัน 15 psi(103.42 kPa) ล้างเป็นเวลาอย่างน้อย 5 นาที ซึ่งไข่ที่ผ่านการล้างด้วยเครื่องล้างที่สร้างขึ้นนี้ไข่นี้ มีความสะอาดเฉลี่ยประมาณ 65.8 %

Project Title	**: Egg washer for small community**	
Name	**: Mr. Apichart Srisuk**	**Code 48361257**
	Mr. Chanthit Chatkodsharat	**Code 48363466**
	Mr. Chawit Wannakul	**Code 48363503**
Project Advisor	**: Dr. Salisa Verapan**	
Major	**: Mechanical Engineering**	
Academic Year	**: 2009**	

Abstract

This is project is designed to create eggs washer for a small community. Westminster is a working principle is simple. Low cost. To create a simple device. To make maintenance easy. The scope of egg washes around 90 to 100 eggs per time. Working principle of a living will cause bubbles to the dirt off from shell eggs. The bubbles that are caused by the blast into the water with compresses air. Prior to working at creating a eggs washer require test results from a comparison to bring before the appropriate factors. E.g. Drill hole size, position of the drill hole, number of drill hole, style piping, cistern size, add egg size grill, appropriate pressure and solution to the mixed water in the egg wash. Last data from the entire test. Made to eggs washer containing equipment is cistern width 36 cm, length 43 cm, high 42 cm. and containing 50 liters of water. Grill for eggs width 16 cm, length 27 cm, high 5 cm. storied class of 7.Containing eggs was 90 – 100 eggs. A blast pipe is a place in the landscape and 2 mm. diameter hole size on the number 4 position of 90°. The eggs in each wash use pressure to 15 psi(103.42 kPa). Clear at least 5 minutes. The egg through the egg wash with detergent to clean the average is 65.8%.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งคณะผู้จัดทำขอขอบคุณบุคลต่อไปนี้ที่ช่วยให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่าน ที่ได้ประสิทธ์ประสาทวิชาความรู้

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ดร.ศลิษา วีรพันธุ์ ที่ได้กรุณาชี้แนะและแนะนำข้อมูลตลอดจนการดูแลเอาใจใส่โครงงานนี้อย่างสม่ำเสมอ จนทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานทุกคน ที่ช่วยระดมความคิดและทำให้โครงงานนี้ไม่เงียบเหงา

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า โครงงาน "เครื่องล้างไข่สำหรับชุมชนขนาดเล็ก" ที่ได้ทำขึ้นมาจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ให้ความสนใจได้ในระดับหนึ่ง และเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไปในอนาคต แต่ถ้าโครงการนี้มีข้อบกพร่องประการใด ทางคณะผู้จัดทำขอน้อมรับนำไปพิจารณาแก้ไขในโอกาสต่อไป

สุดท้ายขอพรอันประเสริฐทั้งหลายจงเกิดกับผู้มีพระคุณทุกท่านดังกล่าว และขอมอบความดีของโครงงานนี้ให้แก่ บิดา มารดา ที่ได้อบรมสั่งสอนเลี้ยงดู ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจให้ตลอดเวลา

นายอภิชาติ ศรีสุก
นายฉันทิชย์ ฉัตรคชราษฎร์
นายชาญวิทย์ วรรณกุล

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองวิศวกรรมเครื่องกล	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูป	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 วิธีดำเนินโครงงาน	3
1.6 งบประมาณ	4
บทที่ 2 หลักและทฤษฎี	5
2.1 ทฤษฎีของไข่	5
2.1.1 โครงสร้างของฟองไข่	6
2.1.2 ขนาด รูปร่าง และสีของฟองไข่	7
2.1.3 ขนาดมาตรฐานของไข่	7
2.2 ทฤษฎีของเครื่องล้างไข่	8
2.2.1 เครื่องล้างไข่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่	8
2.2.2 เครื่องล้างไข่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก	10

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.2.3 เครื่องล้างไข่ที่ใช้ในครัวเรือน	11
2.3 ข้อมูลกลไกการทำความสะอาดไข่	11
2.3.1 การใช้แรงกระทำ	11
2.3.2 การละลาย	12
2.3.3 การชะล้าง	12
2.3.4 การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์	12
บทที่ 3 การพัฒนาเครื่องล้างไข่	13
3.1 หลักการทำงานของเครื่องล้างไข่ที่พัฒนา	13
3.2 ขั้นตอนการทำความสะอาดไข่	14
3.3 ตัวแปรในการทดลอง	14
3.4 การออกแบบการทดลอง	14
3.4.1 การทดสอบเวลาในการล้างไข่ด้วยมือ	15
3.4.2 การทดสอบเพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการหมดอายุของไข่ที่ล้างด้วยสารละลาย	16
3.4.3 การสร้างฟองอากาศ	17
3.4.4 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องล้างไข่	25
3.5 วิธีการหาเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่น และเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของอากาศโดยใช้โปรแกรมExcel	30
3.5.1 การเลือกใช้ข้อมูลสำหรับนำมาวิเคราะห์ผล	30
3.5.2 ขั้นตอนการหาความหนาแน่นของฟองอากาศ	31
3.5.3 ขั้นตอนการหาการกระจายตัวของฟองอากาศ	33

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5.4 การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นและการกระจายตัวของฟองอากาศ	34
บทที่ 4 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์	35
4.1 การทดสอบเวลาในการล้างไข่ด้วยมือ	35
4.1.1 ผลการทดสอบ	35
4.1.2 วิเคราะห์ผลและสรุปผลการทดสอบ	36
4.2 การทดสอบเพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการหมดอายุของไข่ที่ล้างด้วยสารละลายที่แตกต่างกัน	36
4.2.1 ผลการทดสอบ	37
4.2.2 วิเคราะห์ผล สรุปผลการทดสอบ	38
4.3 การทดสอบสำหรับหาแบบท่อพ่นลมที่เหมาะสม	38
4.3.1 การทดสอบเพื่อศึกษาผลที่เกิดจากขนาดของรูเจาะ	38
4.3.2 การทดสอบเพื่อศึกษาผลที่เกิดจากตำแหน่งความสูงของรูเจาะ	41
4.3.3 การทดสอบเพื่อศึกษาผลที่เกิดจากจำนวนของรูเจาะ	44
4.3.4 การทดสอบเพื่อศึกษาผลที่เกิดจากการวางท่อในแนวนอน	48
4.4 การคำนวณและการวิเคราะห์ผลเพื่อหาขนาดของส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องล้างไข่	50
4.4.1 ขนาดของตะแกรง	50
4.4.2 ขนาดของถัง	51
4.5 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องล้างไข่	52

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.5.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของแบบท่อ 52

4.5.2 วิเคราะห์ผลประสิทธิภาพของแบบท่อ 54

4.5.3 สรุปผลการทดสอบ ประสิทธิภาพของแบบท่อ 55

4.5.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องล้างไข่ที่สร้างขึ้น 56

4.5.5 วิเคราะห์ผลประสิทธิภาพของเครื่องล้างไข่ที่สร้างขึ้น 57

4.5.6 สรุปผลประสิทธิภาพของเครื่องล้างไข่ที่สร้างขึ้น 57

4.6 การคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการล้างไข่ 58

4.6.1 การคำนวณหาค่าไฟฟ้า 58

4.6.2 การคำนวณหาค่าน้ำ 58

4.7 ระยะเวลาในการคืนทุน 59

บทที่ 5 สรุปผลการทดสอบ 61

5.1 สรุปส่วนประกอบและคุณสมบัติของเครื่องล้างไข่ที่สร้างขึ้น 61

5.2 สรุปประสิทธิภาพของเครื่องล้างไข่ 61

5.3 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการล้าง 61

ด้วยเครื่องล้างไข่กับการล้างด้วยมือ

5.4 ข้อเสนอแนะ 62

บรรณานุกรม 63

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก 64

ภาคผนวก ก. ตารางบันทึกผลระยะที่พุ่งออกมาของฟองอากาศตามแกน X 65

ภาคผนวก ข. รูปลักษณะของฟองอากาศที่ได้จากการทดสอบการสร้างฟองอากาศ 69

ประวัติผู้จัดทำโครงงาน 104

มหาวิทยาลัยนเรศวร

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1.1 การดำเนินงาน 3

ตาราง 4.1 บันทึกเวลาในล้างไข่ด้วยมือของผู้จัดทำโครงงาน 35

ตาราง 4.2 ข้อมูลเวลาในการล้างไข่ของร้านขายไข่และร้านอาหาร 35

ตาราง 4.3 บันทึกผลระยะเวลาในการหมดอายุของไข่ 37

ตาราง 4.4 บันทึกผลลักษณะของฟองอากาศจากการทดสอบที่ 3.4.3.6.1 38

ตาราง 4.5 บันทึกผลจากการทดสอบที่ 3.4.3.6.1 39

ตาราง 4.6 บันทึกผลลักษณะของฟองอากาศจากการทดสอบที่ 3.4.3.6.2 41

ตาราง 4.7 บันทึกผลจากการทดสอบที่ 3.4.3.6.2 42

ตาราง 4.8 บันทึกผลลักษณะของฟองอากาศจากการทดสอบที่ 3.4.3.6.3 44

ตาราง 4.9 บันทึกผลจากการทดสอบที่ 3.4.3.6.3 45

ตาราง 4.10 บันทึกผลระยะที่พุ่งออกมาของฟองอากาศจากการทดสอบที่ 3.4.3.6.3 46

ตาราง 4.11 บันทึกผลลักษณะของฟองอากาศจากการทดสอบที่ 3.4.3.6.4 48

ตาราง 4.12 บันทึกผลจากการทดสอบที่ 3.4.3.6.4 49

ตาราง 4.13 บันทึกผลเปอร์เซ็นต์ความสะอาดของไข่ที่ใช้ท่อในแนวนอน ที่ตำแหน่งรูเจาะ 0 และ 90 องศา 53

ตาราง 4.14 บันทึกผลเปอร์เซ็นต์ความสะอาดของไข่ที่ผ่านการล้างด้วยเครื่องล้างไข่ที่สร้างขึ้น 56

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 ตัวอย่างไข่ที่มีสิ่งปนเปื้อนติดมากับเปลือกไข่ 1

รูปที่ 2.1 ลักษณะของไข่แต่ละชนิด เช่น ไข่นกกระทา ไข่เป็ด ไข่ไก่ และไข่ห่าน 5

รูปที่ 2.2 โครงสร้างของฟองไข่ 6

รูปที่ 2.3 เครื่องล้างไข่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ 8

รูปที่ 2.4 เครื่องล้างไข่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ 9

รูปที่ 2.5 เครื่องล้างไข่ morsink clean egg ของบริษัท morsink clean egg 10

รูปที่ 2.6 เครื่องล้างไข่รุ่น KF – 200 ของบริษัท Mayer Hachery 11

รูปที่ 3.1 ท่อที่ใช้ในการทดสอบที่ 3.4.3.6.1 17

รูปที่ 3.2 ท่อที่ใช้ในการทดสอบที่ 3.4.3.6.2 และ 3.4.3.6.3 18

รูปที่ 3.3 ท่อที่ใช้ในการทดสอบที่ 3.4.3.6.4 18

รูปที่ 3.4 การต่ออุปกรณ์การทดสอบโดยใช้แบบท่อขนาดรูเจาะ 2 มิลลิเมตร 19

รูปที่ 3.5 การต่ออุปกรณ์การทดสอบโดยใช้แบบท่อขนาดรูเจาะ 4 มิลลิเมตร 20

รูปที่ 3.6 การต่ออุปกรณ์การทดสอบที่ 3.4.3.6.2 21

รูปที่ 3.7 การต่ออุปกรณ์การทดสอบที่ 3.4.3.6.3 22

รูปที่ 3.8 การต่ออุปกรณ์การทดสอบที่ใช้แบบท่อรูเจาะที่ตำแหน่ง 90° 23

รูปที่ 3.9 การต่ออุปกรณ์การทดสอบที่ใช้แบบท่อรูเจาะที่ตำแหน่ง 0° 24

รูปที่ 3.10 ไข่ที่มีสิ่งสกปรกติดอยู่ที่เปลือกไข่จำนวน 100 ฟอง 26

รูปที่ 3.11 ท่อแบบรูเจาะ 0° 26

รูปที่ 3.12 ท่อแบบรูเจาะ 90° 26

รูปที่ 3.13 ตะแกรงที่บรรจุไข่เรียบร้อยแล้วสำหรับการล้าง 27

รูปที่ 3.14 การต่ออุปกรณ์ทั้งหมดในการล้างไข่ 27

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.15 รูปความสะอาดของไข่สำหรับเปรียบเทียบกับไข่ที่ผ่านการล้างจากเครื่องล้างไข่ 28

รูปที่ 3.16 ไข่ที่มีสิ่งสกปรกติดมาจากฟาร์ม 29

รูปที่ 3.17 รูปถ่ายการคลอง 3.4.3.6.1 ที่ใช้แบบท่อรูเจาะ 2 มิลลิเมตร ที่ความดัน 5 psi 30

รูปที่ 3.18 การเลือกรูปเพื่อนำมาคำนวณ 31

รูปที่ 3.19 รูปที่ได้ทำการแบ่งเป็นเซลล์ขนาด 30 × 31 31

รูปที่ 3.20 การกำหนดตัวเลขเพื่อกำหนดความเข้มของสี 32

รูปที่ 3.21 รูปที่ทำการกำหนดความหนาแน่นด้วยตัวเลขเรียบร้อยแล้ว 33

รูปที่ 3.22 การใช้คำสั่งเพื่อหาเซลล์ที่มีค่าตั้งแต่ 0 – 2 34

รูปที่ 4.1 ขนาดเฉลี่ยของไข่เบอร์0 50

รูปที่ 4.2 พื้นที่สำหรับใส่ไข่ 1 ฟอง 50

รูปที่ 4.3 ตะแกรงสำหรับใส่ไข่ 51

รูปที่ 4.4 ถังน้ำ 51

รูปที่ 4.5 อุปกรณ์ทั้งหมดของเครื่องล้างไข่ 52

รูปที่ 4.6 เครื่องล้างไข่ที่ทำการประกอบอุปกรณ์แล้ว 52

รูปที่ 4.7 ไข่ที่ผ่านการล้างของการวางท่อแนวนอน ตำแหน่งรูเจาะที่ 0° 52

รูปที่ 4.8 ไข่ที่ผ่านการล้างของการวางท่อแนวนอน ตำแหน่งรูเจาะที่ 90° 52

รูปที่ 4.9 จำนวนความสะอาดของไข่ที่ใช้ท่อรูเจาะที่ตำแหน่ง 0° ที่เวลาต่างๆ 54

รูปที่ 4.10 จำนวนความสะอาดของไข่ที่ใช้ท่อรูเจาะที่ตำแหน่ง 90° ที่เวลาต่างๆ 54

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.11 การเปรียบเทียบจำนวนความสะอาดของไข่ระหว่างแบบท่อรูเจาะที่ตำแหน่ง 0° และ 90° 55

รูปที่ 4.12 การเปรียบเทียบความสะอาดของไข่ระหว่างก่อนล้างและหลังล้าง 57

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ไข่เป็นผลผลิตอีกชนิดหนึ่งที่ได้จากสัตว์ปีกจำพวกไก่และเป็ด เป็นต้น ซึ่งมีความสำคัญในแง่ที่ใช้เป็นอาหารของมนุษย์ มนุษย์รู้จักการบริโภคไข่มาหลายพันปีแล้วซึ่งปัจจุบันก็ยังคงบริโภคไข่กันอย่างแพร่หลายทั้งการบริโภคแบบไข่สดและไข่แปรรูป ไข่เป็นอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ใช้ประกอบอาหารได้ง่าย หาซื้อได้ง่ายและราคาถูกเมื่อเทียบกับอาหารประเภทอื่น แต่บ่อยครั้งจะพบว่าไข่ที่นำมาประกอบอาหารนั้นมีสิ่งสกปรกปนเปื้อนมากับเปลือกไข่ ไม่ว่าจะเป็นเศษดิน เศษหญ้าหรือคราบอุจจาระ ดังแสดงในรูปที่ 1.1 สิ่งเหล่านี้ล้วนบ่งบอกว่าไข่มีการปนเปื้อนของเชื้อโรคต่างๆ แม้ว่าไข่จะมีคุณประโยชน์มากเท่าใดแต่ถ้าหากยังบริโภคไข่ที่ไม่สะอาดก็จะทำให้ไม่ได้รับประโยชน์เท่าที่ควร และในทางตรงกันข้ามผู้บริโภคกลับต้องมีสุขภาพที่ไม่ดีและเจ็บป่วยจากการบริโภคไข่ ฉะนั้นการทำความสะอาดไข่ก่อนนำมาบริโภคจึงเป็นสิ่งที่ไม่ควรจะมองข้าม จากการศึกษาพบว่าการล้างไข่ตามชุมชนนั้น ส่วนใหญ่จะนิยมใช้มือล้างซึ่งก็จะไม่เกิดปัญหาขึ้นในกรณีที่ไข่มีจำนวนไม่มาก แต่ในกรณีที่ไข่มีจำนวนมากนั้นทำให้ต้องใช้เวลาในการล้างมาก ถ้าหากมีเครื่องมือที่ช่วยผ่อนแรงในการล้างไข่และช่วยให้ไม่ต้องเสียเวลามาใช้มือล้าง การล้างไข่ก็คงจะสามารถทำได้โดยง่ายและประหยัดเวลาด้วย

รูปที่ 1.1 ตัวอย่างไข่ที่มีสิ่งปนเปื้อนติดมากับเปลือกไข่

ด้วยเหตุนี้ผู้จัดทำโครงการจึงได้ทำการออกแบบเครื่องล้างไข่ขึ้น เพื่อให้ชุมชนได้มีเครื่องล้างไข่ที่ราคาถูกไว้ใช้ สำหรับล้างไข่ให้สะอาดเพื่อการบริโภค อีกทั้งยังเป็นการสร้างลักษณะนิสัยที่ดีในการล้างไข่ก่อนนำมารับประทานให้แก่ผู้บริโภค และให้ผู้ขายไข่ได้มีทัศนคติที่ดีโดยการล้างไข่ให้สะอาดก่อนนำไปขายให้แก่ผู้บริโภค ผู้จัดทำจึงเน้นให้โครงสร้างและการทำงานของเครื่องให้สามารถใช้งานได้ง่าย ทำความสะอาดไข่ได้ทั่วถึง อุปกรณ์ที่นำมาใช้เป็นอุปกรณ์ที่หาได้ง่ายภายในชุมชน ที่เป็นเช่นนี้เพื่อให้สอดคล้องกับวิถีชีวิตแบบพอเพียง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อต้องการให้ผู้บริโภคไข่ในชุมชน ได้บริโภคไข่ที่สะอาดปราศจากสิ่งปนเปื้อน

1.2.2 เพื่อให้ได้เครื่องล้างไข่ที่มีต้นทุนต่ำ ประหยัดเวลาและพลังงานในการทำงาน อุปกรณ์หาได้ง่าย

1.2.3 เพื่อต้องการให้ผู้ขายไข่ในชุมชนได้มีทัศนคติในการนำไข่ที่สะอาด ไปขายให้แก่ผู้บริโภค

1.2.4 เพื่อเป็นเครื่องต้นแบบให้แก่ผู้ที่สนใจใช้ในการศึกษาข้อมูลและพัฒนาต่อ

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

ออกแบบ สร้าง และทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องล้างไข่ ซึ่งสามารถล้างไข่ได้ประมาณครั้งละ 90 – 100 ฟอง และนอกจากนั้นยังล้างไข่เป็ดและไข่ไก่ได้ทุกขนาด เมื่อล้างแล้วมองด้วยตาเปล่าจะมองไม่เห็นสิ่งปนเปื้อนที่มากับไข่

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้เครื่องล้างไข่ที่สามารถสร้างได้ง่าย ประหยัดเวลาในการทำงาน อุปกรณ์ที่ใช้ก็หาได้ง่ายและราคาถูก สำหรับชุมชนไม่ว่าจะเป็นผู้ขายไข่หรือผู้ที่สนใจที่มีเครื่องล้างไข่ไว้ใช้

1.4.2 ผู้บริโภคไข่ในชุมชน ได้บริโภคไข่ที่สะอาด ปราศจากสิ่งปนเปื้อน ถูกสุขลักษณะ

1.4.3 ผู้ขายไข่ในชุมชนได้มีทัศนคติในการนำไข่ที่สะอาด ไปขายให้แก่ผู้บริโภค

1.4.4 สามารถเป็นเครื่องต้นแบบให้แก่ผู้ที่สนใจ

1.5 ระยะเวลาการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 การดำเนินงาน

การดำเนินงาน	2551							2552					2553		
	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค
1. วางแผนงาน	←	→													
2. กำหนดขอบเขตงาน		←	→												
3. เขียนหัวข้อโครงร่างงาน		←	→												
4. ค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อเป็นหัวข้อโครงงาน		←	→												
5. ศึกษาปัญหาร่วมกับอาจารย์ที่ปรึกษา		←						→							
6. ออกแบบทำการทดสอบและวิเคราะห์ผล										←		→			
7. ปรับปรุงเครื่องล้างไข่													←	→	
8. สรุปโครงงาน														←	→

1.6 งบประมาณที่ใช้

1.6.1 ค่าเอกสารและเข้าเล่ม	3,000 บาท
1.6.2 ค่าวัสดุและอุปกรณ์	500 บาท
รวมเป็นเงิน	3,500 บาท

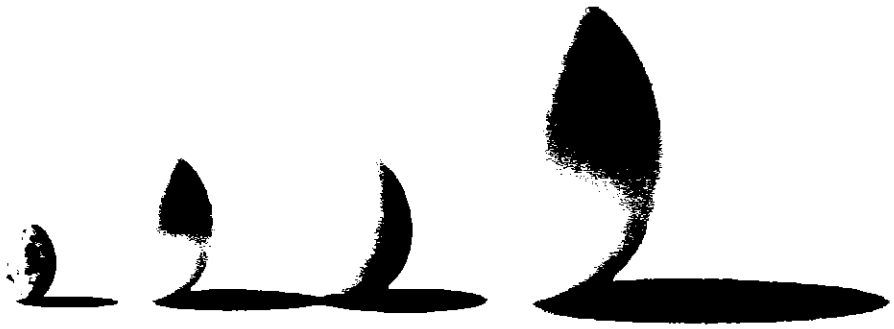
บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

ในการออกแบบเครื่องล้างไข่นั้น เพื่อให้สามารถทำการสร้างเครื่องให้มีประสิทธิภาพที่ดี ล้างไข่ได้ตรงตามเป้าหมายจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาข้อมูลที่เป็นประโยชน์หรือทฤษฎีที่จำเป็นและเกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 ทฤษฎีของไข่

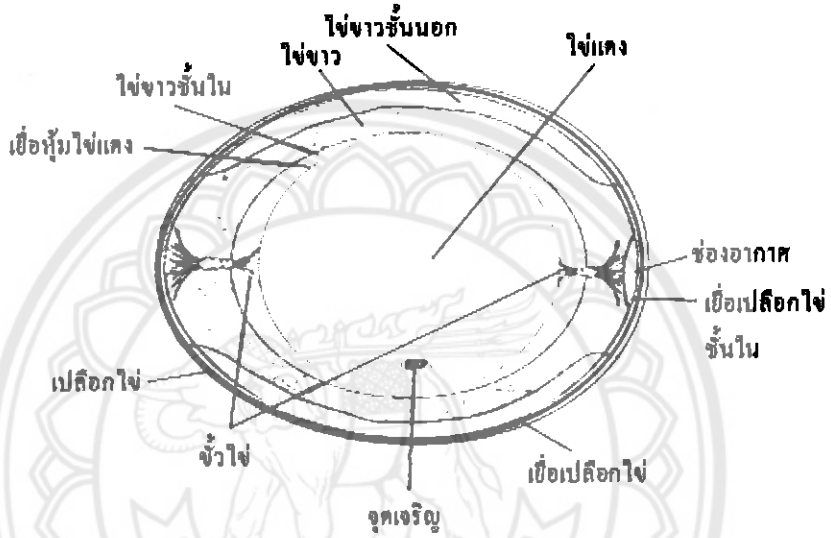
ไข่เป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงมีสารอาหารหลายชนิด เป็นอาหารที่ให้โปรตีนกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย และยังอุดมไปด้วยเกลือแร่และวิตามินอีกหลายชนิด เช่น วิตามินเอ ,บี ,ดี และอี จะเห็นได้ว่าไข่เป็นอาหารที่มีคุณค่ามาก ให้สารอาหารที่เกือบครบถ้วนในขณะที่ราคาถูกกว่าอาหารอื่น ๆ ที่มีคุณค่าทางอาหารเท่ากัน ไข่แบ่งออกได้หลายชนิดไม่ว่าจะเป็น ไข่ไก่ ไข่เป็ด ไข่ห่าน และไข่นกกระทา ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งในการศึกษาทฤษฎีของไข่แต่ละชนิดนั้น จำเป็นที่จะต้องศึกษาคุณสมบัติต่าง ๆ ของไข่ดังนี้



รูปที่ 2.1 ลักษณะของไข่แต่ละชนิด เช่น ไข่นกกระทา ไข่เป็ด ไข่ไก่ และไข่ห่าน

2.1.1 โครงสร้างของฟองไข่

ไข่ที่สมบูรณ์จะมีโครงสร้างที่ประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วน ได้แก่ เปลือกไข่ (Shell) เยื่อเปลือกไข่ (Shell Membrane) ไข่ขาว (Albumen) ไข่แดง (Yolk) และจุดเจริญ(Germinal Disc หรือ Blastoderm) ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของฟองไข่

2.1.1.1 เปลือกไข่

เป็นหินปูนแข็งเรียบติดแน่นอยู่กับเยื่อหุ้มเปลือกชั้นนอก ความหนาของเปลือกไข่จะขึ้นอยู่กับขนาดของไข่ ไข่ฟองเล็กจะมีความหนากว่าไข่ฟองใหญ่ นอกจากนี้ ความหนาของเปลือกไข่ยังขึ้นอยู่กับอาหาร พันธุ์ และฤดูกาลอีกด้วย ส่วนสีของเปลือกไข่มักจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์มากกว่าสิ่งอื่น เปลือกไข่จะมีรูขนาดเล็กที่น้ำและอากาศสามารถผ่านเข้าออกได้ ซึ่งมีประโยชน์โดยเฉพาะการฟองเค็ม น้ำเกลือจะผ่านเข้าทางรูพรุนนี้ได้ ที่ผิวของ เปลือกไข่ที่เพิ่งไข่ใหม่ ๆ จะมีนวลไข่ (cuticle) ทำหน้าที่ป้องกันเชื้อจุลินทรีย์เข้าไปในฟองไข่ได้ เปลือกไข่มีเนื้อเยื่อ 2 ชั้น เมื่อไข่มีอายุนานขึ้นเยื่อทั้ง 2 จะแยกจากกันเกิดเป็นโพรงอากาศ (air cell) ขึ้น ไข่ใหม่ฟองอากาศจะแคบ ส่วนไข่เก่าช่องอากาศจะกว้าง

2.1.2 ขนาดรูปร่าง และสีของฟองไข่

ขนาดของฟองไข่จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น พันธุ์ อายุ อุณหภูมิ น้ำ อาหาร โรงเรือน สภาพการเลี้ยงดู โรค สารเคมี และลำดับของไข่ ในการไข่แต่ละชุดไก่ที่มีอายุน้อยจะให้ไข่ฟองเล็กเมื่อไก่มีอายุมากขึ้นไข่จะฟองโตขึ้น ไข่แต่ละชุดของการไข่นั้น ไข่ฟองแรกจะมีขนาดใหญ่สุด อากาศร้อนไข่จะฟองเล็กเนื่องจากไก่กินอาหารน้อย

2.1.3 ขนาดมาตรฐานของไข่

จุดมุ่งหมายของการตรวจสอบคุณภาพของไข่ก็เพื่อต้องการให้ได้ไข่ที่เป็นไปตามมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ทั้งเนื้อก็เพื่อให้การซื้อขายเป็นไปอย่างยุติธรรม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1.3.1 ขนาดของไข่

โดยปกติการคัดไข่จะทำการคัดด้วยเครื่องคัดไข่ซึ่งทำให้ได้ไข่ที่มีน้ำหนักเท่ากันทุกขนาด โดยจะใช้น้ำหนักเป็นเกณฑ์มาตรฐานดังนี้

มาตรฐานน้ำหนักไข่ของประเทศไทย แบ่งได้ดังนี้

(1) เบอร์ 0 น้ำหนัก 70 กรัม/ฟองขึ้นไป

(2) เบอร์ 1 น้ำหนัก 65 – 70 กรัม/ฟอง

(3) เบอร์ 2 น้ำหนัก 60 – 65 กรัม/ฟอง

(4) เบอร์ 3 น้ำหนัก 55 – 60 กรัม/ฟอง

(5) เบอร์ 4 น้ำหนัก 50 – 55 กรัม/ฟอง

(6) เบอร์ 5 น้ำหนัก 45 – 50 กรัม/ฟอง

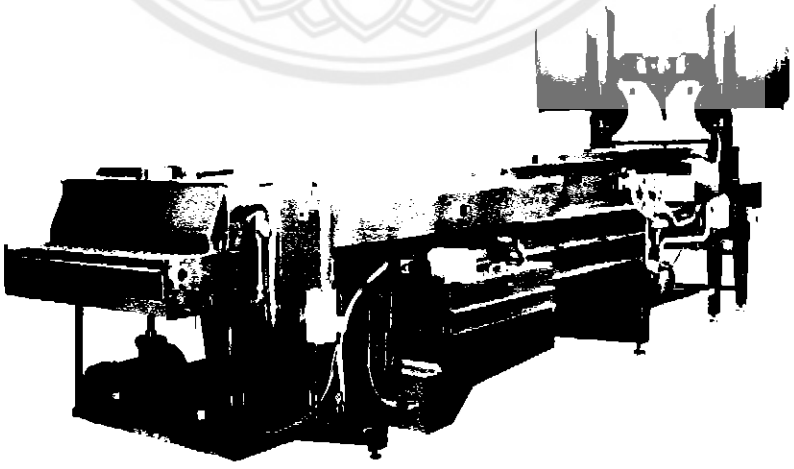
(7) เบอร์ 6 น้ำหนักน้อยกว่า 45 กรัม/ฟอง

2.2 ทฤษฎีของเครื่องล้างไข่

เครื่องล้างไข่เป็นอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในการทำความสะอาดไข่ ไม่ว่าจะเป็นเครื่องล้างไข่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เครื่องล้างไข่ที่ใช้อุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก และเครื่องล้างไข่ที่ใช้ในครัวเรือน ต่างก็มีประโยชน์คือช่วยประหยัดแรงงานคนและประหยัดเวลาในการล้าง ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับความสามารถและคุณภาพของเครื่องล้างไข่นั้นนั้น แต่อาจจะต่างกันก็ตรงที่มีหลักการทำงานไม่เหมือนกัน และจากที่ได้ทำการศึกษาพบว่าในประเทศไทยอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลางยังไม่นิยมใช่เครื่องล้างไข่ ส่วนใหญ่จะนิยมใช้ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ แต่ในต่างประเทศ นอกจากจะมีการใช้เครื่องล้างไข่ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่แล้ว ยังมีการใช้ในอุตสาหกรรมขนาดเล็กและในครัวเรือนอีกด้วย ดังนี้

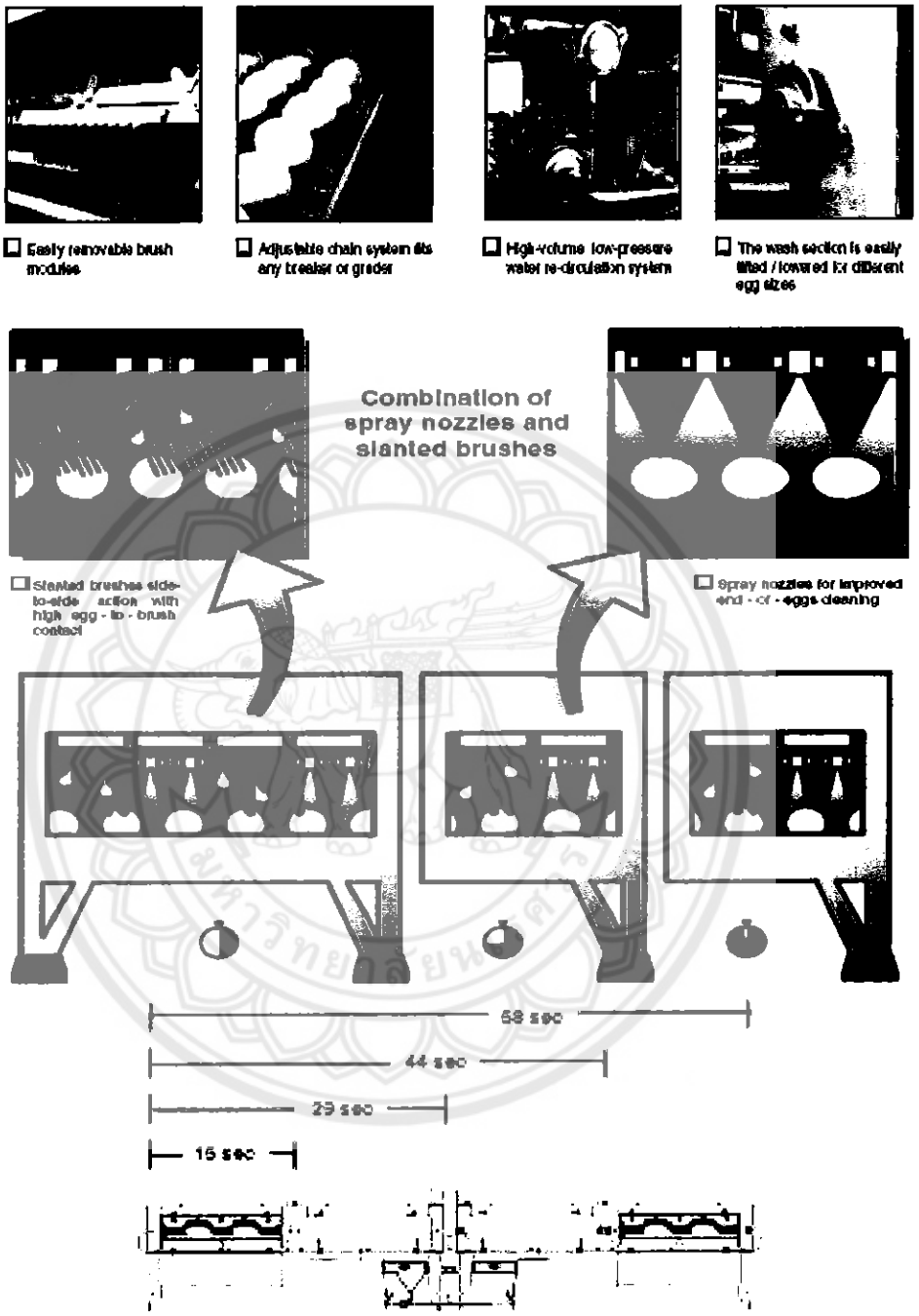
2.2.1 เครื่องล้างไข่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่

เครื่องล้างไข่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่จะเป็นเครื่องที่มีขนาดใหญ่ มีต้นทุนในการผลิตสูง และอัตราการล้างสูง ดังแสดงในรูปที่ 2.3 และ 2.4 โดยมีหลักการทำงานเหมือนกันโดยคร่าว ๆ คือ ไข่ที่ต้องการจะล้างจะถูกลำเลียงเข้าไปในในเครื่อง โดยมีระบบน้ำคอยฉีดพร้อมกับมีแปรงขัด จากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนของการเป่าลมให้แห้ง ในประเทศไทยเครื่องล้างไข่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ส่วนมากนำเข้ามาจากต่างประเทศ



รูปที่ 2.3 เครื่องล้างไข่ทีใช้ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่

รุ่น SB Series สามารถทำการล้างไข่ได้ 360,000 ฟอง / ชั่วโมง เป็นของบริษัท KUHL



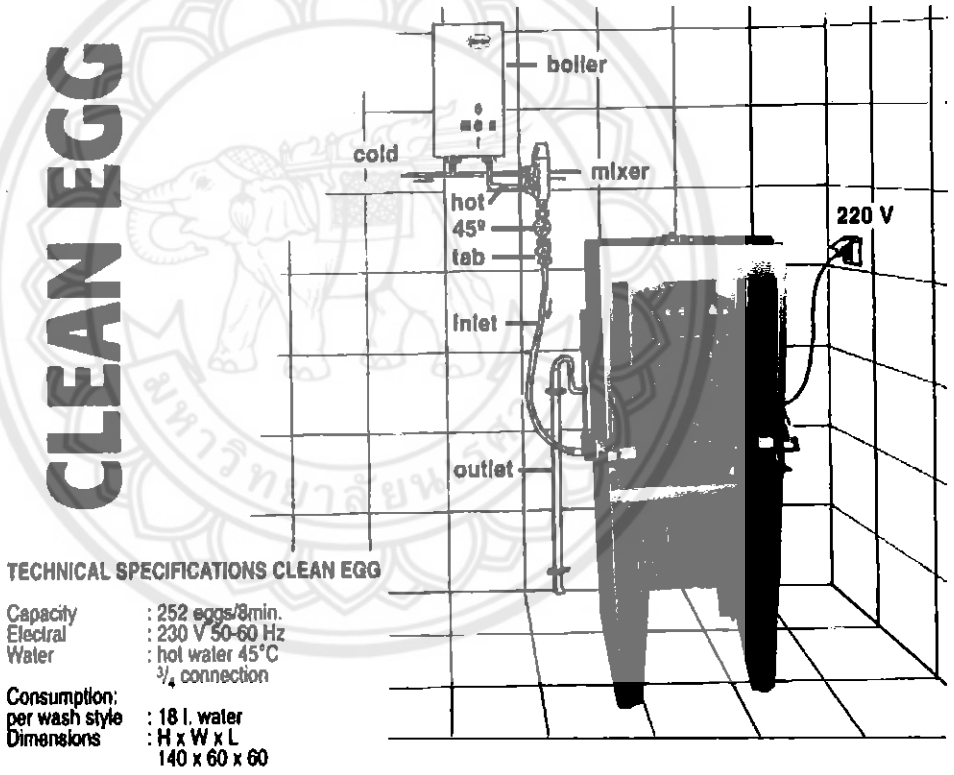
รูปที่ 2.4 เครื่องล้างไข่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่

รุ่น MODULAR EGG WASHER ล้างไข่ได้ในเวลา 58 วินาที

เป็นของบริษัท SANOVOENGINEERING

2.2.2 เครื่องล้างไข่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก

เครื่องล้างไข่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก เป็นเครื่องที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก ต้นทุนไม่สูงมาก มีหลักการทำงานไม่ซับซ้อนเหมือนกับเครื่องที่ใช้ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ในอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็กมีเครื่องล้างไข่ระบบหนึ่งมีการนำน้ำอุ่น 45 องศาผสมกับสารฆ่าเชื้อแบคทีเรีย พ่นใส่ไข่ที่ต้องการทำความสะอาด ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 เครื่องล้างไข่ morsink clean egg ของบริษัท morsink clean egg

2.2.3 เครื่องล้างไข่ที่ใช้ในครัวเรือน

นอกจากนั้นก็ยังมีเครื่องล้างไข่ที่ใช้ภายในบ้าน ดังแสดงในรูปที่ 2.6 มีหลักการทำงานโดยใช้การหมุนของมอเตอร์เป็นแรงขับดันให้เกิดน้ำวนในถัง จากนั้นน้ำในถังจะหมุนผ่านผิวหน้าของเปลือกไข่ทำให้สิ่งสกปรกหลุดออก

รูปที่ 2.6 เครื่องล้างไข่รุ่น KF – 200 ของบริษัท Mayer Hachery

2.3 ข้อมูลกลไกการทำความสะอาด

2.3.1 การใช้แรงกระทำ

2.3.1.1 การขัด ถู เช่น การขัดถูด้วยฟองน้ำ หรือผ้า ซึ่งจะทำให้เกิดการเสียดสีกันระหว่างเปลือกไข่ กับผ้าหรือฟองน้ำซึ่งเป็นวัสดุที่เมื่อโดนน้ำแล้วสามารถดูดซับคราบหรือสิ่งสกปรกจากเปลือกไข่ได้ คล้าย ๆ กับการใช้ผ้าหรือฟองน้ำเช็ดล้างรถ อีกแบบก็คือการออกแบบเครื่องให้มีแปรงขัด ถู ซึ่งจะทำให้เกิดการเสียดสีกันระหว่างขนแปรง และเปลือกไข่ ทำให้สิ่งสกปรกหลุดออกได้

2.3.1.2 การใช้แรงดันน้ำ น้ำเป็นของไหลเมื่อน้ำถูกอัดก็จะทำให้เกิดแรงดัน จากนั้นนำไปพ่นใส่เปลือกไข่ เมื่อน้ำที่มีแรงดัน พุ่งไปสัมผัสกับเปลือกไข่ ก็จะสามารถทำให้สิ่งสกปรกหลุดจากเปลือกไข่ได้ เปรียบได้กับการใช้เครื่องฉีดพ่นน้ำทำความสะอาดอุปกรณ์ หรือ รถ นั่นเอง

2.3.1.3 การใช้มอเตอร์ โดยการติดใบพัดไปหมุนน้ำ น้ำที่ถูกใบพัดหมุนก็จะเคลื่อนที่ตามทิศทางการหมุนของใบพัด ในลักษณะการหมุนเป็นวงกลมไปสัมผัสกับเปลือกไข่แล้วทำให้ไข่สะอาด กลไกนี้จะคล้าย ๆ กับเครื่องซักผ้า แต่สิ่งที่จะทำความสะอาดคือไข่ โดยไข่จะอยู่กับที่

2.3.1.4 การใช้แรงดันลม ก็จะคล้าย ๆ กับการใช้เครื่องเป่าลม ในการเป่าพ่นลมเพื่อที่จะทำความสะอาดอุปกรณ์ หรือเป่าลมเพื่อขจัดเศษหรือฝุ่นออกจากอุปกรณ์หรือสถานที่

2.3.2 การละลาย

โดยการทำให้สารตกค้างหรือสิ่งปนเปื้อนละลายในตัวทำละลาย ซึ่งชนิดตัวทำละลายที่ใช้คือ น้ำ เนื่องจากมีราคาถูก ไม่เป็นพิษทั้งต่อร่างกายและสภาพแวดล้อม ไม่หลงเหลือสิ่งตกค้างหลังการล้าง

2.3.3 การชะล้าง

ต้องอาศัยสารลดแรงตึงผิวในน้ำ ได้แก่ สารลดแรงตึง เช่น ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด น้ำยาล้างจาน โดยสารเหล่านี้จะช่วยทำให้สิ่งปนเปื้อนละลายหรือหลุดออกมาง่ายยิ่งขึ้น

2.3.4 การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

โดยใช้สารที่มีฤทธิ์ทำลายเชื้อจุลินทรีย์ สารละลายจำพวกกรด ด่าง เช่น ด่างทับทิม

บทที่ 3
การพัฒนาเครื่องล้างไข่

จากข้อมูลที่ได้ทำการศึกษามาแล้วดังแสดงในบทที่สอง จะได้ว่าเครื่องล้างไข่นั้นมีกลไกและหลักการทำงานหลายแบบ อาทิเช่น มีระบบการขัดถูด้วยแปรง มีการฉีดพ่นน้ำใส่ไข่โดยตรงและการปั่นน้ำไปทำความสะอาดไข่ด้วยมอเตอร์ เป็นต้น ซึ่งในการออกแบบและสร้างเครื่องล้างไข่นี้จะนำข้อมูลที่ได้ศึกษามาเป็นแนวทางในการออกแบบกลไกและหลักการทำความสะอาด เช่น มีการขัดถู และใช้แรงดันลม โดยจะมีกลไกและหลักการทำงานดังต่อไปนี้

3.1 หลักการทำงานของเครื่องล้างไข่ที่พัฒนา

เนื่องจากขอบเขตของโครงงานที่ได้ตั้งเอาไว้ว่า เครื่องล้างไข่ที่จะทำการออกแบบและสร้างขึ้นนั้นเป็นเครื่องล้างไข่สำหรับชุมชนขนาดเล็ก ดังนั้นการทำงานของเครื่องจะต้องไม่ซับซ้อน อุปกรณ์ที่จะใช้ในการสร้างหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด และราคาถูก และจากกลไกการทำความสะอาดที่เลือกมาเป็นแนวทางในการออกแบบ คือ การขัดถู และการใช้แรงดันลม ดังนั้นจึงได้ออกแบบให้มีการใช้ลมไปพ่นใส่ในน้ำซึ่งเป็นตัวทำละลายของสิ่งปนเปื้อนต่างๆ รวมถึงสารที่จะช่วยในการชะล้าง เช่น น้ำยาล้างจาน และสารฆ่าเชื้อโรค จำพวกด่างทับทิม ซึ่งเมื่อทำการพ่นลมใส่ในน้ำจะทำให้เกิดฟองอากาศขึ้น จะเห็นได้ว่ากลไกนี้ดัดแปลงจากการพ่นลมใส่ไข่โดยตรง และการใช้แปรงขัดถู เป็นพ่นลมใส่ในน้ำเพื่อทำให้เกิดแรงดันและฟองอากาศไปสัมผัสกับเปลือกไข่ โดยอุปกรณ์สำคัญที่จะทำให้เกิดกลไกนี้คือ ปั๊มลม และท่อสำหรับพ่นลม จากกลไกที่ได้ดังกล่าวเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับกลไกแบบอื่น โดยยึดขอบเขตที่ได้ตั้งเอาไว้จะได้ว่า

1. เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แรงขัดถู เช่น กลไกของเครื่องที่มีการใช้แปรงขัด ก็จะเกิดความยุ่งยากกว่าในการออกแบบและสร้าง

2. เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แรงดันน้ำ เนื่องจากวิธีนี้จะต้องใช้น้ำเพื่อการมาพ่นใส่ไข่สิ่งที่เห็นได้ชัดก็คือ ต้องใช้น้ำในปริมาณมากในการที่จะทำให้ไข่สะอาด แต่หากจะทำให้น้ำที่ใช้ฉีดพ่นออกไปแล้วนำกลับมาฉีดใหม่อีก ก็ต้องมีการออกแบบระบบดูดและกรองน้ำอีก ซึ่งเป็นการยุ่งยากกว่า

3. เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้มอเตอร์ ซึ่งในการใช้มอเตอร์นั้น สิ่งที่จะทำให้เกิดแรงในน้ำได้นั้น คือใบพัด ซึ่งจะต้องมีการออกแบบ คำนวณและสร้างใบพัดที่เหมาะสมซึ่งมีความยากและซับซ้อนกว่า

3.2 ขั้นตอนการทำความสะอาดไข่

จากกลไกและหลักการทำงานที่ได้ทำการดัดแปลงและพัฒนามาดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น ดังนั้นขั้นตอนการทำความสะอาดไข่ จึงมีขั้นตอนหลักๆ คือ นำปั๊มลมต่อเข้ากับท่อที่เจาะรูไว้ โดยท่อที่ออกแบบไว้จะติดกับตะแกรงสำหรับบรรจุไข่โดยแยกเป็นชั้นๆ จากนั้นนำตะแกรงที่บรรจุไข่ใส่เข้าไปในถังน้ำที่บรรจุน้ำที่ผสมสารละลายสำหรับล้างไข่อยู่ เมื่อประกอบอุปกรณ์ทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว ทำการเปิดปั๊มลม ลมก็จะถูกพ่นออกจากท่อที่เจาะรูไว้ผ่านน้ำล้างไข่ ทำให้เกิดแรงดันและเป็นฟองอากาศไปทำความสะอาดไข่

3.3 ตัวแปรในการทดลอง

3.3.1 แรงดันลมจากปั๊ม

3.3.2 ลักษณะของฟองอากาศ ได้แก่ ความหนาแน่นของฟองอากาศ การกระจายตัวของฟองอากาศ และระยะที่ฟองอากาศพุ่งออกมา

3.3.3 สารละลายในการล้างไข่

3.3.4 ระดับความสะอาดของไข่

3.4 การออกแบบการทดลอง

3.4.1 หาเวลาในการล้างไข่ด้วยมือ

3.4.2 หาสารละลายที่เหมาะสมสำหรับล้างไข่

3.4.3 การสร้างฟองอากาศ

3.4.4 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องล้างไข่

3.4.1 การทดสอบเวลาในการล้างไข่ด้วยมือ

3.4.1.1 สมมติฐาน

1) วิธีการล้างไข่ด้วยมือทำได้ง่าย ไข่ที่ล้างด้วยมือมีความสะอาดมาก แต่ระยะเวลาในการล้างแต่ละครั้งจะใช้เวลานาน

3.4.1.2 ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

1) ความสะอาดของไข่ที่ผ่านการล้างด้วยมือ

2) เวลาในการล้างด้วยมือ

3.4.1.3 ตัวแปรควบคุม

1) ปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้าง

2) อุปกรณ์สำหรับใช้ทำความสะอาดไข่

3.4.1.4 จุดประสงค์

1) เพื่อทดสอบหาความสะอาดของไข่และเวลาที่ใช้ในการล้างด้วยมือ

2) เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากข้อ 1 ไปใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างการล้างไข่ 100 ฟองด้วยมือกับเครื่องล้างไข่

3.4.1.5 เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์อุปกรณ์

1) ไข่ที่มีสิ่งสกปรกปนเปื้อนบนเปลือกไข่จำนวน 300 ฟอง

2) ฟองน้ำ สำหรับล้างไข่

3) กะละมังสำหรับใส่น้ำในการล้างไข่

3.4.1.6 ขั้นตอนการทดลอง

1) นำไข่ 100 ฟองไปแช่ในกะละมังที่มีน้ำบรรจุอยู่ 20 ลิตร เป็นเวลา 10 นาที

2) เมื่อแช่ไข่เป็นเวลา 10 นาทีแล้ว นำฟองน้ำไปเช็ดเปลือกไข่จนเปลือกไข่แลดูสะอาด

3) จับเวลาที่ใช้ในการล้างทั้งหมด 100 ฟอง (ไม่รวมเวลาในการแช่ไข่) และบันทึกผล

4) ทำการล้างไข่โดยทำเช่นเดียวกันกับในข้างต้นอีก 2 ครั้ง ครั้งละ 100 ฟอง โดยเปลี่ยนคนล้าง บันทึกผลในตาราง

5) สรุปผลการทดลอง

3.4.2 การทดสอบเพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการหมดอายุของไข่ที่ล้างด้วยสารละลาย

3.4.2.1 สมมติฐาน

1) สารละลายมีผลต่อความสะอาดและระยะเวลาการหมดอายุของไข่

3.4.2.2 ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

1) ระยะเวลาที่สามารถเก็บรักษาไข่ได้หลังจากผ่านการล้าง

3.4.2.3 ตัวแปรควบคุม

1) ปริมาณน้ำและสารละลายที่ใช้

2) อุปกรณ์ในการทำความสะอาดไข่

3.4.2.4 จุดประสงค์

1) เพื่อทดสอบและศึกษาผลของระยะเวลาการหมดอายุและความสะอาดของไข่ที่ล้างด้วยสารละลายต่าง ๆ

2) เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการเลือกใช้สารละลายในการล้างไข่ให้เหมาะสม

3.4.2.5 เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์

1) ไข่ 56 ฟอง

2) น้ำสะอาด 2 ลิตร

3) สารละลาย (น้ำผสมด่างทับทิม) 2 ลิตร

4) สารละลาย (น้ำผสมน้ำยาล้างจาน) 2 ลิตร

5) สารละลาย (น้ำผสมด่างทับทิมและน้ำยาล้างจาน) 2 ลิตร

6) กะละมังสำหรับใส่น้ำในการล้างไข่

3.4.2.6 ขั้นตอนการทดสอบ

1) นำไข่ 56 ฟอง ไปแบ่งล้างในสารละลายแต่ละชนิดอย่างละ 14 ฟอง ดังนี้

1.1) น้ำสะอาด 2 ลิตร

1.2) สารละลาย (น้ำผสมด่างทับทิม) 2 ลิตร

1.3) สารละลาย (น้ำผสมน้ำยาล้างจาน) 2 ลิตร

1.4) สารละลาย (น้ำผสมด่างทับทิมและน้ำยาล้างจาน) 2 ลิตร

2) เมื่อล้างเสร็จ นำไข่มาสังเกตความสะอาด จากนั้นเก็บไข่ไว้ดูผลหลังการล้าง โดยนำไข่มาตอกดูเริ่มในวันถัดไปหลังการล้างเพื่อดูการหมดอายุของไข่ โดยทำการตอกไข่ดูและบันทึกผลทุกวันในตาราง จนครบ 14 วัน

3) สรุปผลการทดลอง

3.4.3 การสร้างฟองอากาศ

3.4.3.1 สมมติฐาน

1) จำนวนฟองมีผลต่อพื้นที่ผิวสัมผัส และการเสียดสีระหว่างฟองอากาศกับเปลือกไข่ เพื่อทำให้สิ่งสกปรกหลุดออกจากเปลือกไข่

3.4.3.2 ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

1) ความหนาแน่นของฟองอากาศ

2) การกระจายตัวของฟองอากาศ

3) ระยะที่ฟองอากาศพุ่งออกมา

3.4.3.3 ตัวแปรควบคุม

1) ใช้ความดันที่ 5 psi (34.47 kPa), 10 psi (68.95 kPa) และ 15 **psi (103.42 kPa)**

2) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูเจาะ ขนาด 2 และ 4 มิลลิเมตร

3) ตำแหน่งรูเจาะ โดยเจาะรู 1 ที่ปลายท่อด้านที่ปิดจุกไว้ **แล้วเจาะรู 2 ,3 และ 4** โดยเว้นระยะระหว่างรู 8 เซนติเมตร

4) จำนวนรูเจาะ 1 ,2 ,3 และ 4 **รู**

5) ลักษณะการวางท่อ แนวตั้งและแนวนอน

3.4.3.4 จุดประสงค์

1) เพื่อทดสอบหาแบบท่อที่เหมาะสมของเครื่องล้างไข่

3.4.3.5 เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์อุปกรณ์

1) ปั๊มลม พร้อมสายยางสำหรับต่อกับปั๊มเพื่อส่งลมไปยังท่อ

2) ท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร ความยาว **40 เซนติเมตร** โดยท่อแบบต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบต่างๆ มีลักษณะดังนี้

2.1) แบบท่อที่ใช้ในการทดสอบที่ 3.4.3.6.1 โดยเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 และ 4 มิลลิเมตร ที่ตำแหน่งปลายท่อด้านที่ปิดจุกไว้ ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ก. และ 3.1 ข.

ก. ท่อรูเจาะขนาด 2 มิลลิเมตร **ข. ท่อรูเจาะขนาด 4 มิลลิเมตร**

รูปที่ 3.1 ท่อที่ใช้ในการทดสอบที่ 3.4.3.6.1

2.2) แบบท่อที่ใช้ในการทดสอบที่ 3.4.3.6.2 และ 3.4.3.6.3 โดยเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร บนท่อดังแสดงในรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 ท่อที่ใช้ในการทดสอบที่ 3.4.3.6.2 และ 3.4.3.6.3

2.3) แบบท่อที่ใช้ในการทดสอบที่ 3.4.3.6.4 โดยเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ในแนว 90° และ 0° ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ก. และ 3.3 ข. แต่ละรูมีระยะห่างกัน 8 เซนติเมตร

ก. ท่อแนวนอน เจาะรูที่ตำแหน่ง 0° ข. ท่อแนวนอน เจาะรูที่ตำแหน่ง 90°

รูปที่ 3.3 ท่อที่ใช้ในการทดสอบที่ 3.4.3.6.4

3) ตู้กระจกเพื่อให้ง่ายต่อการสังเกตและบันทึกภาพ ขนาดอย่างน้อยต้องบรรจุน้ำได้ระดับความสูง 40 ซม. ซึ่งตู้ที่ใช้มีขนาด กว้าง 31 เซนติเมตร ยาว 80 เซนติเมตร และ สูง 46 เซนติเมตร

4) ไม้บรรทัด เพื่อใช้ในการระยะของฟองอากาศที่ออกมาจากรูเจาะ

5) กล้อง สำหรับบันทึกวีดีโอ และถ่ายภาพ

3.4.3.6 การทดสอบสำหรับหาแบบท่อพ่นลมที่เหมาะสม

3.4.3.6.1 การทดสอบเพื่อศึกษาผลที่เกิดจากขนาดของรูเจาะ

3.4.3.6.1.1 จุดประสงค์

1) เพื่อทดสอบและศึกษาผลที่เกิดจากการใช้แรงดันและขนาดของรูเจาะที่ต่างกันสำหรับพ่นลมเพื่อทำให้เกิดฟองอากาศ เช่น ความหนาแน่น การกระจายตัว และระยะไกลที่สุดของฟองอากาศที่พ่นออกมา

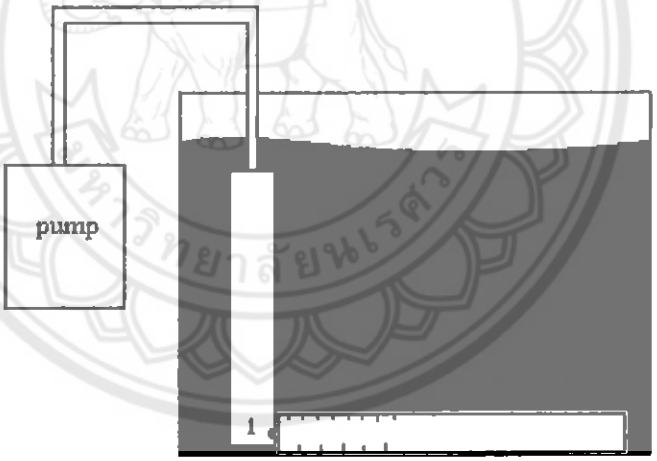
2) เพื่อนำข้อมูลที่ได้ ไปใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องล้างไข่

3.4.3.6.1.2 ขั้นตอนการทดลอง

1) ก่อนการทดลอง

1.1) นำสายยางต่อกับปั๊มและท่อพ่นลม

1.2) นำท่อดังรูปที่ 3.1 ก. ไปวางในตู้กระจกที่มีน้ำบรรจุอยู่ในตู้โดยน้ำที่บรรจุสูงประมาณ 32 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การต่ออุปกรณ์การทดสอบโดยใช้แบบท่อขนาดรูเจาะ 2 มิลลิเมตร

2) การทดลองและเก็บข้อมูล

2.1) ความดัน 5 psi (34.47 kPa)

2.1.1) เปิดปั๊มลมด้วยความดันคงที่ที่ 5 psi เริ่มบันทึกวีดีโอจับเวลา โดยจะใช้เวลาในการทดลอง และบันทึกวีดีโอ 30 วินาทีต่อการทดลอง 1 ครั้ง

2.2) ความดัน 10 psi (68.95 kPa)

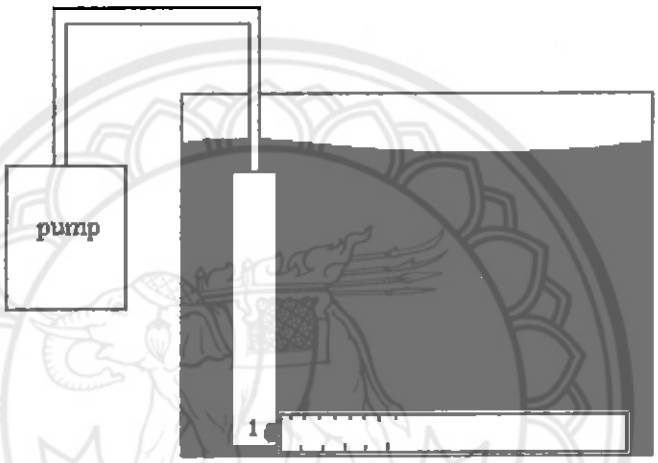
2.2.1) ทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ความดัน 5 psi แต่ปรับความดันเป็น 10 psi

2.3) ความดัน 15 psi (103.42 kPa)

2.3.1) ทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ความดัน 5 และ 10 psi แต่ปรับความดันเป็น 15 psi

3) ทำการทดลองซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 2 อีก 2 ครั้ง

4) ทำการทดลองเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 2 และ 3 โดยทำการเปลี่ยนแบบท่อเป็นท่อดังรูปที่ 3.1 ก. แล้วนำไปวางในตู้กระจกที่มีน้ำบรรจุอยู่ในตู้ โดยน้ำที่บรรจุสูงประมาณ 32 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การต่ออุปกรณ์การทดสอบโดยใช้แบบท่อขนาดรูเจาะ 4 มิลลิเมตร

5) สังเกตและนำภาพที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผลของความหนาแน่น การกระจายตัว และระยะไกลที่สุดของฟองอากาศ แล้วนำไปบันทึกผลในตารางที่

6) สรุปผลการทดลอง

3.4.3.6.2 การทดสอบเพื่อศึกษาผลที่เกิดจากตำแหน่งความสูงของรูเจาะ

3.4.3.6.2.1 จุดประสงค์

1) เพื่อทดสอบและศึกษาผลที่เกิดจากการใช้แรงดันและตำแหน่งของรูเจาะที่ต่างกันสำหรับพ่นลมเพื่อทำให้เกิดฟองอากาศ เช่น ความหนาแน่น การกระจายตัว และระยะไกลที่สุดของฟองอากาศที่พ่นออกมา

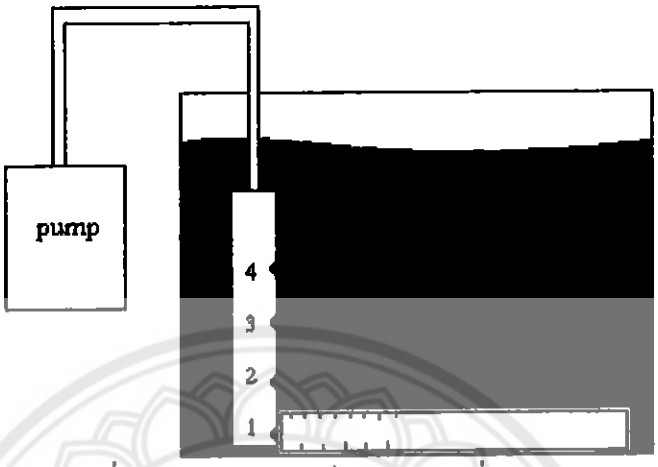
2) เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องล้างไข่

3.4.3.6.2.2 ขั้นตอนการทดลอง

1) ก่อนการทดลอง

1.1) นำสายยางต่อกับปั๊มและท่อพ่นลม

1.2) นำท่อตามรูปที่ 3.3 ไปวางในตู้กระจกที่มีน้ำบรรจุอยู่ในตู้ โดยน้ำที่บรรจุสูงประมาณ 32 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 การต่ออุปกรณ์การทดสอบที่ 3.4.3.6.2

2) การทดลองและเก็บข้อมูล

2.1) เปิดรูที่ 1 รูเดียว

2.1.1) ความดัน 5 psi (34.47 kPa)

2.1.1.1) เปิดปั๊มลมด้วยความดันคงที่ที่ 5 psi เริ่มบันทึกวีดีโอจับเวลา โดยจะใช้เวลาในการทดลอง และบันทึกวีดีโอ 30 วินาทีต่อการทดลอง 1 ครั้ง

2.1.2) ความดัน 10 psi (68.95 kPa)

2.1.2.1) ทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ความดัน 5 psi แต่ปรับความดันเป็น 10 psi

2.1.3) ความดัน 15 psi (103.42 kPa)

2.1.3.1) ทำเช่นเดียวกับที่ความดัน 5 และ 10 psi แต่ปรับความดันเป็น 15 psi

3) ทำการทดลองซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 2 อีก 2 ครั้ง

4) ทำการทดลองเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 2 และ3 โดยทำการเปิดรูที่ 2 ,3 และ4 โดยเปิดทีละรู ตามลำดับ

5) สังเกตและนำภาพที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผลของความหนาแน่น การกระจายตัว และระยะไกลที่สุดของฟองอากาศ แล้วนำไปบันทึกผลในตาราง

6) สรุปผลการทดลอง

3.4.3.6.3 การทดสอบเพื่อศึกษาผลที่เกิดจากจำนวนของรูเจาะ

3.4.3.6.3.1 จุดประสงค์

1) เพื่อทดสอบและศึกษาผลที่เกิดจากการใช้แรงดันและจำนวนของรูเจาะที่ต่างกันสำหรับพ่นลมเพื่อทำให้เกิดฟองอากาศ เช่น ความหนาแน่น การกระจายตัว และระยะไกลที่สุดของฟองอากาศที่พ่นออกมา

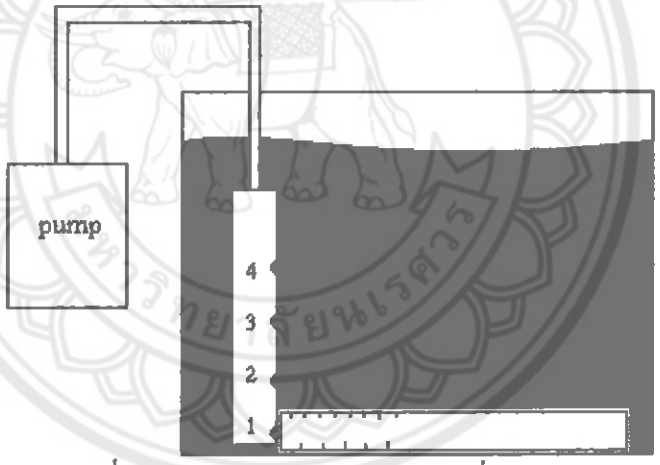
2) เพื่อนำข้อมูลที่ได้ ไปใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องล้างไข่

3.4.3.6.3.2 ขั้นตอนการทดลอง

1) ก่อนการทดลอง

1.1) นำสายยางต่อกับปั๊มและท่อพ่นลม

1.2) นำท่อตามรูปที่ 3.3 ไปวางในตู้กระจกที่มีน้ำบรรจุอยู่ในตู้ **โดยน้ำที่บรรจุสูง** ประมาณ 32 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การต่ออุปกรณ์การทดสอบที่ 3.4.3.6.3

2) การทดลองและเก็บข้อมูล

2.1) เปิดรูที่ 1 เพียงรูเดียว

2.1.1) ความดัน 5 psi (34.47 kPa)

2.1.1.1) เปิดปั๊มลมด้วยความดันคงที่ที่ 5 psi เริ่มบันทึกวีดีโอจับเวลา โดยจะใช้เวลาในการทดลอง และบันทึกวีดีโอ 30 วินาทีต่อการทดลอง 1 ครั้ง

2.1.2) ความดัน 10 psi (68.95 kPa)

2.1.2.1) ทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ความดัน 5 psi แต่ปรับความดันเป็น 10 psi

2.1.3) ความดัน 15 psi (103.42 kPa)

2.1.3.1) ทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ความดัน 5 และ 10 psi แต่ปรับความดันเป็น 15 psi

3) ทำการทดลองซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 2 อีก 2 ครั้ง

4) ทำการทดลองเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 2 และ3 โดยทำการเปิดรูเพิ่มที่ละรูเป็นเปิดรู 1 และ 2 ,รู 1 ,2 และ 3 ,รู 1 ,2 ,3 และ 4 ตามลำดับ

5) สังเกตและนำภาพที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผลของความหนาแน่น การกระจายตัว และระยะไกลที่สุดของฟองอากาศ แล้วนำไปบันทึกผลในตาราง

6) สรุปผลการทดลอง

3.4.3.6.4 การทดสอบเพื่อศึกษาผลที่เกิดจากการใช้ท่อแบบแนวนอน ที่รูเจาะต่างองศากัน

3.4.3.6.4.1 จุดประสงค์

1) เพื่อทดสอบและศึกษาผลที่เกิดจากการใช้แรงดันและองศาของรูเจาะที่ต่างกันสำหรับ พ่นลม เพื่อทำให้เกิดฟองอากาศ เช่น ความหนาแน่น และการกระจายตัวของฟองอากาศ

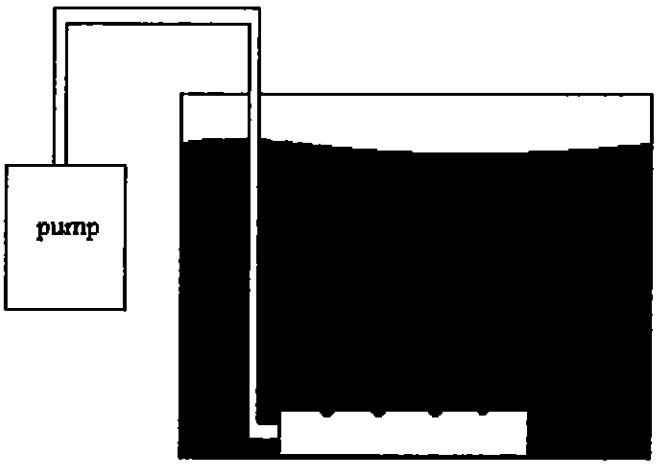
2) เพื่อนำข้อมูลที่ได้ ไปใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องล้างไข่

3.4.3.6.4.2 ขั้นตอนการทดลอง

1) ก่อนการทดลอง

1.1) นำสายยางต่อกับปั๊มและท่อพ่นลม

1.2) นำท่อดังแสดงในรูปที่ 3.4 ไปวางในตู้กระจกที่มีน้ำบรรจุอยู่ในตู้ โดยน้ำที่บรรจุสูงประมาณ 32 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 การต่ออุปกรณ์การทดสอบที่ใช้แบบท่อรูเจาะที่ตำแหน่ง 90°

2) การทดลองและเก็บข้อมูล

2.1) ความดัน 5 psi (34.47 kPa)

2.1.1) เปิดปั๊มลมด้วยความดันคงที่ที่ 5 psi เริ่มบันทึกวีดีโอจับเวลา โดยจะใช้เวลาในการทดลอง และบันทึกวีดีโอ 30 วินาทีต่อการทดลอง 1 ครั้ง

2.2) ความดัน 10 psi (68.95 kPa)

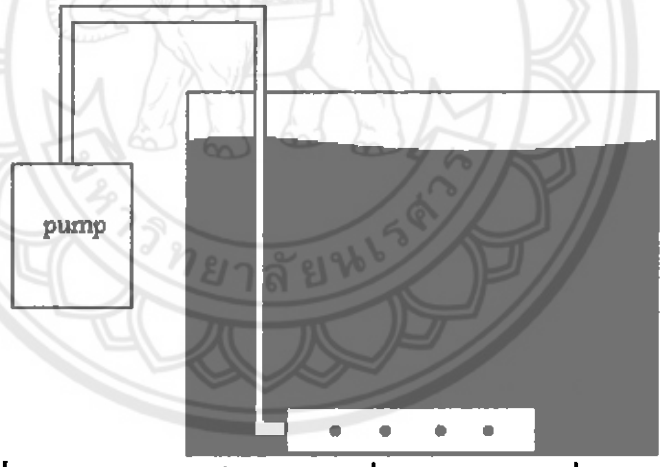
2.2.1) ทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ความดัน 5 psi แต่ปรับความดันเป็น 10 psi

2.3) ความดัน 15 psi (103.42 kPa)

2.3.1) ทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ความดัน 5 และ 10 psi แต่ปรับความดันเป็น 15 psi

3) ทำการทดลองซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 2 อีก 2 ครั้ง

4) เปลี่ยนแบบท่อ โดยเปลี่ยนเป็นท่อดังแสดงในรูปที่ 3.5 ไปต่อกับอุปกรณ์ทั้งหมดดังแสดงในรูปที่ 3.9 จากนั้นทำการทดลองตามขั้นตอนที่ 2 และ3



รูปที่ 3.9 การต่ออุปกรณ์การทดสอบที่ใช้แบบท่อรูเจาะที่ตำแหน่ง 0°

5) นำภาพที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผลของความหนาแน่น และการกระจายตัวของฟองอากาศ ของการต่อแบบท่อทั้งสองแบบ แล้วนำไปบันทึกผลในตาราง

6) สรุปผลการทดลอง

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
150728๐ ๙๖
อ262ค
2552

3.4.4 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องล้างไข่

3.4.3.1 สมมติฐาน

1) แบบท่อในแนวนอนทั้งสองแบบมีผลทำให้ความหนาแน่นและการกระจายตัวของฟองอากาศดีกว่าแบบท่อในแนวตั้ง ดังนั้นพื้นที่ผิวสัมผัส และการเสียดสีระหว่างฟองอากาศกับเปลือกไข่จึงมีมากกว่า

2) การใช้แบบท่อในแนวนอนที่ตำแหน่งรูเจาะต่างองศาการเจาะกัน ในการล้างไข่มีผลทำให้ความสะอาดของไข่ต่างกัน

3) เพื่อนำแบบท่อที่ดีที่สุดไปใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องล้าง**ไข่ สำหรับทำการ**ล้างไข่ที่มีสิ่งสกปรกติดมาจากฟาร์มโดยตรง

3.4.3.2 ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

1) ความสะอาดของไข่ที่ผ่านการล้างด้วยเครื่องล้างไข่ที่ใช้แบบ**ท่อในแนวนอนแต่**ตำแหน่งรูเจาะต่างองศาการเจาะ

2) เวลาในการล้างไข่

3.4.3.3 ตัวแปรควบคุม

1) ความดัน 15 psi

2) จำนวนไข่ที่ใช้ล้าง 100 ฟอง

3) ปริมาณน้ำและสารละลายที่ใช้ล้าง

3.4.4.4 จุดประสงค์

1) เพื่อเปรียบเทียบความสะอาดของไข่ 100 ฟอง ที่ผ่านการล้าง**ด้วยเครื่องล้างไข่ที่**ใช้แบบท่อในแนวนอนระหว่างที่ตำแหน่งรูเจาะ 0° และ 90°

2) **เพื่อนำข้อมูลจากการทดสอบที่ได้ไปสรุปผลว่าเครื่องล้างไข่ที่ได้ทำการออกแบบ และสร้างขึ้นนี้มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะทำให้ไข่สะอาดในเกณฑ์ที่แม่ค้าขายไข่ยอมรับได้**

3) เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบไปเปรียบเทียบกับการล้างไข่ด้วยมือ

4) เพื่อนำข้อมูลไปสรุปผลหาค่าใช้จ่ายในการล้างไข่จำนวน 100 ฟอง

3.4.4.5 เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์อุปกรณ์

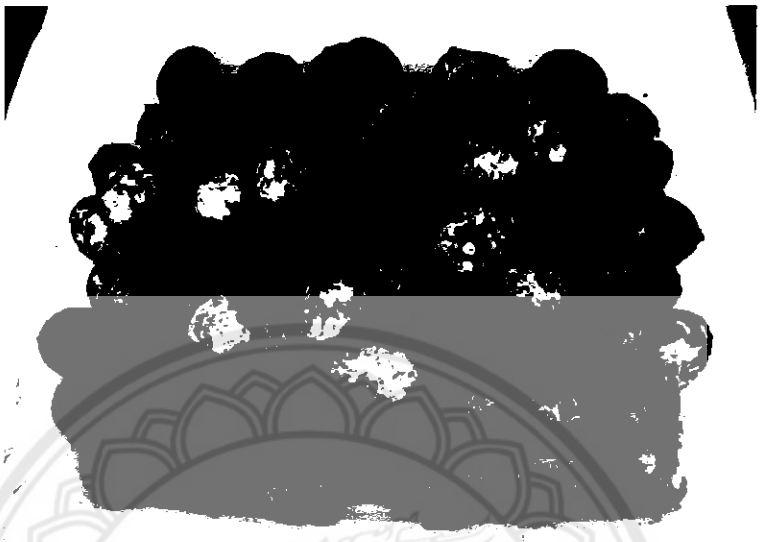
1) ไข่ที่ทำการพอกดินจำนวน 100 ฟอง ดังแสดงในรูปที่ 3.10

2) ปั๊มลม พร้อมสายสำหรับต่อกับปั๊มเพื่อส่งลมไปยังท่อ

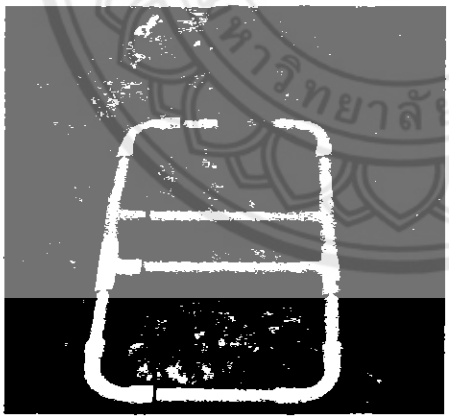
3) ท่อพ่นลมที่ได้ทำการออกแบบไว้แล้ว ดังแสดงในรูปที่ 3.11 และ 3.12

4) ถังน้ำ

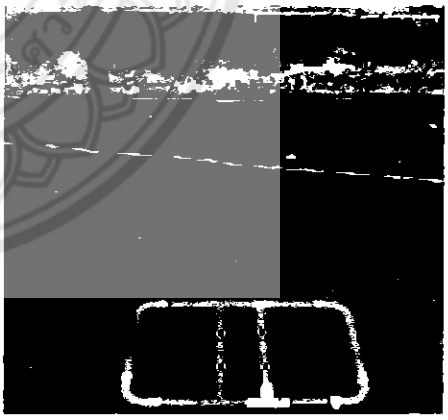
5) ตะแกรงที่ได้ทำการออกแบบมาแล้ว



รูปที่ 3.10 ไข่ที่ทำการพอกดินจำนวน 100 ฟอง



รูปที่ 3.11 ท่อแบบรูเจาะ 0°

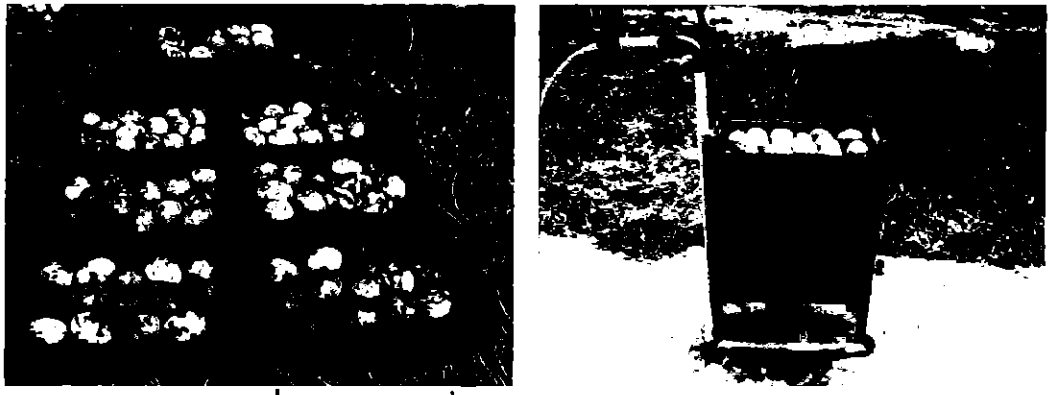


รูปที่ 3.12 ท่อแบบรูเจาะ 90°

3.4.4.6 ขั้นตอนการทดลอง

1) ก่อนการทดสอบ

1.1) นำไข่ 100 ฟองที่มีสิ่งสกปรกติดกับเปลือกไข่ไปใส่ในตะแกรง และนำไปต่อกับท่อแบบรูเจาะ 0° ให้เรียบร้อยดังแสดงในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ตะแกรงที่บรรจุไข่เรียบร้อยแล้วสำหรับการล้าง

1.2) นำตะแกรงที่บรรจุไข่เรียบร้อยแล้วไปใส่ในถังน้ำที่มีน้ำล้างบรรจุอยู่ประมาณ 50 ลิตร โดยใช้ด่างทับทิมผสม ดังแสดงในรูปที่ 3.14

รูปที่ 3.14 การต่ออุปกรณ์ทั้งหมดในการล้างไข่

2) การทดลองและเก็บข้อมูล

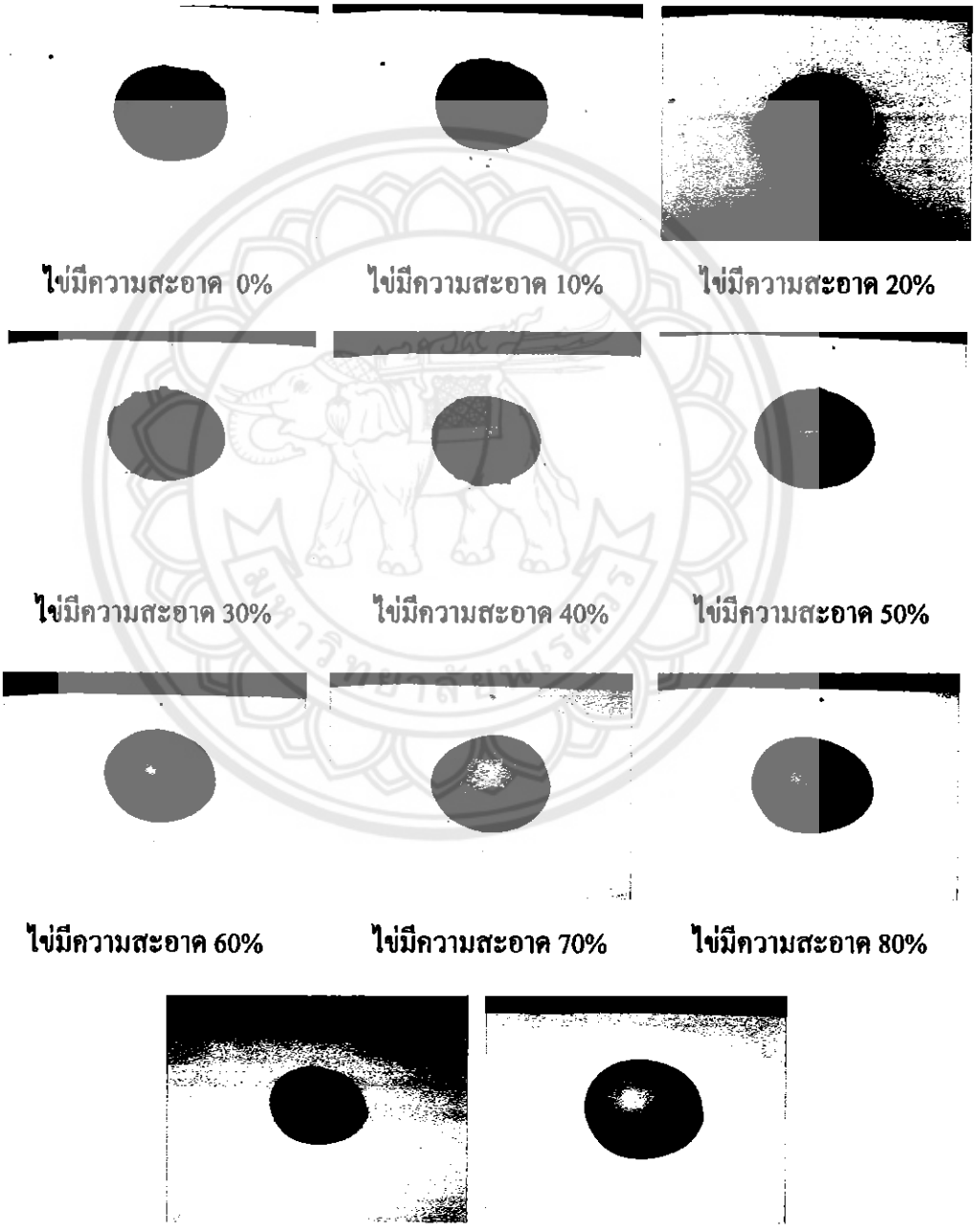
2.1) เริ่มการล้างไข่โดย เปิดความดันที่ 15 psi (103.42 kPa)

2.2) จับเวลาแล้วบันทึกผลดูความสะอาด โดยใช้เวลา 3 นาที

3) เมื่อทำการล้างครบ 3 นาทีแล้ว ปิดวาล์วควบคุมการพ่นลม แล้วยกตะแกรงไข่ขึ้นมาเพื่อสังเกตดูว่าไข่ยังสกปรกหรือไม่ ถ้ายังสกปรกอยู่ให้ใส่ตะแกรงไข่ลงเช่นเดิมแล้วทำการล้างเพิ่มอีก โดยล้างเพิ่มอีก 2 นาที เมื่อครบ 2 นาที ให้ยกตะแกรงไข่ออกมาสังเกตเช่นเดิม หากยังไม่สะอาดก็ทำการล้างเพิ่มอีก 2 นาที ทำเช่นนี้จนไข่ไม่สะอาดขึ้น

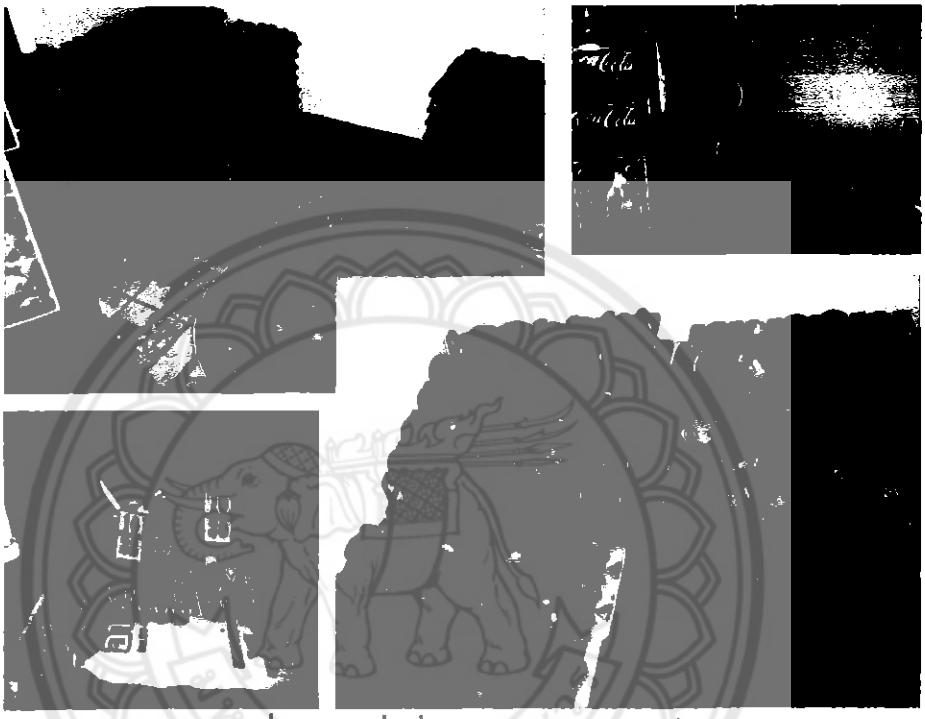
4) ทำการเปลี่ยนเป็นท่อพ่นลมแบบรูเจาะที่ตำแหน่ง 90° แล้วทำการทดสอบเช่นเดียวกันกับการใช้ท่อพ่นลมแบบรูเจาะที่ตำแหน่ง 0°

5) นำข้อมูลที่ได้จากการล้างโดยใช้ท่อทั้งสองแบบมาบันทึกผลการทดลองโดยการเปรียบเทียบความสะอาดตามที่ได้กำหนดไว้ ดังแสดงในรูปที่ 3.15 โดยเกณฑ์ความสะอาดที่แม่ค้าขายไข่ยอมรับได้คือ ความสะอาดของไข่ต้องเท่ากับ 60% ขึ้นไป แล้วบันทึกผลในตาราง วิเคราะห์และสรุปผลที่ได้



รูปที่ 3.15 รูปความสะอาดของไข่สำหรับเปรียบเทียบกับไข่ที่ผ่านการล้างจากเครื่องล้างไข่

6) เมื่อทำการวิเคราะห์และสรุปผลแล้ว ทำการเลือกใช้แบบท่อที่ทำให้ความความสะอาดของไข่ดีกว่า มาเป็นส่วนประกอบของเครื่องล้างไข่ แล้วนำไปทดสอบไข่ที่มีสิ่งสกปรกติดมาจากฟาร์มโดยตรง ดังแสดงในรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 ไข่ที่มีสิ่งสกปรกติดมาจากฟาร์ม

7) นำข้อมูลที่ได้จากการล้างมาบันทึกผลการทดลองโดยการเปรียบเทียบความสะอาดตามที่ได้กำหนดไว้ข้างต้น

8) สรุปผลการทดสอบ

3.5 วิธีการหาเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่น และเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของอากาศ โดยใช้โปรแกรม Excel

3.5.1 การเลือกใช้ข้อมูลสำหรับนำมาวิเคราะห์ผล

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบการสร้างฟองอากาศทั้งหมดนั้นได้จากการบันทึกภาพ และวีดีโอโดยมีการจับเวลา ซึ่งจากสมมติฐานที่ว่าจำนวนฟองอากาศมีผลต่อพื้นที่ผิวสัมผัส และการเสียดสีระหว่างฟองอากาศกับเปลือกไข่ เพื่อทำให้สิ่งสกปรกหลุดออกจากเปลือกไข่ ดังนั้น โครงงานจึงใช้วิธีเก็บข้อมูล โดยการสังเกตด้วยตาเปล่า หาความหนาแน่นของฟองอากาศ การกระจายตัวของฟองอากาศ และระยะทางที่ฟองอากาศพุ่งออกมา จากการใช้รูปที่ได้จากการบันทึกวีดีโอ โดยใช้รูปที่ความหนาแน่น และการกระจายตัวของฟองอากาศคงที่แล้ว โดยจากการทดลองดังแสดงในรูปที่ 3.17 ก. ,3.17 ข. และ3.17 ค. เลือกใช้ได้ทั้งรูปที่วินาทีที่ 5 หรือ วินาทีที่ 6 ก็ได้ในการนำมาหาผลดังขั้นตอนต่อไป

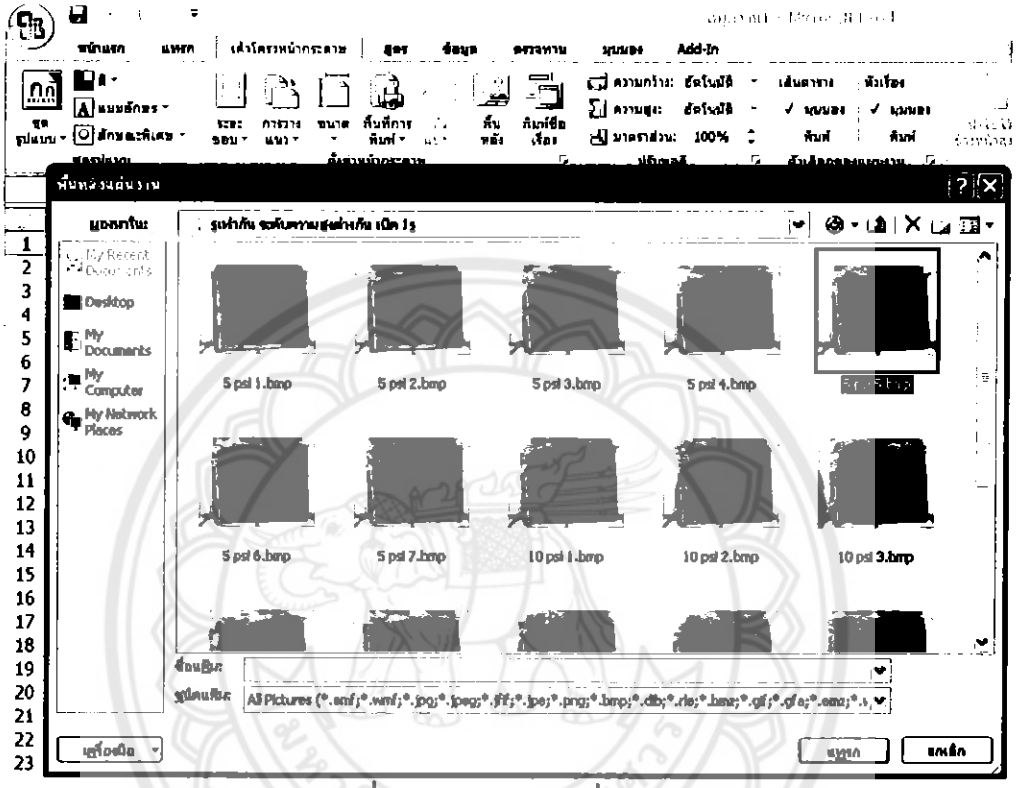
ก. วินาทีที่ 4 ข. วินาทีที่ 5

ค. วินาทีที่ 6

รูปที่ 3.17 รูปถ่ายการทดลอง 3.4.3.6.1 ที่ใช้แบบท่อรูเจาะ 2 มิลลิเมตร ที่ความดัน 5 psi

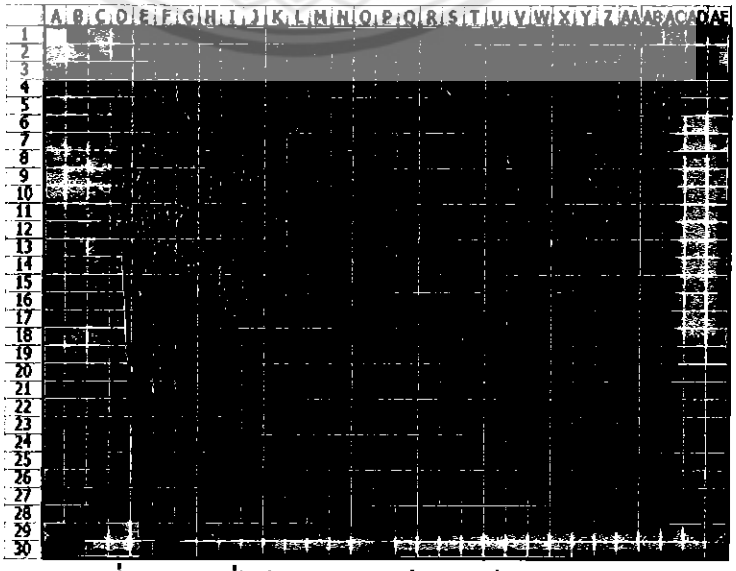
3.5.2 ขั้นตอนการหาความหนาแน่นของฟองอากาศ

3.5.2.1 เปิดโปรแกรม Excel แล้วเลือกคำสั่ง >> เค้าโครงหน้ากระดาษ >> พื้นหลัง >>แล้วเลือกรูปที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 3.18



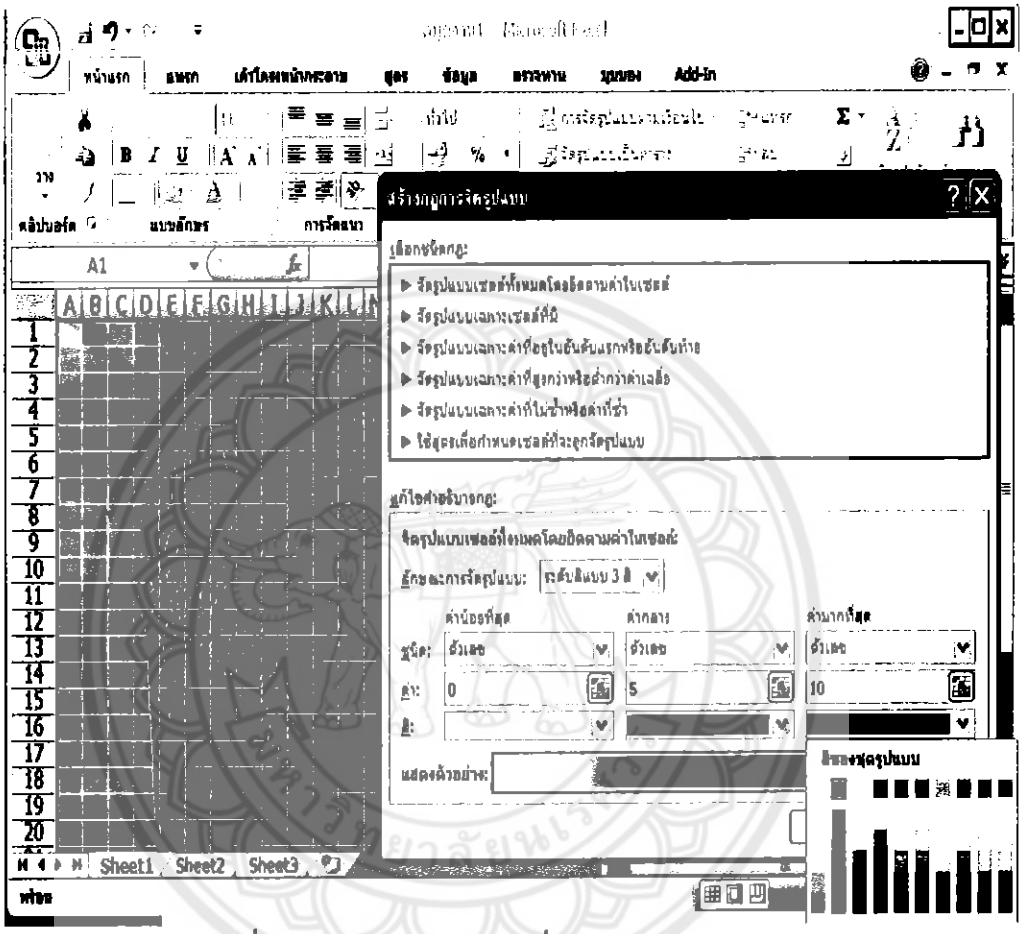
รูปที่ 3.18 การเลือกรูปเพื่อนำมาคำนวณ

3.5.2.2 กำหนดความสูงของแถว เท่ากับ 12 ความกว้างของคอลัมน์ เท่ากับ 2 เมื่อกำหนดเสร็จแล้วจะทำให้รูปที่เลือกมาแบ่งเป็นเซลล์ขนาด 30 × 31 เซลล์ ดังแสดงในรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 รูปที่ได้ทำการแบ่งเป็นเซลล์ขนาด 30 × 31

3.5.2.3 เลือกที่คำสั่ง >> หน้าแรก >> การจัดรูปแบบตามเงื่อนไข >> กฎเพิ่มเติม แล้วทำการกำหนดค่าดังแสดงในรูปที่ 3.20

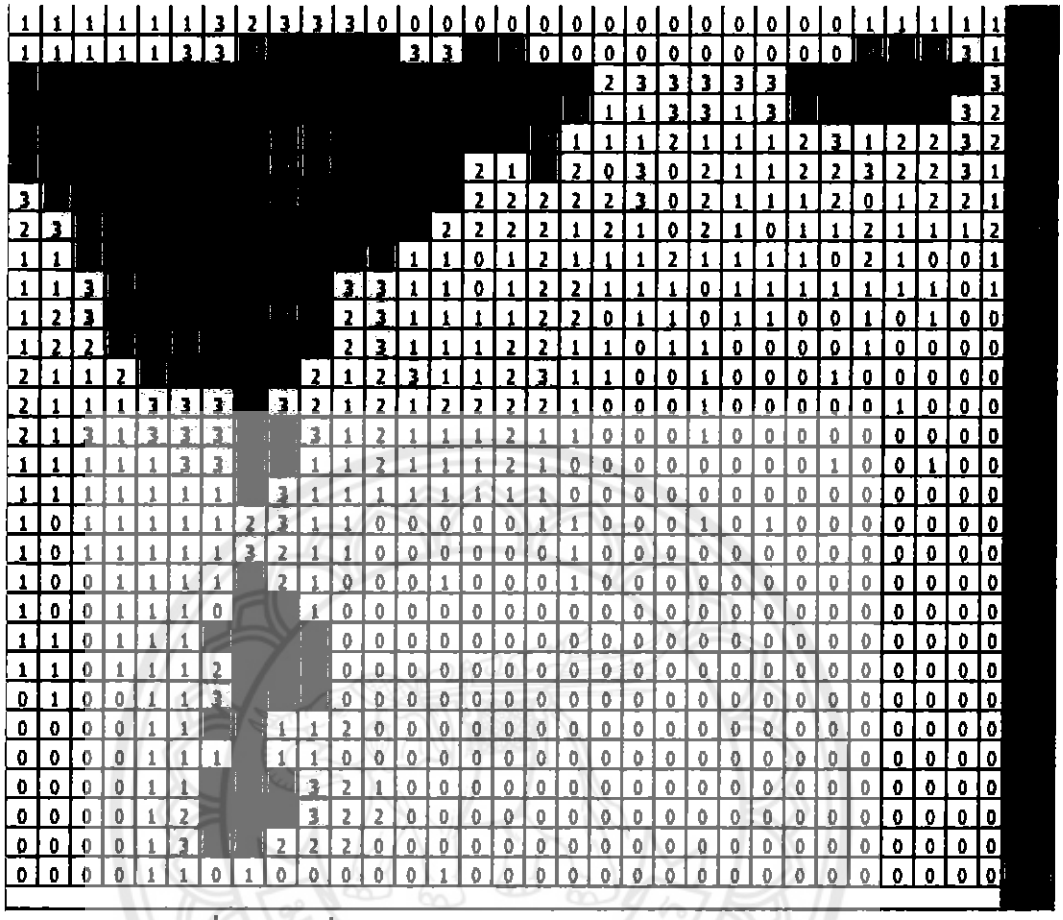


รูปที่ 3.20 การกำหนดตัวเลขเพื่อกำหนดความเข้มของสี

3.5.2.4 ทำการกำหนดค่าความเข้มของสีในเซลล์ที่แบ่งไว้ โดยสังเกตเอาว่าความหนาแน่นของฟองอากาศควรจะอยู่ที่กี่เปอร์เซ็นต์โดยมีการกำหนดดังนี้

ตัวเลขกำหนดค่า	0	1	2	3							
ความหนาแน่น	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%

เมื่อทำการกำหนดค่าครบทุกเซลล์แล้วทำการรวมค่าทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 3.21

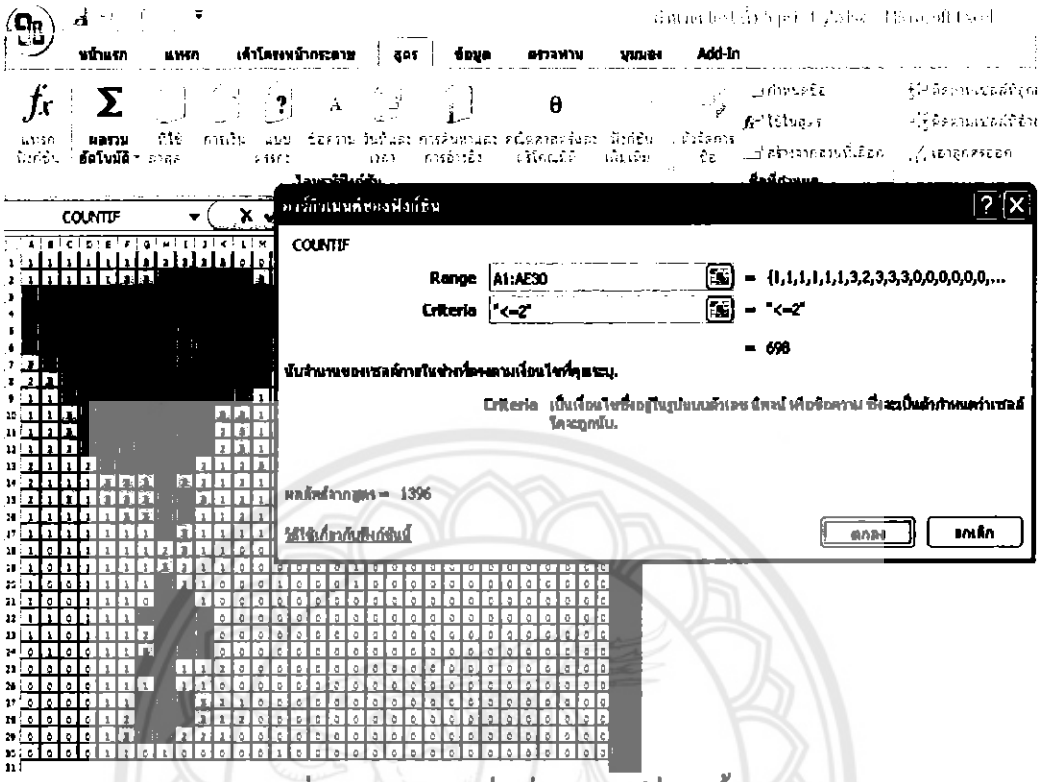


รูปที่ 3.21 รูปที่ทำการกำหนดความหนาแน่นด้วยตัวเลขเรียบร้อยแล้ว

3.5.3 ขั้นตอนการหาการกระจายตัวของฟองอากาศ

3.5.3.1 เลือกคำสั่ง >> สูตร >> ฟังก์ชันเพิ่มเติม >> ทางสถิติ >>COUNTIF

3.5.3.2 จากนั้นทำการใส่ระยะเซลล์ที่จะทำการคำนวณในช่อง Range และใส่คำสั่ง <=2 ในช่อง Criteria โดยคำสั่ง <=2 ที่ใช้ หมายถึง เซลล์ที่กำหนดด้วยตัวเลขตั้งแต่ 0 – 2 มีการกระจายตัวของฟองอากาศเป็นศูนย์ ดังแสดงในรูปที่ 3.22 จะได้จำนวนเซลล์ที่กำหนดด้วยตัวเลข 0 – 2 เท่ากับ 698



รูปที่ 3.22 การใช้คำสั่งเพื่อหาเซลล์ที่มีค่าตั้งแต่ 0 – 2

3.5.4 การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่น และเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของฟองอากาศ

3.5.4.1 การคำนวณหาความหนาแน่นของฟองอากาศ (%)

$$\%\ \text{ความหนาแน่นของฟองอากาศ} = \frac{\text{คะแนนรวม}}{\text{จำนวนช่องทั้งหมด} \times 10} \times 100\ \%$$

$$= \frac{1452}{930 \times 10} \times 100\ \%$$

$$= 15.61\ \%$$

3.5.4.2 การคำนวณหาการกระจายตัวของฟองอากาศ (%)

$$\%\ \text{การกระจายตัวของฟองอากาศ} = \frac{\text{จำนวนช่องทั้งหมด} - \text{จำนวนช่องที่มีค่าเป็น 0 ถึง 2}}{\text{จำนวนช่องทั้งหมด}} \times 100\%$$

$$= \frac{930-698}{930} \times 100\%$$

$$= 25.05\ \%$$

บทที่ 4
ผลการทดสอบและการวิเคราะห์

จากที่ได้ทำการทดสอบตามที่ได้ออกแบบมาแล้ว ได้ผลการทดสอบเพื่อนำมาทำการเก็บข้อมูล และวิเคราะห์ผลดังแสดงในรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 การทดสอบเวลาในการล้างไข่ด้วยมือ

4.1.1 ผลการทดสอบ

ตาราง 4.1 บันทึกเวลาในล้างไข่ด้วยมือของผู้จัดทำโครงงาน

ผู้ล้าง	เวลาในการล้างไข่ 100 ฟอง/นาที
อภิชาติ	32.05
ฉันทิชย์	35.05
ชาญวิทย์	36.70
เฉลี่ย	34.6

ตาราง 4.2 ข้อมูลเวลาในการล้างไข่ของร้านขายไข่และร้านอาหาร

ผู้ล้าง	เวลาโดยประมาณในการล้างไข่ 100 ฟอง(นาที)
1. ร้านขายไข่ข้างมหาวิทยาลัยนเรศวร	20-25
2. ร้านอาหารลุงเปีย ป้ากี๋	30
3.ร้านข้าวป้าโบ้	30
4.ร้านข้าวพี่ริน	30-35
เฉลี่ย	30

4.1.2 วิเคราะห์ผลและสรุปผลการทดสอบ

จากตาราง 4.1 และ 4.2 สามารถวิเคราะห์และสรุปได้ว่าการล้างไข่ด้วยมือนั้นมีอุปกรณ์หลักที่ใช้ก็คือ มีกะละมังใส่น้ำสำหรับล้างไข่ และมีผ้าหรือฟองน้ำสำหรับขัด และถูเปลือกไข่ มีวิธีการล้างที่คล้าย ๆ กันคือ จะมีการแช่ไข่ในน้ำก่อน ประมาณ 10 นาที แล้วค่อยทำการล้าง ซึ่งระยะเวลาการล้างไม่รวมการแช่ เฉลี่ยอยู่ในช่วง 30 – 35 นาที ไข่ที่ผ่านการล้างเฉลี่ยประมาณ 80 – 100 เปอร์เซ็นต์

4.2 การทดสอบเพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการหมดอายุของไข่ที่ล้างด้วยสารละลายที่แตกต่างกัน

4.2.1 ผลการทดสอบ

ตาราง 4.3 บันทึกผลระยะเวลาในการหมดอายุของไข่

ชนิดของสารละลาย	ผลของไข่หลังจากการแช่ด้วยสารละลาย ระยะเวลาของไข่หลังจากการล้างด้วยสารละลาย													
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7	วันที่ 8	วันที่ 9	วันที่ 10	วันที่ 11	วันที่ 12	วันที่ 13	วันที่ 14
น้ำ	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	X	X	X
น้ำ + ด่างทับทิม	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	X	X	X
น้ำ + น้ำยาล้างจาน	O	O	O	O	O	O	O	O	X	X	X	X	X	X
น้ำ + ด่างทับทิม + น้ำยาล้างจาน	O	O	O	O	O	O	O	O	X	X	X	X	X	X

O = ไข่ไม่หมดอายุ

X = ไข่หมดอายุ

4.2.2 วิเคราะห์ผลและสรุปผลการทดสอบ

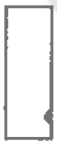
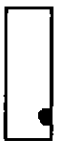
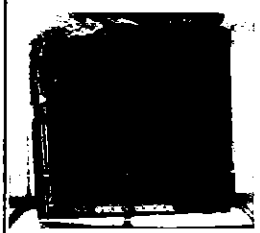
จากตารางที่ 4.3 สามารถวิเคราะห์และสรุปได้ว่าการล้างไข่ด้วยน้ำธรรมดานั้นจะทำให้ไข่มีอายุหลังล้าง 10 วันซึ่งตรงกับข้อมูลที่ได้สอบถามจากร้านขายไข่ และเมื่อนำด่างทับทิมใส่เพิ่มลงไปผสมกับน้ำเพื่อใช้ล้างไข่ ก็ไม่ได้ทำให้ไข่หมดอายุเร็วขึ้น แต่เมื่อเพิ่มน้ำยาล้างจานเพิ่มลงไปเป็นส่วนผสมในการล้างแล้ว พบว่าไข่หมดอายุเร็วขึ้น คือ ไข่จะมีอายุหลังล้างเพียง 8 วัน ดังนั้นจึงจะเลือกใช้ด่างทับทิมผสมกับน้ำเพื่อใช้ล้างไข่

4.3 การทดสอบสำหรับหาแบบท่อพ่นฉมที่เหมาะสม

4.3.1 การทดสอบเพื่อศึกษาผลที่เกิดจากขนาดของรูเจาะ

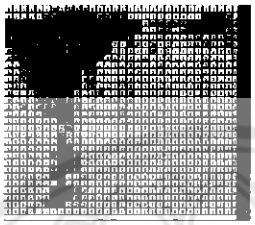
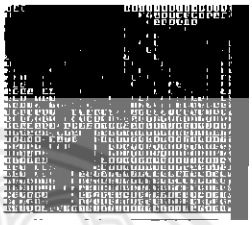
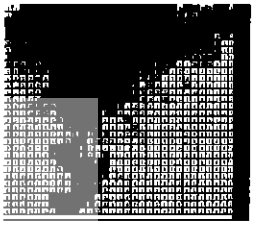
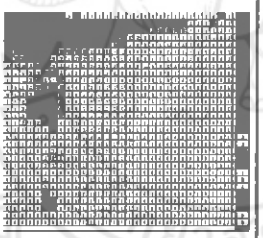
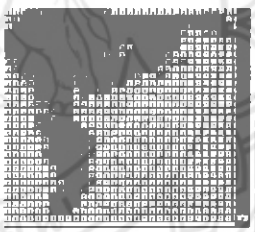
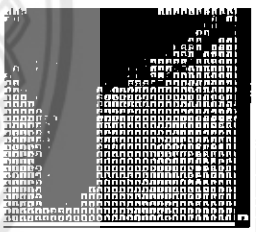
4.3.1.1 ผลการทดสอบ

ตาราง 4.4 บันทึกผลลักษณะของฟองอากาศจากการทดสอบที่ 3.4.3.6.1

ลักษณะการวางท่อ และตำแหน่งรูที่เปิด	ความดัน psi (kPa)		
	5 (34.47)	10 (68.95)	15 (103.42)
 ขนาดของรูเจาะ 2 มิลลิเมตร			
 ขนาดของรูเจาะ 4 มิลลิเมตร			

4.3.1.2 วิเคราะห์ผล

ตาราง 4.5 บันทึกผลจากการทดสอบที่ 3.4.3.6.1

ลักษณะการวางท่อ และตำแหน่งรูที่เปิด	ความดัน psi (kPa)		
	5 (34.47)	10 (68.95)	15 (103.42)
ขนาดของรูเจาะ 2 มิลลิเมตร			
% ความหนาแน่น	15.6	27.24	34.4
% การกระจายตัว	25.05	46.3	47.3
ระยะแกน x (cm.)	4	6.3	8.7
ขนาดของรูเจาะ 4 มิลลิเมตร			
% ความหนาแน่น	9.91	21.34	30.79
% การกระจายตัว	18.81	35.5	40.86
ระยะแกน x (cm.)	2.8	4.7	6.7

- ความหนาแน่นของฟองอากาศ

จากตาราง 4.5 จะพบว่าเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของฟองอากาศจะลดลงเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเจาะมีขนาดใหญ่ขึ้นคือ จาก 2 มิลลิเมตร เป็น 4 มิลลิเมตร และยังพบว่า ทุก ๆ การปรับให้ความดันมีค่าสูงขึ้น คือ จาก 5 psi ปีน 10 และ 15 psi ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของฟองอากาศจะเพิ่มขึ้น

- การกระจายตัวของฟองอากาศ

จากตาราง 4.5 จะพบว่าเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของฟองอากาศจะลดลงเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเจาะมีขนาดใหญ่ขึ้นคือ จาก 2 มิลลิเมตร เป็น 4 มิลลิเมตร และยังพบว่า ทุก ๆ การปรับให้ความดันมีค่าสูงขึ้น คือ จาก 5 psi เป็น 10 และ15 psi ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของฟองอากาศจะเพิ่มขึ้น

- ระยะที่ฟองอากาศพุ่งออกไป

จากตาราง 4.5 จะพบว่าระยะของฟองอากาศที่พุ่งออกไปได้ไกลที่สุดจะลดลงเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเจาะมีขนาดใหญ่ขึ้นคือ จาก 2 มิลลิเมตร เป็น 4 มิลลิเมตร และยังพบว่า ทุก ๆ การปรับให้ความดันมีค่าสูงขึ้น คือ จาก 5 psi เป็น 10 และ15 psi ตามลำดับ ระยะของฟองอากาศที่พุ่งออกไปได้ไกลที่สุดก็จะเพิ่มขึ้น

4.3.1.3 สรุปผลการทดสอบ

- ความหนาแน่นของฟองอากาศ

จากการทดสอบครั้งนี้สามารถสรุปผลการทดสอบได้ว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเจาะและความดันมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของฟองอากาศ กล่าวคือ เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของฟองอากาศมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 34.4 % ที่รูเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 2 มิลลิเมตร และเปิดที่ความดัน 15 psi

- การกระจายตัวของฟองอากาศ

จากการทดสอบครั้งนี้สามารถสรุปผลการทดสอบได้ว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเจาะและความดันมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของฟองอากาศ กล่าวคือ เปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของฟองอากาศมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 47.3 % ที่รูเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 2 มิลลิเมตร และเปิดที่ความดัน 15 psi

- ระยะที่ฟองอากาศพุ่งออกไป

จากการทดสอบครั้งนี้สามารถสรุปผลการทดสอบได้ว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเจาะและความดันมีผลต่อระยะของฟองอากาศที่พุ่งออกไปได้ไกลที่สุด กล่าวคือ ระยะของฟองอากาศที่พุ่งออกไปได้ไกลที่สุดมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 8.7 เซนติเมตร ที่รูเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 2 มิลลิเมตร และเปิดที่ความดัน 15 psi

4.3.2 การทดสอบเพื่อศึกษาผลที่เกิดจากตำแหน่งความสูงของรูเจาะ

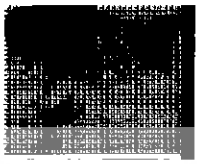
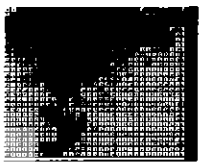
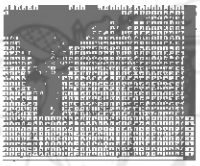
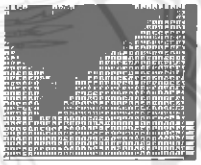
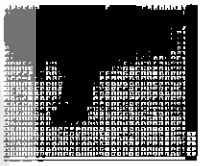
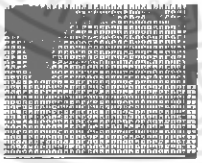
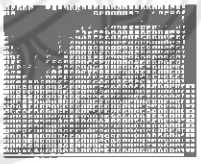
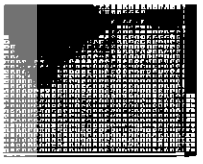
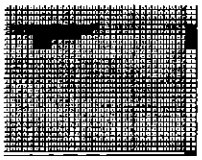
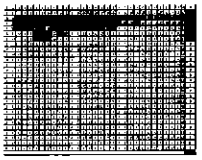
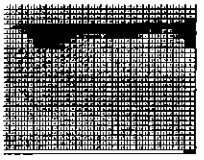
4.3.2.1 ผลการทดสอบ

ตาราง 4.6 บันทึกผลลักษณะของฟองอากาศจากการทดสอบที่ 3.4.3.6.2

ลักษณะการวางท่อและตำแหน่งรูที่เปิด	ความดัน psi (kPa)		
	5 (34.47)	10 (68.95)	15 (103.42)
เปิดรูที่ 1			
เปิดรูที่ 2			
เปิดรูที่ 3			
เปิดรูที่ 4			

4.3.2.2 วิเคราะห์ผล

ตาราง 4.7 บันทึกผลจากการทดสอบที่ 3.4.3.6.2

ลักษณะการวางท่อ และตำแหน่งรูที่เปิด	ความดัน psi (kPa)		
	5 (34.47)	10 (68.95)	15 (103.42)
เปิดรูที่ 1			
% ความหนาแน่น	15.6	27.24	34.4
% การกระจายตัว	25.05	46.3	47.3
ระยะแกน x (cm.)	4	6.33	8.7
เปิดรูที่ 2			
% ความหนาแน่น	11.98	21.54	30.08
% การกระจายตัว	20	32.37	41.72
ระยะแกน x (cm.)	4.25	6.75	9.75
เปิดรูที่ 3			
% ความหนาแน่น	7.65	11.87	17.18
% การกระจายตัว	12.69	17.42	23.66
ระยะแกน x (cm.)	4.75	7.75	10.25
เปิดรูที่ 4			
% ความหนาแน่น	3.57	5.3	6.18
% การกระจายตัว	4.62	5.91	12.37
ระยะแกน x (cm.)	5.5	8.75	11.75

- ความหนาแน่นของฟองอากาศ

จากตาราง 4.7 จะพบว่าเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของฟองอากาศจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะของรูเจาะจากผิวน้ำมีระยะมากขึ้น คือ ระยะของรูเจาะที่ 1 ,2 ,3 และ4 ตามลำดับ อีกทั้งยังพบว่า ทุก ๆ การปรับให้ความดันมีค่าสูงขึ้น คือ จาก 5 psi เป็น 10 และ15 psi ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของฟองอากาศก็จะเพิ่มขึ้นอีกด้วย

- การกระจายตัวของฟองอากาศ

จากตาราง 4.7 จะพบว่าเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของฟองอากาศจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะของรูเจาะจากผิวน้ำมีระยะมากขึ้น คือ ระยะของรูเจาะที่ 1 ,2 ,3 และ4 ตามลำดับ อีกทั้งยังพบว่า ทุก ๆ การปรับให้ความดันมีค่าสูงขึ้น คือ จาก 5 psi เป็น 10 และ15 psi ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของฟองอากาศก็จะเพิ่มขึ้นอีกด้วย

- ระยะที่ฟองอากาศพุ่งออกไป

จากตาราง 4.7 จะพบว่าระยะของฟองอากาศที่พุ่งออกไปได้ไกลที่สุดจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะของรูเจาะจากผิวน้ำมีระยะน้อยลง คือ ระยะของรูเจาะที่ 4 ,3 ,2 และ1 ตามลำดับ และยังพบว่า ทุก ๆ การปรับให้ความดันมีค่าสูงขึ้น คือ จาก 5 psi เป็น 10 และ15 psi ตามลำดับ ระยะของฟองอากาศที่พุ่งออกไปได้ไกลที่สุดก็จะเพิ่มขึ้น

4.3.2.3 สรุปผลการทดสอบ

- ความหนาแน่นของฟองอากาศ

จากการทดสอบครั้งนี้สามารถสรุปผลการทดสอบได้ว่าระยะของรูเจาะจากผิวน้ำ และความดันมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของฟองอากาศ กล่าวคือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของฟองอากาศมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 34.4 % ที่ตำแหน่งรูเจาะที่ 1 คือห่างจากผิวน้ำระยะ 32 เซนติเมตร และเปิดที่ความดัน15 psi

- การกระจายตัวของฟองอากาศ

จากการทดสอบครั้งนี้สามารถสรุปผลการทดสอบได้ว่าระยะของรูเจาะจากผิวน้ำ และความดันมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของฟองอากาศ กล่าวคือ ค่าเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของฟองอากาศมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 47.3 % ที่ตำแหน่งรูเจาะที่ 1 คือห่างจากผิวน้ำระยะ 32 เซนติเมตร และเปิดที่ความดัน 15 psi

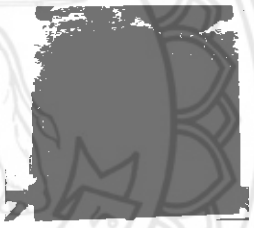
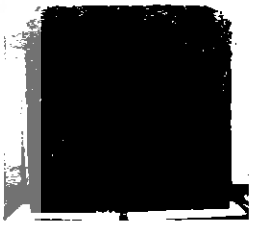
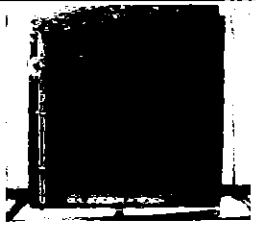
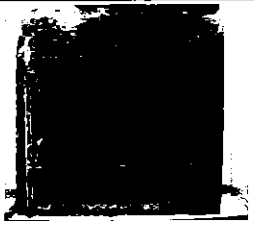
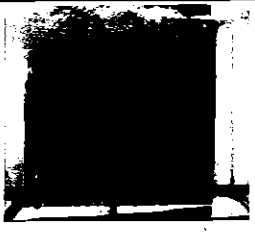
- ระยะที่ฟองอากาศพุ่งออกไป

จากการทดสอบครั้งนี้สามารถสรุปผลการทดสอบได้ว่าระยะของรูเจาะจากผิวน้ำ และความดันมีผลต่อระยะของฟองอากาศที่พุ่งออกไปได้ไกลที่สุด กล่าวคือ ระยะของฟองอากาศที่พุ่งออกไปได้ไกลที่สุดมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 11.75 เซนติเมตร ที่ตำแหน่งรูเจาะที่ 4 คือห่างจากผิวน้ำระยะ 8 เซนติเมตร และเปิดที่ความดัน 15 psi

4.3.3 การทดสอบเพื่อศึกษาผลที่เกิดจากจำนวนของรูเจาะ

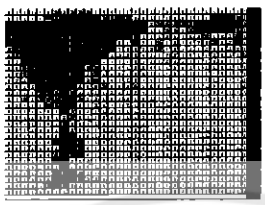
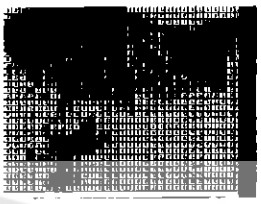
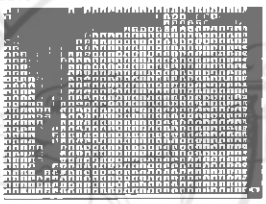
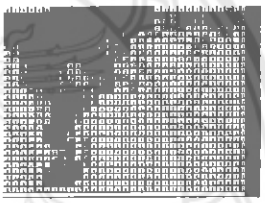
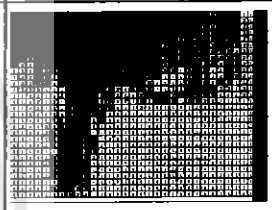
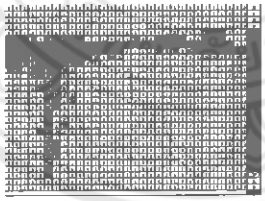
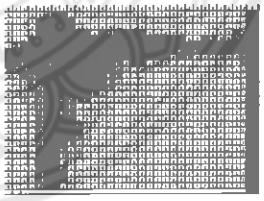
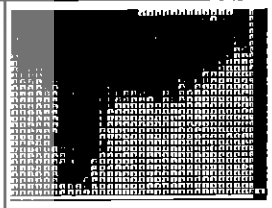
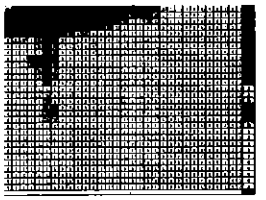
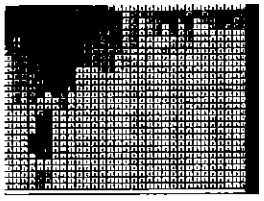
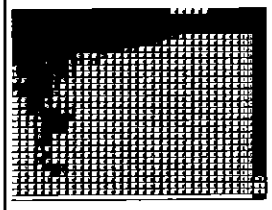
4.3.3.1 ผลการทดสอบ

ตาราง 4.8 บันทึกผลลักษณะของฟองอากาศจากการทดสอบที่ 3.4.3.6.3

ลักษณะการวางท่อและตำแหน่งรูที่เปิด	ความดัน psi (kPa)		
	5 (34.47)	10 (68.95)	15 (103.42)
เปิดรูที่ 1			
เปิดรูที่ 1, 2			
เปิดรูที่ 1, 2, 3			
เปิดรูที่ 1, 2, 3, 4			

4.3.3.2 วิเคราะห์ผล

ตาราง 4.9 บันทึกผลจากการทดสอบที่ 3.4.3.6.3

ลักษณะการวางท่อและตำแหน่งรูที่เปิด	ความดัน psi (kPa)		
	5 (34.47)	10 (68.95)	15 (103.42)
เปิดรูที่ 1			
% ความหนาแน่น	15.6	27.24	34.4
% การกระจายตัว	25.05	46.3	47.3
เปิดรูที่ 1, 2			
% ความหนาแน่น	10.91	22.34	32.04
% การกระจายตัว	17.42	32.90	46.34
เปิดรูที่ 1, 2, 3			
% ความหนาแน่น	9.4	20.92	31.67
% การกระจายตัว	14.62	30.43	45.7
เปิดรูที่ 1, 2, 3, 4			
% ความหนาแน่น	7.45	16.38	17.95
% การกระจายตัว	11.83	27.31	28.92

ตาราง 4.10 บันทึกผลระยะที่พุ่งออกมาของฟองอากาศจากการทดสอบที่ 3.4.3.6.3

ตำแหน่งของรูที่เปิด	ที่ระดับความสูงวัดจากผิวน้ำ (cm.)	ระยะเฉลี่ยของฟองอากาศที่พุ่งออกมาตามแนวแกน x (cm.)		
		ความดัน psi (kPa)		
		5 (34.47)	10 (68.95)	15 (103.42)
เปิดรูที่ 1	8	-	-	-
	16	-	-	-
	24	-	-	-
	32	4	6.3	8.6
เปิดรูที่ 1, 2	8	-	-	-
	16	-	-	-
	24	3	4.6	7.1
	32	2.3	3	5.8
เปิดรูที่ 1, 2, 3	8	-	-	-
	16	3	4.3	8
	24	2.3	3	7.5
	32	1.5	2.5	6.8
เปิดรูที่ 1, 2, 3, 4	8	3	3.5	7.3
	16	2.3	2.8	6.7
	24	1.2	2.3	5.7
	32	0	1.8	4.8

- ความหนาแน่นของฟองอากาศ

จากตาราง 4.9 จะพบว่าเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของฟองอากาศจะลดลงเมื่อเพิ่มการเปิดจำนวนรูเจาะขึ้น จากเปิด 1 รู เพิ่มเป็นเปิดรูที่ 1 และ 2, รูที่ 1, 2 และ 3, รูที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ และ ทุก ๆ การปรับให้ความดันมีค่าสูงขึ้น คือ จาก 5 psi เป็น 10 และ15 psi ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของฟองอากาศก็จะเพิ่มขึ้น

- การกระจายตัวของฟองอากาศ

จากตาราง 4.9 จะพบว่าเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของฟองอากาศจะลดลงเมื่อเพิ่มการเปิดจำนวนรูเจาะขึ้น จากเปิด 1 รู เพิ่มเป็นเปิดรูที่ 1 และ 2, รูที่ 1, 2 และ 3, รูที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ และ ทุก ๆ การปรับให้ความดันมีค่าสูงขึ้น คือ จาก 5 psi เป็น 10 และ15 psi ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของฟองอากาศก็จะเพิ่มขึ้น

- ระยะที่ฟองอากาศพุ่งออกไป

จากตาราง 4.10 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันจะพบว่าระยะของฟองอากาศที่พุ่งออกไปได้ไกลที่สุดจะลดลงเมื่อเพิ่มการเปิดจำนวนรูเจาะขึ้น จากเปิด 1 รู เพิ่มเป็นเปิดรูที่ 1 และ 2 ,รูที่ 1 ,2 และ 3 , รูที่ 1 ,2 ,3 และ 4 ตามลำดับ และทุก ๆ การปรับให้ความดันมีค่าสูงขึ้น คือ จาก 5 psi เป็น 10 และ15 psi ตามลำดับ ระยะของฟองอากาศที่พุ่งออกไปได้ไกลที่สุดก็จะเพิ่มขึ้น

4.3.3.3 สรุปผลการทดสอบ

- ความหนาแน่นของฟองอากาศ

จากการทดสอบครั้งนี้สามารถสรุปผลการทดสอบได้ว่าจำนวนรูเจาะ และความดันมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของฟองอากาศ กล่าวคือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของฟองอากาศมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 34.4 % ที่จำนวนรูเจาะ 1 รู และเปิดที่ความดัน 15 psi

- การกระจายตัวของฟองอากาศ

จากการทดสอบครั้งนี้สามารถวิเคราะห์ผลการทดสอบได้ว่าจำนวนรูเจาะ และความดันมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของฟองอากาศ กล่าวคือ ค่าเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของฟองอากาศมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 47.3 % ที่จำนวนรูเจาะ 1 รู และเปิดที่ความดัน 15 psi

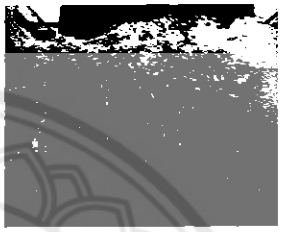
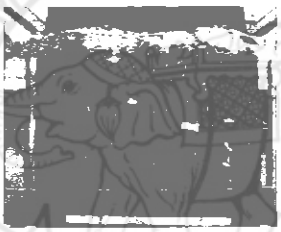
- ระยะที่ฟองอากาศพุ่งออกไป

จากการทดสอบครั้งนี้สามารถวิเคราะห์ผลการทดสอบได้ว่าจำนวนรูเจาะ และความดันมีผลต่อระยะของฟองอากาศที่พุ่งออกไปได้ไกลที่สุด กล่าวคือ ระยะของฟองอากาศที่พุ่งออกไปได้ไกลที่สุดมีค่าเท่ากับ 8.6 เซนติเมตร ที่จำนวนรูเจาะจำนวน 1 รู และเปิดที่ความดัน 15 psi

4.3.4 การทดสอบเพื่อศึกษาผลที่เกิดจากการวางท่อในแนวนอน

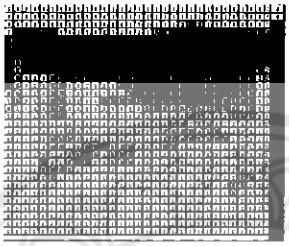
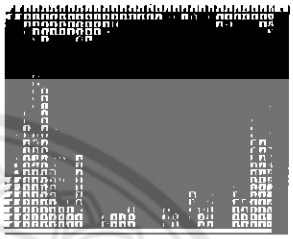
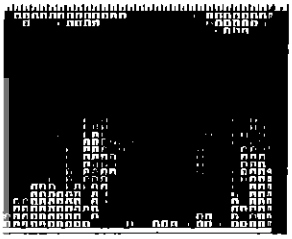
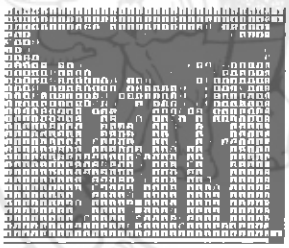
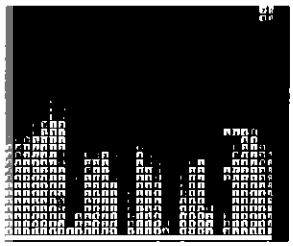
4.3.4.1 ผลการทดสอบ

ตาราง 4.11 บันทึกผลลักษณะของฟองอากาศจากการทดสอบที่ 3.4.3.6.4

ลักษณะการวางท่อ และตำแหน่งรูที่เปิด	ความดัน psi (kPa)		
	5 (34.47)	10 (68.95)	15 (103.42)
ที่ตำแหน่ง 0°			
ที่ตำแหน่ง 90°			

4.3.4.2 วิเคราะห์ผล

ตาราง 4.12 บันทึกผลจากการทดสอบที่ 3.4.3.6.4

ลักษณะการวางท่อและตำแหน่งรูที่เปิด	ความดัน psi (kPa)		
	5 (34.47)	10 (68.95)	15 (103.42)
ที่ตำแหน่ง 0°			
% ความหนาแน่น	27.85	58.17	64.35
% การกระจายตัว	36.67	79.14	81.82
ที่ตำแหน่ง 90°			
% ความหนาแน่น	23.58	59.80	65.34
% การกระจายตัว	31.07	71	73.87

- ความหนาแน่นของฟองอากาศ

จากตาราง 4.12 จะพบว่าเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของฟองอากาศจะเพิ่มขึ้นเมื่อองศาของรูเจาะเปลี่ยนไป คือ จากเจาะรูที่ตำแหน่ง 0° เป็น 90° และพบว่า ทุก ๆ การปรับให้ความดันมีค่าสูงขึ้น คือ จาก 5 psi เป็น 10 และ15 psi ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของฟองอากาศก็จะเพิ่มขึ้นอีกด้วย

- การกระจายตัวของฟองอากาศ

จากตาราง 4.12 จะพบว่าเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของฟองอากาศจะลดลงเมื่อองศาของรูเจาะเปลี่ยนไป คือ จากเจาะรูที่ตำแหน่ง 0° เป็น 90° และพบว่า ทุก ๆ การปรับให้ความดันมีค่าสูงขึ้น คือ จาก 5 psi เป็น 10 และ15 psi ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของฟองอากาศก็จะเพิ่มขึ้นอีกด้วย

4.3.4.3 สรุปผลการทดสอบ

- ความหนาแน่นของฟองอากาศ

จากการทดสอบครั้งนี้สามารถสรุปผลการทดสอบได้ว่าองศาของรูเจาะ และความดันมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของฟองอากาศ กล่าวคือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของฟองอากาศมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 65.34% ที่รูเจาะที่ตำแหน่ง 90° และเปิดที่ความดัน 15 psi

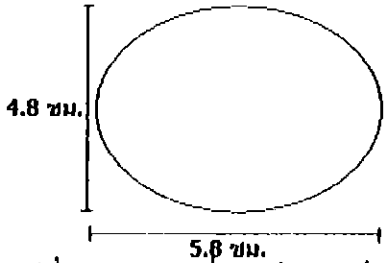
- การกระจายตัวของฟองอากาศ

จากการทดสอบครั้งนี้สามารถสรุปผลการทดสอบได้ว่าองศาของรูเจาะ และความดันมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของฟองอากาศ กล่าวคือ ค่าเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของฟองอากาศมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 81.82% ที่รูเจาะที่ตำแหน่ง 0° และเปิดที่ความดัน 15 psi

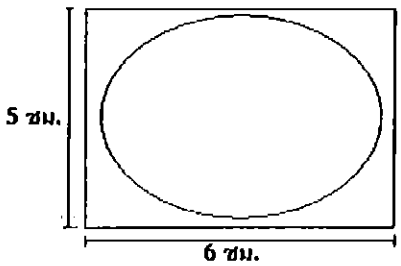
4.4 การคำนวณและการวิเคราะห์ผลเพื่อหาขนาดของส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องล้างไข่

4.4.1 ขนาดของตะแกรง

คำนวณขนาดตะแกรงโดยใช้ไข่ไก่เบอร์ 0 จำนวน 10 ฟองซึ่งเป็นขนาดใหญ่ที่สุด มาวัดขนาดเฉลี่ยได้ความกว้าง 4.8 เซนติเมตร ยาว 5.8 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 4.1 เสร็จแล้วเผื่อขนาดไว้ประมาณ 5 × 6 เซนติเมตรจะได้พื้นที่สำหรับใส่ไข่ 1 ฟองเท่ากับ 30 ตารางเซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.2

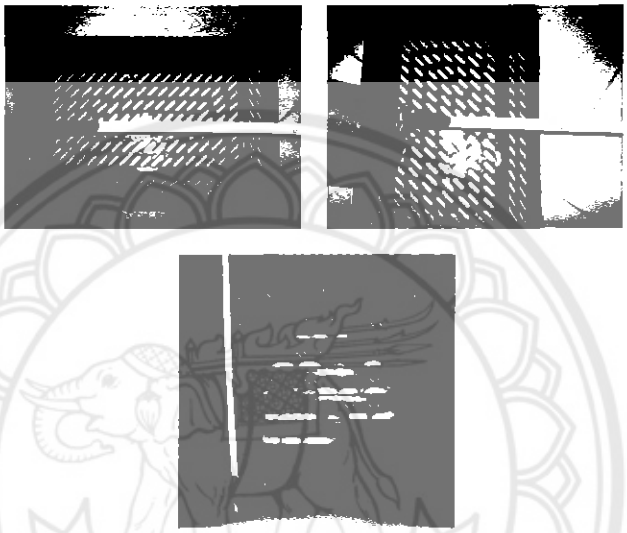


รูปที่ 4.1 ขนาดเฉลี่ยของไข่เบอร์ 0



รูปที่ 4.2 พื้นที่สำหรับใส่ไข่ 1 ฟอง

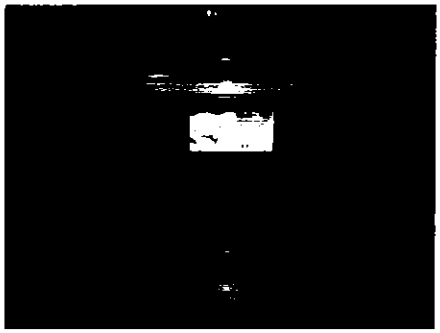
ดังนั้นขนาดพื้นที่ของก้นตะแกรงสำหรับใส่ไข่ 100 ฟองจะได้เท่ากับ 30 × 100 เท่ากับ 3000 ตารางเซนติเมตร จากขอบเขตที่ตั้งไว้คืออุปกรณ์สามารถหาได้ง่าย จึงได้เลือกซื้อตะแกรงที่มีขนาด พื้นที่ก้นตะแกรงขนาด 16 × 27 เท่ากับ 432 ตารางเซนติเมตร สูง 5 เซนติเมตร จำนวน 7 ชั้น รวมเป็นพื้นที่ก้นตะแกรง 432 × 7 เท่ากับ 3024 ตารางเซนติเมตร ซึ่งสามารถใช้ได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ตะแกรงสำหรับใส่ไข่

4.4.1 ขนาดของถัง

เมื่อได้ขนาดตะแกรงก็ทำการเลือกขนาดของถังโดยเลือกถังที่มีขนาดพอเหมาะสำหรับที่จะใส่ตะแกรง และท่อสำหรับพ่นลมได้ โดยถังต้องมีขนาดไม่ใหญ่ไม่เล็กจนเกินไป สุดท้ายจึงเลือกใช้ถังขนาด กว้าง 36 เซนติเมตร ยาว 43 เซนติเมตร สูง 42 เซนติเมตร บรรจุน้ำได้ 50 ลิตร ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ถังน้ำ

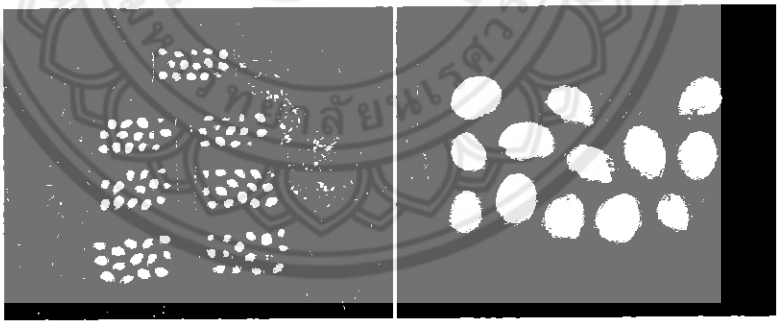
จากผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผลทั้งหมดที่ได้ทำมา ทำให้ได้อุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องล้างไข่ ดังแสดงในรูปที่ 4.5 และเมื่อทำการประกอบอุปกรณ์ทั้งหมดแล้วเครื่องล้างไข่จะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 4.6

รูปที่ 4.5 อุปกรณ์ทั้งหมดของเครื่องล้างไข่

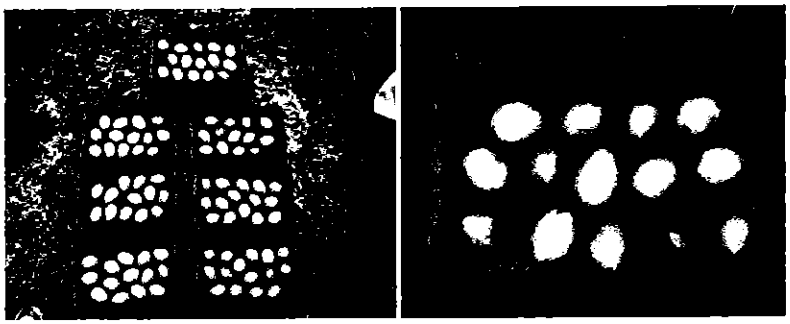
รูปที่ 4.6 เครื่องล้างไข่ที่ทำการประกอบอุปกรณ์แล้ว

4.5 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องล้างไข่

4.5.1 ผลการทดสอบ



รูปที่ 4.7 ไข่ที่ผ่านการล้างด้วยเครื่องล้างไข่ที่ใช้การวางท่อแนวนอน ตำแหน่งรูเจาะที่ 0°



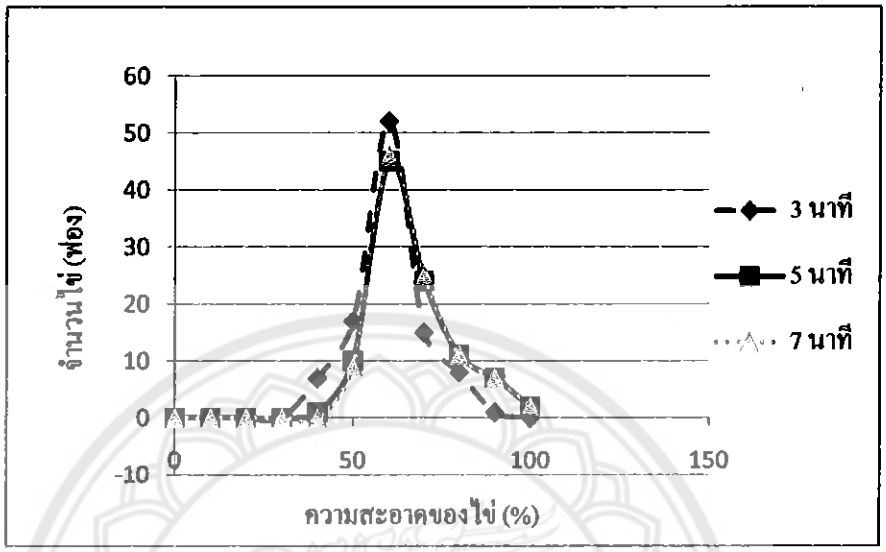
รูปที่ 4.8 ไข่ที่ผ่านการล้างด้วยเครื่องล้างไข่ที่ใช้การวางท่อแนวนอน ตำแหน่งรูเจาะที่ 90°

ตาราง 4.13 บันทึกผลเปอร์เซ็นต์ความสะอาดของไข่โดยใช้ท่อแนวนอนที่ตำแหน่งรู 0° และ 90°

ลักษณะการวางท่อและตำแหน่งรูที่เปิด	เวลาที่ทดสอบ(นาที)	จำนวนไข่ (ฟอง)											
		ความสะอาดของไข่ (%) ที่ความดัน 15 psi											
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	เฉลี่ย(%)
ที่ตำแหน่ง 0°	3	-	-	-	-	7	17	52	15	8	1	-	**60.3**
	5	-	-	-	-	1	10	45	24	11	7	2	**66.3**
	7	-	-	-	-	-	9	46	25	11	7	2	**66.7**
ที่ตำแหน่ง 90°	3	-	-	-	-	3	12	50	20	11	4	-	**63.6**
	5	-	-	-	-	-	5	42	26	14	10	3	**69.1**
	7	-	-	-	-	-	5	41	27	14	10	3	**69.2**

4.5.2 วิเคราะห์ผล

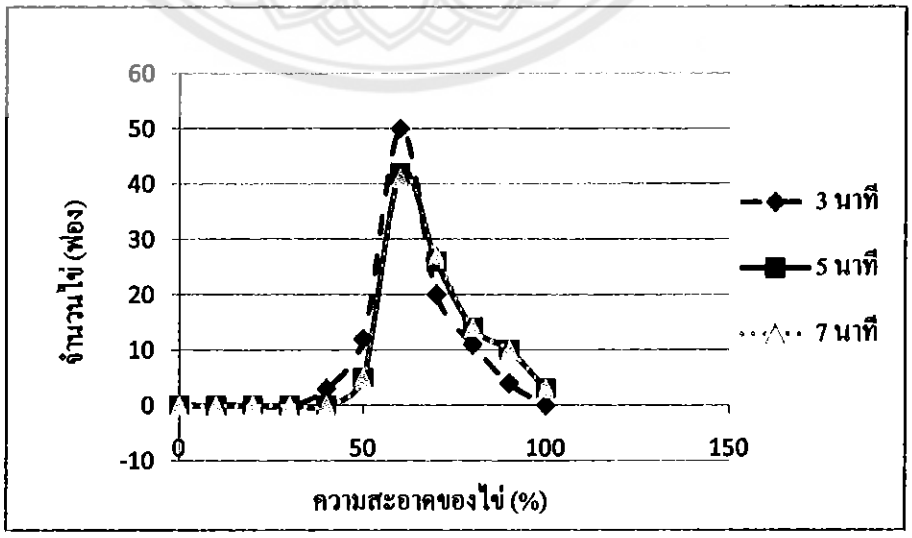
ท่อแนวนอนตำแหน่งรูเจาะที่ 0°



รูปที่ 4.9 ความสะอาดของไข่ในการล้างโดยใช้แบบท่อรูเจาะที่ตำแหน่ง 0° ณ เวลาต่างๆ

จากรูปที่ 4.9 จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์ความสะอาดของไข่จะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เวลาในการล้างมากขึ้น คือเมื่อเพิ่มเวลาจากที่ใช้เวลาล้าง 3 นาที แล้วเพิ่มเป็น 5 นาที พบว่าเปอร์เซ็นต์ความสะอาดเพิ่มขึ้นจาก 60.3% เป็น 66.3 % แต่เมื่อเพิ่มเป็น 7 นาที พบว่าเปอร์เซ็นต์ความสะอาดของไข่เพิ่มขึ้นน้อยมาก คือ เพิ่มจาก 66.3% เป็น 66.7% ดังนั้นเวลาที่เหมาะสมในการล้างคือ 5 นาที

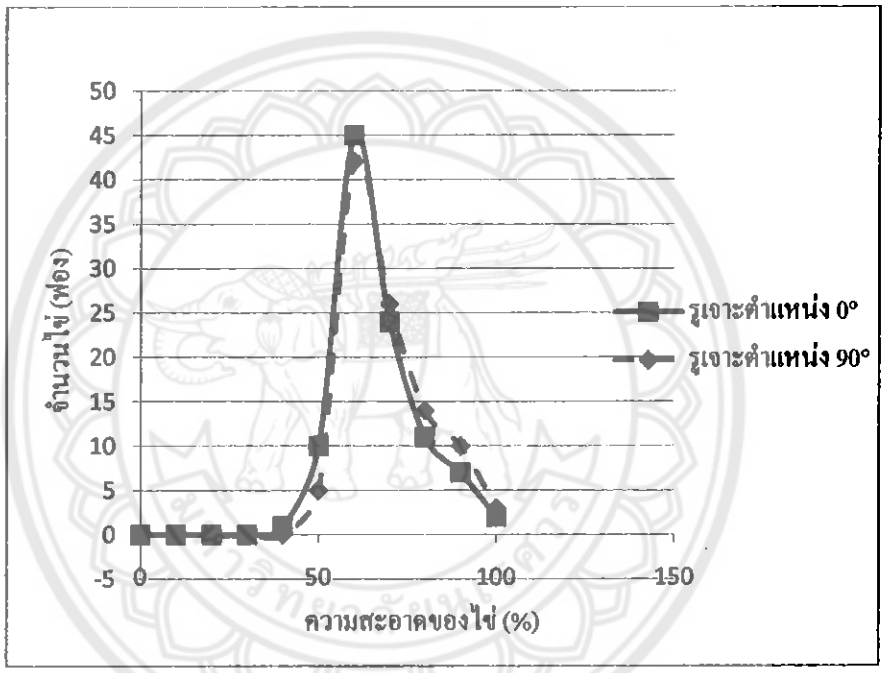
ท่อแนวนอนตำแหน่งรูเจาะที่ 90°



รูปที่ 4.10 ความสะอาดของไข่ในการล้างโดยใช้แบบท่อรูเจาะที่ตำแหน่ง 90° ณ เวลาต่างๆ

จากรูปที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์ความสะอาดของไข่จะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เวลาในการล้างมากขึ้น คือเมื่อเพิ่มเวลาจากที่ใช้เวลาล้าง 3 นาที แล้วเพิ่มเป็น 5 นาที พบว่าเปอร์เซ็นต์ความสะอาดเพิ่มขึ้นจาก 63.6% เป็น 69.1% แต่เมื่อเพิ่มเป็น 7 นาที พบว่าเปอร์เซ็นต์ความสะอาดของไข่เพิ่มขึ้นน้อยมาก คือ เพิ่มจาก 69.1% เป็น 69.2% ดังนั้นเวลาที่เหมาะสมในการล้างคือ 5 นาที

การเปรียบเทียบระหว่างแบบท่อรูเจาะที่ตำแหน่ง 0° และ 90° โดยใช้เวลาในการล้าง 5 นาที



รูปที่ 4.11 การเปรียบเทียบความสะอาดของไข่ระหว่างการแบบท่อรูเจาะที่ตำแหน่ง 0° และ 90°

จากรูปที่ 4.11 จะเห็นได้ว่าที่เวลาเดียวกันเปอร์เซ็นต์ความสะอาดของไข่ที่ผ่านการล้างด้วยเครื่องล้างไข่ที่ใช้แบบท่อรูเจาะที่ตำแหน่ง 90° จะมากกว่าการใช้แบบท่อรูเจาะที่ตำแหน่ง 0°

4.5.3 สรุปผลการทดสอบ

แบบท่อแนวนอน รูเจาะที่ตำแหน่ง 90° เป็นแบบท่อที่ดีที่สุดสำหรับใช้ในการสร้างเครื่องล้างไข่ และเวลาที่เหมาะสมในการล้างคืออย่างน้อย 5 นาที

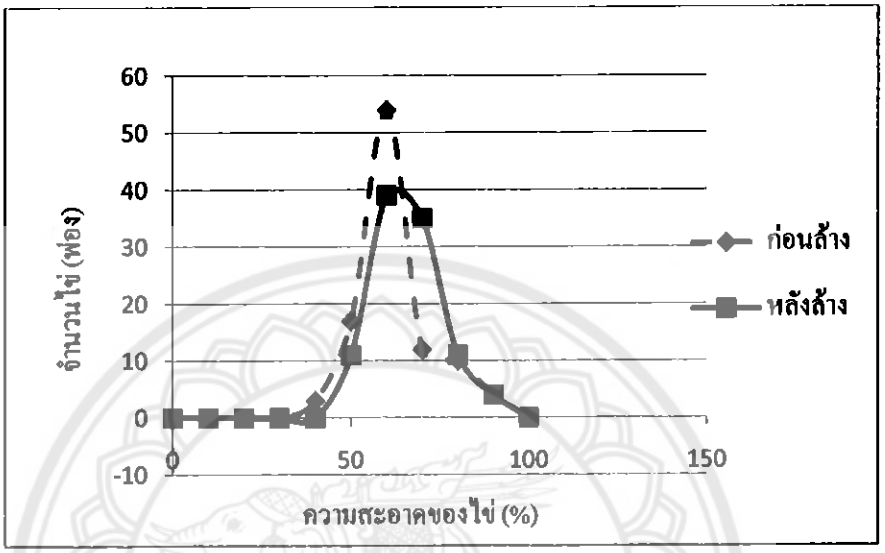
4.5.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องล้างไข่ที่สร้างขึ้น

ตาราง 4.14 บันทึกผลเปอร์เซ็นต์ความสะอาดของไข่ที่ผ่านการล้างด้วยเครื่องล้างไข่ที่สร้างขึ้น

ลักษณะของไข่	จำนวนไข่ (ฟอง)											
	ความสะอาดของไข่ (%) ที่ความดัน 15 psi											
	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	เฉลี่ย(%)
ก่อนล้าง	-	-	-	-	3	17	54	12	10	4	-	62.1
หลังล้าง	-	-	-	-	-	11	39	35	11	4	-	65.8

4.5.5 วิเคราะห์ผลประสิทธิภาพของเครื่องล้างไข่ที่สร้างขึ้น

การเปรียบเทียบความสะอาดของไข่ก่อนล้างและหลังล้าง โดยใช้เวลาในการล้าง 5 นาที



รูปที่ 4.12 การเปรียบเทียบความสะอาดของไข่ระหว่างก่อนล้างและหลังล้าง

จากรูปที่ 4.12 จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์ความสะอาดของไข่หลังผ่านการล้างด้วยเครื่องล้างไข่ที่สร้างขึ้นจะมากกว่าก่อนล้าง

4.5.6 สรุปผลประสิทธิภาพของเครื่องล้างไข่ที่สร้างขึ้น

ไข่ที่มีความสะอาดคิดเป็น 60% ขึ้นไปซึ่งเป็นเกณฑ์ความสะอาดที่แม่ค้าขายไข่ยอมรับได้ จำนวน 89 ฟอง และทำให้ไข่ก่อนล้างที่มีความสะอาดต่ำกว่า 60% จำนวน 20 ฟอง เหลือ 11 ฟอง ซึ่งสรุปผลได้ว่าเครื่องล้างไข่ที่ได้จากการออกแบบและสร้างขึ้นนี้มีประสิทธาภาพเพียงพอที่แม่ค้ายอมรับได้ คือทำให้ไข่มีความความสะอาดเฉลี่ยเป็น 65.8%

4.6 การคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการล้างไข่

4.6.1 การคำนวณหาค่าไฟฟ้า

ปั๊มลมขับด้วยมอเตอร์ขนาด 110 kW โดยในการล้างไข่หนึ่งครั้งใช้ความดัน 15 psi เป็นเวลา 5 นาที ซึ่งปั๊มลมใช้เวลาในการอัดลม 30 วินาที ฉะนั้นในการล้างหนึ่งครั้งมีการใช้พลังงานไปคิดเป็น

(110 kW)(30 วินาที / 3600) = **0.917 kWhr**

จากค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3 บาท ดังนั้นค่าไฟฟ้าในการล้างไข่หนึ่งครั้งคิดเป็น

(3 บาท)(0.917 kWhr) = 2.75 **บาท**

ดังนั้นจะได้ว่าในการล้างไข่ จำนวน 100 ฟอง ด้วยเครื่องล้างไข่เสียค่าไฟฟ้า 2.75 บาท

4.6.2 ค่าน้ำ

การล้างไข่หนึ่งครั้งใช้น้ำ 50 ลิตร จากราคาน้ำคิดเป็นราคาลิตรละ 1 สตางค์ คิดเป็น

(50 ลิตร)(0.01 บาท) = 0.5 **บาท**

ดังนั้นจะได้ว่าในการล้างไข่ จำนวน 100 ฟอง ด้วยเครื่องล้างไข่เสียค่าน้ำ 0.5 บาท

รวมค่าใช้จ่ายในการล้างไข่ 100 ฟอง ด้วยเครื่องเป็นเงิน เท่ากับ 3.25 บาท

ดังนั้นใช้ค่าใช่จ่ายในการล้างไข่ 1 ฟอง เป็นเงินเท่ากับ 3.25 / 100 = 0.0325 บาท

4.7 ระยะเวลาในการคืนทุนในกรณีที่จะสร้างเครื่องขึ้นใช้เองเปรียบเทียบกับการจ้างคนล้าง

จากการล้างไข่ด้วยมือ หากจ้างคนล้าง ใช้ค่าใช้จ่าย 10 บาท/ไข่ 100 ฟอง ดังนั้นคิดเป็น 0.1 บาท/ฟอง

4.7.1 ค่าส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่อง

- ราคาท่อและข้อต่อ รวม	50 บาท
- ราคาถัง	200 บาท
- ราคาตะแกรง	100 บาท
- สายยาง	20 บาท
- ราคาอุปกรณ์ในการประกอบชิ้นส่วน	30 บาท
- ปั๊มลม	3000 บาท
รวม	3400 บาท

4.7.2 ค่าไฟฟ้า และค่าน้ำ 0.0325 บาท/ฟอง

ค่าค่างทับทิม 0.01 บาท/ฟอง

4.7.3 ค่าบำรุงรักษา 30 บาท/เดือน

จาก จำนวนไข่ที่ล้างเฉลี่ย ประมาณ วันละ 300 ฟอง แสดงว่า 1 เดือนล้าง 9000 ฟอง

ดังนั้นค่าบำรุงรักษา เท่ากับ 30/9000 = 0.0033 บาท/ฟอง

รวม ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำ ค่าค่างทับทิม และค่าบำรุงรักษา **0.0458 บาท/ฟอง**

หรือคิดเป็น **4.58 บาท/ไข่ 100 ฟอง**

ดังนั้นระยะการคืนทุน คือ ใช้เครื่องล้าง + ค่าเครื่อง = จ้างคนล้าง

(0.0458)(จำนวนไข่) + 3400 = (0.1)(จำนวนไข่)

3400 = (0.0542)(จำนวนไข่)

จำนวนไข่ = 62730.63

ระยะเวลาคืนทุนคือเมื่อจำนวนไข่ในการล้างเท่ากับ 62,731 ฟอง

จากการล้างไข่ 1 เดือน จะล้างไข่จำนวน 9000 ฟอง

ดังนั้นจะคุ้มทุนที่ 62731/9000 = 6.97 ประมาณ 7 เดือน

บทที่ 5

สรุปผลการทดสอบ

5.1 สรุปส่วนประกอบและคุณสมบัติของเครื่องล้างไข่ที่สร้างขึ้น

จากที่ได้ทำการออกแบบการทดลอง แล้วนำมาวิเคราะห์ผลทั้งหมดแล้วสามารถสรุปได้ว่าเครื่องล้างไข่ที่จะทำการสร้างขึ้นนั้นประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้ ถังน้ำขนาด ความกว้าง 36 เซนติเมตร ความยาว 43 เซนติเมตร ความสูง 42 เซนติเมตร บรรจุน้ำได้ 50 ลิตร ตะแกรง ขนาดความกว้าง 16 เซนติเมตร ความยาว 27 เซนติเมตร ความสูง 5 เซนติเมตร แบ่งเป็นชั้น ๆ จำนวน 7 ชั้น บรรจุไข่ได้ 90 – 100 ฟอง แบบท่อพ่นลมเป็นแบบวางในแนวนอน เจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ที่ตำแหน่ง 90° จำนวน 4 รู ความดันที่เหมาะสมที่ได้คือที่ 15 psi (103 kPa)

5.2 สรุปประสิทธิภาพของเครื่องล้างไข่

จากข้อสรุปใน 5.1 เมื่อนำมาทำการสร้างเครื่องล้างไข่จริงขึ้น แล้วนำไปทดสอบล้างไข่ 100 ฟอง เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องล้างไข่ โดยผลที่ได้คือ ไข่ที่มีความสะอาดคิดเป็น 60% ขึ้นไปซึ่งเป็นเกณฑ์ความสะอาดที่แม่ค้าขายไข่ยอมรับได้ จำนวน 89 ฟอง และทำให้ไข่ก่อนล้างที่มีความสะอาดต่ำกว่า 60% จำนวน 20 ฟอง เหลือ 11 ฟอง ซึ่งสรุปผลได้ว่าเครื่องล้างไข่ที่ได้จากการออกแบบและสร้างขึ้นนี้มีประสิทธาภาพเพียงพอที่แม่ค้ายอมรับได้ คือทำให้ไข่มีความความสะอาดเฉลี่ยเป็น 65.8%

5.3 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการล้างด้วยเครื่องล้างไข่ และล้างด้วยมือ

จากที่ได้ประสิทธิภาพของเครื่องล้างไข่จากการทดลองแล้ว เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับการล้างด้วยมือซึ่งใช้เวลาในการล้างรวมกับเวลาในการแช่แล้วใช้เวลาประมาณ 40 – 45 นาที โดยเปอร์เซ็นต์ความสะอาดที่ได้จากการล้างด้วยมือคือ 80 – 100% จึงเปรียบเทียบได้ว่าในการล้างไข่ 100 ฟองด้วยเครื่องล้างไข่นั้นใช้เวลา 5 นาทีในการล้าง ซึ่งช่วยประหยัดเวลาได้ 35 – 40 นาที แต่เปอร์เซ็นต์ความสะอาดจะต่ำกว่าการล้างด้วยมือ ประมาณ 15 – 35%

5.4 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากเครื่องล้างไข่ที่สร้างขึ้นเป็นเครื่องต้นแบบประสิทธิภาพนั้นยังไม่เต็มที่ การพัฒนาให้เครื่องล้างไข่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นควรจะมีการดำเนินการดังต่อไปนี้

5.4.1 เพื่อให้สิ่งสกปรกหลุดออกจากเปลือกไข่ และสามารถทำการล้างง่ายขึ้นควรมีการแช่ไข่ก่อนทำการล้างประมาณ 10 นาที

5.4.2 การทดสอบแบบท่อนั้นมีความเป็นไปได้ว่าแบบท่อที่ไม่ได้นำมาทดสอบ เช่น การวางแนวท่อและการเจาะรูที่ตำแหน่งอื่น อาจทำให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5.4.3 ควรมีการเพิ่มการทดสอบเพื่อให้ผลที่ได้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น

5.4.4 การศึกษาเกี่ยวกับการนำน้ำที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย

5.4.5 อาจจะนำไปพัฒนาโดยการออกแบบให้มีการเปลี่ยนการใช้ต้นกำลัง เป็นการใช้มอเตอร์ หรือการใช้แรงคน

5.4.6 ในการใช้สารละลายนั้น ควรมีการเพิ่มการทดสอบเปรียบเทียบความสะอาดของไข่ระหว่างใช้สารละลายกับใช้น้ำธรรมดาล้าง

5.4.7 การศึกษาความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ ควรจะคำนึงถึงด้วยว่าจะมีความเป็นไปได้สำหรับชนบทไทยมากน้อยแค่ไหน

บรรณานุกรม

1. ช่วง ทมทิตชงค์ , เพลินจิต ทมทิตชงค์ และ ประกิตเผ่า ทมทิตชงค์ APPLIED PHYSICS มานิตย์ เทวรักษ์พิทักษ์ การฟักไข่และการจักโรงฟัก ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิตกรรมการเกษตรสถาบันเทคโนโลยีเกษตรแม่โจ้

2. www.kuhlcorp.com/cgi-bin/cp-app.cgi
สืบค้นเมื่อวันที่ 2 สิงหาคม 2551

3. www.nsru.ac.th/e-learning/animals/lesson10_3.php
สืบค้นเมื่อวันที่ 2 สิงหาคม 2551

4. www.oknation.net
สืบค้นเมื่อวันที่ 22 สิงหาคม 2551

5. www.suratthani.doae.go.th/chaiya/9.html
สืบค้นเมื่อวันที่ 22 สิงหาคม 2551

6. www.thipjinda.we.bs/animals-sex.htm
สืบค้นเมื่อวันที่ 22 สิงหาคม 2551

ภาคผนวก

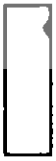
ภาคผนวก ก.

ตารางบันทึกผลระยะที่พุ่งออกมาของฟองอากาศตามแกน X

ตาราง ข. 1 บันทึกผลระยะของฟองอากาศที่พุ่งออกมาของท่อขนาดรูเจาะ 2 และ 4 มิลลิเมตร

ลักษณะการวางท่อและตำแหน่งรูที่เปิด	ขนาดของรูเจาะ (มิลลิเมตร)	ระยะของฟองอากาศที่พุ่งออกมา (cm.)			
		ครั้งที่สอบ	5 psi	10 psi	15 psi
			วางท่อในแนวตั้ง (เปิดทีละช่อง)		
	2	1	4	6	9
		2	4	6	9
		3	4	7	8
		เฉลี่ย	4	6.3	8.7
	4	1	2.5	4	6
		2	3	5	7
		3	3	5	7
		เฉลี่ย	2.8	4.7	6.7

ตาราง ข. 2 บันทึกผลระยะของฟองอากาศที่พุ่งออกมาที่ตำแหน่งความสูงต่างกัน

ลักษณะการวางท่อและตำแหน่งรูที่เปิด	ลักษณะช่องอากาศ	ระยะของฟองอากาศที่พุ่งออกมา (cm.)			
		ครั้งที่สดสอบ	5 psi	10 psi	15 psi
			วางท่อในแนวตั้ง (เปิดทีละช่อง)		
	เปิดรูที่ 1	1	4	6	9
		2	4	6	9
		3	4	7	8
		เฉลี่ย	4	6.3	8.7
	เปิดรูที่ 2	1	4	6	10
		2	4	7	10
		3	5	7	9
		เฉลี่ย	4.3	6.7	9.7
	เปิดรูที่ 3	1	5	8	11
		2	5	7	10
		3	4	8	10
		เฉลี่ย	4.7	7.7	10.3
	เปิดรูที่ 4	1	6	9	12
		2	6	9	11
		3	5	8	12
		เฉลี่ย	5.7	8.7	11.7

ตาราง ข. 3 บันทึกผลระยะที่พุ่งออกมาของฟองอากาศที่จำนวนรูเจาะต่างกัน

ตำแหน่งของรูที่เปิด	ที่ระดับความสูงวัดจากผิวน้ำ (cm.)	ระยะของฟองอากาศที่พุ่งออกมา (cm.)											
		ความดัน (psi)											
		5				10				15			
		1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
	8												
	16												
	24												
	32	4	4	4	4	6	6	7	6.3	9	9	8	8.6
	8												
	16												
	24	3	3	3	3	5	4.5	4.5	4.6	7.5	7	7	7.1
	32	2.5	2	2.5	2.3	3	3	3	3	5.5	6	6	5.8
	8												
	16	3	3	3	3	3.5	5.5	4	4.3	8	8	8	8
	24	2	2.5	2.5	2.3	3	3	3	3	7.5	7.5	7.5	7.5
	32	1.5	1.5	1.5	1.5	2.5	2.5	2.5	2.5	7	6.5	7	6.8
	8	3	3	3	3	3.5	3.5	3.5	3.5	7	8	7	7.3
	16	2.5	2.5	2	2.3	3	3	2.5	2.8	6.5	6.5	7	6.7
	24	1	1.5	1	1.2	2.5	2.5	2	2.3	5.5	5.5	6	5.7
	32	0	0	0	0	2	2	1.5	1.8	5	4.5	5	4.8

ภาคผนวก ข.

รูปลักษณะของฟองอากาศที่ได้จากการทดสอบการสร้างฟองอากาศ

ท่อแบบแนวตั้ง

รูเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

- 2 มิลลิเมตร

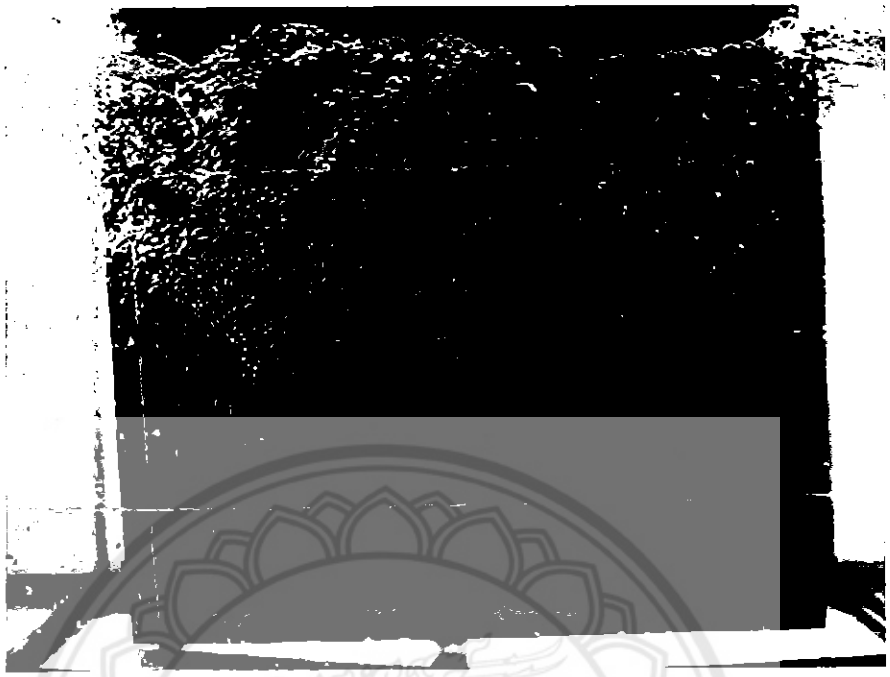
- 4 มิลลเมตร

ที่ความดัน

- ความดัน 5 psi (34.47 kPa)

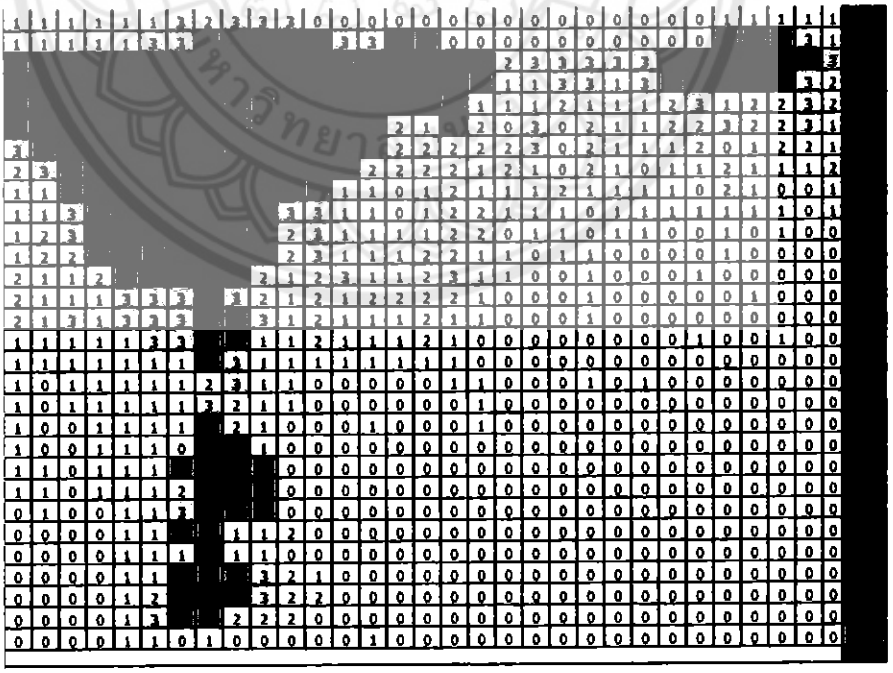
- ความดัน 10 psi (38.95 kPa)

- ความดัน 15 psi (103.42 kPa)



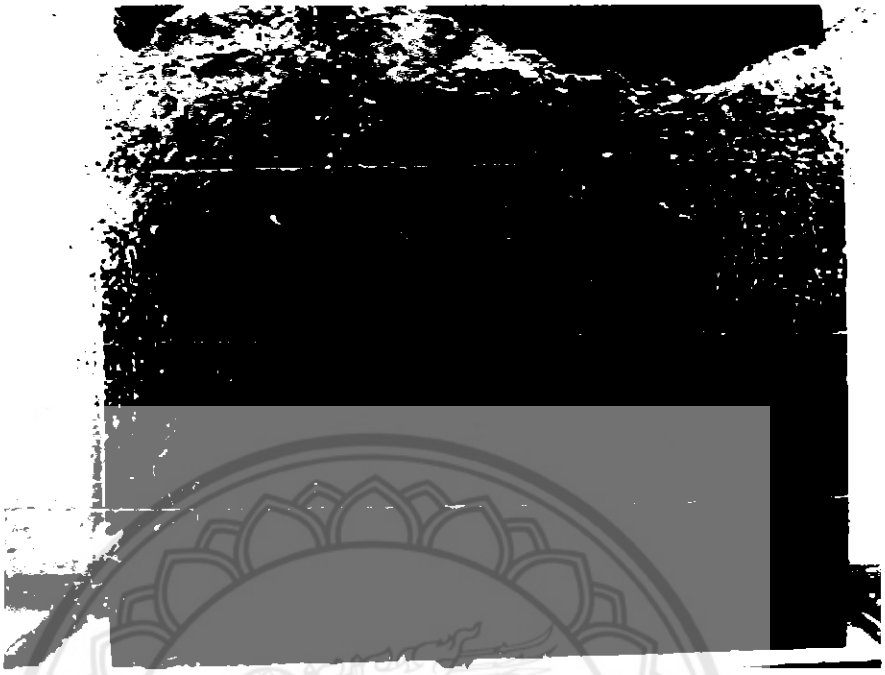
รูปที่ ค. 1 การทดสอบที่ 3.4.3.6.1 รูเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร เปิดที่รู 1

ที่ความดัน 5 psi (34.47 kPa)



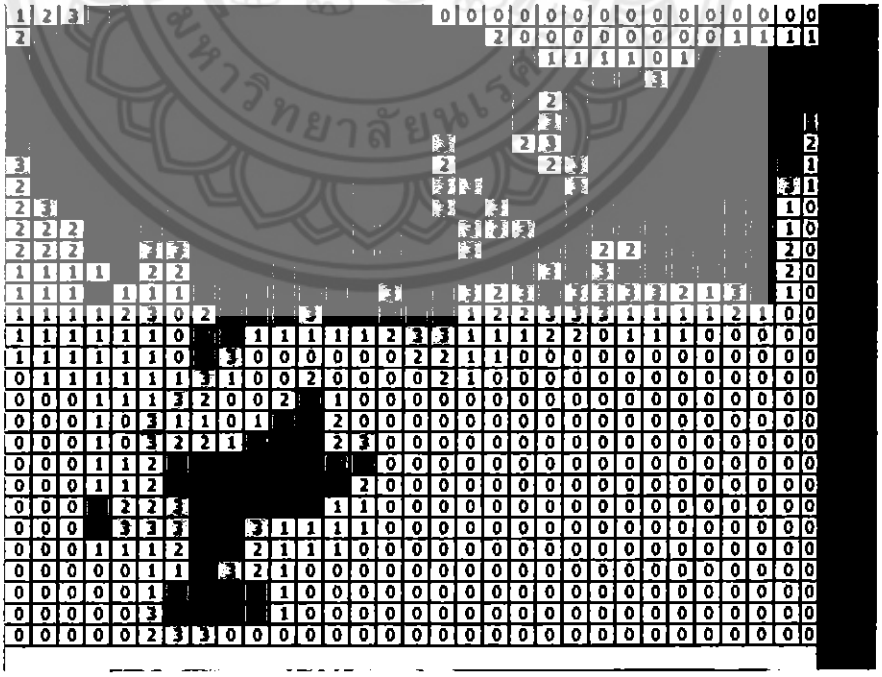
รูปที่ ค. 2 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่รูเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร

เปิดที่รู 1 ที่ความดัน 5 psi (34.47 kPa)



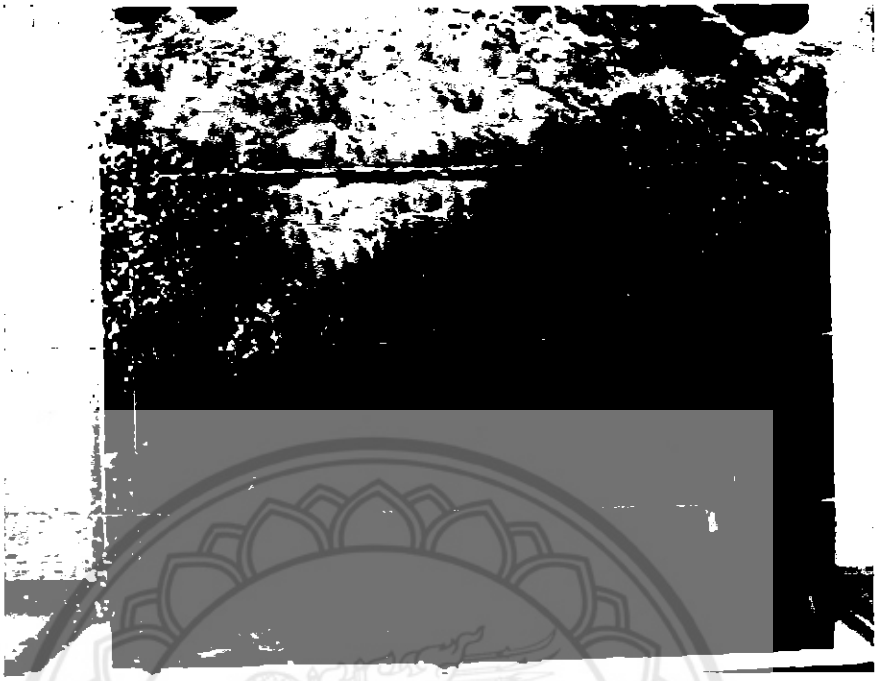
รูปที่ ค. 3 การทดสอบที่ 3.4.3.6.1 รูเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร **เปิดที่รู** 1

ที่ความดัน 10 psi (38.95 kPa)



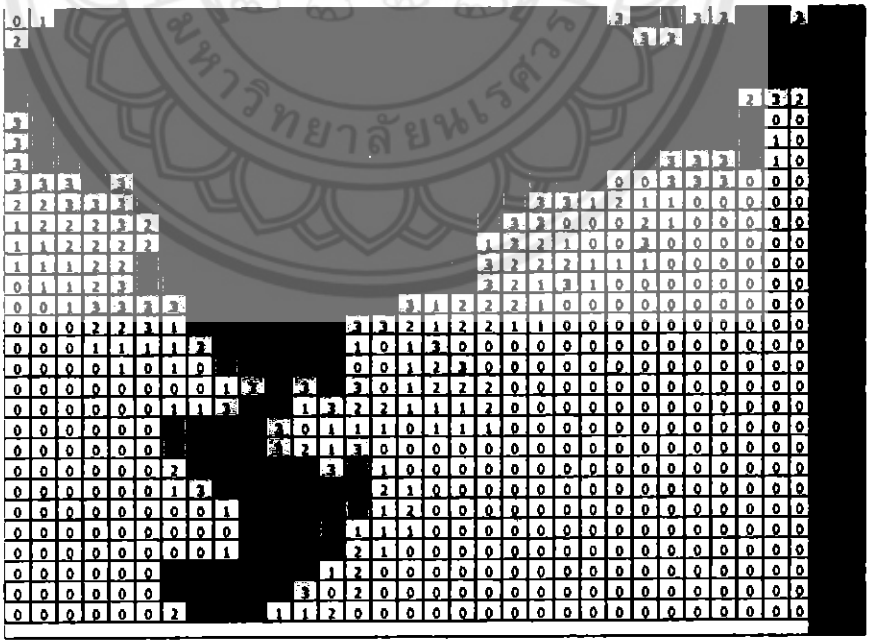
รูปที่ ค. 4 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่รูเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร

เปิดที่รู 1 **ที่ความดัน** 10 psi (38.95 kPa)



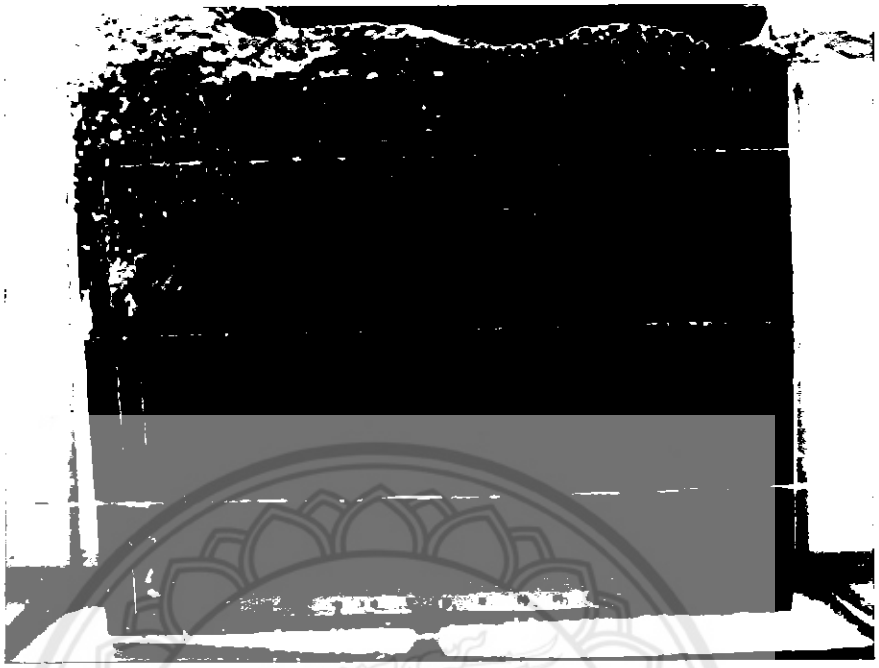
รูปที่ ค. 5 การทดสอบที่ 3.4.3.6.1 รูเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร เปิดที่รู 1

ที่ความดัน 15 psi (103.42 kPa)



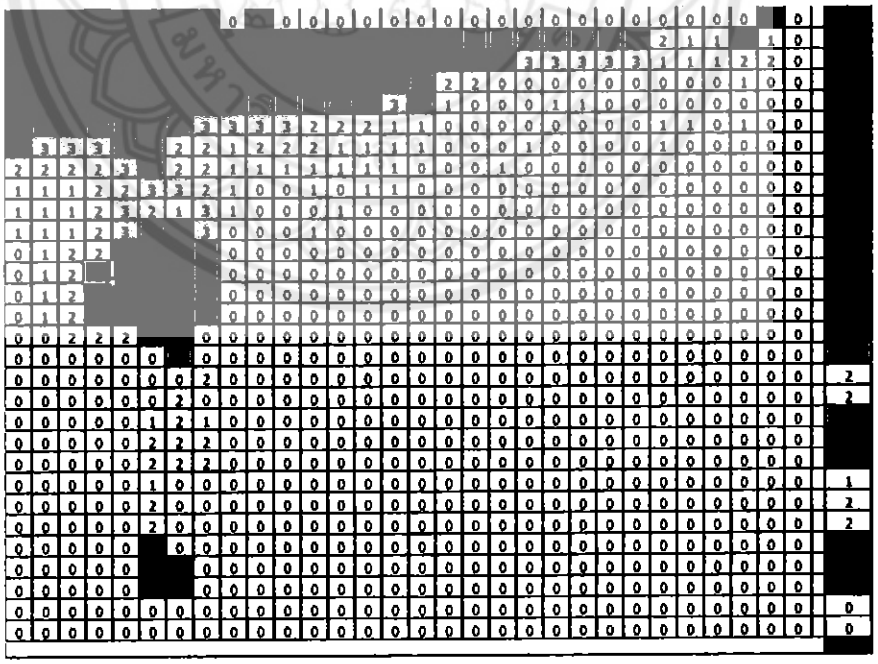
รูปที่ ค. 6 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่รูเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร

เปิดที่รู 1 ที่ความดัน 15 psi (103.42 kPa)



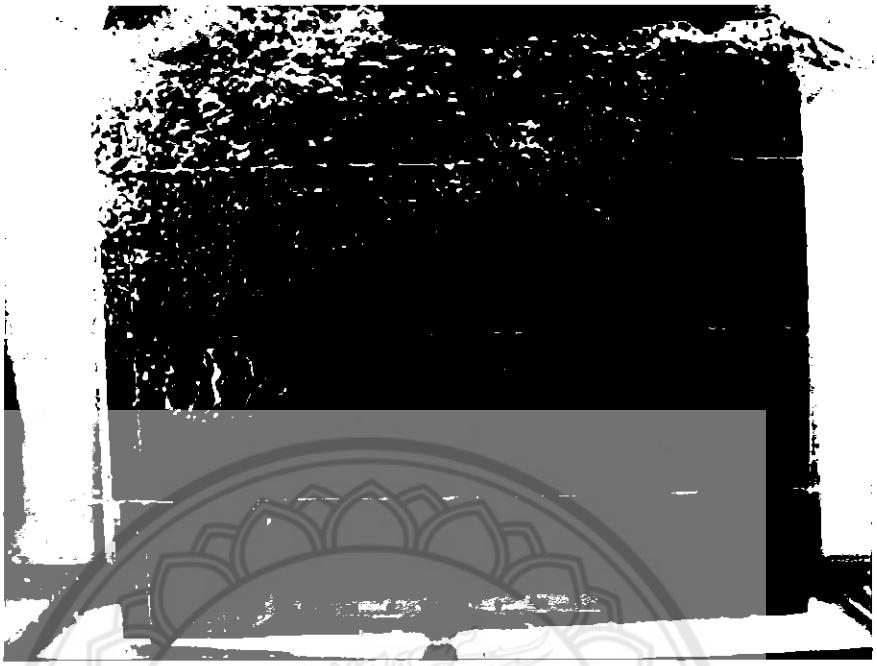
รูปที่ ค. 7 การทดสอบที่ 3.4.3.6.1 รูเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร เปิดที่รู 1

ที่ความดัน 5 psi (34.47 kPa)



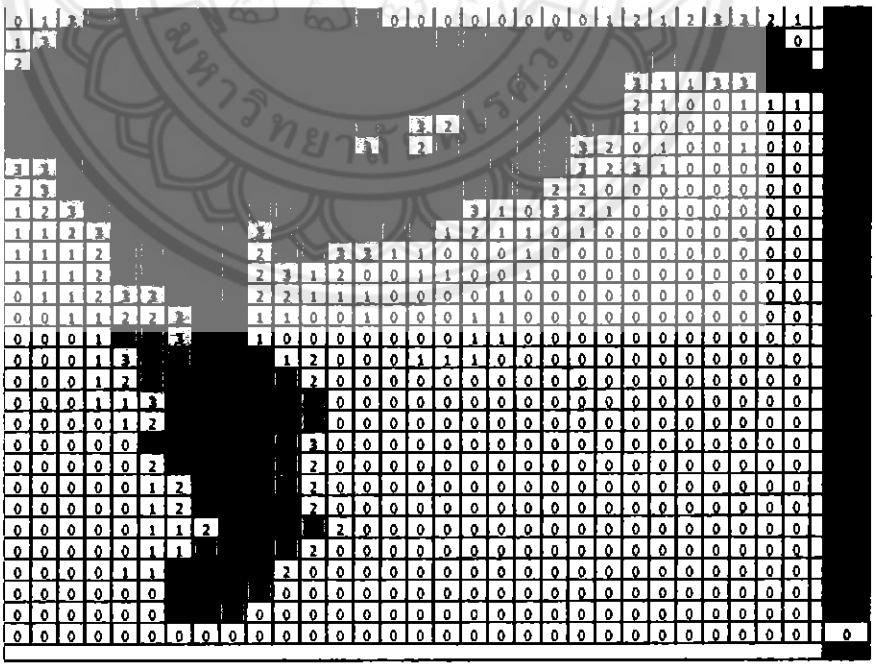
รูปที่ ค. 8 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่รูเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร

เปิดที่รู 1 ที่ความดัน 5 psi (34.47 kPa)



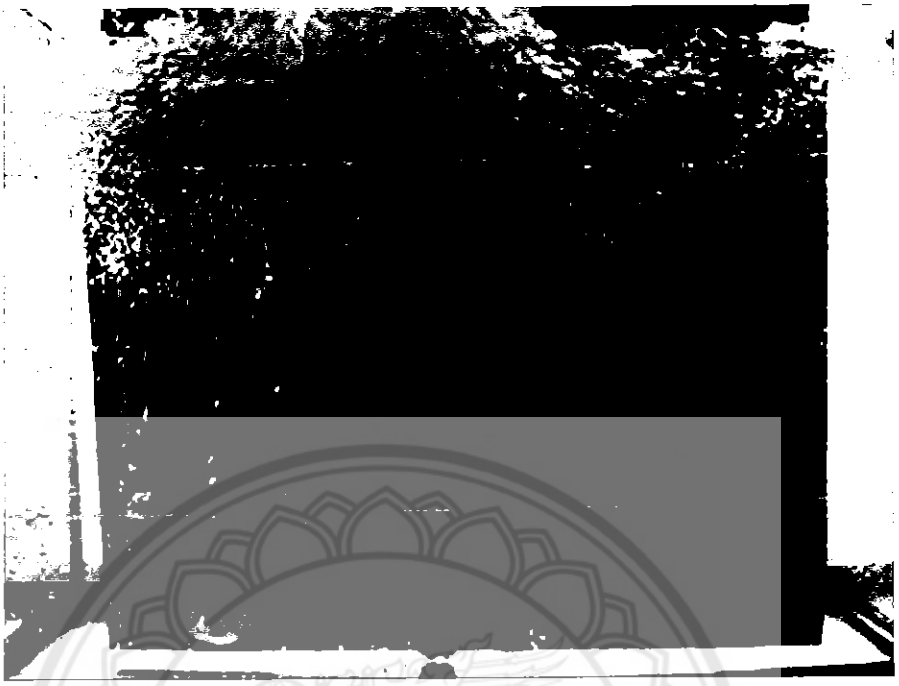
รูปที่ ค. 9 การทดสอบที่ 3.4.3.6.1 รูเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร เปิดที่รู 1

ที่ความดัน 10 psi (68.95 kPa)



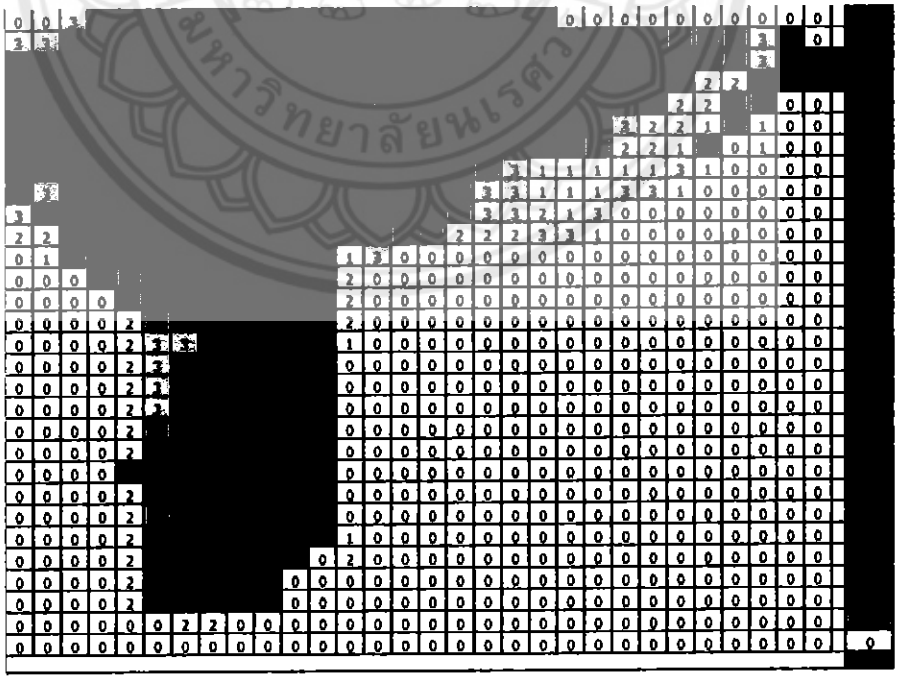
รูปที่ ค. 10 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่รูเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร

เปิดที่รู 1, ความดัน 10 psi (68.95 kPa)



รูปที่ ค. 11 การทดสอบที่ 3.4.3.6.1 รูเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร เปิดที่รู 1

ที่ความดัน 15 psi (103.42 kPa)



รูปที่ ค. 12 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่รูเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร

เปิดที่รู 1 ที่ความดัน 15 psi (103.42 kPa)

ท่อแบบแนวตั้ง

- เปิดที่รู 2

- เปิดที่รู 3

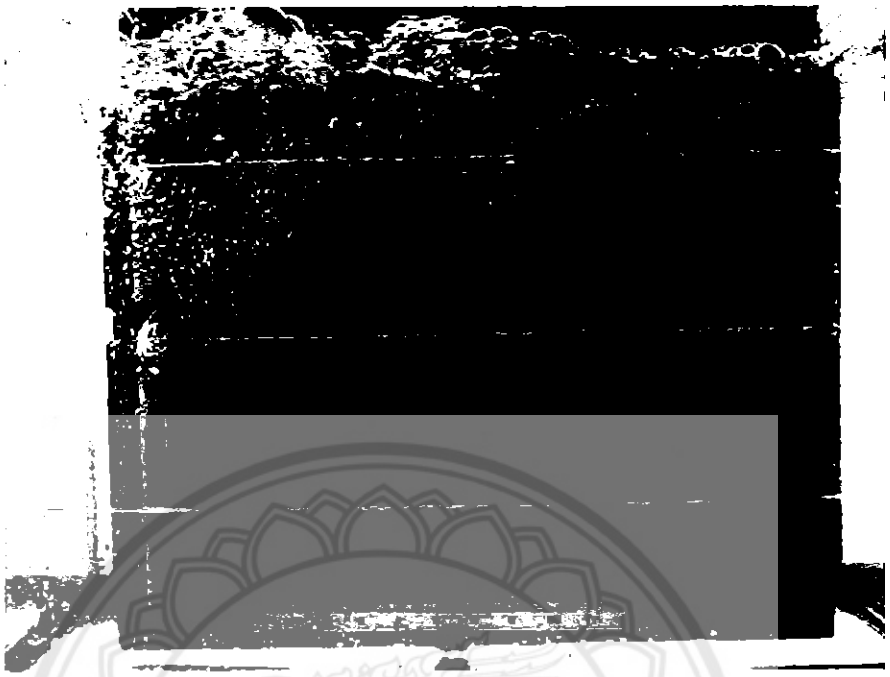
- เปิดที่รู 4

ที่ความดัน

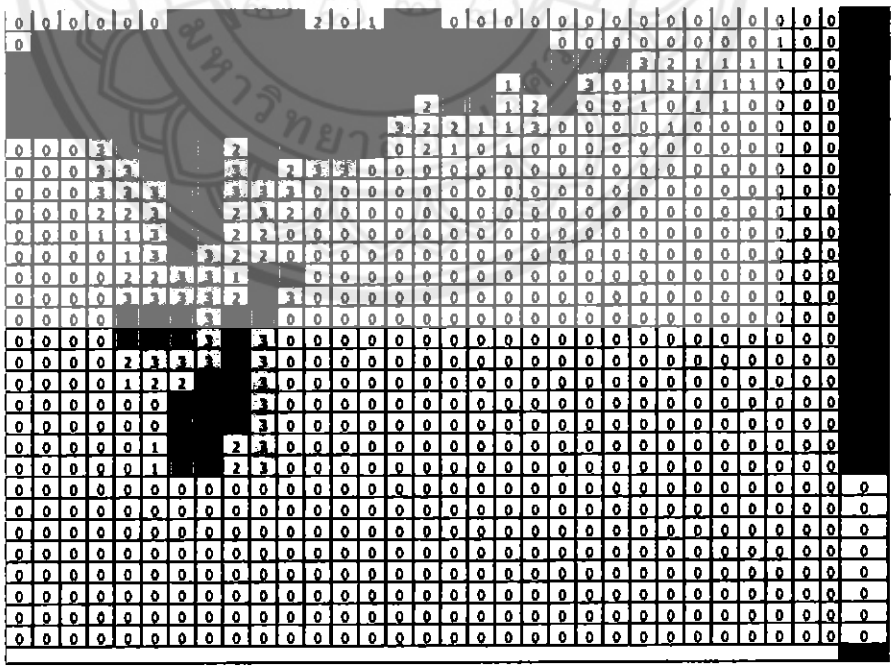
- ความดัน 5 psi (34.47 kPa)

- ความดัน 10 psi (68.95 kPa)

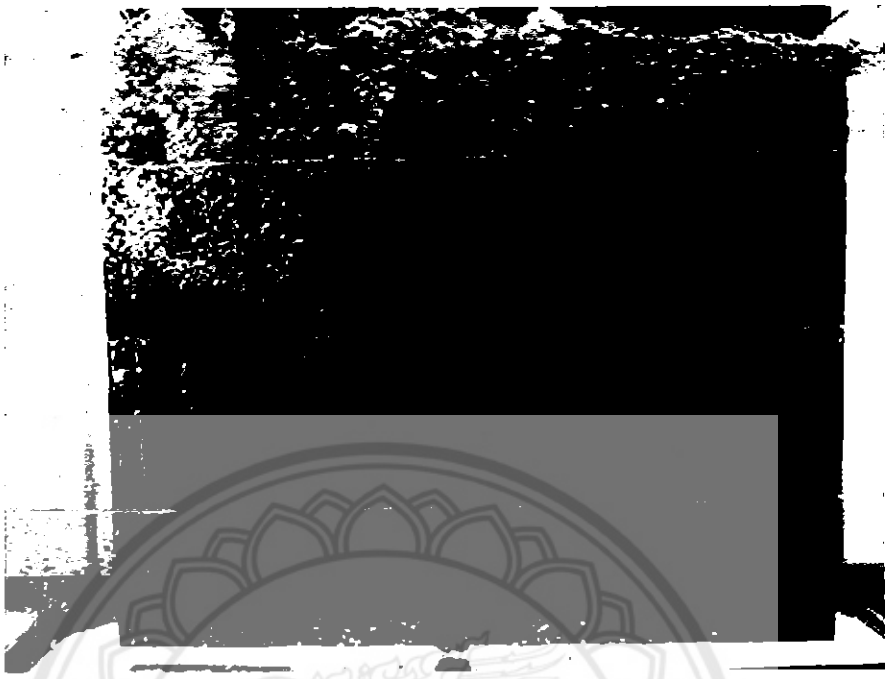
- ความดัน 15 psi (103.42 kPa)



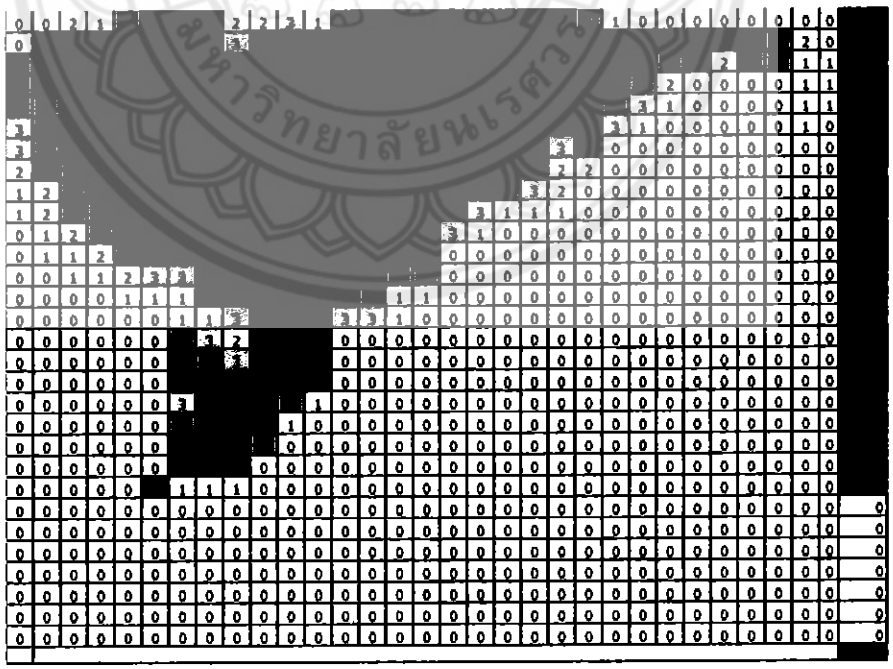
รูปที่ ค. 13 จากการทดสอบที่ 3.4.3.6.2 เปิดที่รู 2 ที่ความดัน 5 psi (34.47 kPa)



รูปที่ ค. 14 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่เปิดที่รู 2 ที่ความดัน 5 psi (34.47 kPa)

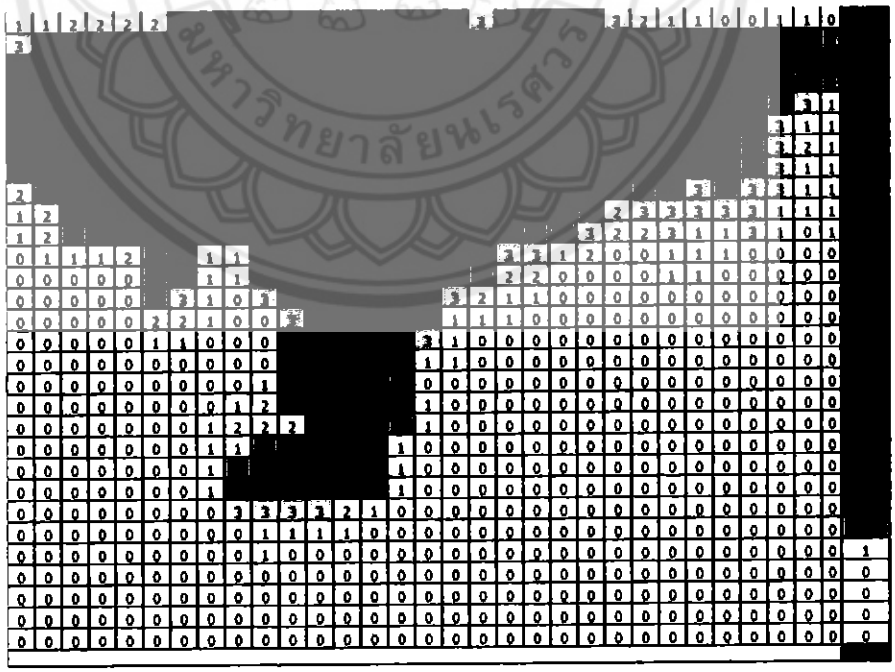


รูปที่ ค. 15 จากการทดสอบที่ 3.4.3.6.2 เปิดที่รู 2 ที่ความดัน 10 psi (68.95 kPa)

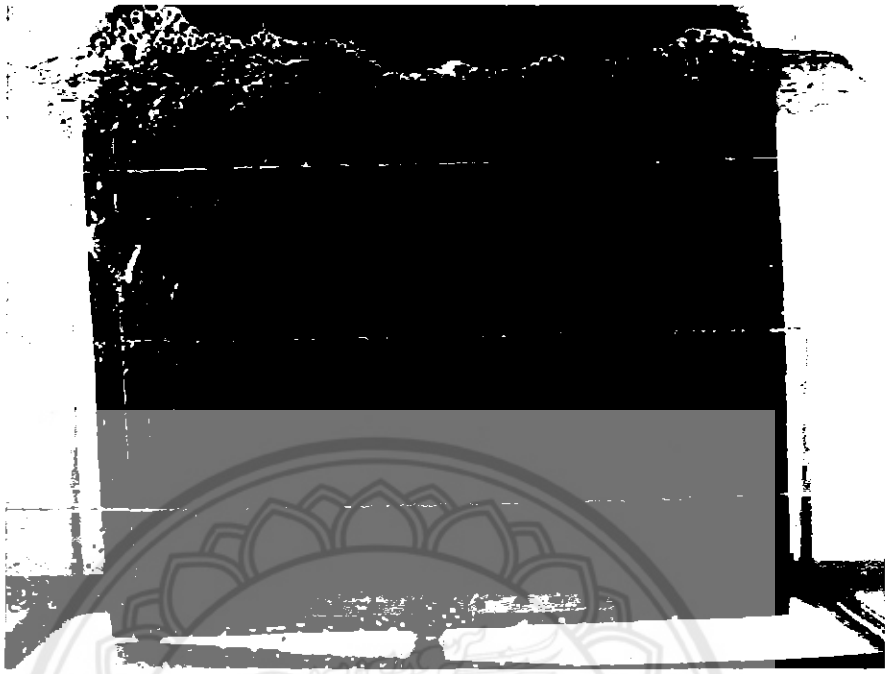


รูปที่ ค. 16 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่เปิดที่รู 2 ที่ความดัน 10 psi (68.95 kPa)

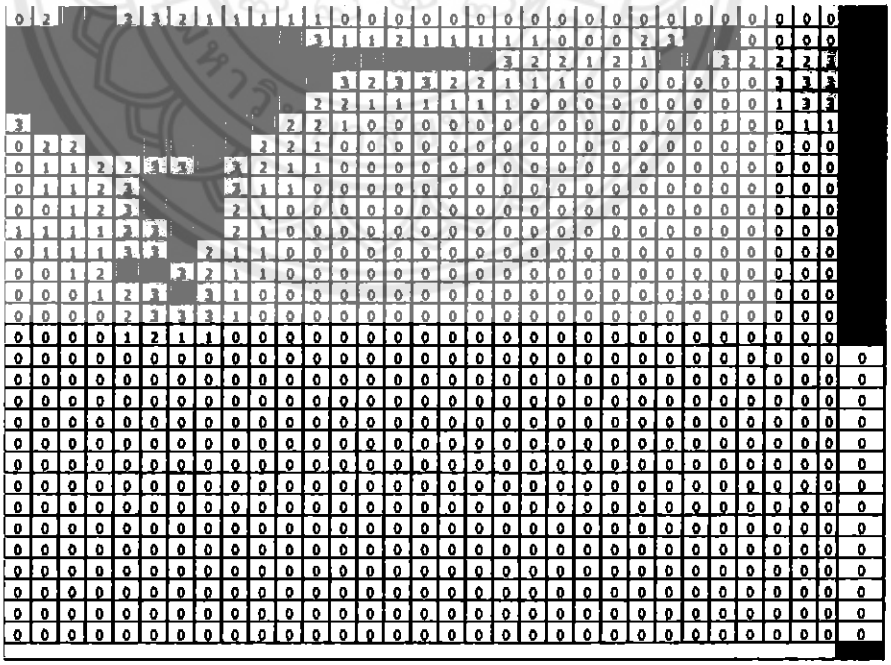
รูปที่ ค. 17 จากการทดสอบที่ 3.4.3.6.2 เปิดที่รู 2 ที่ความดัน 15 psi (103.42 kPa)



รูปที่ ค. 18 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่เปิดที่รู 2 ที่ความดัน 15 psi (103.42 kPa)

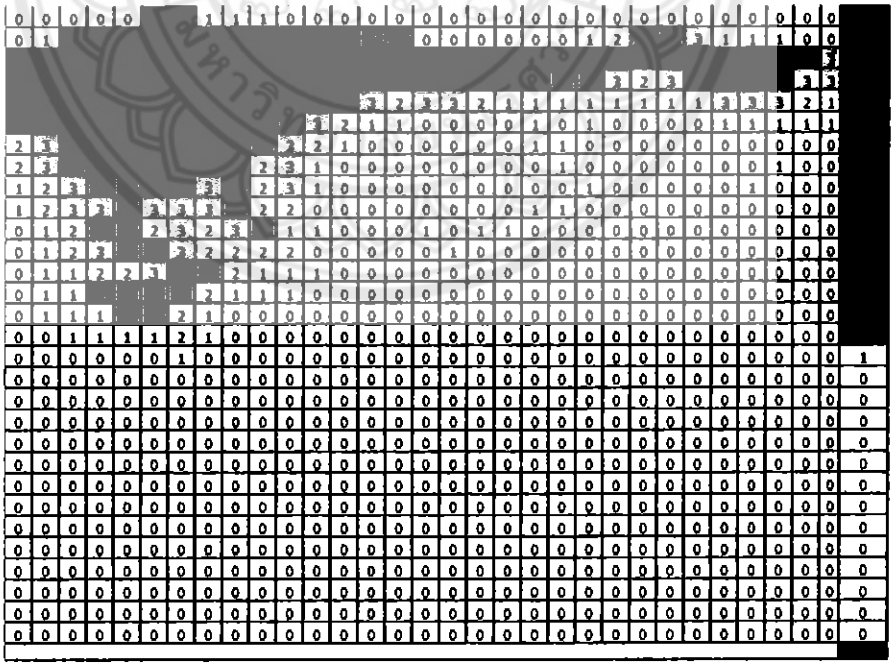


รูปที่ ค. 19 จากการทดสอบที่ 3.4.3.6.2 เปิดที่รู 3 ที่ความดัน 5 psi (34.47 kPa)



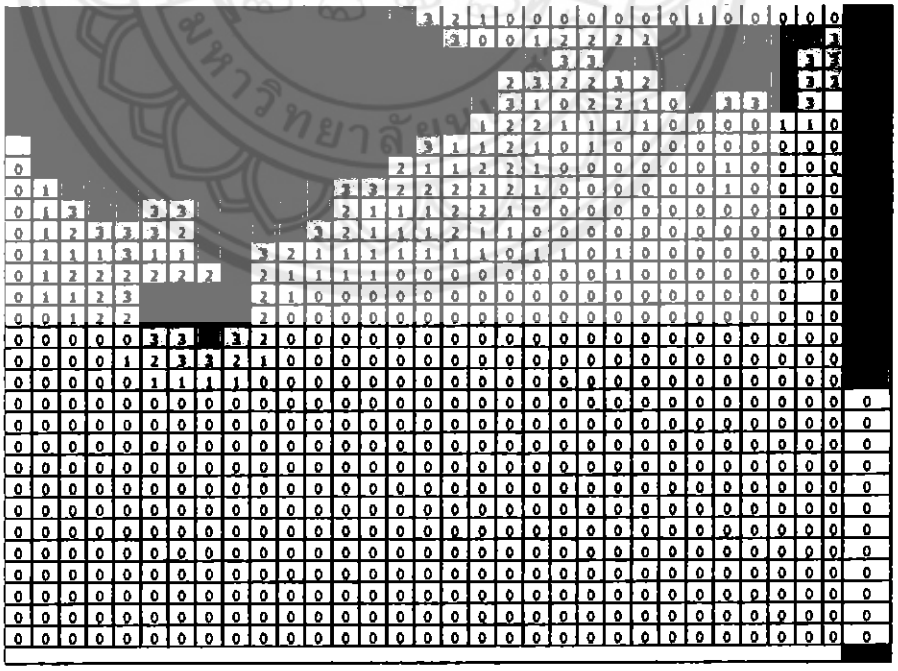
รูปที่ ค. 20 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่เปิดที่รู 3 ที่ความดัน 5 psi (34.47 kPa)

รูปที่ ค. 21 จากการทดสอบที่ 3.4.3.6.2 เปิดที่รู 3 ที่ความดัน 10 psi (68.95 kPa)

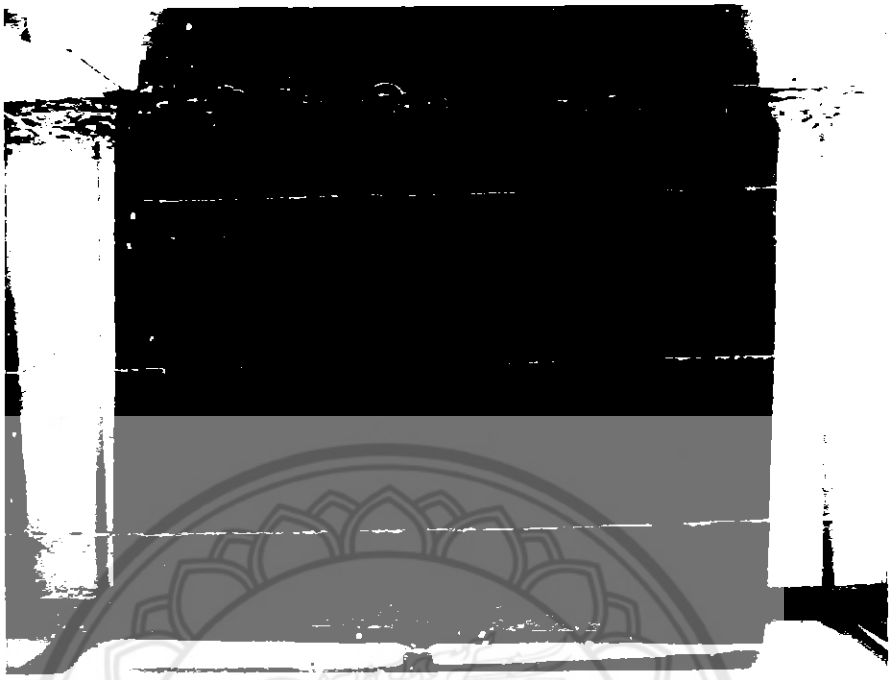


รูปที่ ค. 22 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่เปิดที่รู 3 ที่ความดัน 10 psi (68.95 kPa)

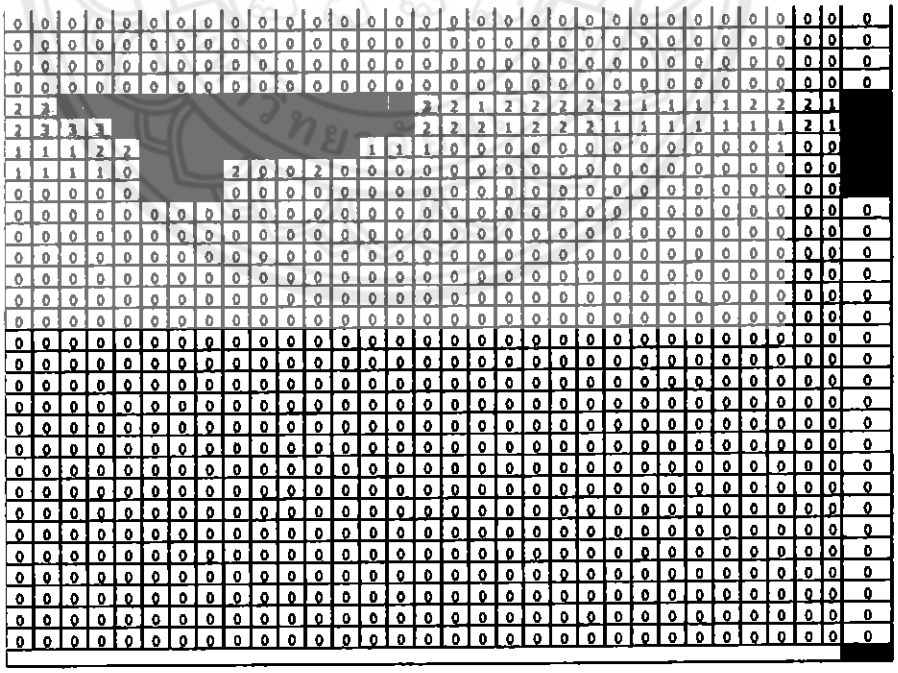
รูปที่ ค. 23 จากการทดสอบที่ 3.4.3.6.2 เปิดที่รู 3 ที่ความดัน 15 psi (103.42 kPa)



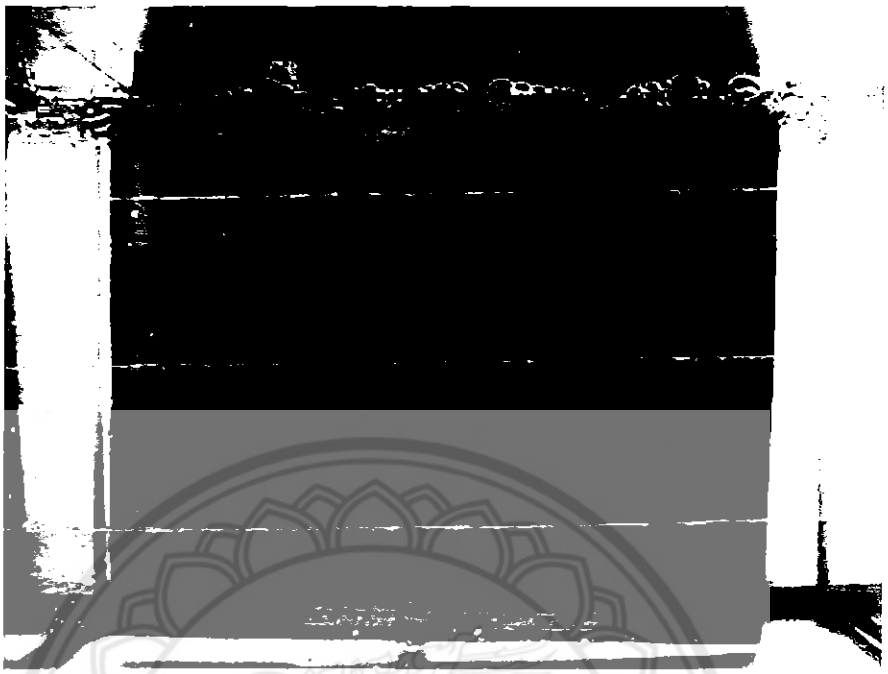
รูปที่ ค. 24 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่เปิดที่รู 3 ที่ความดัน 15 psi (103.42 kPa)



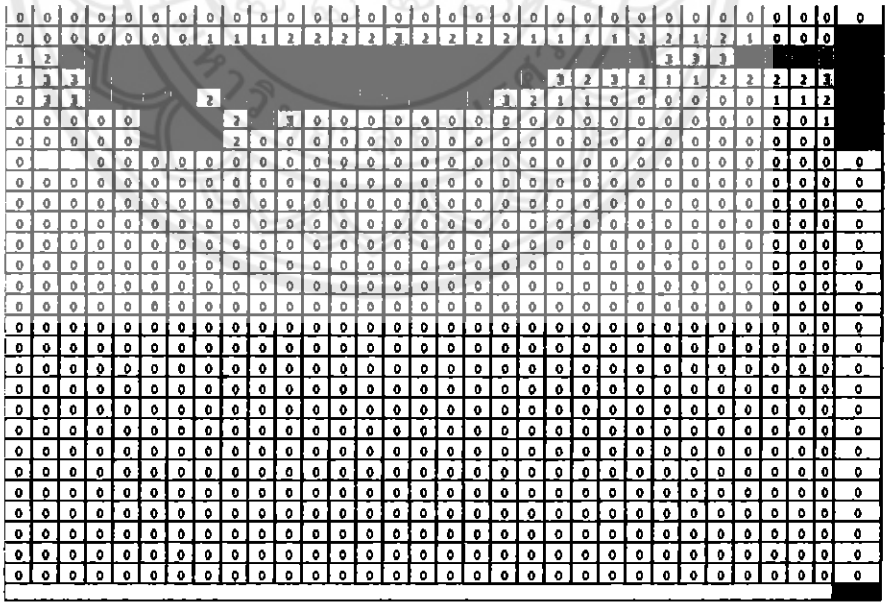
รูปที่ ค. 25 จากการทดสอบที่ 3.4.3.6.2 เปิดที่รู 4 ที่ความดัน 5 psi (34.47 kPa)



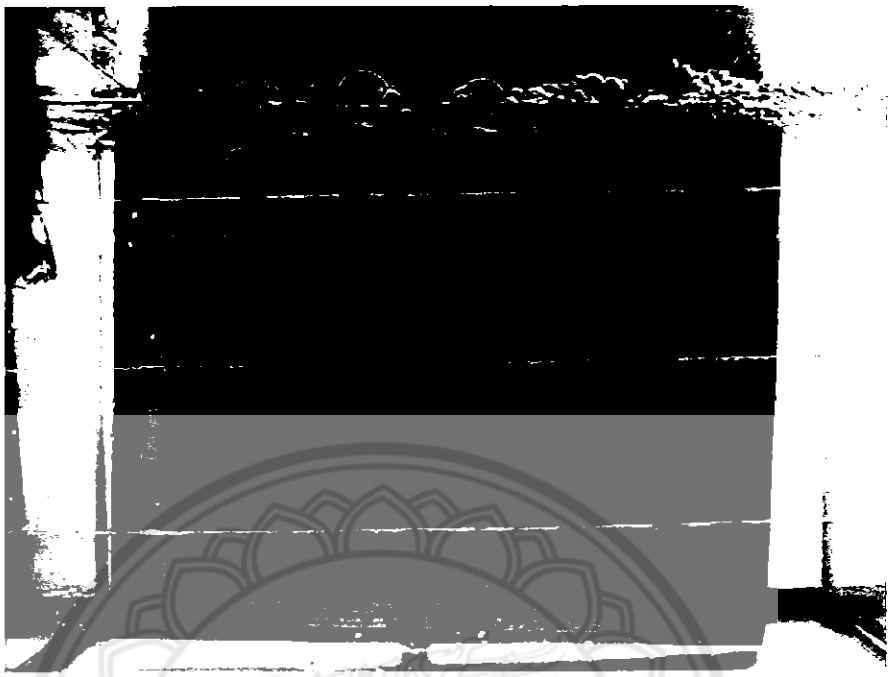
รูปที่ ค. 26 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่เปิดที่รู 4 ที่ความดัน 5 psi (34.47 kPa)



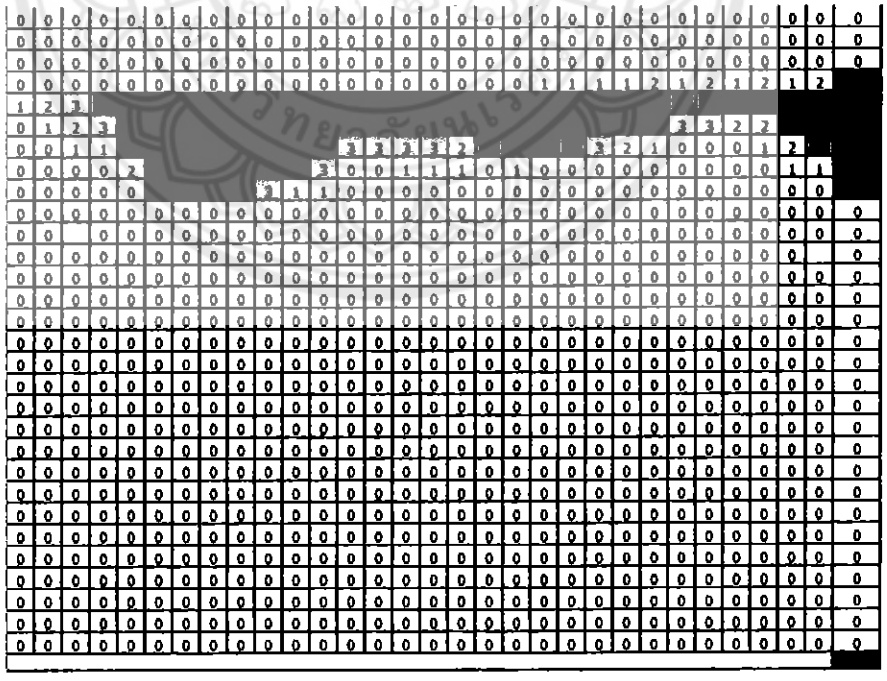
รูปที่ ค. 27 จากการทดสอบที่ 3.4.3.6.2 เปิดที่รู 4 ที่ความดัน 10 psi (68.95 kPa)



รูปที่ ค. 28 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่เปิดที่รู 4 ที่ความดัน 10 psi (68.95 kPa)



รูปที่ ค. 29 จากการทดสอบที่ 3.4.3.6.2 เปิดที่รู 4 ที่ความดัน 15 psi (103.42 kPa)



รูปที่ ค. 30 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่เปิดที่รู 4 ที่ความดัน 15 psi (103.42 kPa)

ท่อแบบแนวตั้ง

- เปิดที่รู 1 และ 2

- เปิดที่รู 1, 2 และ 3

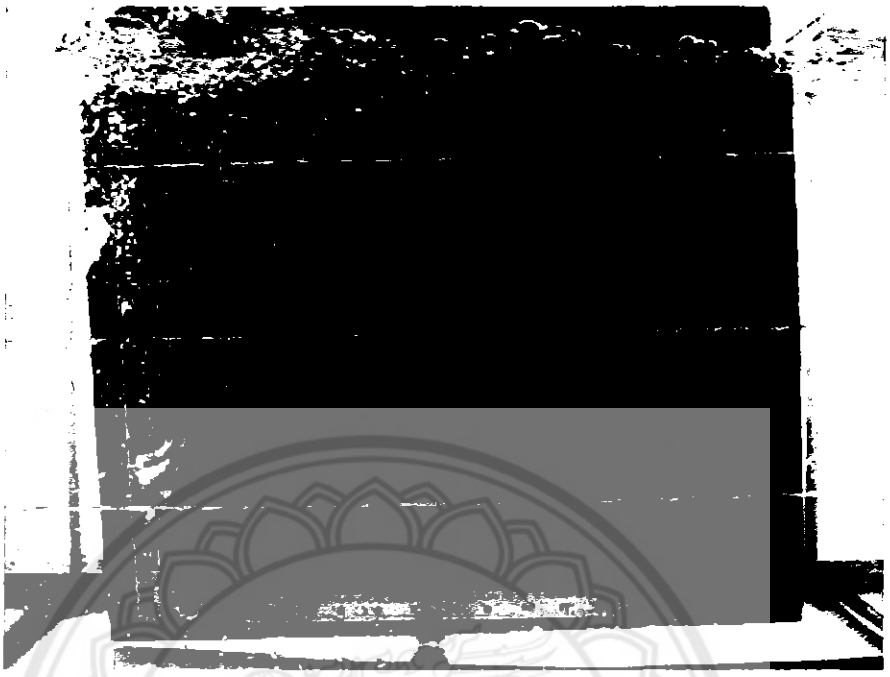
- เปิดที่รู 1, 2, 3 และ 4

ที่ความดัน

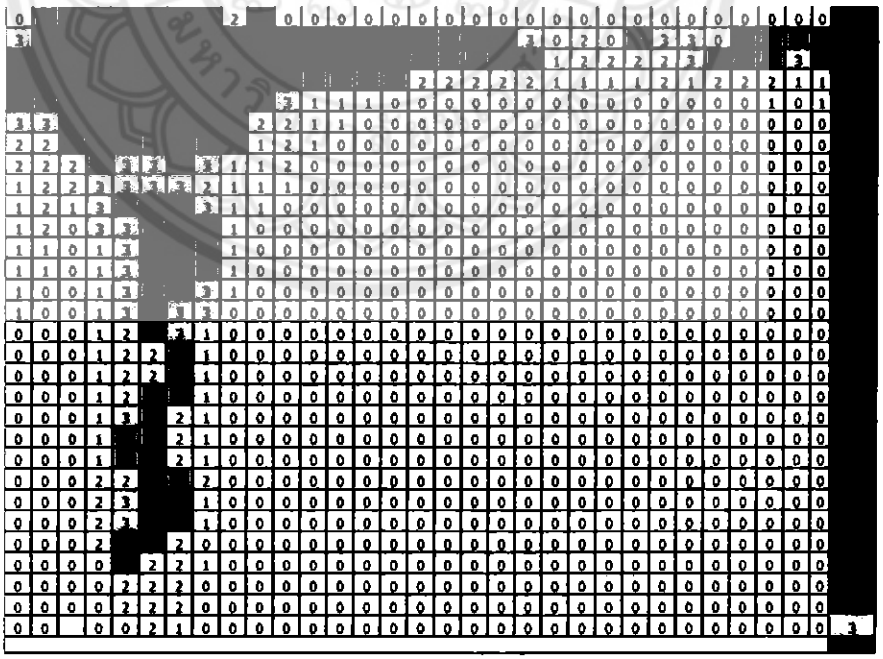
- ความดัน 5 psi (34.47 kPa)

- ความดัน 10 psi (68.95 kPa)

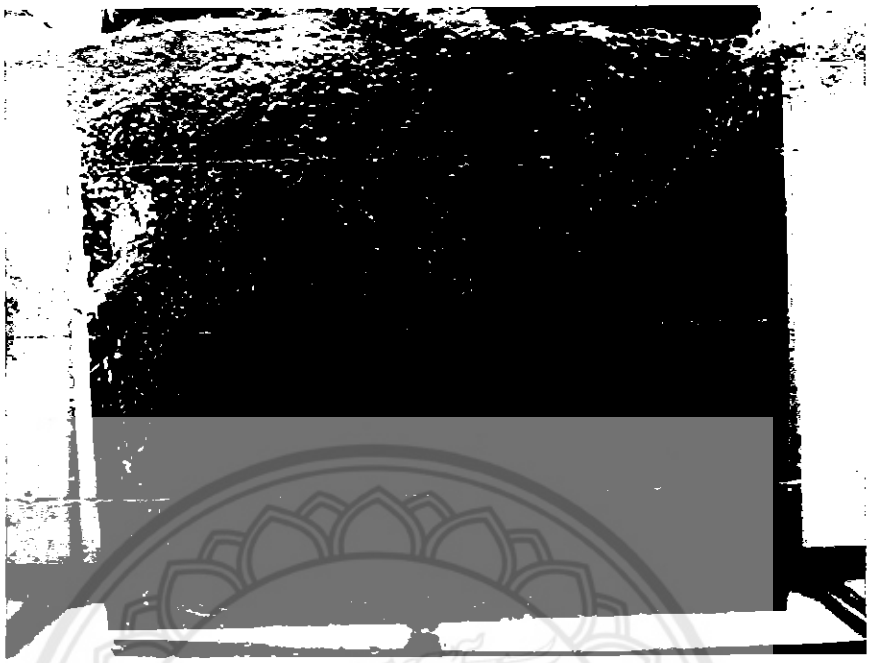
- ความดัน 15 psi (103.42 kPa)



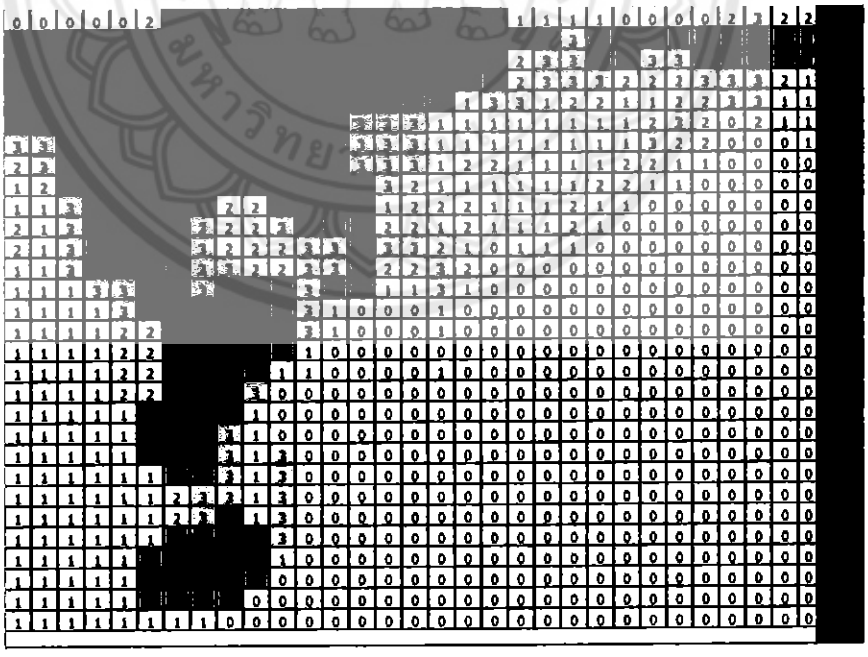
รูปที่ ค. 31 จากการทดสอบที่ 3.4.3.6.3 เปิดรูที่ 1 และ 2 ที่ความดัน 5 psi **(34.47 kPa)**



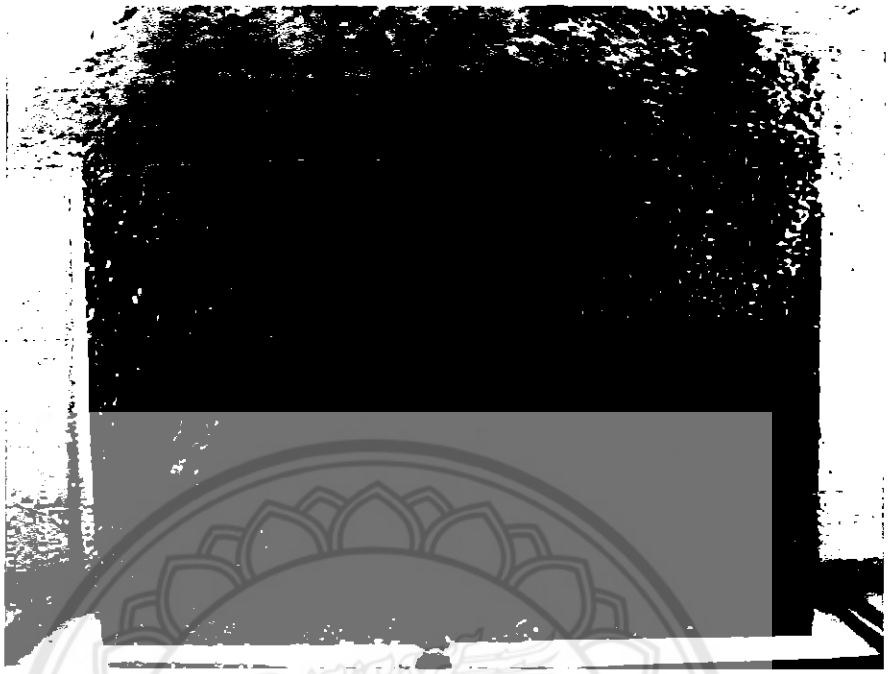
รูปที่ ค. 32 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่เปิดรูที่ 1 และ 2 ที่ความดัน 5 psi (34.47 kPa)



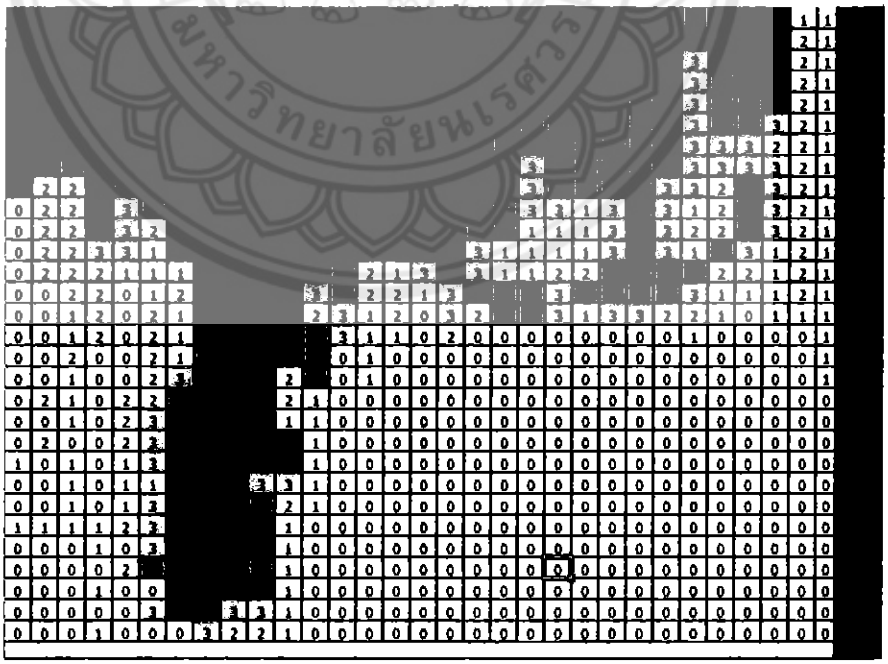
รูปที่ ค. 33 จากการทดสอบที่ 3.4.3.6.3 เปิดรูที่ 1 และ 2 ที่ความดัน 10 psi **(68.95 kPa)**



รูปที่ ค. 34 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่เปิดรูที่ 1 และ 2 ที่ความดัน10 psi (68.95 kPa)

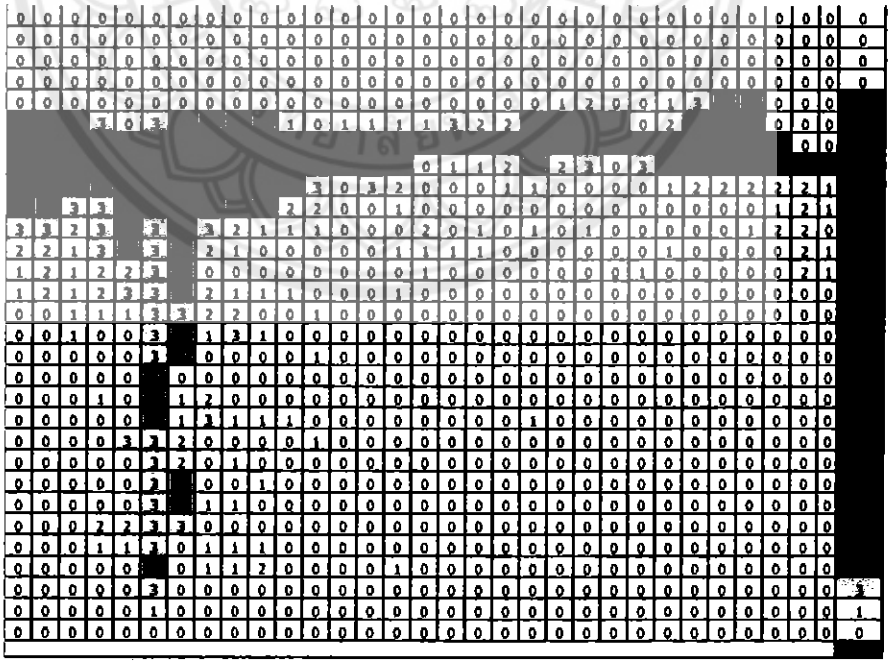


รูปที่ ค. 35 จากการทดสอบที่ 3.4.3.6.3 เปิดรูที่ 1 และ 2 ที่ความดัน 15 psi **(103.42 kPa)**



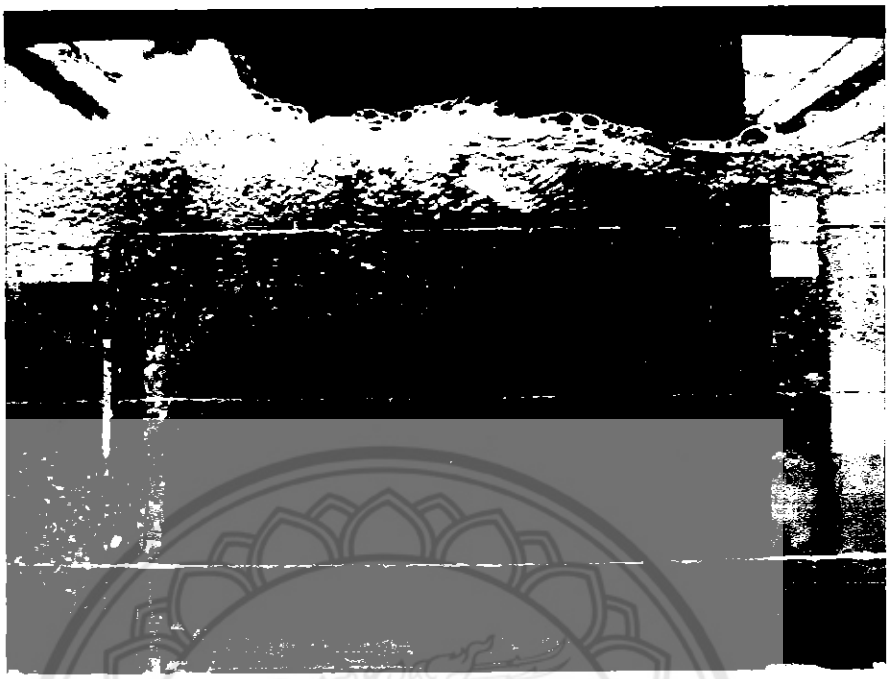
รูปที่ ค. 36 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่เปิดรูที่ 1 และ 2 ที่ความดัน15 psi (103.42 kPa)

รูปที่ ค. 37 จากการทดสอบที่ 3.4.3.6.3 เปิดรูที่ 1 ,2 และ 3 ที่ความดัน 5 psi (34.47 kPa)

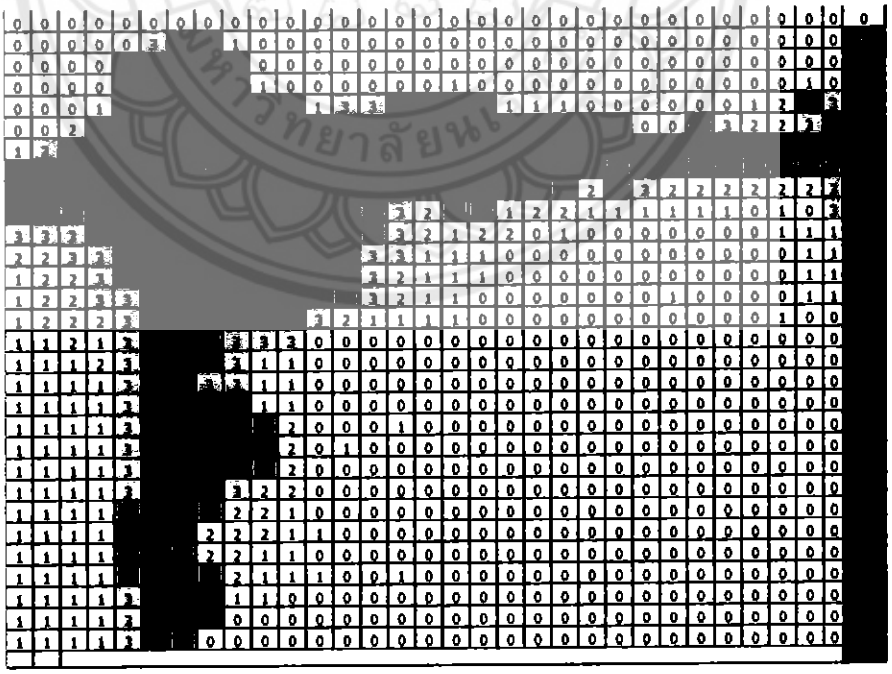


รูปที่ ค. 38 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่เปิดรูที่ 1 ,2 และ 3

ที่ความดัน 5 psi (34.47 kPa)

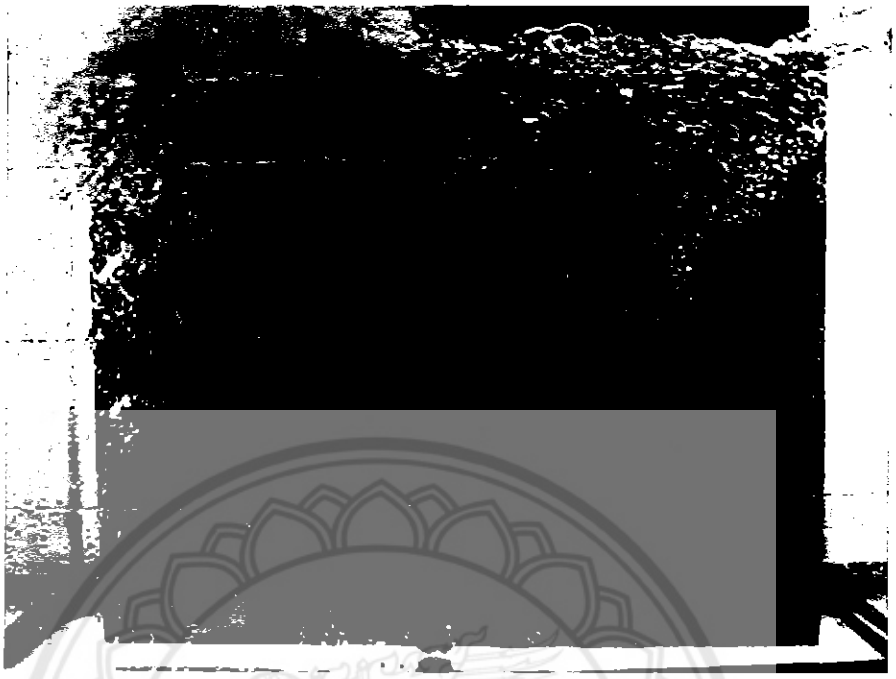


รูปที่ ค. 39 จากการทดสอบที่ 3.4.3.6.3 เปิดรูที่ 1 ,2 และ 3 ที่ความดัน 10 psi (68.95 kPa)

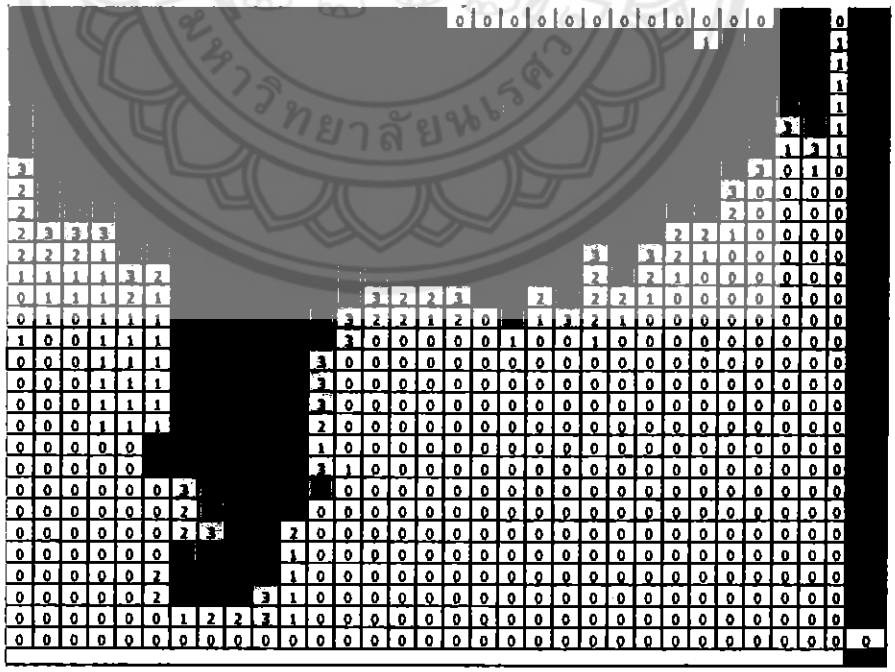


รูปที่ ค. 40 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่เปิดรูที่ 1 ,2 และ 3

ที่ความดัน 10 psi (68.95kPa)

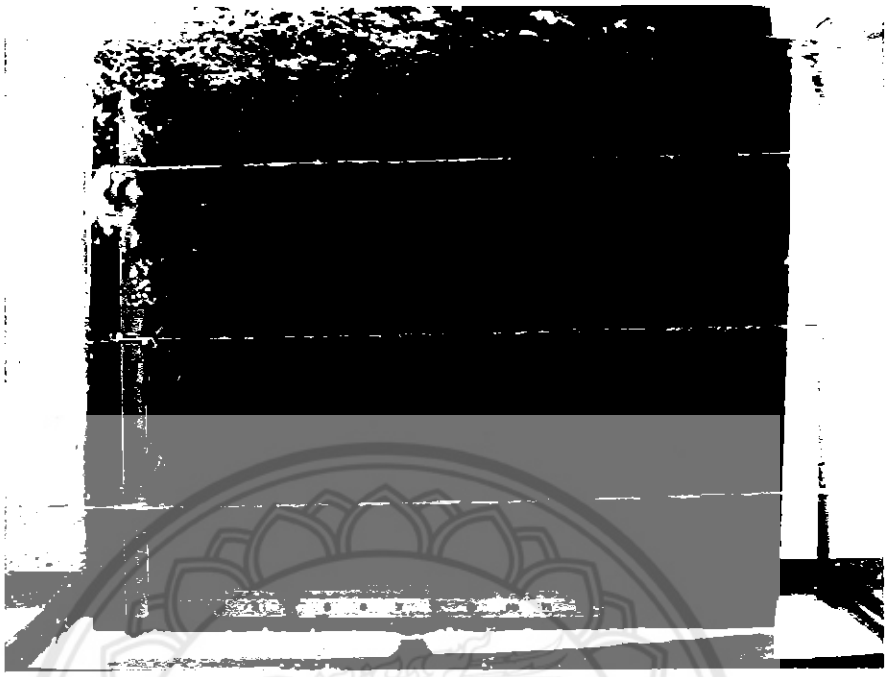


รูปที่ ค. 41 จากการทดสอบที่ 3.4.3.6.3 เปิดรูที่ 1 2 และ 3 ที่ความดัน 15 psi (103.42 kPa)

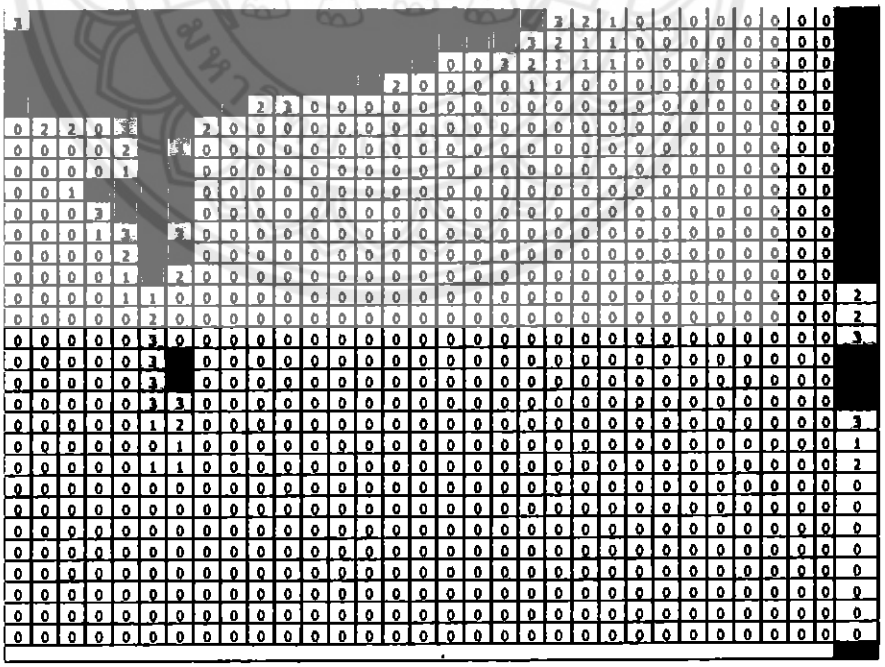


รูปที่ ค. 42 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่เปิดรูที่ 1 2 และ 3

ที่ความดัน 15 psi (103.42 kPa)

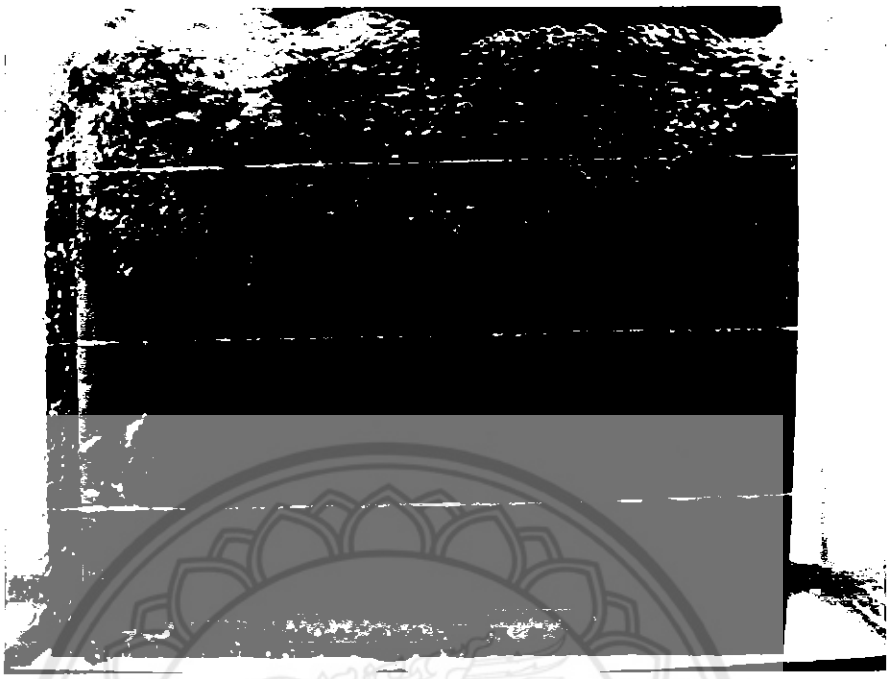


รูปที่ ค. 43 จากการทดสอบที่ 3.4.3.6.3 เปิดรูที่ 1 ,2 ,3 และ 4 ที่ความดัน 5 psi (34.47 kPa)

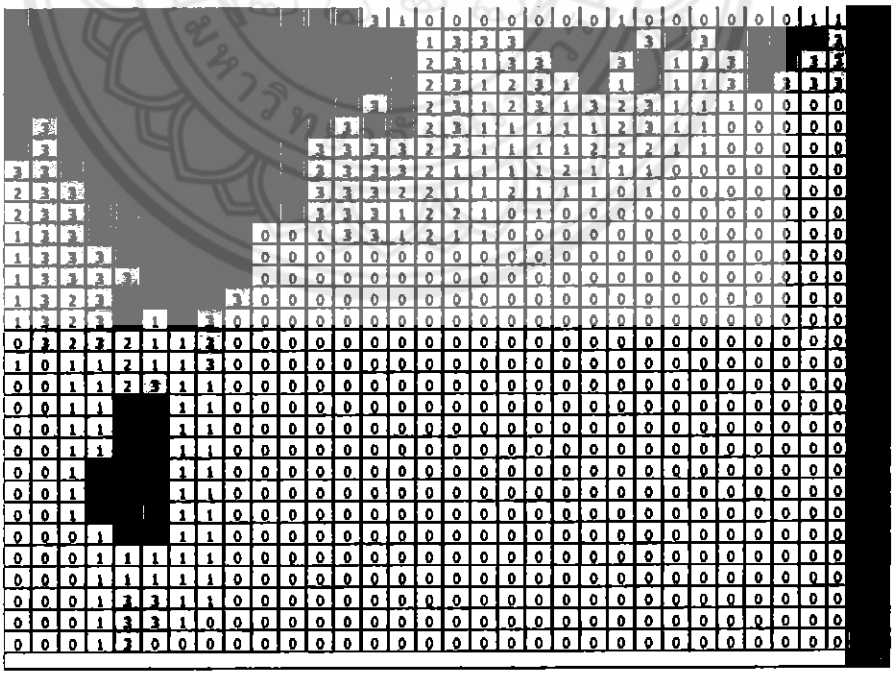


รูปที่ ค. 44 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่เปิดรูที่ 1 ,2 ,3 และ 4

ที่ความดัน 5 psi (34.47 kPa)



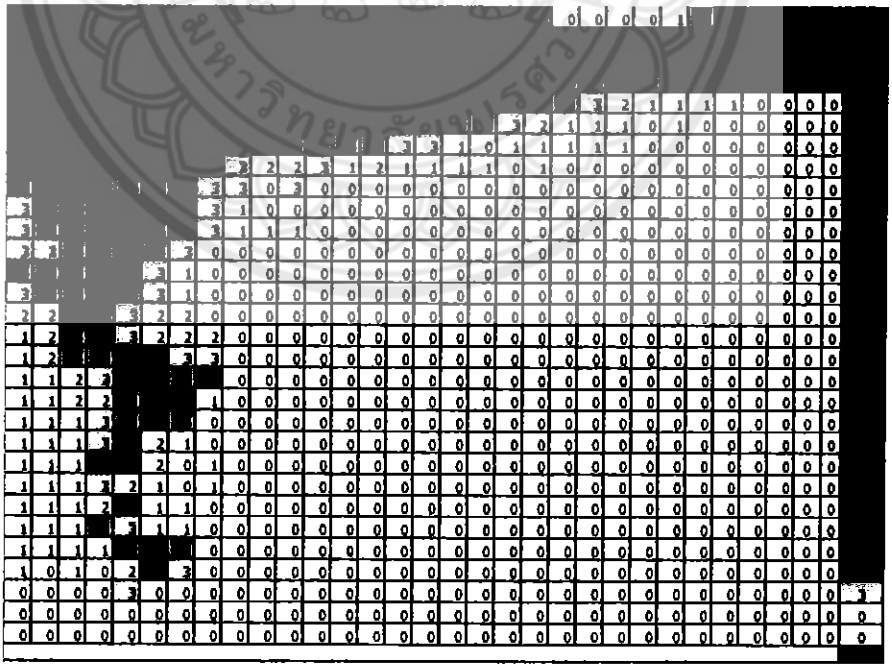
รูปที่ ค. 45 จากการทดสอบที่ 3.4.3.6.3 เปิดรูที่ 1 2 3 และ 4 ที่ความดัน 10 psi (68.95 kPa)



รูปที่ ค. 46 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่เปิดรูที่ 1 ,2 ,3 และ 4

ที่ความดัน 10 psi (68.95 kPa)

รูปที่ ค. 47 จากการทดสอบที่ 3.4.3.6.3 เปิดรูที่ 1 ,2 ,3 และ 4 ที่ความดัน 15 psi (103.42 kPa)



รูปที่ ค. 48 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่เปิดรูที่ 1 2 3 และ 4

ที่ความดัน 15 psi (103.42 kPa)

ท่อแบบแนวนอน

- รูเจาะที่มุม 0°

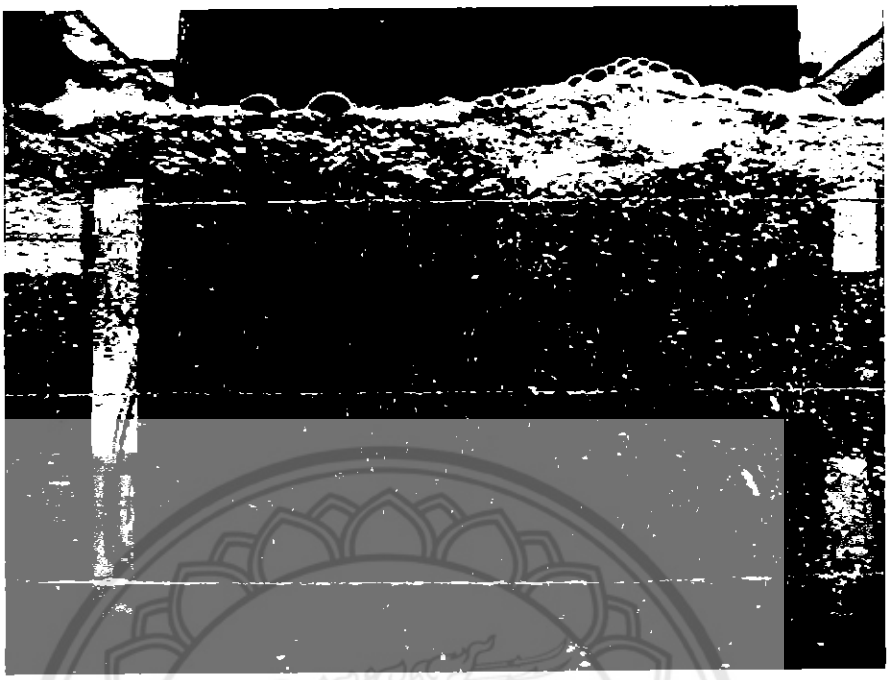
- รูเจาะที่มุม 90°

ที่ความดัน

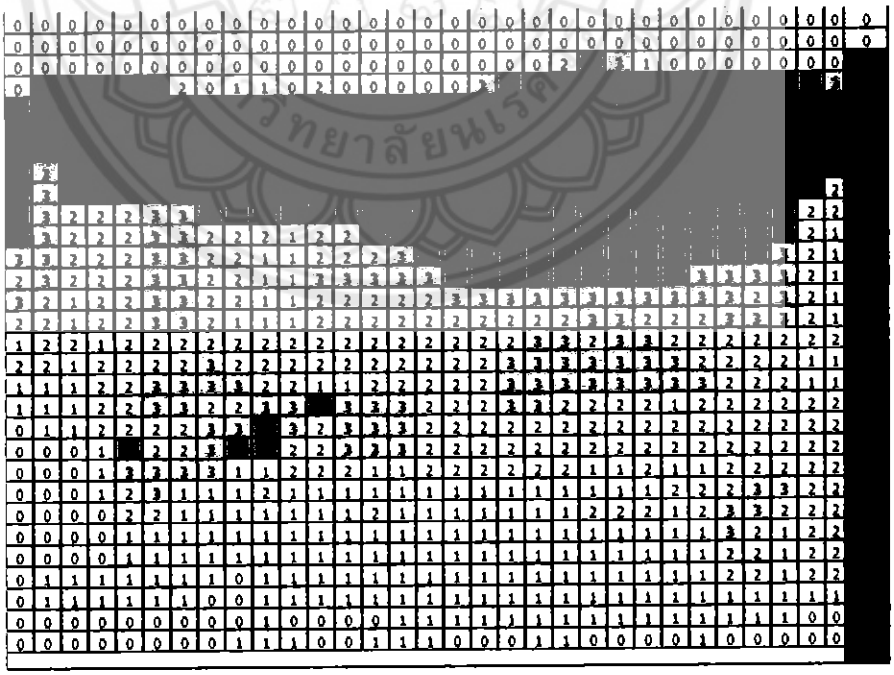
- ความดัน 5 psi (34.47 kPa)

- ความดัน 10 psi (68.95 kPa)

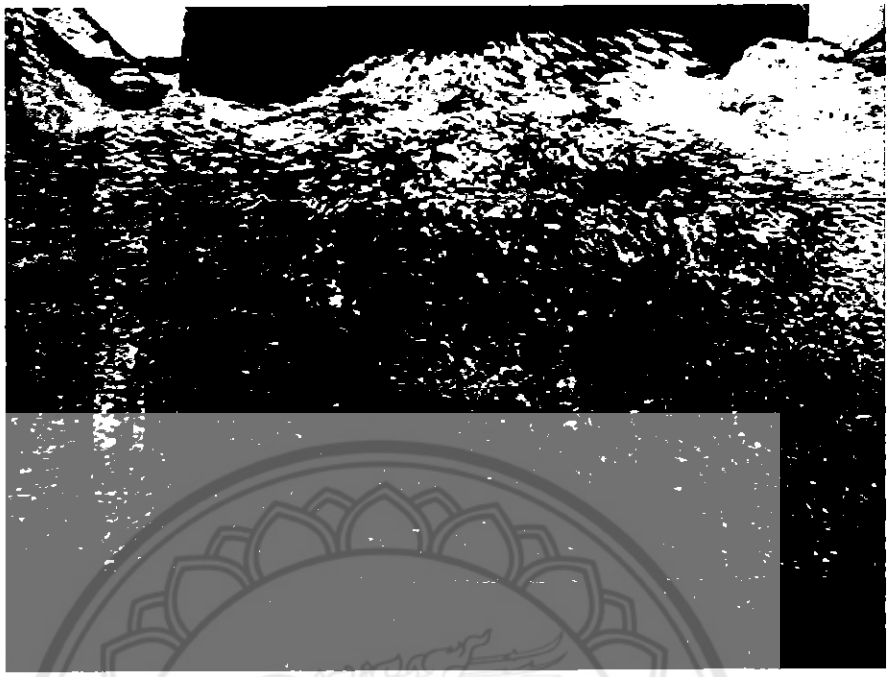
- ความดัน 15 psi (103.42 kPa)



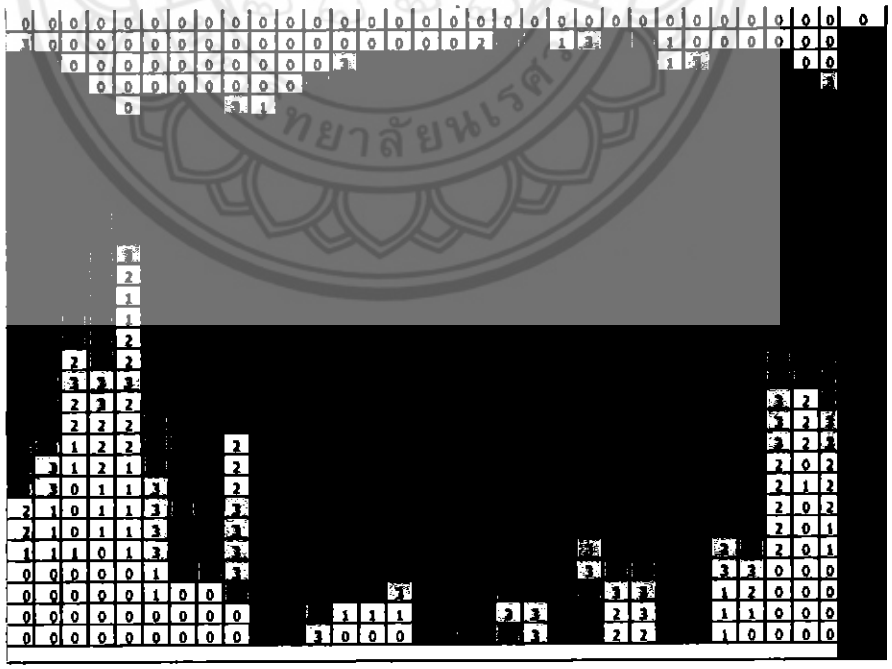
รูปที่ ค. 49 จากการทดสอบที่ 3.4.3.6.4 รูเจาะที่มุม 0° ที่ความดัน 5 psi (34.47 kPa)



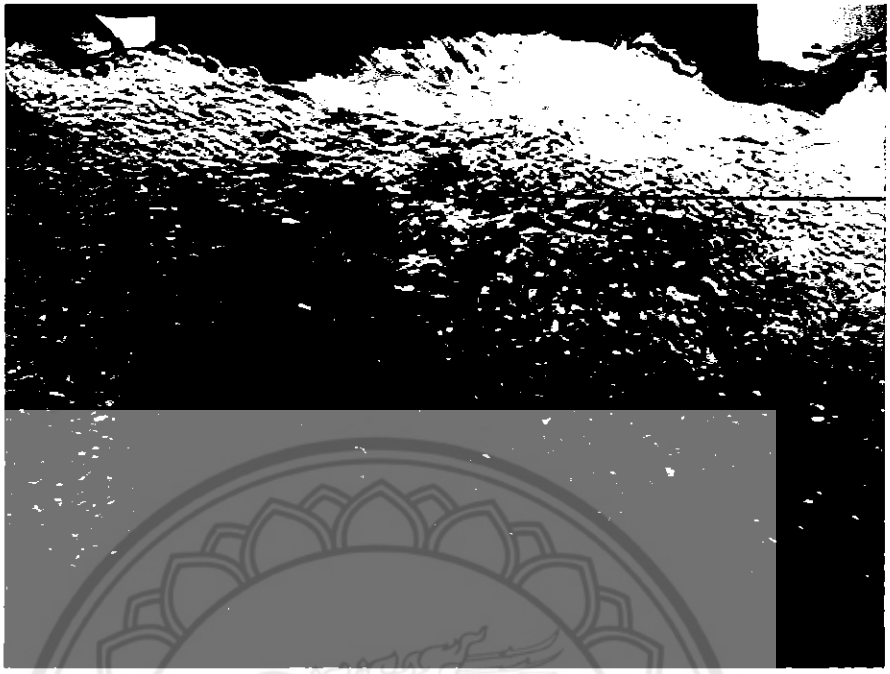
รูปที่ ค. 50 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่รูเจาะที่มุม 0° ที่ความดัน 5 psi (34.47 kPa)



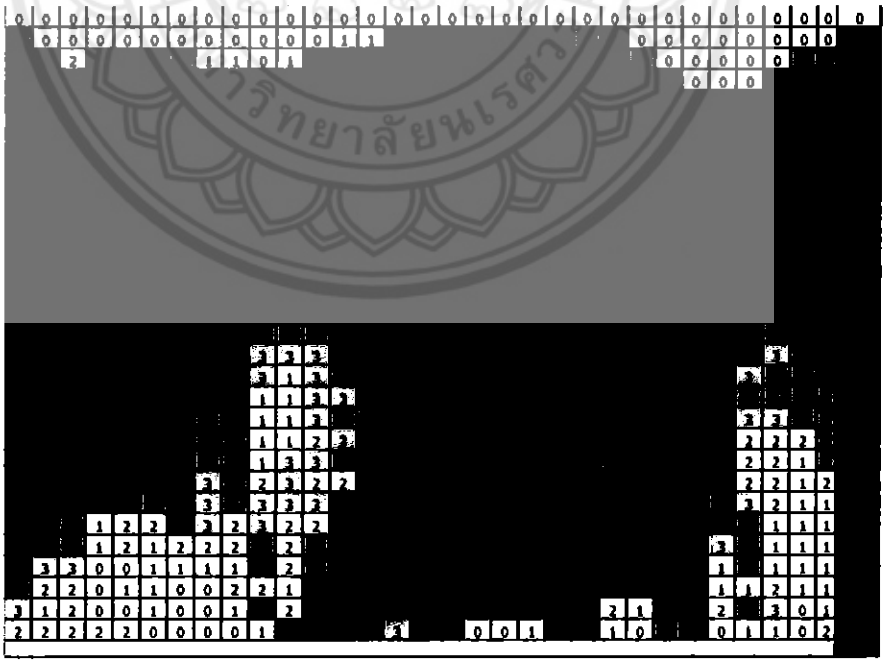
รูปที่ ค. 51 จากการทดสอบที่ 3.4.3.6.4 รูเจาะที่มุม 0° ที่ความดัน 10 psi (68.95 kPa)



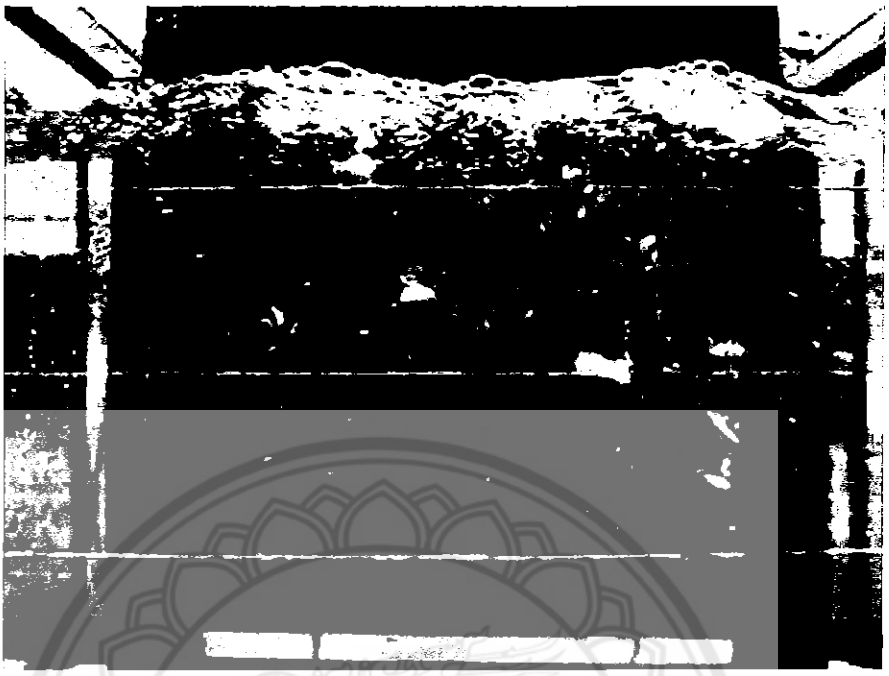
รูปที่ ค. 52 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่รูเจาะที่มุม 0° ที่ความดัน 10 psi (68.95 kPa)



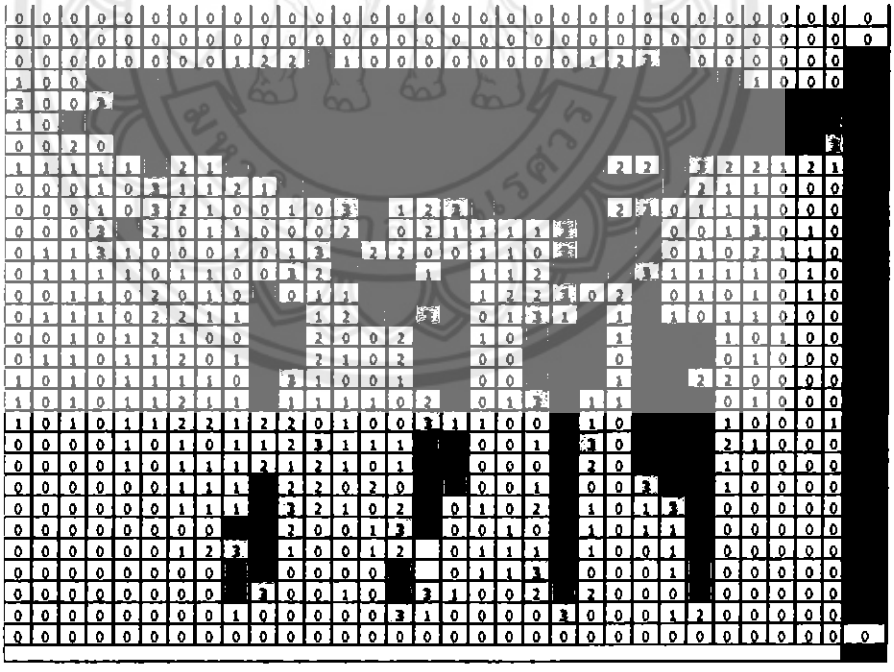
รูปที่ ค. 53 จากการทดสอบที่ 3.4.3.6.4 รูเจาะที่มุม 0° ที่ความดัน 15 psi (103.42 kPa)



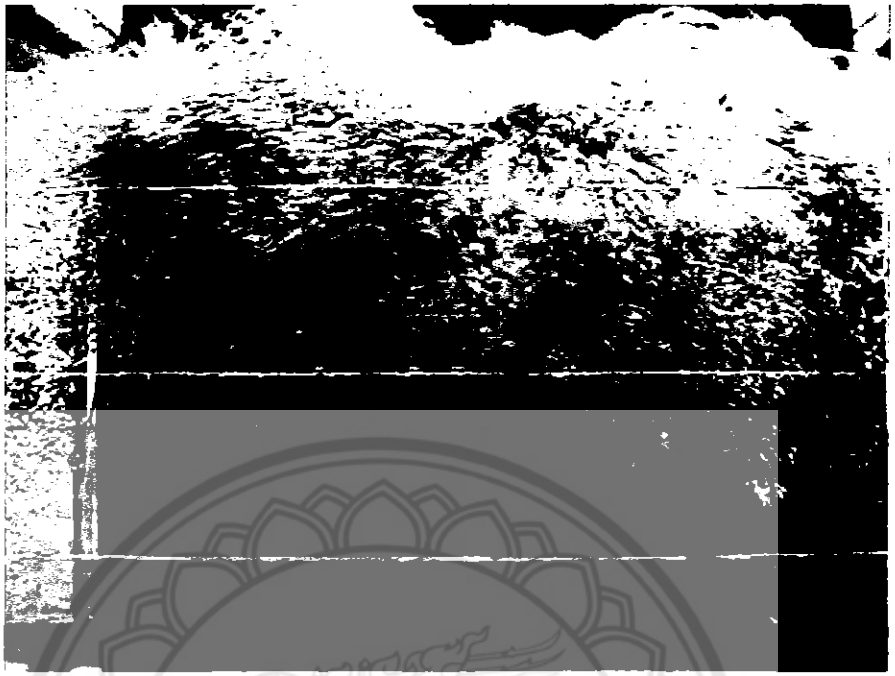
รูปที่ ค. 54 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่รูเจาะที่มุม 0° ที่ความดัน 15 psi (103.42 kPa)



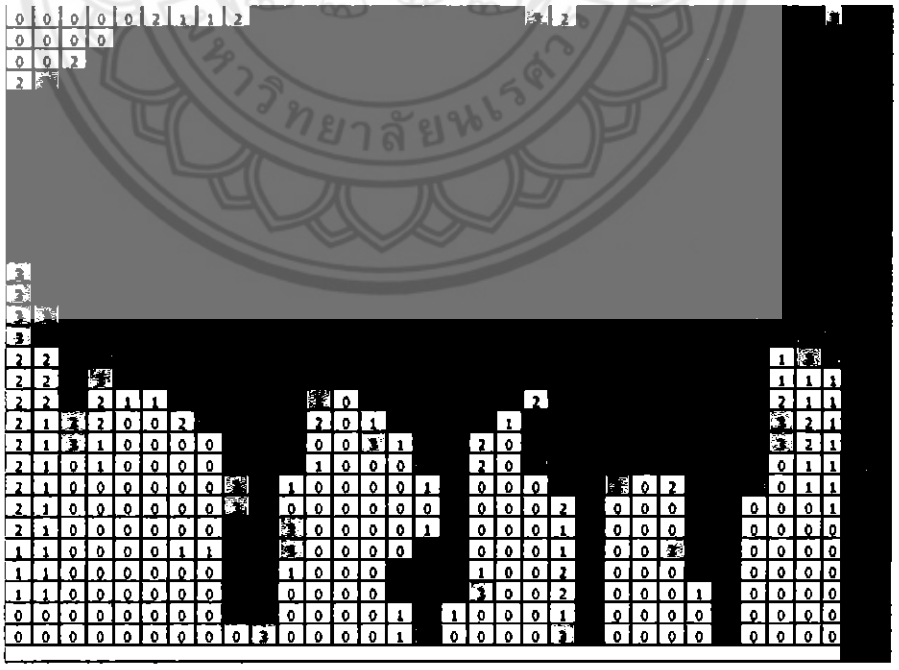
รูปที่ ค. 55 จากการทดสอบที่ 3.4.3.6.4 รูเจาะที่มุม 90° ที่ความดัน 5 psi (**34.47 kPa**)



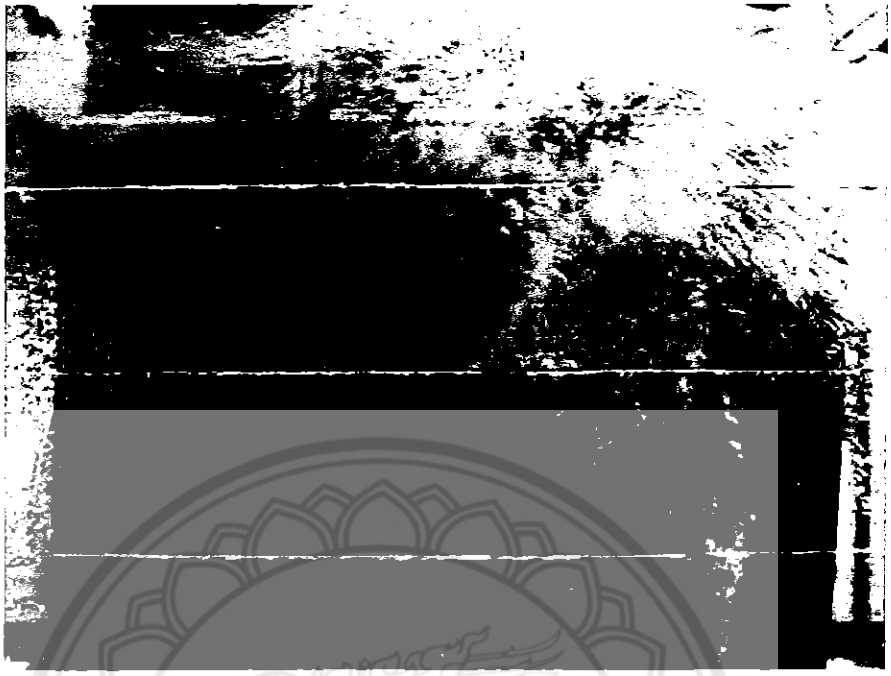
รูปที่ ค. 56 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่รูเจาะที่มุม 90° ที่ความดัน 5 psi (34.47 kPa)



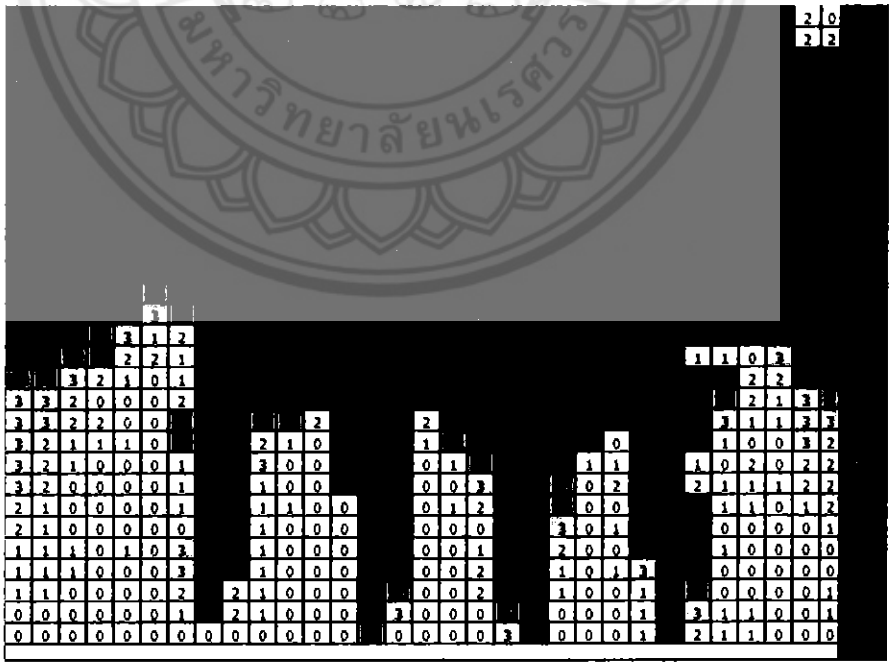
รูปที่ ค. 57 จากการทดสอบที่ 3.4.3.6.4 รูเจาะที่มุม 90° ที่ความดัน 10 psi **(68.95 kPa)**



รูปที่ ค. 58 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่รูเจาะที่มุม 90° ที่ความดัน 10 psi (68.95 kPa)



รูปที่ ค. 59 จากการทดสอบที่ 3.4.3.6.4 รูเจาะที่มุม 90° ที่ความดัน 15 psi (103.42 kPa)



รูปที่ ค. 60 แสดงผลความหนาแน่นของฟองอากาศที่รูเจาะที่มุม 90° ที่ความดัน 15 psi (103.42 kPa)