

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รายงานฉบับสมบูรณ์

เครื่องอัดก๊าซในเครื่องดื่มแบบต่อเนื่อง  
สำหรับผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อม

Carbonated Soft Drink Machine for  
Small and Medium Enterprises (SMEs)

โดย

อ.สมัคร รักแม่

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH  
TP  
758  
ส ๒๙๑ ค

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 114472  
วัน,เดือน,ปี..... 20 ส.ค. 2554

ได้รับการสนับสนุนโครงการวิจัยโดยใช้งบประมาณเงินรายได้  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปี 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๑๒๒๑ ๑๗๘๑  
b.....  
i.....

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจาก เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปี 2553

ขอขอบคุณ - คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.

- บุคลากรประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.
- นายอัครนัย ดุงคะเตชะ นางสาวยุวณารถ ออรุ่งวิไล และนางสาวณัฐพร อินสว่าง นักศึกษาประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.

สมัคร รักแม่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทคัดย่อ

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบการผลิตเครื่องอัดก๊าซในเครื่องตีแบบต่อเนื่องสำหรับกลุ่มผู้ผลิตขนาดกลางและเล็ก ซึ่งเป็นการออกแบบให้เครื่องอัดก๊าซสามารถผลิตได้แบบต่อเนื่อง โดยใช้หลักการสเปร์ยละอองฝอยของเครื่องตีลงในถังซึ่งอัดด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยจะศึกษาถึงอัตราส่วนของหัวบรรจุกับช่องว่างของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยผลการศึกษาพบว่า เครื่องต้นแบบสามารถผลิตได้ตามวัตถุประสงค์ อัตราการผลิตขึ้นอยู่กับขนาดของถังอัดก๊าซและปริมาณหัวฉีด อัตราส่วนความสูงของน้ำต่อก๊าซภายในถังต่อละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ จากการทดลองพบว่า จำนวนหัวฉีดวน 12 หัวฉีดนั้นจะได้การละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำที่ประมาณ 3 volume ภายในเวลาประมาณ 5 นาที อัตราส่วนความสูงของน้ำต่อก๊าซภายในถังควรมีค่าไม่น้อยกว่า 1:2 และอัตราส่วนจำนวนหัวฉีดเดิมต่อจำนวนหัวฉีดหมุนวนน้ำที่เหมาะสมคือ 1:3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ

บทคัดย่อภาษาไทย

สารบัญ

สารบัญรูป

สารบัญตาราง

<b>1</b>	<b>บทนำ</b>	
1.1	ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2	วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3	ขอบเขตงานวิจัย	2
1.4	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
<b>2</b>	<b>ทฤษฎีและหลักการ</b>	
2.1	ความสำคัญของน้ำไฮดา	3
2.2	ประเภทเครื่องตีมีอัดก๊าซ	4
2.3	หลักการผลิตน้ำไฮดา	5
2.4	คุณสมบัติของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	7
2.5	ปัจจัยที่มีผลต่อการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	8
2.6	หน่วยวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	9
2.7	การอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	9
2.8	ขั้นตอนการผลิตเครื่องตีมีอัดก๊าซ	10
2.9	หัวฉีด (Nozzle)	11
<b>3</b>	<b>การออกแบบและการทดลอง</b>	
3.1	การคำนวณและออกแบบถังรับแรงดัน	15
3.2	การออกแบบและพัฒนา	15
3.3	การออกแบบชุดระบบหัวฉีด	17
3.4	หลักการทำงานและส่วนประกอบ	18
3.5	การวางแผนการทดลอง	19
3.6	วิธีการทดลอง	19
<b>4</b>	<b>ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง</b>	
4.1	ผลการทดลองระบบไม่ต่อเนื่อง	22
4.2	ผลการทดลองระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง	25
<b>5</b>	<b>สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ</b>	
5.1	สรุปผลการทดลอง	26
5.2	ปัญหาและข้อเสนอแนะ	26

## สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1	โรงงานอุตสาหกรรมเครื่องตีมอต์ก๊าซในประเทศไทย	4
ตารางที่ 2.2	ลักษณะและสารประกอบอื่นๆ ที่อยู่ในก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคาร์บอนไดออกไซด์	8
ตารางที่ 2.3	หัวฉีดประเภทต่างๆ และการใช้งาน	13

## สารบัญรูปภาพ

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
รูปที่ 2.1	หลักการผลิตน้ำโซดาแบบทิ้งให้เกิดสมดุล แบบฉีดพ่นน้ำและแบบฉีดพ่นก๊าซ	7
รูปที่ 2.2	หลักการผลิตน้ำโซดาแบบให้น้ำไหลผ่านแผ่นทำความเย็น	7
รูปที่ 2.3	การแยกตัวของหยดละอองจากแผ่นของเหลวที่ออกจากรูฉีดในลักษณะต่างๆ	12
รูปที่ 2.4	หัวฉีดประเภทใช้แรงดันของเหลวต่างๆ	14
รูปที่ 3.1	ส่วนประกอบของเครื่องอัดก๊าซ	15
รูปที่ 3.2	หัวฉีด	16
รูปที่ 3.3	ชุดระบบหัวฉีดหมุนวนน้ำ	17
รูปที่ 3.4	ชุดระบบหัวฉีดเติม	17
รูปที่ 3.5	หลักการทำงานของเครื่องผลิตน้ำโซดา	18
รูปที่ 3.6	เครื่องอัดก๊าซเครื่องตีมอต์แบบที่ได้ศึกษาวิจัย	19
รูปที่ 4.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนหัวฉีดหมุนวนน้ำกับการละลาย $\text{CO}_2$ ในน้ำ	22
รูปที่ 4.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของหัวฉีดต่อปริมาณน้ำ (ลิตร) ภายในถังกับเวลาที่ทำให้ปริมาณ $\text{CO}_2$ ในน้ำคงที่	22
รูปที่ 4.3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความสูงของน้ำต่อก๊าซกับ Volume	24
รูปที่ 4.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความสูงของน้ำต่อก๊าซกับเวลาที่ทำให้ปริมาณ $\text{CO}_2$ ในน้ำคงที่	24
รูปที่ 4.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนจำนวนหัวฉีดเติมต่อหัวฉีดหมุนวนน้ำกับ Volume	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้าน 25 รค่า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

น้ำอัดลม หมายถึง เครื่องดื่มที่ผสมด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้เกิดความซ่า แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่ไม่มีการผสมน้ำหวาน เรียกว่า โซดา และประเภทที่มีการผสมน้ำหวาน ประดับแต่งกลิ่นและรสชาติ น้ำอัดลม เป็นสิ่งที่ผู้คนรู้จักและหลงใหลมาตลอดระยะเวลาอันยาวนาน โดยผู้คนในสมัยโบราณในยุคกรีกและโรมัน รู้จักน้ำอัดลมในรูปของน้ำพุแร่ซึ่งผุดขึ้นมาจากแหล่งน้ำใต้ดินตามธรรมชาติ ต่อจากนั้นชาวยุโรปจึงได้รู้จักการเติมน้ำแร่ธรรมชาติเพื่อสุขภาพพอนามัยเป็นครั้งแรก

อุตสาหกรรมน้ำอัดลมมีแนวโน้มในการขยายตัวตลอดมา เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเมืองร้อน ความต้องการบริโภคน้ำอัดลมของคนไทยจึงมีมากขึ้น ต่อมาอุตสาหกรรมนี้ได้มีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว จนกลายเป็นอุตสาหกรรมเครื่องดื่มที่ใหญ่ที่สุดในบรรดาเครื่องดื่มหลายๆ ประเภท

น้ำอัดลมเป็นอุตสาหกรรมการผลิตเพื่อบริโภคภายในประเทศเป็นส่วนใหญ่ มีความสำคัญในการจ้างแรงงานสูงถึงปีละประมาณ 35,000 - 40,000 คน และยิ่งรวมไปถึงการจ้างงานในอุตสาหกรรมข้างเคียง ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมน้ำตาล ขวดแก้ว กระจก กระป๋อง ฝาจุกจิ๊บ ลังพลาสติก และบริษัทเอเยนซีโฆษณา เป็นต้น การผลิตน้ำอัดลมของไทยมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วงปี พ.ศ. 2544 - 2548 ปริมาณการผลิตน้ำอัดลมได้ขยายตัวเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 8.3 ต่อปี จาก 1,663 ล้านลิตร ในปี พ.ศ. 2544 เป็น 2,272 ล้านลิตร ในปี พ.ศ. 2548 และมีการใช้กำลังการผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 66 ของการกำลังการผลิตรวม

อุตสาหกรรมน้ำอัดลมต้องใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูง เพื่อทำการผลิตให้ได้จำนวนมากในระยะเวลาจำกัด เครื่องจักรที่ผลิตในโรงงานน้ำอัดลมจึงมีราคาแพงและต้องลงทุนสูง แม้ว่าปัจจุบันกระแสการรักษาสุขภาพจะมีผู้บริโภคจำนวนมากหลีกเลี่ยงการบริโภคน้ำอัดลม อย่างไรก็ตามเมื่อมองถึงมูลค่าตลาดของผลิตภัณฑ์น้ำอัดลมที่มีมูลค่าหลายหมื่นล้านบาทต่อปี ก็ยังคงมีช่องทางหรือโอกาสสำหรับผู้ประกอบการที่สนใจ

แต่เนื่องจากในปัจจุบัน เครื่องผลิตน้ำโซดาหรือเครื่องอัดก๊าซเครื่องดื่มโดยทั่วไปไม่เหมาะสมกับอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก ทำให้มีราคาสูงซึ่งกลุ่มผู้สนใจหลายรายก็ไม่สามารถเข้ามาแข่งขันในอุตสาหกรรมนี้ได้ งานวิจัยนี้จึงตระหนักถึงความสำคัญของการผลิตน้ำโซดา ให้มีอัตราการผลิตและราคาที่เหมาะสมกับผู้ผลิตที่มีต้นทุนจำกัด โดยจะทำการออกแบบและศึกษาสร้างเครื่องผลิตน้ำโซดาต้นแบบ เพื่อให้กลุ่มผู้สนใจดังกล่าวสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดตามความต้องการของตนได้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาสร้างเครื่องผลิตน้ำโซดาให้เป็นการผลิตแบบต่อเนื่องที่เหมาะสมกับอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก

## 1.3 ขอบเขตงานวิจัย

ศึกษาจำนวนหัวฉีดของระบบหมวนวนน้ำ ระบบเติมน้ำและอัตราส่วนความสูงของน้ำต่อก๊าซภายในถังที่มีผลต่อการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำที่อุณหภูมิ  $10^{\circ}\text{C}$  ที่ความดัน 2 บาร์

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้แนวทางการออกแบบและสร้างเครื่องผลิตน้ำโซดาให้สามารถผลิตน้ำโซดาได้เร็วขึ้น ช่วยลดต้นทุนในการผลิตน้ำโซดาในอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก

1.4.2 ทราบถึงจำนวนหัวฉีดหมวนวนน้ำ จำนวนหัวฉีดเติมน้ำ และอัตราส่วนความสูงของน้ำต่อความสูงของก๊าซภายในถังอัดก๊าซที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำโซดา

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและหลักการ

### 2.1 ความสำคัญของน้ำโซดา

#### 2.1.1 ความหมายของน้ำอัดลม

น้ำอัดลม หมายถึง เครื่องดื่มที่ผสมด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะทำให้เกิดความซ่า น้ำอัดลมแบ่งเป็น 2 ประเภท ประเภทแรกไม่มีการผสมน้ำหวาน หรือที่เรียกว่า โซดา ส่วนอีกประเภทคือประเภทที่ผสมน้ำหวาน บรรจุแต่งกลิ่นและรสชาติ

#### 2.1.2 ประวัติน้ำอัดลม

น้ำอัดลม เป็นสิ่งที่ผู้คนรู้จักและหลงใหลมาตลอดระยะเวลาอันยาวนาน โดยผู้คนในสมัยโบราณในยุคกรีกและโรมัน รู้จักน้ำอัดลมในรูปของน้ำพุแร่ซึ่งผุดขึ้นมาจากแหล่งน้ำใต้ดินตามธรรมชาติ ต่อจากนั้นชาวยุโรปจึงได้รู้จักการค้ำน้ำแร่ธรรมชาติเพื่อสุขภาพอนามัยเป็นครั้งแรก

การผลิตน้ำอัดลมในรูปแบบของอุตสาหกรรม ได้เกิดขึ้นครั้งแรกในประเทศอังกฤษในปี พ.ศ. 2315 โดย นาย โจเซฟ 프리สทลีย์ เป็นผู้คิดค้นวิธีกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ในน้ำ ต่อจากนั้นในปี พ.ศ. 2373 น้ำบรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้เริ่มเป็นที่รู้จักและแพร่หลายมากยิ่งขึ้น จนเข้าไปยังประเทศสหรัฐอเมริกาและได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยการเพิ่มสารที่ให้ความหวาน เช่น น้ำตาลและน้ำผลไม้ เพื่อสร้างความสดชื่นดับกระหายและสร้างความรื่นรมย์ให้แก่ผู้บริโภค สิ่งสำคัญในน้ำอัดลม คือ ฟองในเครื่องดื่ม และสิ่งที่ทำให้เกิดฟอง คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นก๊าซที่เกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศของโลก ตามธรรมชาติแล้วก๊าซนี้เป็นก๊าซที่ไม่มีสีและกลิ่น เป็นก๊าซที่มนุษย์หายใจออกมา และพืชดูดกลับเอาไปใช้หมุนเวียนอยู่ในบรรยากาศโลก นอกจากนี้ ขบวนการผลิตที่สำคัญในโรงงานอุตสาหกรรม ประกอบด้วยวัตถุดิบต่างๆ เช่น น้ำบริสุทธิ์ หัวเชื้อ ซึ่งผ่านกรรมวิธีต่างๆ จนบรรจุลงภาชนะออกมาเป็นน้ำอัดลม

#### 2.1.3 อุตสาหกรรมน้ำอัดลมในประเทศไทย

น้ำอัดลมได้มีขึ้นเป็นครั้งแรกในประเทศไทยในสมัยพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 4 การผลิตน้ำอัดลมดังกล่าวไม่มีการปรุงแต่ง กลิ่น และรสชาติแต่อย่างใด เรียกว่าน้ำโซดา และต่อมาได้มีการพัฒนาการผลิตน้ำอัดลมโดยการปรุงแต่ง กลิ่น และรสชาติน้ำมะนาวและมีการอัดก๊าซเช่นเดียวกับโซดา

ในสมัยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 5 ได้มีการผลิตน้ำอัดลมโดยชาวยุโรปและชาวจีน แต่ก็ยังไม่แพร่หลายในประเทศไทย และหลังการเปลี่ยนแปลงการปกครองในปี พ.ศ. 2475 รัฐบาลได้อนุญาตให้เอกชนผลิตเบียร์ไทยขึ้นแล้วก็มีน้ำโซดา รวมทั้งน้ำหวานด้วย การผลิตน้ำอัดลมประเภทผสมน้ำหวานในสมัยเริ่มแรกเป็นน้ำหวานสีต่างๆ ผสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บรรจุขวดอย่างง่าย ออกจำหน่ายในปริมาณไม่มาก หลังจากสงครามโลกครั้งที่ 2 สิ้นสุดลง ก็เริ่มมีการพัฒนาอุตสาหกรรมเอ็กสตรีนเป็นอีกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการรักษาเท่านั้น เมื่อนำเอ็กสตรีนไปใช้ประโยชน์ในการค้ำน้ำอัดลม ไม่ว่าจะชนิดใดก็ตาม ก็ยังห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำอัดลม เหตุเกิดจากความต้องการในการบริโภคของทหารต่างชาติที่เข้ามาอยู่ในประเทศไทย เพื่อเข้าร่วมกับการแก้ไขวิกฤตการณ์ยุ่งยากในแถบอินโดจีนในสมัยนั้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากผู้บริโภคน้ำอัดลมต้องการบริโภคน้ำอัดลมที่มีคุณภาพและถูกสุขลักษณะ จึงเกิดโรงงานน้ำอัดลมเพิ่มขึ้นอย่างมากมาย เพื่อสนองตอบความต้องการของผู้บริโภคในสมัยนั้นและแพร่หลายไปทั่วประเทศ จนถึงปัจจุบัน

ตารางที่ 2.1 โรงงานอุตสาหกรรมเครื่องดื่มอัดก๊าซในประเทศไทย

ชื่อผู้ผลิต	เริ่มการผลิต	ผลิตภัณฑ์	กำลังการผลิต (case/day)
เสริมสุข	1953	เป๊ปซี่ มิลินดา ทิม	78,000
ไทยน้ำทิพย์	1957	โคคาโคลา แฟนต้า สไปรท์	35,000
กรีนสปอร์ต	1954	กรีนสปอร์ต ไวตามิลค์ F&N	25,000
ไบเลย์แคลิฟอเนีย	1951	ไบเลย์	13,000
เซเวนอัพ	1953	7-อัพ อาซี เฮดส์	20,800
ชื่อผู้ผลิต	เริ่มการผลิต	ผลิตภัณฑ์	กำลังการผลิต (case/day)
นิวมมโป	1948	นิวมมโป โปล์กมิล เดียร์เรส	4,000
ยูเนียนโซดา	1948	ยูเนียน	1,000
บางกอกแคร์แพลน	1958	เพียว	2,000
อังกฤษ	1971	ซินเครส	3,430
คิกคาปู	1971	คิกคาปู คิส แฮปปี	7,000
เบียร์บุญรอด	1975	โซดา	50,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 ประเภทของเครื่องดื่มอัดก๊าซ

เครื่องดื่มอัดก๊าซ (Carbonated Beverages) สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

2.3.1. เครื่องดื่มอัดก๊าซที่มีแอลกอฮอล์ (alcoholic carbonated beverages) ได้แก่ เบียร์ (Beer) แชมเปญ (Champagne) เครื่องดื่มน้ำผลไม้อัดก๊าซ soft drink และ frozen soft drinks เป็นต้น

2.3.2. เครื่องดื่มอัดก๊าซที่ไม่มีแอลกอฮอล์ (non alcoholic carbonated beverages) ได้แก่ เครื่องดื่มน้ำอัดลมต่าง ๆ เครื่องดื่มน้ำผลไม้อัดก๊าซ (soft drinks และ frozen soft drinks) เป็นต้น

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งประเภทเครื่องดื่มอัดก๊าซ ตามลักษณะของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัดในเครื่องดื่มนั้นๆ สามารถแบ่งได้ดังนี้

1. เครื่องดื่มอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณมากกว่า 3.5 ปริมาตรขึ้นไป ได้แก่ ginger alc Colas และเครื่องดื่มประเภทใช้ผสม (Mixes) เช่น club soda และ tonics เป็นต้น
2. เครื่องดื่มอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณ 2.5 - 3.5 ปริมาตร ได้แก่ เครื่องดื่มประเภท Root - beer Lemon - lime cream - soda และเครื่องดื่มประเภท grapefruit
3. เครื่องดื่มอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณ 1.0 - 2.5 ปริมาตร ได้แก่ เครื่องดื่มประเภท Strawberry Cherry Grape Orange Pineapple และ Punch เป็นต้น

เครื่องดื่มอัดก๊าซหรือน้ำอัดลมโดยทั่วไปหมายถึงเครื่องดื่มที่มีการอัดก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ (carbon dioxide) ในเครื่องดื่มทำให้เครื่องดื่มมีลักษณะและรสชาติขึ้น เนื่องจากก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ที่มีผลต่อประสาทสัมผัสการรับรส เป็นตัวที่ทำให้เกิดความรู้สึกชาซ่าเป็นการกระตุ้นความรู้สึกของผู้บริโภคต่อเครื่องดื่ม กระตุ้นการทำงานของกระเพาะอาหาร ทำให้มีการหลั่งน้ำย่อยมากขึ้น แต่มีข้อจำกัดในการดื่มสำหรับผู้ที่เป็นแผลในกระเพาะอาหาร นอกจากนี้การอัดก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ในเครื่องดื่มยังช่วยยืดระยะเวลาในการเก็บรักษาได้อีกด้วย เนื่องจากสภาวะในเครื่องดื่มจะปราศจากก๊าซออกซิเจนเพราะก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์เข้าไปแทนที่ ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต โดยเฉพาะยีสต์และเชื้อรา ทำให้การเก็บรักษานานขึ้น ก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ มีสูตรทางเคมีว่า CO<sub>2</sub> เป็นก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้หรือไฮโดรลีส (hydrolysis) หินอ่อนหรือหินปูน สารประเภท Dolomite สารประเภทไฮโดรเจนคาร์บอเนตหรือได้จากการหมัก (Fermentation) ของน้ำตาลโดยยีสต์

## 2.3 หลักการผลิตน้ำโซดา

น้ำโซดา เป็นเครื่องดื่มประเภทผสมที่มีการอัดก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ในปริมาณที่มากกว่า 3.5 ปริมาตรขึ้นไป เพื่อให้เครื่องดื่มมีรสชาติขึ้น เนื่องจากก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์มีผลต่อประสาทสัมผัสการรับรส ทำให้เกิดความรู้สึกซ่า ช่วยกระตุ้นความรู้สึกของผู้บริโภคต่อเครื่องดื่ม นอกจากนี้การอัดก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ในเครื่องดื่มยังช่วยยืดระยะเวลาในการเก็บรักษาให้นานขึ้นอีกด้วย เนื่องจากภายในเครื่องดื่ม

จะปราศจากก๊าซออกซิเจน ซึ่งเป็นก๊าซที่เชื่อจุนทรีย์ส่วนใหญ่ต้องการเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต โดยเฉพาะบีสต์และเชื้อรา แต่จะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปแทนที่ ทำให้เก็บรักษาได้นานขึ้น

การผลิตเครื่องดื่มน้ำอัดก๊าซ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

2.2.1 การผลิตแบบต่อเนื่อง (Continue) เป็นระบบที่มีอัตราการผลิตสูง มีความซับซ้อนมาก และใช้เงินในการลงทุนสูง ไม่เหมาะสำหรับผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็ก

2.2.2 การผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Batch) เป็นระบบที่ใช้เงินลงทุนต่ำ ไม่ซับซ้อน และมีอัตราการผลิตเพียงพอต่อความต้องการของผู้ประกอบการขนาดย่อม

หลักการอัดก๊าซในการผลิตแบบไม่ต่อเนื่องโดยทั่วไปจะทำการอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในถังอัดความดันที่บรรจุวัตถุดิบที่ต้องการอัดก๊าซ เพื่อให้เกิดการละลายในผลิตภัณฑ์ แบ่งเป็น 3 วิธี คือ

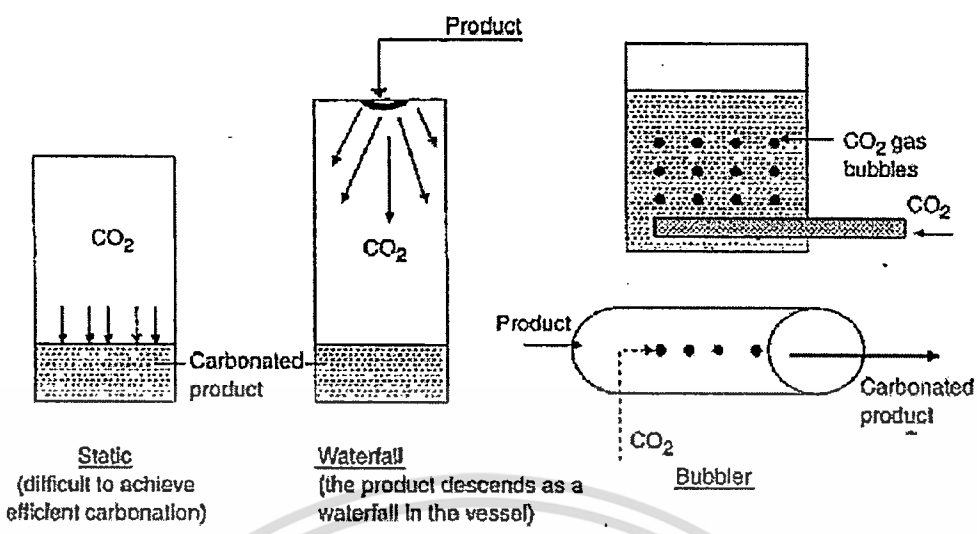
1. การเพิ่มความดันแล้วทิ้งให้เกิดการสมดุล (Head pressure and time) โดยทำการอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในช่องว่างด้านบนของถัง แล้วปล่อยให้ก๊าซค่อยๆ ละลายลงในผลิตภัณฑ์จนเข้าสู่สมดุล ซึ่งอาจต้องใช้เวลาานานมาก แต่สามารถที่จะลดระยะเวลาการผลิตได้โดยการเพิ่มความดันให้สูงกว่าค่าในตาราง ซึ่งอาจเกิดการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากเกินไป (Over-carbonation) ทำให้รสชาติของผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เนื่องจากไม่สามารถควบคุมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้คงที่ได้

2. การให้ความดันพร้อมการเขย่า (Head pressure and shake) โดยทำการเขย่าถังบรรจุ เพื่อให้เกิดกระบวนการถ่ายเทมวลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดีขึ้น เนื่องจากการเขย่าเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสวิธีหนึ่ง ที่สามารถลดระยะเวลาในการผลิตได้ และยังขึ้นกับความถี่ในการเขย่าด้วย

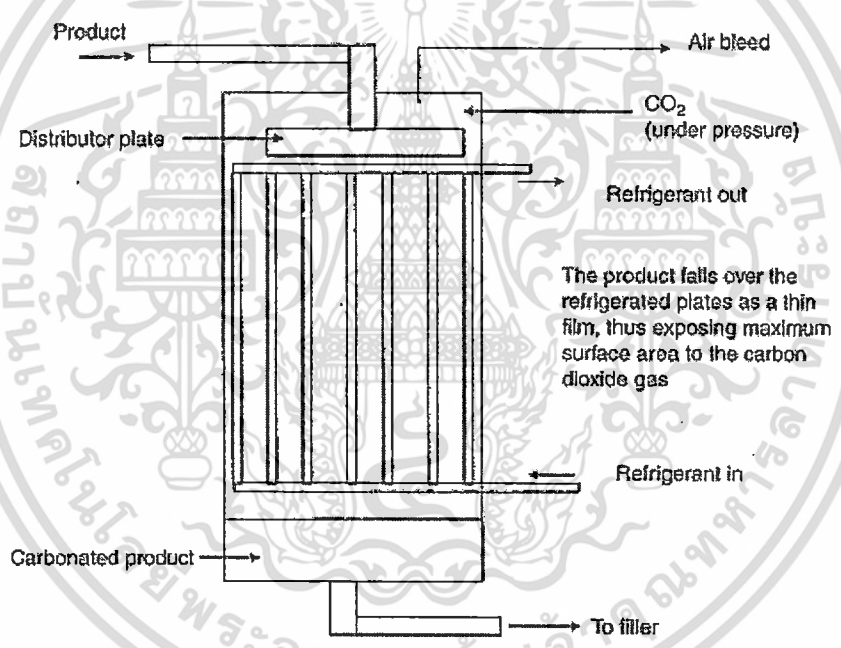
3. การฉีดพ่นก๊าซ (Gas injection) เป็นวิธีที่นิยมใช้เพื่อลดเวลาการผลิตให้น้อยลง โดยการฉีดพ่นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีขนาดเล็กมากเข้าไปผสมกับผลิตภัณฑ์ภายในถังบรรจุ เพื่อให้ก๊าซสัมผัสกับผลิตภัณฑ์โดยตรง เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสให้มากขึ้น โดยใช้อุปกรณ์ Carbonation Stone มีผลให้อัตราการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น [2]

4. การฉีดพ่นน้ำ (Water injection) โดยการฉีดพ่นผลิตภัณฑ์จากด้านบนจนถึงเข้ามาผสมกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกอัดอยู่ภายใต้ความดันภายในถัง ซึ่งจะเป็นวิธีการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสคล้ายกับการฉีดพ่นก๊าซ

5. การให้น้ำไหลผ่านแผ่นทำความเย็น โดยจะให้ผลิตภัณฑ์ไหลจากด้านบนของแผ่นทำความเย็น ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ไหลมีลักษณะเป็นฟิล์มบางและจะไหลผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้ความดันด้วย ทำให้เกิดการละลายของก๊าซเข้าไปในผลิตภัณฑ์ [6]



รูปที่ 2.1 หลักการผลิตน้ำโซดาแบบทิ้งให้เกิดสมดุล แบบฉีดพ่นน้ำและแบบฉีดพ่นก๊าซ



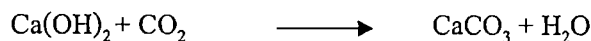
รูปที่ 2.2 หลักการผลิตน้ำโซดาแบบให้น้ำไหลผ่านแผ่นทำความเย็น

### 2.4 คุณสมบัติของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีดังนี้คือ

1. เป็นก๊าซที่ไม่มีสี แต่มีกลิ่นฉุนและมีความเป็นกรดเล็กน้อย
2. สามารถดับเปลวของกำมะถัน (S) และฟอสฟอรัส (P)
3. ไม่ช่วยในการหายใจ แต่ไม่เป็นพิษต่อร่างกาย
4. ถ้าหากมีสารประเภทโปแตสเซียม (K) โซเดียม (Na) และลิเทียม (Li) ผสมอยู่จะทำให้สามารถติดไฟในบรรยากาศได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ถ้าผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปใต้น้ำปูนใส  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{Ba(OH)}_2$  จะไม่ละลายน้ำแต่จะทำให้ น้ำปูนใสขุ่น ดังสมการ



6. ละลายน้ำได้กรดคาร์บอนิก ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) เป็นกรดอ่อน มีรสเปรี้ยวเล็กน้อย (Faintly acid) ละลายน้ำได้ประมาณ 88 ปริมาตรต่อน้ำ 100 ปริมาตรที่ 20 องศาเซลเซียส

7. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถสลายตัวได้ถ้าอุณหภูมิสูง โดยสลายเป็นคาร์บอนมอนอกไซด์ ( $\text{CO}$ ) และออกซิเจน ( $\text{O}_2$ )

ประเทศไทยได้มีการกำหนดมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคาร์บอนไดออกไซด์สำหรับ เครื่องดื่มดังนี้ (กระทรวงอุตสาหกรรม 2540 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม : คาร์บอนไดออกไซด์ มอก. 568)

1. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต้องไม่มีกลิ่นผิดปกติ มีการตรวจสอบ Acidity Phosphine Hydrogen sulphide และ Organic reducing substances
2. สารประกอบอื่นที่ควบคุมปริมาณต้องเป็นไปตามกฎเกณฑ์ที่กำหนดตามตารางที่ 2.2
3. ภาชนะบรรจุก๊าซ ต้องบรรจุในภาชนะที่ทนต่อความดันและมี safety valve ป้องกัน

ตารางที่ 2.2 ลักษณะและสารประกอบอื่นๆ ที่อยู่ในก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมคาร์บอน ไดออกไซด์

คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
ความบริสุทธิ์ (ไม่น้อยกว่าร้อยละของปริมาตร)	99.5
ความชื้น	0.5
ความเป็นกรด	สีของสารละลายตัวอย่างต้องไม่เข้มกว่า สารละลายเปรียบเทียบ
ฟอสฟีน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และ ออร์แกนิกรีดิวซิงซัพสแตนท์	ต้องไม่พบ
ปรอท	ต้องไม่พบ

## 2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

1. ความดัน (Pressure) การละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นเมื่อความดันเพิ่มขึ้น จาก กฎของเฮนรี (Henry's Law) กล่าวว่าการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อุณหภูมิคงที่จะขึ้นอยู่กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความดันเพียงอย่างเดียว แต่มีข้อแม้ว่าต้องไม่มีก๊าซอื่นผสมอยู่ โดยการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะเพิ่มขึ้น 1 ปริมาตร ทุกๆ 1 บรรยากาศ ที่เพิ่มขึ้น

2. อุณหภูมิ (Temperature) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะละลายได้ดีในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำมากกว่าในน้ำที่มีอุณหภูมิสูง

3. เวลา (Residence time) การละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการทำให้เกิดสมดุลของน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ถ้าให้เวลามาก จะส่งผลให้การจับตัวสูงขึ้นไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในที่ที่มีความดันสูง

4. พื้นที่ผิวสัมผัส (Surface area) หากเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสให้มากขึ้น จะทำให้การละลายตัวของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เร็วขึ้นด้วย

## 2.6 หน่วยวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ จะแสดงอยู่ในหน่วยของ volume หรือ กรัมของคาร์บอนไดออกไซด์ในของเหลวหนึ่งลิตร แต่ที่นิยมใช้กันมากคือหน่วย volume โดย 1 volume ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับการละลายตัว 1 ลิตร เข้าไปในของเหลว 1 ลิตร ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส และที่ความดัน 1 บรรยากาศ ซึ่งปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้ก็จะแตกต่างกันไปตามชนิดของผลิตภัณฑ์

ความหมายของคำว่า สมดุล ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่จะใช้ในการอัดก๊าซนั้น มีความสำคัญมาก ในการที่จะศึกษาให้เข้าใจเกี่ยวกับการทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในรูปของคาร์บอนเนต (Carbonation) เช่นบรรจุผลิตภัณฑ์ที่มีอุณหภูมิ 36°F ทำการอัดก๊าซที่ 12 psi อ้างอิงตามค่ามาตรฐานของก๊าซ (ตามตารางที่ 3.1 Chart Volume of CO<sub>2</sub> gas dissolved in water ZAHM & NAGEL CO. INC, HOLLAND NY) พบว่าจะได้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 2.8 volume ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่นั่นไม่ใช่ค่า volume ที่จะได้จริง แต่จะต้องใช้เวลาชั่วขณะหนึ่ง ของเหลวถึงจะมีปริมาณ volume ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 2.8 ในที่สุด

อัตราการทำให้คาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในรูปคาร์บอนเนต เวลาและความดันที่ Head space จนเกิดการสมดุลนั้นจะขึ้นกับ 3 ปัจจัย คือ

1. สัดส่วนของพื้นที่ผิวสัมผัสของก๊าซและปริมาณของเหลว
2. ความแตกต่างของค่าความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ ระหว่างสถานะของก๊าซและของเหลว
3. เวลาที่ใช้หลังจากอัดก๊าซเข้าสู่ตัวของเหลว

ดังนั้นถ้าพื้นที่ผิวสัมผัสของก๊าซถูกทำให้มากขึ้นอัตราการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในรูปคาร์บอนเนตก็จะมากขึ้นด้วย การเพิ่มขึ้นเป็นผลต่างระหว่างค่าความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นฟังก์ชันกับความดัน [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7 การอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การอัดก๊าซที่ถูกต้องเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในเครื่องต้มประเภทนี้ เพราะก๊าซจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสซ่า และยังให้ประโยชน์แก่ระบบการย่อยอีกด้วย การอัดก๊าซคือการทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายลงในน้ำโดยใช้อุณหภูมิต่ำหรือการเพิ่มความดัน ส่วนใหญ่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ทางโรงงานได้รับมักจะอยู่ในรูปของเหลว ซึ่งบรรจุอยู่ในถังที่ทนความดัน เมื่อเปิดให้ก๊าซออก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะออกมาตามท่อไปยังเครื่องที่เรียกว่า คาร์บอนเนเตอร์ (Carbonator) นำกับน้ำตาลและสารให้รสกลิ่นที่ผสมกันแล้วจะไหลผ่านมายังคาร์บอนเนเตอร์นี้ เครื่องต้มนี้จะจับก๊าซเอาไว้จำเป็นต้องควบคุมปริมาณก๊าซ แล้วผ่านไปยังเครื่องบรรจุภายใต้ความดัน หลังจากปิดฝาแล้ว เครื่องต้มยังสามารถเก็บก๊าซไว้ได้ เครื่องต้มประเภทนี้จะมีก๊าซประมาณ 1-5 ปริมาตร ปริมาตรจะเท่ากับ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วที่ 60 °F และที่ระดับน้ำทะเล ดังนั้นขณะที่บรรจุในขวดเครื่องต้มนี้将有ความดันประมาณ 15-75 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เครื่องต้มอัดก๊าซที่เป็นรสส้มจะจับก๊าซไว้ได้น้อยกว่าพวกโคล่าและพวกโซดา

เครื่องต้มอัดสัมนีจะมีปริมาณก๊าซที่อัดอยู่แตกต่างกันไป เช่น พวกจิงเจอเอล โคล่า คอลิ่งโซดา โทนิค จะมีไม่น้อยกว่า 3.5 ปริมาตร รุทเบียร์ กลิ่นมะนาว มะนาวฝรั่ง คริมโซดา มีประมาณ 2.5 - 3.5 ปริมาตร สตรอเบอร์รี่ เชอรี่ องุ่น ส้ม สับปะรดและพีช มีประมาณ 1.0 - 2.5 ปริมาตร

## 2.8 ขั้นตอนการผลิตเครื่องต้มอัดก๊าซ

เครื่องต้มประเภทนี้จะมีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 3 ชนิด คือ น้ำเชื่อมที่มีกลิ่นรสผสมแล้ว น้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในโรงงานจะต้องให้ส่วนประกอบเหล่านี้ผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับวิธีการต่างๆ ไปมีอยู่ 2 วิธี คือ

2.8.1 น้ำที่ได้จากแหล่งผลิตผ่านเครื่องกรอง เครื่องทำให้น้ำร้อนหรืออื่นๆ แล้วจะไหลไปยังเครื่องทำความเย็น จากนั้นผ่านเครื่องอัดก๊าซแล้วไหลไปยังเครื่องบรรจุ น้ำเชื่อมจากห้องผสมน้ำเชื่อมจะไหลไปยังเครื่องบรรจุน้ำเชื่อม จากนั้นจะมีการตรวจวัดอัตราส่วนที่เหมาะสมลงในขวดแล้วเครื่องบรรจุจึงเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปให้ถูกต้อง จากนั้นผ่านไปยังเครื่องผนึกขวดแล้วจึงเขย่าขวดให้น้ำเชื่อมกับน้ำอัดก๊าซผสมกัน

2.8.2 เป็นการผสมก่อนการบรรจุคือน้ำที่ได้จะไหลไปยังเครื่องวัด ทำนองเดียวกันน้ำเชื่อมไหลไปยังเครื่องวัดแล้วทั้งน้ำและน้ำเชื่อมจะไหลไปยังที่ผสม ทำให้เย็นและอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แล้ว จากนั้นส่งไปยังเครื่องบรรจุ ปิดผนึก และตรวจสอบ

สำหรับกระบวนการผลิตนั้น ประกอบด้วยกรรมวิธีหลายขั้นตอน ซึ่งวัตถุดิบและภาชนะบรรจุที่ใช้มีดังนี้

วัตถุดิบ ประกอบด้วย น้ำ น้ำตาล หัวน้ำเชื่อม ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และสารเคมี

ภาชนะบรรจุ ประกอบด้วย ฝาถูก ขวด ลัง กระบะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำที่ใช้ในโรงงานได้มาจาก บ่อบาดาล บีมส่งขึ้นไปเก็บไว้ในถังเก็บ ซึ่งจะมีบีมสำหรับจ่ายน้ำไปใช้ตามที่ต่างๆ ที่จุดนี้จะเติมคลอรีน ( $Cl_2$ ) สำหรับฆ่าเชื้อโรคในน้ำ จากเครื่องจ่ายน้ำนี้แยกไปใช้งาน 3 ส่วน คือ ส่วนแรก น้ำส่วนนี้จะไม่ผ่านกระบวนการใดๆ โดยน้ำส่วนนี้จะใช้ทำความสะอาดทั่วไปและใช้ตามห้องน้ำของโรงงาน

ส่วนที่สอง น้ำส่วนนี้ผ่านถังทำน้ำให้หายกระด้าง (Softener) ใช้ในการล้างขวด และหล่อเย็นเครื่องจักรรวมทั้งใช้เติมหม้อไอน้ำด้วย

ส่วนที่สาม น้ำส่วนนี้จะผ่านการทำน้ำบริสุทธิ์ โดยการเติมสารเคมี และผ่านการกรองด้วยทราย แล้วกรองด้วยถ่าน (Activated-carbon) ชนิดเม็ด เพื่อดูดเอาสี กลิ่น และคลอรีนออก จากนั้นจะผ่านถังกรองชั้นสุดท้าย ซึ่งประกอบด้วยใยกรองเนื้อละเอียด เพื่อกรองตะกอนเบา เศษถ่าน เศษทราย ที่หลงเหลือปะปนอยู่ในน้ำ ก่อนนำไปใช้สำหรับผสมน้ำตาล และหัวเชื้อ กับใช้บรรจุเป็นน้ำอัดลม

น้ำตาลที่ใช้เป็นน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ โดยนำมาผสมกับน้ำพร้อมเติมถ่านชนิดผง (Activated-carbon) เพื่อฟอกน้ำตาลให้ขาว จากนั้นจะผ่านเครื่องกรอง เพื่อกรองเอาผงถ่านและผงอื่นๆ ออก ซึ่งจะได้น้ำเชื่อม (Simple syrup) ต่อจากนั้นจะผ่านเครื่องทำน้ำเชื่อมเย็น (Heat exchanger) เพื่อลดอุณหภูมิของน้ำเชื่อมลงให้ได้ประมาณ  $24^{\circ}C$  ทั้งนี้เพื่อรักษารสชาติและกลิ่นให้ตรงตามมาตรฐาน จากนั้นน้ำเชื่อมจะผ่านเครื่อง UV Sterilizer เพื่อใช้แสง Ultra violet ฆ่าเชื้อโรค นำน้ำเชื่อมมาผสมกับน้ำหัวเชื้อ (ตามชนิดของน้ำอัดลม) เมื่อผสมแล้วใช้ใบกวนให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วปล่อยให้เย็น เพื่อให้อากาศแยกตัวออก จะได้น้ำเชื่อมสำเร็จรูป (Finished syrup) มีความหวานจัด ลักษณะขุ่น ซึ่งต้องไปผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่กำหนดไว้ น้ำเชื่อมสำเร็จรูปจะส่งเข้าเครื่องผสม กับน้ำในอัตราส่วนที่กำหนด และน้ำที่ไปผสมนี้ ต้องผ่านเครื่องแยกอากาศ (Deaerator) ก่อน เหตุที่ต้องแยกอากาศออกจากน้ำ เพื่อให้การอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดีขึ้น น้ำเชื่อมสำเร็จรูปที่ผสมกับน้ำแล้ว จะถูกส่งเข้าเครื่องทำให้เย็น (Carbo cooler) และอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งก๊าซที่ใช้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหลว ซึ่งผ่านเครื่องอุ่นให้ร้อนและผ่านเครื่องกรองแล้วจ่ายเข้าเครื่องทำให้เย็น จากนั้นน้ำหวานจะถูกส่งเข้าเครื่องบรรจุ

ขวดเปล่าที่กลับจากห้องตลาดถูกป้อนเข้าเครื่องป้อน (Uncaser) เพื่อแยกขวดออกจากถัง ขวดจะถูกลำเลียงไปบนสายพานเดินขวด ผ่านพนักงานชักหลอด และพนักงานตรวจขวดสกรปรก ซึ่งจะคัดขวดที่สกรปรก ขวดต่างชนิด และ ขวดปากบิ่นออก จากนั้นขวดจะถูกลำเลียงเข้าเครื่องล้างขวด ประกอบด้วยถังโซดาไฟ 5 ถัง โซดาไฟมีความเข้มข้น 1.50 - 3.00% อุณหภูมิประมาณ  $45 - 65^{\circ}C$  ระยะเวลาตั้งแต่ป้อนเข้าเครื่องจนกระทั่งขวดออกใช้เวลาประมาณ 20 - 25 นาที ซึ่งตามสภาวะดังกล่าวเชื้อโรคทุกชนิดจะตายหมด ขวดที่ออกจากถังโซดาไฟถึงสุดท้ายจะผ่านถังน้ำเปล่าและหัวฉีดเพื่อฉีดน้ำอ่อนล้างโซดาไฟออกจากขวด ขวดที่ล้างจะมีพนักงานควบคุมคุณภาพตรวจ โซดาไฟว่าหลงเหลืออยู่หรือไม่ เมื่อแน่ใจว่าไม่มีโซดาไฟหลงเหลืออยู่แล้ว ขวดเปล่าจะถูกลำเลียงโดยสายพานลำเลียงผ่านพนักงานตรวจขวด และคัดขวดที่ยังไม่สะอาดพอกับขวดปากบิ่นออก จากนั้นขวดจะผ่านเครื่องตรวจขวดอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้แน่ใจอีกขั้นหนึ่ง จากนั้นจะถูกลำเลียงเข้าเครื่องบรรจุทำการบรรจุต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเชิงการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.9 หัวฉีดสเปรย์ (Nozzle spray)

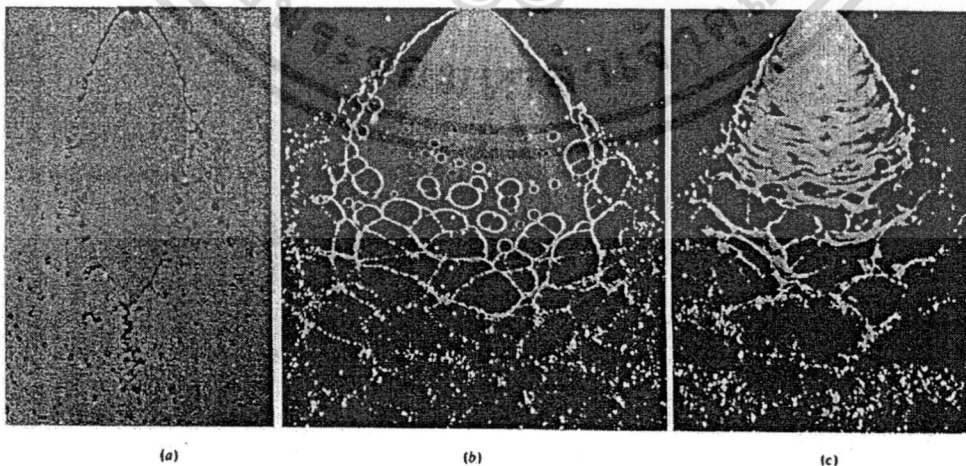
หัวฉีด คือ อุปกรณ์ที่ฉีดพ่นของเหลวให้เป็นฝอย ของเหลวจะแตกตัวเป็นละอองเล็กๆ และฟุ้งกระจายบริเวณใกล้ๆ การแตกตัวของของเหลวให้เป็นละอองต้องการพลังงาน ดังนั้นหัวฉีดจึงถูกแบ่งออกตามประเภทของพลังงานที่ก่อให้เกิดละออง ได้แก่ การใช้แรงดันของเหลว (Hydraulic) การใช้อากาศ (gaseous) การใช้แรงเหวี่ยง (centrifugal) การใช้พลังงานจลน์ (kinetic) และการใช้ความร้อน (thermal) ประเภทของหัวฉีดและลักษณะการใช้งานแสดงในตารางที่ 2.3

### 2.9.1 หัวฉีดประเภทใช้แรงดันของเหลว (Hydraulic nozzle)

หลักการของหัวฉีดประเภทนี้ คือ การบังคับให้ของเหลวที่มีความดันสูงไหลผ่านรูฉีด (Orifice) ซึ่งมีขนาดเล็ก พลังงานที่ของเหลวมีอยู่นั้นมีเพียงพอที่จะทำให้ของเหลวแตกกระจายในลักษณะเป็นแผ่นบางๆ ที่ไม่เสถียรและแยกตัวออกเป็นละอองที่มีขนาดแตกต่างกัน สภาพอากาศแวดล้อม คุณสมบัติของของเหลว ได้แก่ แรงตึงผิว ความหนาแน่น และความหนืด มีอิทธิพลต่อการเกิดแผ่นของของเหลวบางๆนี้ ความดันต่ำสุดสำหรับหัวฉีดประเภทใช้แรงดันของเหลวประมาณ 1 บาร์ (14 psi) แต่โดยปกติจะอยู่ช่วง 2 - 3 บาร์

ลักษณะการเกิดการแยกตัวของแผ่นของเหลวเป็นหยดละอองได้ 3 ลักษณะ คือ

1. การแยกตัวเป็นละอองที่ขอบ (Rim sheet disintegration) การแยกตัวลักษณะนี้ที่ผิวหน้าแรงตึงผิวจะก่อให้เกิดขอบของแผ่นของเหลวที่ทำให้เกิดละอองขนาดใหญ่ที่ความดันต่ำ แต่ที่ความดันสูงละอองจะถูกเหวี่ยงออกจากขอบของแผ่นของเหลว ดังแสดงในรูป 2.3 a
2. การแยกตัวเนื่องจากรูพรุนในแผ่นของเหลว (Perforated sheet disintegration) การแยกตัวเนื่องจากรูพรุนในแผ่นของเหลวเกิดจากรูที่ขอบของแผ่นของเหลว ซึ่งขยายกว้างขึ้นจนกระทั่งขอบนั้นไม่อาจคงตัวในลักษณะเสถียร ได้จึงกระจายออกเป็นละออง ดังแสดงในรูป 2.3 b
3. การแยกตัวในลักษณะเป็นคลื่น (Wavy sheet disintegration) การแยกตัวในลักษณะเป็นคลื่นเกิดขึ้นเนื่องจากแผ่นของเหลวที่ออกจากรูฉีดมีขนาดเป็นช่วงๆก่อนที่จะถึงขอบ ดังแสดงในรูป 2.3 c



รูปที่ 2.3 การแยกตัวของหยดละอองจากแผ่นของเหลวที่ออกจากรูฉีดในลักษณะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.3 หัวฉีดประเภทต่างๆและการใช้งาน

พลังงาน	ประเภทหัวฉีด	การใช้งาน
ใช้แรงดันของเหลว (Hydraulic)	แรงปะทะ (Impact)  รูปพัด (Fan)  รูปพัดแบบสม่ำเสมอ (Even – spray – fan) กรวย (cone) พุ่งประจุ (Solid stream)	ใช้แรงดันต่ำ รูฉีดขนาดใหญ่ เหมาะสำหรับพ่นสารกำจัด วัชพืช ใช้พ่นละอองไปยังพื้นผิวราบ เช่นผิวดินหรือผนัง ใช้พ่นละอองเป็นแถบ  ใช้พ่นละอองปกคลุมใบพืช ใช้พ่นละอองไปยังเป้าหมายเฉพาะที่
ใช้อากาศ (Gaseous)	ลมเป่า (Air blast) ลมหมุนวน (Vertical)	ใช้พ่นละอองปกคลุม ใบพืช โดยเฉพาะไม้ยืนต้นหรือไม้พุ่ม ใช้พ่นละอองในบริเวณที่มีขีด เช่น พ่นสารเคมีกำจัดยุง
ใช้แรงเหวี่ยง (Centrifugal)	จานหรือตะแกรงหมุน (Spinning disc or cage)	ใช้ปริมาณของเหลวจำนวนน้อย และควบคุมขนาดของ ละอองด้วยความเร็วของจานหมุน อากาศเป็นตัวพาละออง ให้ฟุ้งกระจายไปยังเป้าหมาย

### 2.9.2 ประเภทของหัวฉีดใช้แรงดันของเหลว หัวฉีดใช้แรงดันของเหลวแบ่งได้ 4 ชนิด ดังนี้

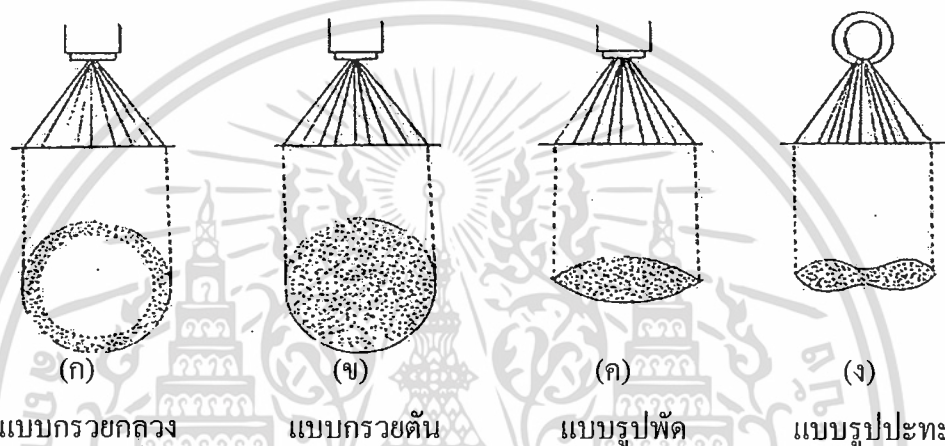
1. หัวฉีดแบบกรวย (Cone type nozzle) ของเหลวจะถูกแรงดันส่งไปยังแกนหรือแผ่นที่ทำให้เกิดการหมุนวน (core or swirl plate) ซึ่งอยู่ภายในหัวฉีด แกนหรือแผ่นถูกทำให้เป็นรูหรือร่องเขาเอียงร่องเดียวหรือหลายร่อง แกนหรือแผ่นนี้จะไม่หมุน แต่ของเหลวที่ไหลผ่านจะเกิดการหมุนวนขึ้นก่อนที่จะออกจากรูฉีดเนื่องจากการหมุนวนของของเหลว จึงทำให้ไม่มีของเหลวถูกฉีดพ่นออกจากบริเวณส่วนกลางของหัวฉีดเลย หัวฉีดแบบนี้เรียกว่า หัวฉีดแบบกรวยกลวง (Hollow cone type) (รูป 2.4 ก) แต่ถ้าเจาะรูตรงกลางแกนหรือแผ่นหมุนวน ของเหลวจะถูกพ่นออกมาตรงที่ว่างในกรวยกลวงเต็มไปหมดเรียกว่า แบบกรวยตัน (Solid cone type) (รูป 2.4 ข) หัวฉีดชนิดกรวยกลวงหรือกรวยตัน ถือว่าเป็นแบบที่ดีที่สุดในการพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเพราะละอองที่เกิดจากหัวฉีดสามารถเข้าไปยังต้นพืชได้หลายทิศทาง

2. หัวฉีดแบบพัด (Fan type nozzle) หัวฉีดแบบนี้จะถูกลูกออกแบบให้ของเหลวภายในหัวฉีดเกิดการปะทะทำให้เกิดแผ่นบางๆ ของของเหลวลักษณะคล้ายรูปพัดออกจากรูฉีด การออกแบบรูฉีดมีความสำคัญมากเพราะมีผลต่อปริมาณของของเหลวที่ผ่านรูฉีดและรูปร่างของแผ่นของเหลวที่เกิดขึ้น รวมทั้งมุมของละอองที่เกิดขึ้นขณะที่กระจายออกจากรูฉีด ปกติมักออกแบบรูฉีดเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานหรือรูปวงรี หัวฉีดแบบพัดแสดงในรูปที่ 2.4 ค สำหรับหัวฉีดแบบพัดที่มีการกระจายของละอองเป็นแถบกว้างอย่างสม่ำเสมอและกระจายเป็นรูปพัด (Even spray fan type) นั้นเหมาะสำหรับการพ่นสารเคมีเป็นแถบ ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวฉีดแบบรูปพัด (Fan type) เหมาะสำหรับใช้กับพื้นผิวราบซึ่งอาจใช้ในการกำจัดวัชพืชหรือพ่นผนังเพื่อ กำจัดแมลง

3. หัวฉีดแบบแรงปะทะ (Impact type nozzle) ของเหลวจะถูกแรงดันไหลผ่านรูฉีดออกไปด้วยความเร็วสูงกระทบกับผิวเรียบโค้งเกิดการหักเหและกระจายออกเป็นแผ่นของเหลวรูปร่างคล้ายพัด หัวฉีดแบบนี้จะใช้กับเครื่องพ่นสารเคมีที่ใช้แรงดันไม่สูงนัก เพราะเหตุนี้จึงมีรูฉีดใหญ่และใช้แรงปะทะเพื่อให้ของเหลวแตกตัวเกิดเป็นละออง ละอองที่ได้หยาบและใหญ่มาก หัวฉีดแบบนี้เหมาะกับการพ่นสารเคมีกำจัดวัชพืช ผู้ผลิตหัวฉีดมักนิยมกำหนดขนาดของรูฉีดโดยสัญลักษณ์ต่างๆ เช่น สีเหลือง สีน้ำเงิน สีแดง เป็นต้น หัวฉีดแบบแรงปะทะแสดงในรูปที่ 2.4 ง



รูปที่ 2.4 หัวฉีดประเภทใช้แรงดันของเหลวต่างๆ

4. หัวฉีดแบบพุ่งเป็นจุด (Plain jet or solid stream nozzle)

หัวฉีดนี้มีลักษณะคล้ายๆ หัวฉีดแบบกรวย ต่างกันที่หัวฉีดแบบนี้ไม่มีห้องสำหรับทำให้ของเหลวหมุนวน (Swirl chamber) ดังนั้นของเหลวที่พุ่งออกจากรูฉีดจึงมีมุมแคบและเหมาะสำหรับใช้กำจัดวัชพืชเฉพาะที่เพื่อป้องกันไม่ให้สารเคมีปลิวไปสู่ต้นพืช

2.9.3 ส่วนประกอบของหัวฉีดแบบใช้แรงดันของเหลว

หัวฉีดแบบใช้แรงดันของเหลวมีส่วนประกอบที่สำคัญ 4 ส่วน ดังนี้

1. โครงหัวฉีด (Body) ตัวโครงหัวฉีดจะเป็นส่วนที่ต่อหัวฉีดให้ติดอยู่กับท่อนำของเหลว โครงหัวฉีดมีหลายแบบ ส่วนใหญ่จะใช้เกลียวซึ่งอาจเป็นแบบเกลียวนอกหรือเกลียวในหรืออาจเป็นที่ยึดเสียบก็ได้
2. หัวฉีด (Tip) ส่วนนี้จะมีรูฉีด (orifice) อยู่ที่ส่วนปลายสำหรับพ่นของเหลวให้เกิดเป็นละออง
3. กรอง (Filter) หัวฉีดที่มีรูฉีดขนาดเล็กมากอาจมีกรองซึ่งทำจากลวดสาน ขนาด 50 - 200 mesh อยู่ในหัวฉีด ซึ่งจะช่วยให้ของเหลวที่จะผ่านรูฉีดไม่มีสารแขวนลอยอนุภาคใหญ่ปนอยู่ ป้องกันปัญหาอุดตันที่รูฉีด

4. ฝาครอบ (Cap) เป็นตัวยึดให้ส่วนหัวฉีด (Tip) และกรอง (Filter) ติดอยู่กับ โครงหัวฉีดซึ่งจะมีเกลียวขันให้แน่น เพื่อป้องกันไม่ให้มีการรั่วซึมได้ บางแบบอาจจะมีปะเก็น (Seal) กันรั่วด้วย [3]

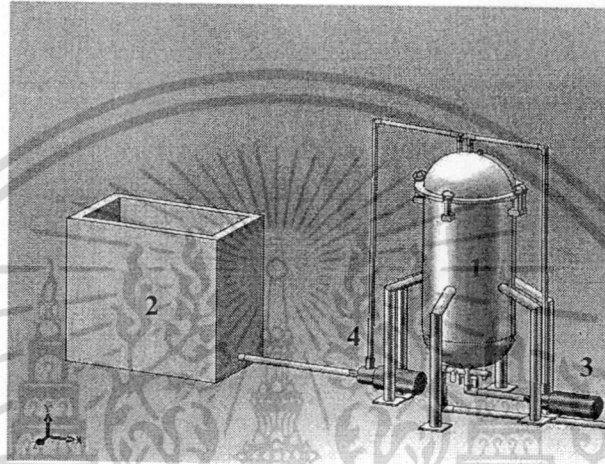
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### การออกแบบและการทดลอง

#### 3.1 การคำนวณและการออกแบบถังอัดรับแรงดัน

เครื่องผลิตน้ำโซดาที่ทำการออกแบบในโครงการนี้ ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังรูปที่ 3.1 คือ



1. ชุดถังอัดรับแรงดัน
2. ชุดทำความเย็น (Chillier)
3. ปุ่มหมุนเวียนน้ำ
4. ปุ่มน้ำหล่อเย็น

รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของเครื่องอัดก๊าซเครื่องดื่มแบบต่อเนื่อง

โครงการนี้ออกแบบโดยเน้นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างน้ำกับก๊าซ โดยใช้หลักการกระจายน้ำออกมาเป็นละอองฝอยโดยให้น้ำไหลผ่านหัวฉีด เนื่องจากวิธีนี้ไม่ซับซ้อน ผลิตได้ง่าย ต้นทุนต่ำ สามารถประยุกต์ใช้ได้หลากหลาย และหัวฉีดสามารถปรับอัตราการไหลได้ง่าย และในโครงการนี้ ได้ทำการพัฒนาเครื่องผลิตน้ำโซดาให้เป็นแบบต่อเนื่อง โดยใช้ปุ่มอีกตัวหนึ่งสูบน้ำใหม่เข้ามาผ่านชุดหัวฉีดเดิม ซึ่งจะทำให้สามารถผลิตน้ำโซดาได้อย่างต่อเนื่อง

#### 3.2 การออกแบบ Spray nozzle

การเลือกใช้สเปรย์นอซเซิล (Spray nozzle) ที่เหมาะสม จะทำให้ประสิทธิภาพในการละลายสูงขึ้น โดยจะต้องพิจารณาถึงชนิดของสเปรย์นอซเซิล ขนาดเฉลี่ยของหยดน้ำ (Spray drop size) และมุมของการสเปรย์ (Spray angle) ซึ่งมุมของการสเปรย์จะแสดงถึงรัศมีการกระจายตัวของหยดน้ำที่ครอบคลุมพื้นที่ภายในถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 หัวฉีด

ในการออกแบบสเปรย์นอซเซิลที่ใช้ในการทดลองนี้ ได้เลือกใช้ชนิดหัวฉีดแบบกรวย (Cone type nozzle) เนื่องจากสเปรย์นอซเซิลแบบนี้จะมีละอองที่กระจายตัวออกมาได้หลายทิศทาง สามารถใช้กับอัตราการไหลและความดันที่สภาวะทดลองได้ [5]

สมการที่ใช้ในการคำนวณหาขนาดเฉลี่ยของหยดน้ำที่ได้จากสเปรย์นอซเซิล คือ

$$d_m = 0.0134 \frac{FN^{0.209} (\mu / \rho)^{0.215}}{(-\Delta P)^{0.348}}$$

โดยที่

$$FN = 2.08 \times 10^6 \frac{\text{Volume flow (m}^3/\text{s)}}{\sqrt{\text{Pressure (kN/m}^2)}}$$

เมื่อ	ความหนืด $\mu$	= $1.12 \times 10^{-3} \text{ Ns/m}^2$
	ความหนาแน่น $\rho$	= $999 \text{ kg/m}^3$
	ความดันลด $\Delta P$	= $50 \text{ kN/m}^2$
	Volume flow	= $4.167 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$
	Pressure	= $250 \text{ kN/m}^2$

แทนค่า หาขนาดเฉลี่ยของหยดน้ำแต่ละหัวฉีด

$$FN = 2.08 \times 10^6 \frac{4.167 \times 10^{-6}}{\sqrt{250}}$$

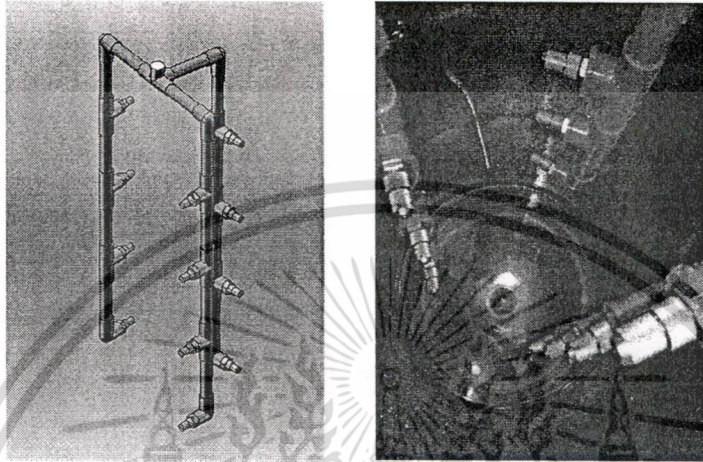
$$d_m = 0.0134 \frac{0.548^{0.209} (1.12 \times 10^{-3} / 999)^{0.215}}{(50)^{0.348}} = 160 \mu\text{m}$$

ดังนั้นขนาดเฉลี่ยของหยดน้ำหัวฉีดเท่ากับ 160 ไมครอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ภายในมหาวิทยาลัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

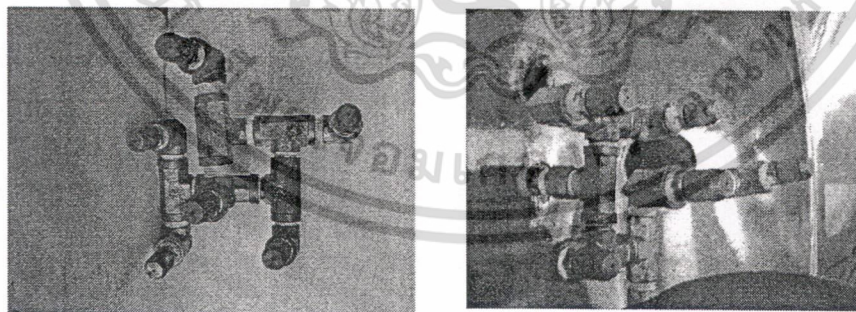
### 3.3 การออกแบบชุดระบบหัวฉีด

ระบบชุดหัวฉีดที่ทำการออกแบบจะเป็นระบบท่อหัวฉีดแบบ 3 แฉก โดยแต่ละแฉกจะมีหัวฉีดทองเหลืองอยู่ 4 หัว เป็นจำนวนทั้งสิ้น 12 หัว ซึ่งแต่ละหัวฉีดจะมีอัตราการไหลเท่ากับ 0.25 ลิตร/นาที จึงได้ออกแบบชุดหัวฉีดโดยใช้ท่อ PVC ต่อกันดังรูปที่ 3.3



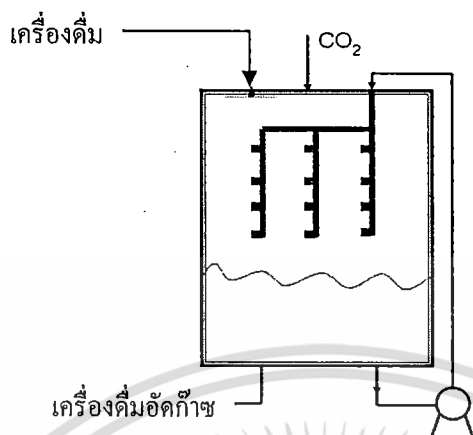
รูปที่ 3.3 ชุดระบบหัวฉีดหมุนวนน้ำ 12 หัวฉีด

ส่วนชุดระบบหัวฉีดแบบเติมน้ำ ก็จะใช้หัวฉีดทองเหลืองจำนวน 4 หัวฉีด ติดตั้งอยู่ทางด้านบนฝาของถังอัดก๊าซ โดยให้หัวฉีดเติมน้ำฉีดพ่นลงมาจากด้านบนของถัง ซึ่งแต่ละหัวฉีดจะมีอัตราการไหลเท่ากับ 0.29 ลิตร/นาที



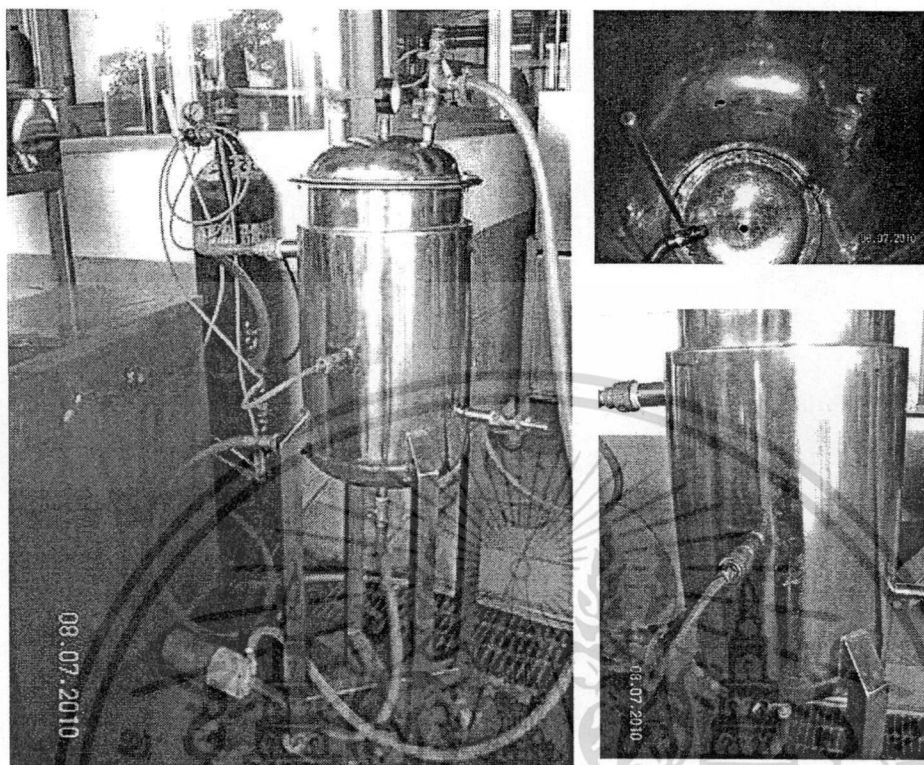
รูปที่ 3.4 ชุดระบบหัวฉีดเติม

### 3.4 หลักการทำงานและส่วนประกอบ



รูปที่ 3.5 หลักการทำงานของเครื่องอัดก๊าซแบบต่อเนื่อง

หลักการทำงานของเครื่องผลิตน้ำโซดาที่ได้ออกแบบในโครงการนี้ คือ บรรจุน้ำสะอาดเริ่มต้น 12 ลิตร อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส โดยเบื้องต้นสมมติให้อัตราส่วนน้ำ 1 ลิตรต่อหัวฉีดหมุนวนน้ำ 1 หัว เพื่อทำการทดสอบสมมติฐาน ดังนั้นจึงออกแบบให้มี 12 หัวฉีด จากนั้นอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้ามาภายในถังโดยให้มีความดัน 2 บาร์ ระบบจะทำการวนน้ำจนกว่าจะได้ค่าปริมาณการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำตามต้องการ จากนั้นจึงนำน้ำโซดาที่ได้เก็บใส่ถังพัก ขณะเดียวกัน ก็จะเติมน้ำใหม่เข้ามาโดยจะต้องใช้ปั๊มอีกตัวหนึ่งสูบน้ำที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสเช่นเดียวกัน ผ่านชุดหัวฉีดเดิมที่อยู่ทางด้านบนฝาถัง ชุดหัวฉีดเดิมจะฉีดน้ำให้เป็นละอองฝอย เพื่อให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถละลายได้ทันทีผสมกับน้ำที่ผ่านชุดระบบหัวฉีดหมุนวนน้ำ โดยที่อัตราการไหลของน้ำที่ออกไปสู่ถังพักจะต้องเท่ากับอัตราการไหลของน้ำที่เติมเข้ามาใหม่



รูปที่ 3.6 เครื่องอัดก๊าซเครื่องต้มต้มน้ำแบบที่ได้ศึกษาวิจัย

### 3.5 การวางแผนการทดลอง

ในโครงการนี้จะแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วนคือ

ส่วนแรก จะทำการทดลองลดจำนวนหัวฉีดหมวนวนน้ำจาก 12 หัวฉีดเป็น 10 หัวฉีด 8 หัวฉีด 6 หัวฉีด เพื่อหาจำนวนหัวฉีดที่เหมาะสมกับความสามารถในการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ

ส่วนที่สอง ทำการทดลองเปลี่ยนระดับน้ำจาก 12 ลิตรเป็น 23 ลิตร และ 34 ลิตร เพื่อหาอัตราส่วนความสูงของน้ำต่อก๊าซที่เหมาะสมต่อการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ

ส่วนที่สาม จะทำการทดลองชุดระบบหัวฉีดเดิม เพื่อทำให้เป็นระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง โดยจะทดลองเพิ่มหัวฉีด 1 หัวฉีด 2 หัวฉีด 3 หัวฉีด และ 4 หัวฉีด เพื่อหาจำนวนหัวฉีดที่ทำให้กำลังการผลิตสูงสุด โดยที่การละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าคงที่

### 3.6 วิธีการทดลอง

การทดลองหาจำนวนหัวฉีดหมวนวนน้ำที่มีผลต่อการละลายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เตรียมน้ำสะอาดจำนวน 12 ลิตร อุณหภูมิ  $10^{\circ}\text{C}$  ใส่ลงในถังอัดก๊าซ
2. ปิดฝาถัง เปิดก๊าซ  $\text{CO}_2$  และเปิดวาล์วบนฝาถังทิ้งไว้ประมาณ 10 วินาที เพื่อให้ไล่อากาศที่อยู่ภายในถังออก จากนั้นปิดวาล์ว ปล่อยให้ความดันภายในถังมีค่า 2 บาร์
3. เปิดปั๊มหมุนวนน้ำภายในถัง ผ่านชุดระบบหัวฉีด 12 หัว
4. จับเวลา 2 นาที จากนั้นหยุดการทำงานของปั๊มน้ำ บรรจุน้ำโซดาใส่ขวดจำนวน 6 ขวด ทำการวัดความดันและอุณหภูมิภายในขวดเพื่อหาปริมาณการละลายของก๊าซ  $\text{CO}_2$  ในน้ำ (Volume) บันทึกผล
5. ทำการทดลองซ้ำ ข้อ 1 - 4 โดยจับเวลาเป็น 4 6 8 10 12 14 16 18 20 นาที นำผลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงผล
6. เมื่อทดลองจนครบ 20 นาทีแล้ว เปลี่ยนการทดลองจากหัวฉีดวน 12 หัว เป็น 10 8 และ 6 หัว เพื่อนำมาเปรียบเทียบกันว่าจำนวนหัวฉีดมีผลต่อการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำหรือไม่

#### การทดลองหาอัตราส่วนความสูงของน้ำต่อความสูงของก๊าซในถังกับการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ

1. เตรียมน้ำสะอาดจำนวน 12 ลิตร อุณหภูมิ  $10^{\circ}\text{C}$  ใส่ลงในถังอัดก๊าซ
2. ปิดฝาถัง เปิดก๊าซ  $\text{CO}_2$  และเปิดวาล์วบนฝาถังทิ้งไว้ประมาณ 10 วินาที เพื่อให้ไล่อากาศที่อยู่ภายในถังออก จากนั้นจึงปิดวาล์ว ปล่อยให้ความดันภายในถังมีค่า 2 บาร์
3. เปิดปั๊มหมุนวนน้ำภายในถัง ผ่านชุดระบบหัวฉีด 6 หัว
4. จับเวลา 2 นาที จากนั้นหยุดการทำงานของปั๊มน้ำ บรรจุน้ำโซดาใส่ขวดจำนวน 6 ขวด ทำการวัดความดันและอุณหภูมิภายในขวดเพื่อหาปริมาณการละลายของก๊าซ  $\text{CO}_2$  ในน้ำ (Volume) บันทึกผล
5. ทำการทดลองซ้ำ ข้อ 1 - 4 โดยจับเวลาเป็น 4 6 8 10 12 14 16 18 20 นาที นำผลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงผล
6. เมื่อทดลองจนครบ 20 นาทีแล้ว เปลี่ยนการทดลองจากระดับน้ำ 12 ลิตร เป็น 23 ลิตรและ 34 ลิตร ตามลำดับ เพื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนความสูงของน้ำต่อก๊าซในถังกับการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ นำผลที่ได้เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำกับเวลา และเขียนกราฟอัตราส่วนความสูงของน้ำต่อความสูงของก๊าซกับเวลาในการเข้าสู่สมดุล

#### การทดลองระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง

1. เตรียมน้ำสะอาดจำนวน 12 ลิตร อุณหภูมิ  $10^{\circ}\text{C}$  ใส่ลงในถังอัดก๊าซ
2. ปิดฝาถัง เปิดก๊าซ  $\text{CO}_2$  และเปิดวาล์วบนฝาถังทิ้งไว้ประมาณ 10 วินาที เพื่อให้ไล่อากาศที่อยู่ภายในถังออก จากนั้นจึงปิดวาล์ว ปล่อยให้ความดันภายในถังมีค่า 2 บาร์
3. เปิดปั๊มหมุนวนน้ำภายในถัง ผ่านชุดระบบหัวฉีด 12 หัว เป็นเวลา 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จากนั้นจึงเปิดปั้มน้ำอีกตัวหนึ่ง เพื่อเติมน้ำใหม่ที่ได้เตรียมไว้แล้ว ที่อุณหภูมิ  $10^{\circ}\text{C}$  ผ่านหัวฉีดเติม 1 หัวฉีด

5. เมื่อเวลาผ่านไปจนมีปริมาตรเพิ่มขึ้น 250 มิลลิลิตรหรือ 1 ขวด จะทำการบรรจุน้ำโซดาออก 1 ขวด ตัวอย่างเช่น ถ้าหัวฉีดเติม 1 หัว ใช้เวลา 52 วินาทีต่อปริมาตร 1 ขวด ทำการบรรจุขวดทุกๆ 52 วินาทีเป็นเวลาประมาณ 20 นาที เพื่อให้อัตราการไหลของน้ำที่เติมเข้าเท่ากับอัตราการไหลของน้ำที่ออกไปบรรจุ ทำการวัดความดันและอุณหภูมิภายในขวดเพื่อหาปริมาณการละลายของก๊าซ  $\text{CO}_2$  ในน้ำ (Volume)

6. ทำการทดลองซ้ำ ข้อ 1 - 5 แต่เพิ่มหัวฉีดจาก 1 หัวฉีดเป็น 2 3 และ 4 หัว เนื่องจากเครื่องบรรจุสามารถบรรจุได้ 18 วินาที โดยที่ตั้งแต่หัวฉีด 3 หัว และ 4 หัว นั้น จะต้องเปิดน้ำทิ้งเพื่อให้อัตราการไหลของน้ำที่เติมเข้าเท่ากับอัตราการไหลของน้ำออก เพื่อรักษาระดับน้ำในถังให้คงที่ นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกัน โดยเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำกับเวลา



## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

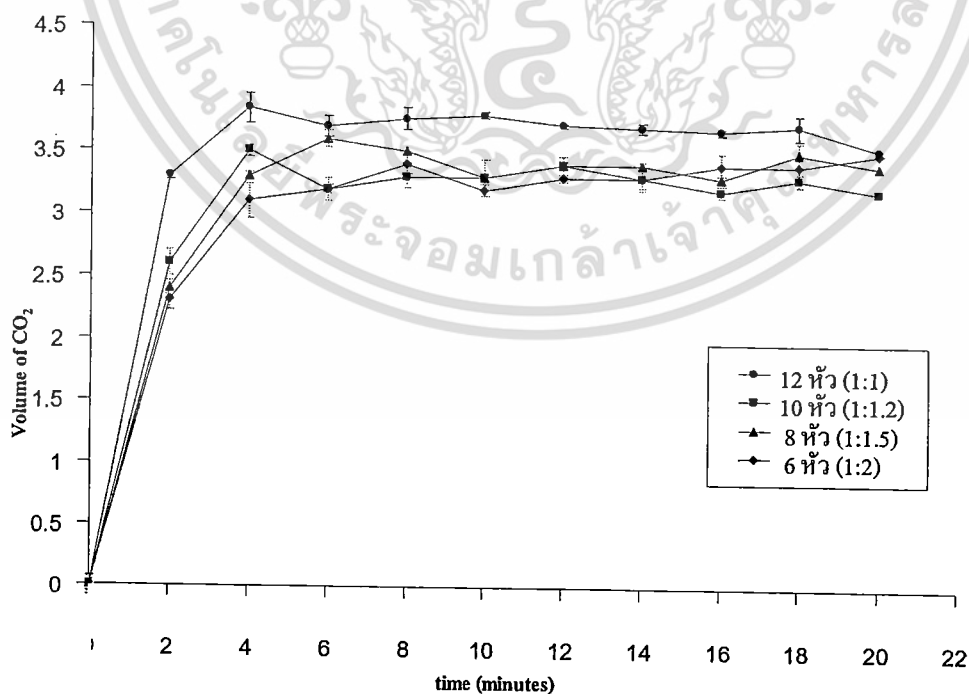
#### 4.1 ผลการทดลองระบบไม่ต่อเนื่อง

##### 4.1.1 ผลของจำนวนหัวฉีดหมวนวนน้ำที่มีผลต่อการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ

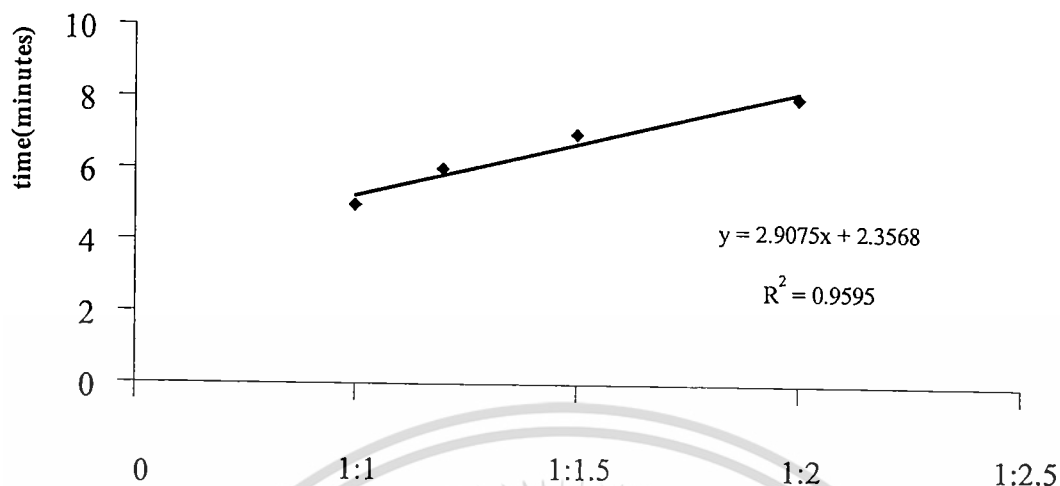
จากการทดลอง พบว่าการละลายของก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ในน้ำโซดา (Volume) นั้นจะละลายได้อย่างรวดเร็วในช่วง 5 นาทีแรก จากนั้นการละลายของก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ในน้ำโซดาจะเริ่มมีค่าคงที่ จนถึงสิ้นสุดการทดลอง

เมื่อพิจารณาถึงจำนวนหัวฉีดหมวนวนน้ำภายในถัง พบว่า จำนวนหัวฉีดที่มากขึ้น จะทำให้การละลายของก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ในน้ำโซดา มีค่ามากที่เวลาเดียวกัน จากรูปที่ 4.1 ถ้าพิจารณาในช่วงเวลา 0 ถึง 5 นาทีแรก จะเห็นได้ว่า ปริมาณการละลายของก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ในน้ำโซดาที่หัวฉีด 12 หัวมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ 10 หัวฉีด 8 หัวฉีด 6 หัวฉีด ตามลำดับ จากนั้นปริมาณการละลายของก๊าซคาร์บอน-ไดออกไซด์ในน้ำโซดาจะเริ่มเข้าสู่ภาวะสมดุล

ถ้าพิจารณาถึงอัตราการไหลของหัวฉีด จะเห็นได้ว่า ที่ 12 หัวฉีดจะมีอัตราการไหลของน้ำที่ 3 ลิตร ต่อ นาที ที่ 10 หัวฉีดมีอัตราการไหล 2.5 ลิตรต่อ นาที ที่ 8 หัวฉีดมี 2 ลิตรต่อ นาที และที่ 6 หัวฉีดมี 1.5 ลิตรต่อ นาที ซึ่งที่ 12 หัวฉีดนั้น มีอัตราการไหลของน้ำมาก จึงมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับก๊าซมาก การละลายของก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ในน้ำโซดาจึงเกิดขึ้น ได้รวดเร็วกว่าจำนวนหัวฉีดอื่น



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนหัวฉีดหมวนวนน้ำกับการละลายของ CO<sub>2</sub> ในน้ำ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต ไม่ว่าจะโดยทางใดก็ตาม อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



#### อัตราส่วนหัวฉีดต่อปริมาณน้ำในถัง

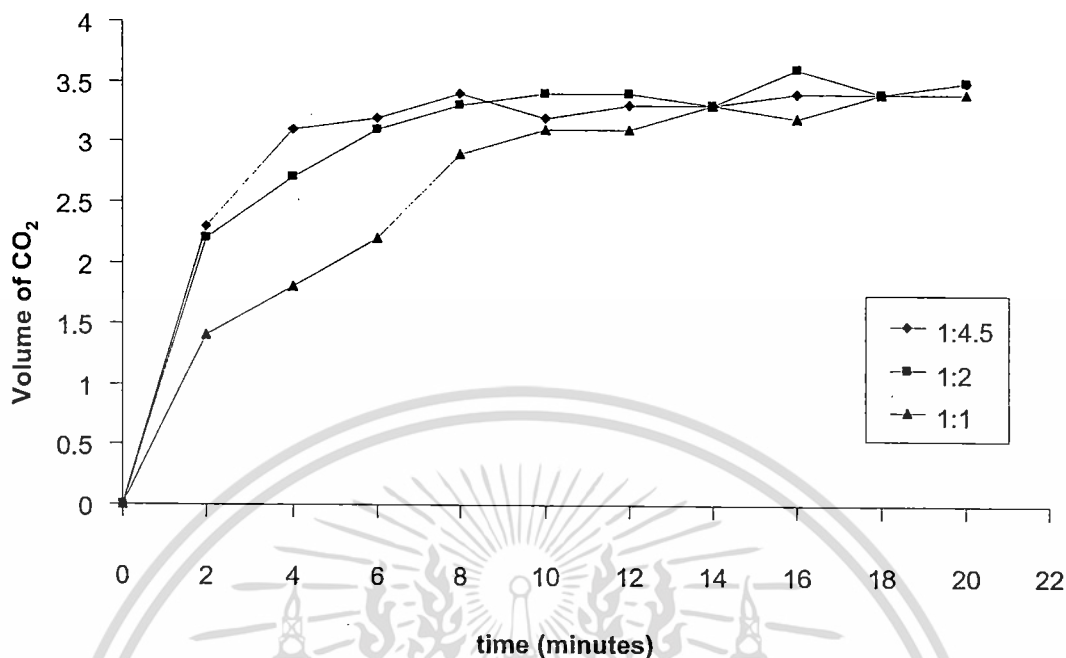
รูปที่ 4.2 กราฟอัตราส่วนของหัวฉีดต่อปริมาณน้ำ (ลิตร) กับเวลาที่ทำให้ปริมาณ CO<sub>2</sub>

จากรูปที่ 4.2 แสดงเป็นอัตราส่วนของจำนวนหัวฉีดต่อปริมาณน้ำ (ลิตร) ภายในถัง จะเห็นได้ว่า ที่อัตราส่วน 1:1 จะใช้เวลาในการละลายเร็วสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนอื่นๆ

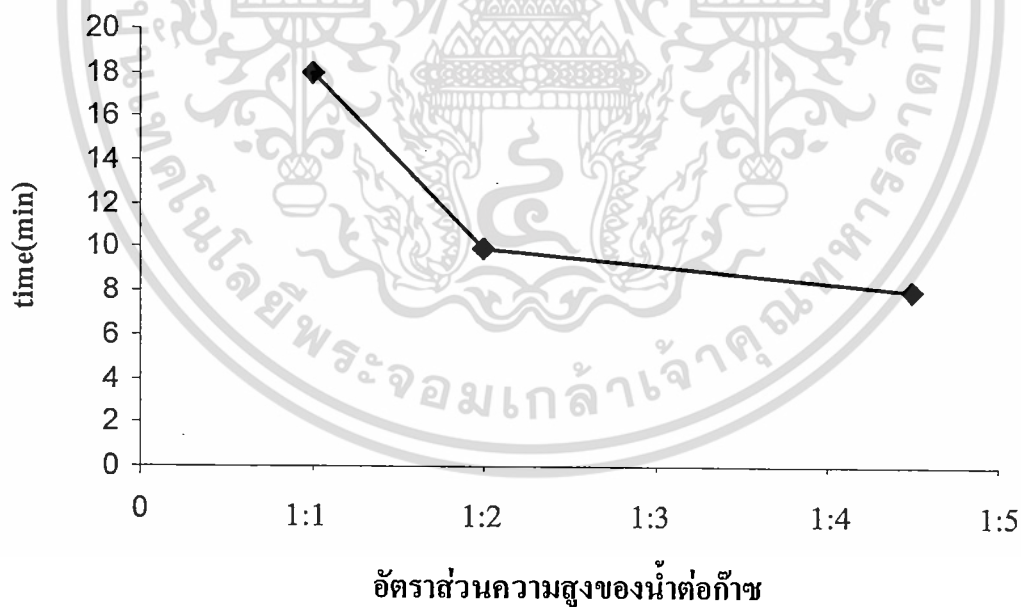
#### 4.1.2 ผลของอัตราส่วนความสูงของน้ำต่อความสูงก๊าซ ที่มีผลต่อการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ

จากการทดลองโดยการใช้หัวฉีดหมุนวนน้ำ 6 หัว โดยให้น้ำเริ่มต้นมีปริมาตรต่างกัน 3 ระดับ จากรูปที่ 4.3 ที่อัตราส่วนความสูงของน้ำต่อความสูงของก๊าซภายในถัง จะเห็นได้ว่าเมื่อระดับน้ำเพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ช้าลง และเมื่อเวลาผ่านไปปริมาณการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นจนมีค่าคงที่ค่าหนึ่งเท่ากัน จะสังเกตได้ว่าถ้าอัตราส่วนความสูงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในถังมีมาก การละลายของก๊าซก็จะเร็ว

จากรูปที่ 4.3 สามารถเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความสูงของน้ำต่อความสูงของก๊าซกับเวลาที่ใช้ในการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เริ่มเข้าสู่สมดุล พบว่า ที่อัตราส่วนความสูงของน้ำต่อความสูงของก๊าซ 1:2 และ 1:4.5 ใช้เวลาเข้าสู่สมดุลไม่แตกต่างกันมาก ดังนั้นการออกแบบจึงแนะนำให้ใช้อัตราส่วนความสูงของน้ำต่อความสูงของก๊าซเป็น 1:2 ขึ้นไป



รูปที่ 4.3 กราฟอัตราส่วนความสูงของน้ำต่อความสูงของก๊าซกับ Volume

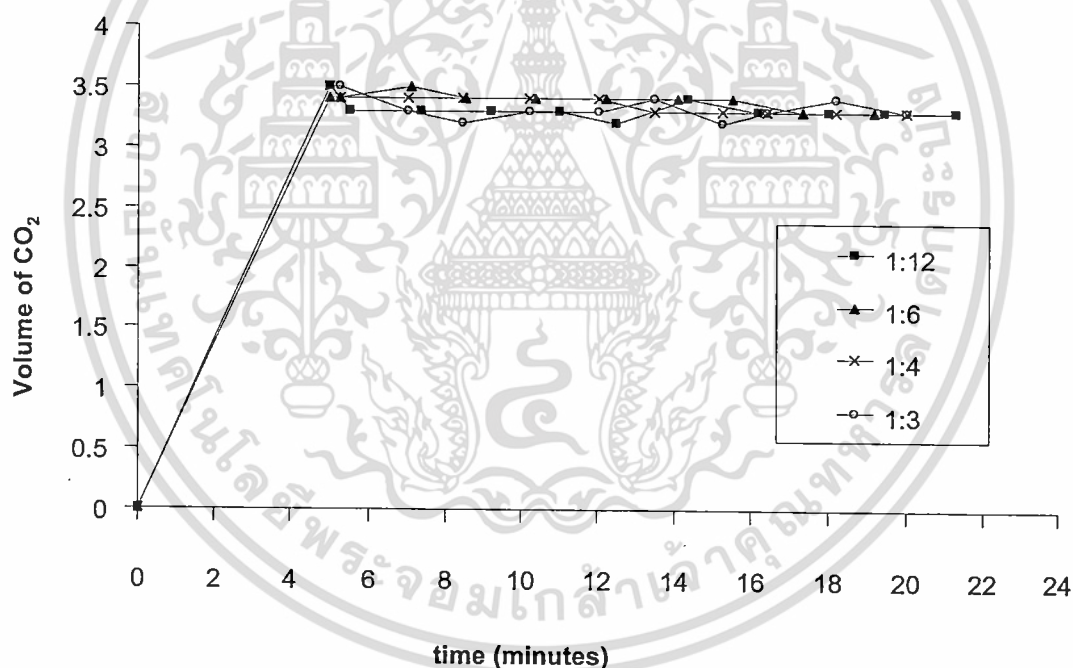


รูปที่ 4.4 กราฟอัตราส่วนความสูงของน้ำต่อความสูงของก๊าซกับเวลาที่ทำให้ปริมาณ CO<sub>2</sub> ในน้ำคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ผลของการทดลองระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง

ในการออกแบบระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง พบว่า สามารถนำมาใช้งานได้จริง โดยให้อัตราการไหลของน้ำเติมเท่ากับอัตราการไหลออกของน้ำโซดา จากการทดลองเพิ่มจำนวนหัวฉีดน้ำเติม เพื่อหาอัตราส่วนจำนวนหัวฉีดเติมต่อจำนวนหัวฉีดน้ำหมวนที่ทำให้การละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำลดลง จากรูปที่ 4.5 พบว่า ที่อัตราส่วนจำนวนหัวฉีดเติมต่อจำนวนหัวฉีดหมวนน้ำแตกต่างกัน การละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำมีค่าใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 3.3 Volume ที่อัตราส่วนต่างๆ นี้ยังไม่ทำให้การละลายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำลดลงได้ แสดงว่า อัตราส่วน 1:3 1:4 1:6 และ 1:12 สามารถนำไปใช้ในการผลิตได้ แต่ที่อัตราส่วน 1:3 เป็นอัตราส่วนที่มีอัตราการไหลของน้ำเติมมากที่สุด มีกำลังการผลิตมากที่สุด จึงแนะนำให้ใช้อัตราส่วนจำนวนหัวฉีดเติมต่อหัวฉีดหมวนน้ำเป็น 1:3



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนจำนวนหัวฉีดเติมต่อจำนวนหัวฉีดหมวนน้ำกับ Volume

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

การออกแบบเครื่องผลิตน้ำโซดาให้มีราคาต่ำลงโดยการใช้ระบบหัวฉีดเพื่อช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ และทำการทดลองศึกษาผลของจำนวนหัวฉีดหมุนวนน้ำที่มีผลต่อการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำเริ่มต้นโดยการลดจำนวนหัวฉีดหมุนวนน้ำ และผลของอัตราส่วนความสูงของน้ำต่อความสูงของก๊าซภายในถัง โดยการเปลี่ยนระดับน้ำแตกต่างกัน 3 ระดับ ซึ่งจะทำให้การทดลองที่ความดัน 2 บาร์และอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ผลที่ได้สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวดเร็วในช่วงแรกแล้วจะช้าลงจนเข้าสู่สมดุลที่ค่าคงที่ค่าหนึ่งในสภาวะความดันและอุณหภูมิเดียวกัน
2. จำนวนหัวฉีดและปริมาณน้ำเริ่มต้นมีผลต่อความเร็วในการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อเพิ่มจำนวนหัวฉีดหมุนวนน้ำ การละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเร็วขึ้น การทดลองนี้ที่อัตราส่วน 1:1 หรือปริมาณน้ำ 12 ลิตร ต่อหัวฉีดน้ำหมุนวน 12 หัวฉีด จะใช้เวลาเร็วที่สุด
3. อัตราส่วนความสูงของน้ำต่อความสูงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในถังอัดก๊าซควรมีค่าเป็น 1:2 หรือ ความสูงของก๊าซเป็นสองเท่าของความสูงของน้ำ

จากการพัฒนาเครื่องผลิตน้ำโซดานี้ให้เป็นระบบต่อเนื่อง โดยเพิ่มชุดหัวฉีดน้ำเติมและรักษาระดับของน้ำให้คงที่โดยให้อัตราการไหลของน้ำที่เติมเข้ามาใหม่เท่ากับอัตราการไหลออกของน้ำโซดาเพื่อให้ระดับความสูงของน้ำภายในถังคงที่และให้ปริมาณการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ (Volume) คงที่ด้วย จึงได้ทดลองศึกษาจำนวนหัวฉีดเติมที่เหมาะสมกับจำนวนหัวฉีดหมุนวนน้ำ 12 หัวฉีด โดยการเพิ่มจำนวนหัวฉีดเติม ตั้งแต่ 1 ถึง 4 หัวฉีด ผลที่ได้สามารถสรุปได้ว่า ที่จำนวนหัวฉีดเติม 4 หัวฉีด ปริมาณการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำมีค่าใกล้เคียงกันกับหัวฉีดอื่นและมีกำลังการผลิตสูงสุด ดังนั้น หัวฉีดเติม 4 หัวกับหัวฉีดหมุนวนน้ำ 12 หัว หรือเทียบเป็นอัตราส่วนจำนวนหัวฉีดเติมต่อจำนวนหัวฉีดหมุนวนน้ำคือ 1:3 เป็นอัตราส่วนจำนวนหัวฉีดน้ำเติมต่อจำนวนหัวฉีดหมุนวนน้ำที่ให้กำลังการผลิตสูงสุด

## 5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

1. การผลิตน้ำโซดานั้นจะต้องใช้ปั๊มหมุนเวียนน้ำและเติมน้ำเข้ามาภายในถัง ทำให้อุณหภูมิน้ำสูงขึ้นบ้างเล็กน้อยซึ่งอาจมีผลต่อการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อาจใช้น้ำหล่อเย็นช่วยควบคุมอุณหภูมิภายในถัง
2. ควรทำการศึกษาต่อในเรื่องอัตราส่วนจำนวนหัวฉีดเติมต่อจำนวนหัวฉีดหมุนวน เพื่อหาจำนวนหัวฉีดที่มากที่สุดที่ทำให้ปริมาณ Volume ลดลง
3. แนะนำให้ใช้หัวฉีดที่เป็นละอองขนาดเล็ก เพื่อให้การละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำได้ดียิ่งขึ้น
4. ทำความสะอาดหัวฉีดก่อนและหลังการใช้งาน กำจัดสิ่งตกค้างที่ติดอยู่ เพื่อให้หัวฉีดสามารถฉีดน้ำได้มีประสิทธิภาพสูงสุดและป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] ทนง ภักดิ์พันธ์. บทที่ 7 เครื่องดื่มอัดแก๊ส. อุตสาหกรรมเครื่องดื่ม. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; p. 119-125.
- [2] เรืองชัย ศรีสกุล และคณะ. การออกแบบและพัฒนากระบวนการชุดเครื่องมือการผลิตลำไยสดอัดก๊าซพร้อมดื่มต้นแบบ [ปริญญาณิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต]. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ; 2547
- [3] เจษฎา รัศมีภูมิ และคณะ. การทดสอบและประเมินผลหัวฉีดสารเคมีที่ผลิตในประเทศไทย [ปริญญาณิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต]. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; 2529.
- [4] ตระการ ก้าวสถิกรรม. คู่มือถังรับแรงดัน : พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : เอ็มแอนดีอี ; 2540.
- [5] ชิดารัตน์ ดรุษพันธ์ และคณะ. การออกแบบและสร้างเครื่องสเปรย์สกรับเบอร์ [ปริญญาณิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต]. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ; 2542.
- [6] Phillip R.Ashurst.1998. Carbonated beverages. The Chemistry and Technology of Soft Drink and Fruit Juices. Sheffield : Sheffield academic press ; p. 150-180.
- [7] Unknow [online]. Available : URL : <http://econ.tu.ac.th/.../อุตสาหกรรมน้ำอัดลม.doc>
- [8] M.T.Gilliers. Apparatus for producing carbonated beverages. Soft drink manufacture. London : Noyes data corporation ; p. 2-7.
- [9] David P.Steen,Philip R.Ashurst. Carbondioxide carbonation and the principles of filling technology. Carbonated Soft Drinks. Oxford : Blackwell publishing Ltd ; 2006. p. 112-133.
- [10] Maurice Shachman. Carbonation Putting in the fizz. The Soft Drink Companion. USA : Pergamon press Ltd ; p. 167-177.
- [11] J.M.Coulson,J.F.Richardson.Spray dryer.Chemical Engineering 4<sup>th</sup> edition.Great Britain : Pergamon press Ltd ; 1991. p. 726-722.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้