หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

น้ำทิ้งจากโรงงานสุราและการบำบัด

หากถือวัตถุดิบเป็นเกณฑ์ โรงงานสุราอาจแบ่งออกเป็น 3 ประเภท[1] คือ

1. โรงงานสุราที่ใช้เมล็ดพืช ได้แก่ โรงงานผลิตสุราประเภท สุราเกาเหลียง สก๊อกช์วิสกี้ ซึ่งทำจาก ข้าวเหนียว ข้าวสาลีและข้าวจ้าว เป็นต้น

2. โรงงานสุราที่ใช้ผลไม้ ได้แก่ โรงงานที่ผลิตสุราประเภท ไวน์ บรั่นดี แชมเปญ โดยใช้องุ่นเป็นวัตถุดิบ

3. โรงงานสุราที่ใช้กากน้ำตาล (โมลาส) โรงงานที่ผลิตสุราเกือบทุกโรงในประเทศไทย ใช้วัตถุดิบนี้ในการผลิต โดยใช้โมลาสผสมกับข้าวเหนียว ซึ่งอัตราส่วนระหว่างโมลาสและข้าวเหนียวที่ใช้ในแต่ละโรงงานจะแตกต่างกันออกไปตามวัตถุประสงค์ของแต่ละโรงงาน

โรงงานทั้ง 3 ประเภทนี้ จะมีกรรมวิธีขั้นพื้นฐานในการผลิตเหมือนกัน ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะโรงงานผลิตสุราที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบเท่านั้น

2.1 ขั้นตอนการผลิต

การผลิตสุราในประเทศไทยใช้วัตถุดิบที่สำคัญ 2 อย่างคือ[3]

ก. กากน้ำตาล (Molasses) เป็นผลิตผลได้มาจาก การผลิตน้ำตาลที่ใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบ มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลค่อนข้างเหนียว ใช้แทนน้ำตาลได้

ข. เชื้อหมัก (Yeast) ใช้สำหรับการหมักเพื่อเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์

กรรมวิธีการผลิตโดยย่อ ๆ อาจดูได้จากรูปที่ 2.1 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- นำส่วนผสมของกากน้ำตาลใส่ลงในถังหมัก เติมเชื้อหมักและอาหารเสริมลงไป หมักประมาณ 1-3 สัปดาห์ เชื้อหมักจะเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอทธิลแอลกอฮอล์
- เผาด้วยน้ำมันเตาที่อุณหภูมิ 92.5 องศาเซลเซียส ให้เอทธิลแอลกอฮอล์เดือดระเหยเป็นไอ
- ผ่านเครื่องกลั่นเพื่อให้เอทธิลแอลกอฮอล์ที่ได้บริสุทธิ์และมีดีกรีตามต้องการ
- นำเอทธิลแอลกอฮอล์ที่ได้มาเติมน้ำเชื่อเพื่อให้ได้สุราที่มีกลิ่นและรสตามต้องการ
- นำสุราที่ได้บรรจุขวด เพื่อส่งออกจำหน่าย

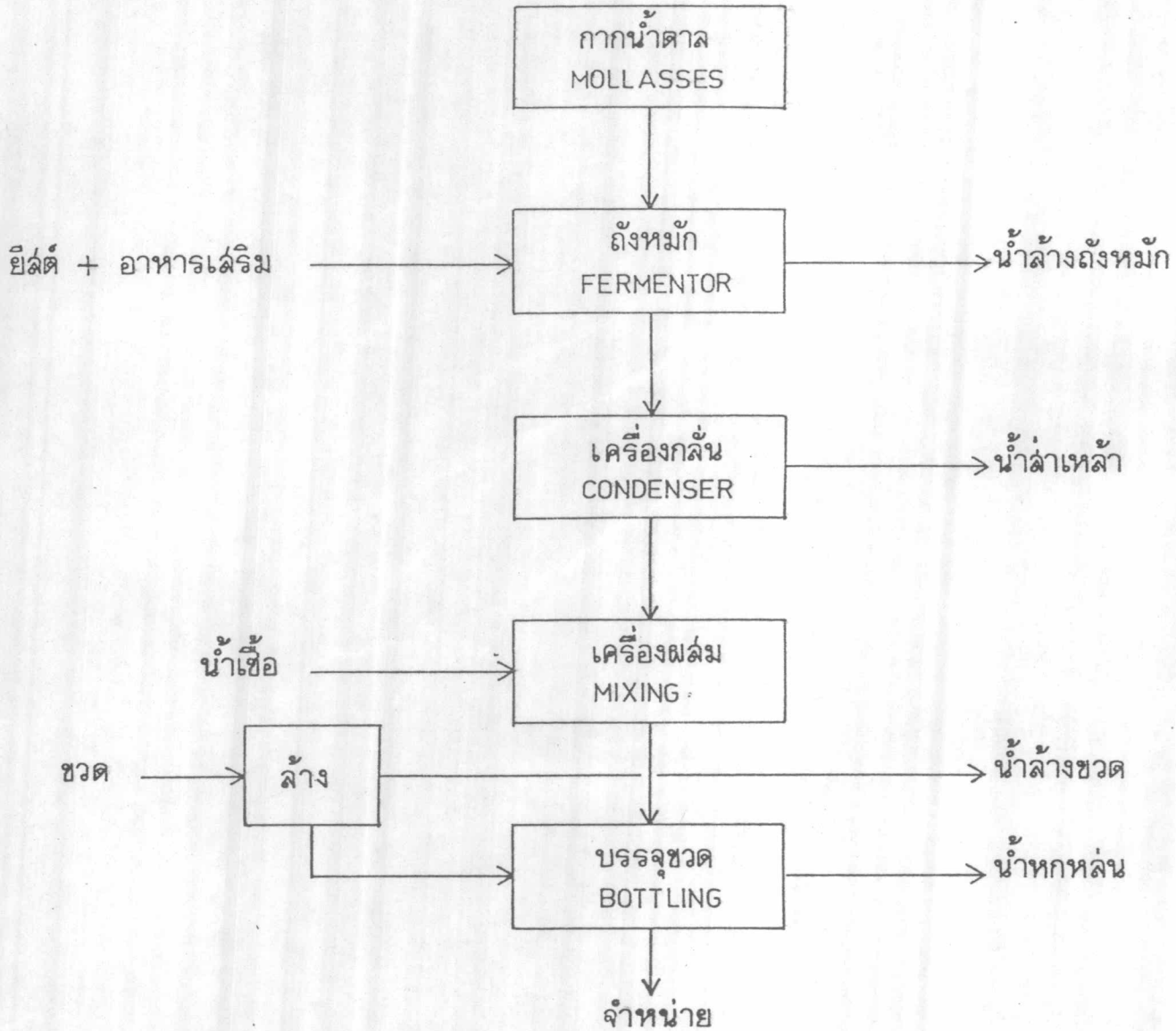
2.2 ลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานสุรา

น้ำเสียจากโรงงานสุราที่ต้องบำบัด แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. น้ำส่าเหล้า (Distillage) ได้แก่ น้ำสีน้ำตาลเข้มที่ระบายทิ้งจากหอกลั่น ซึ่งเป็นส่วนของกากน้ำตาลและเชื้อหมักที่เหลือจากการย่อยสลาย

2. น้ำล้าง (Wash water) ได้แก่ น้ำล้างถังหมัก น้ำล้างโรงงานและน้ำล้างขวด

ในน้ำเสียทั้งสองประเภทนี้ น้ำส่าเหล้าจะมีความสำคัญมากที่สุด เนื่องจากมีปริมาณมาก และมีค่าความเข้มข้นของ บีโอดี สูง ทำให้ปริมาณ บีโอดี ของน้ำส่าเหล้าสูงกว่าปริมาณ บีโอดีของน้ำล้างมาก ตารางที่ 2.1 แสดงถึงองค์ประกอบของน้ำส่าเหล้าที่ได้จากการผลิตสุราชนิดต่าง ๆ[4] ส่วนตารางที่ 2.2 แสดงลักษณะของน้ำส่าเหล้าของโรงงานสุราไทยทำ[1]



รูปที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการผลิตสุรา

ตารางที่ 2.1 แสดงลักษณะของน้ำส่า เหล้าที่ได้จากการผลิตสุราชนิดต่าง ๆ [4]

ลักษณะน้ำเสีย	เหล้าวิสกี้	เหล้าเบอร์บอน	เหล้าผลิตจากกากน้ำตาล	บรั่นดี ผลิตจากแอปเปิ้ล
พีเอช	4.1	4.2	4.5	3.8
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (มก./ลบ.ดม.)	47,345	37,388	71,053	18,866
ปริมาณสารแขวนลอย (มก./ลบ.ดม.)	24,800	17,900	40	50
บีโอดี (มก./ลบ.ดม.)	34,100	26,000	28,700	21,000
สารระเหยทั้งหมด (มก./ลบ.ดม.)	43,300	34,226	55,608	16,948

ตารางที่ 2.2 ลักษณะน้ำส่าเหล้าโรงงานสุราไทยทำ[1]

ลักษณะน้ำเสีย	ช่วง	เฉลี่ย
อุณหภูมิ, °ซ.	90 - 100	95
พีเอช	4.6 - 5.1	4.8
ซีโอดี, มก./ลบ.ดม.	91,954 - 122,960	109,721
บีโอดี, มก./ลบ.ดม.	27,062 - 36,053	30,496
ไนโตรเจนทั้งหมด, มก./ลบ.ดม.	204 - 1,400	802
สารแขวนลอย, มก./ลบ.ดม.	11,733 - 19,360	15,564
ของแข็งทั้งหมด, มก./ลบ.ดม.	88,016 - 101,114	95,426
สารระเหยทั้งหมด, มก./ลบ.ดม.	69,454 - 80,112	76,242
ฟอสเฟต, มก./ลบ.ดม.	85	85
โพแตสเซี่ยม, มก./ลบ.ดม.	2,393 - 8,080	5,711
โซเดียม, มก./ลบ.ดม.	1,370 - 2,670	2,020
แคลเซียม, มก./ลบ.ดม.	1,160 - 1,510	1,335
แมกนีเซียม, มก./ลบ.ดม.	494	494
ซัลเฟต, มก./ลบ.ดม.	2,839 - 4,141	3,485

2.3 การบำบัดน้ำส่าเหล้า

ในปี ค.ศ. 1962 Sen และ Bhaskaran[5] พบว่า ระบบถังหมัก (Anaerobic digestion) สามารถลดค่าบีโอดี ได้ถึงร้อยละ 95 ที่ค่าอินทรีย์บรรทุก 2.6 กก. บีโอดี/ลบ.ม./วัน และอุณหภูมิ 37 ^{o}ซ. ถ้าค่าอินทรีย์บรรทุกเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพของระบบบำบัดจะลดลงอย่างรวดเร็ว

ในปี ค.ศ. 1969 Radhakrishnan et al[6] ได้ทำการทดลองใช้ถังหมักในการบำบัดน้ำส่าเหล้า โดยใช้ค่าอินทรีย์บรรทุก 3 กก. บีโอดี/ลบ.ม./วัน ระยะเวลาเก็บกัก 11 วัน จะมีประสิทธิภาพในการกำจัด บีโอดี ร้อยละ 81-85 ถ้าเจือจางน้ำส่าเหล้าด้วยน้ำสะอาดในอัตราส่วน 1:1.6 จะสามารถเพิ่มค่าอินทรีย์บรรทุกเป็น 4.5 กก. บีโอดี/ลบ.ม./วัน ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน โดยที่ประสิทธิภาพในการกำจัดไม่เปลี่ยนแปลง และผลพลอยได้จากการกำจัดจะได้ก๊าซมีเทนประมาณร้อยละ 60 ของปริมาตรก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ในปี ค.ศ. 1972 Basu และ Leclerc[7] ทดลองบำบัดน้ำส่าเหล้าที่ทำได้จากกากน้ำตาลที่ทำมาจากหัวผักกาดหวาน โดยระบบถังหมัก พบว่า ประสิทธิภาพของถังหมักสูงถึงร้อยละ 95.9 เมื่ออินทรีย์บรรทุกเท่ากับ 3.2 กก. บีโอดี/ลบ.ม./วัน ใช้เวลาในการหมักประมาณ 10 วัน แต่เมื่อเพิ่มค่าอินทรีย์บรรทุกเป็น 3.5 กก. บีโอดี/ลบ.ม./วัน ประสิทธิภาพในการกำจัดจะลดเหลือร้อยละ 73.7 โดยทั่วไปประสิทธิภาพและเสถียรภาพของระบบกำจัดจะยิ่งดีขึ้น ถ้ามีการแยกตะกอนจุลชีพออกจากน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัด และนำตะกอนจุลชีพกลับไปเข้าถังหมักอีก

ในปี ค.ศ. 1972 Rao[8] ได้ทดลองบำบัดน้ำส่าเหล้าด้วยระบบบ่อหมัก (Anaerobic lagoons) พบว่าที่ค่าอินทรีย์บรรทุก 0.604-1.057 กก. บีโอดี/ลบ.ม./วัน ประสิทธิภาพในการลดค่า บีโอดีของบ่อหมักจะสูงถึงร้อยละ 90-95 เมื่อนำผลการทดลองนี้ใช้ในการออกแบบบ่อน้ำส่าเหล้าประมาณ 800 ลบ.ม./วัน ซึ่งเจือจางด้วยน้ำทิ้งของโรงงานน้ำตาลอีกประมาณ 3 เท่า ค่าซีโอดีและบีโอดี ลดเหลือประมาณ 25,000 มก./ลบ.ดม. และ 16,000 มก./ลบ.ดม. ตามลำดับ ให้บ่อหมักมีค่าอินทรีย์บรรทุก 0.8 กก. บีโอดี/ลบ.ม./วัน ปรากฏว่าระบบบ่อหมักสามารถ

ลดค่าบีโอดีได้ประมาณร้อยละ 89

ในปี ค.ศ. 1973 Burnett[9] พบว่า การบำบัดน้ำส่าเหล้าด้วยระบบเลี้ยงตะกอน (Activated sludge) สามารถลดค่า ซีโอดี ได้เพียงร้อยละ 33.3 ถึงแม้ว่าจะเจือจางน้ำส่าเหล้าด้วยน้ำโสโครกจากอาคารบ้านเรือนในอัตราส่วน 1:9 ก็ตาม การบำบัดด้วยระบบโปรยกรอง (Trickling Filter) สามารถลดซีโอดีได้สูงสุดเพียงร้อยละ 46.4

ในปี ค.ศ. 1974 Rao[10] ได้ทดลองบำบัดน้ำส่าเหล้าด้วยการบำบัดขั้นต้นด้วยระบบบ่อหมัก แล้วตามด้วยระบบเลี้ยงตะกอน พบว่าสามารถลดค่า บีโอดี ได้ถึงร้อยละ 98 ที่ค่าอัตราส่วนอาหาร:มวลจุลชีพ (เอฟ:เอ็ม) เท่ากับ 0.12

ในปี ค.ศ. 1974 Ramos[11] ได้อ้างถึงผลการทดลองของ Pettet et al ซึ่งได้ทำการทดลองบำบัดน้ำส่าเหล้าโรงงานผลิตเหล้ารัมโดยระบบถังหมัก พบว่า น้ำส่าเหล้ามีความเข้มข้นของเกลือแร่สูง ทำให้มีผลกระทบทางลบต่อการเจริญเติบโตของจุลชีพในถังหมัก Pettet et al ได้แก้ไขโดยการนำน้ำส่าเหล้ามาทำให้เจือจางลงเพื่อลดความเข้มข้นของเกลือแร่ อันเป็นสาเหตุที่ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดลดลง นอกจากนั้น Ramos ยังอ้างถึงผลการทดลองของ Hiatt et al ซึ่งได้ทำการทดลองบำบัดน้ำส่าเหล้าซึ่งถูกทำให้เจือจางด้วยน้ำสะอาดในอัตราส่วน 2:1 โดยระบบถังหมัก ซึ่งมีเวลาเก็บกัก 8.4 วัน ค่าอินทรีย์บรรทุก 7.7 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน ที่อุณหภูมิ 35 ^{o}ซ. สามารถลดค่าซีโอดีได้ร้อยละ 71 สำหรับน้ำส่าเหล้าที่ไม่ถูกทำให้เจือจางจะใช้เวลาเก็บกัก 16 วัน ค่าอินทรีย์บรรทุก 5.9 กก.ซีโอดี/ลบ.ม./วัน จึงสามารถลดค่า ซีโอดีได้ร้อยละ 70 ส่วน Ramos[11] ได้ทำการทดลองใช้ระบบแอนแนโรบิค คอนแทคท์ (Anaerobic Contact) ในการบำบัดน้ำส่าเหล้ารัม ซึ่งถูกทำให้เจือจางจนมีค่าซีโอดีประมาณ 100 มก./ลบ.ดม. อายุเลน (Sludge age) 40 วัน จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีประมาณร้อย 70

ในปี ค.ศ. 1978 Grady[12] ได้รายงานผลการทดลองของ Roth และ Lentz ซึ่งทดลองใช้แอนแนโรบิคคอนแทคท์ในการบำบัดน้ำส่าเหล้า โดยใช้ค่าอินทรย์บรรทุก 3.2 กก.

สารระเหย/ลบ.ม./วัน สามารถลดค่า ซีโอดี จาก 55,000 มก./ลบ.ดม. เหลือประมาณ 11,000 มก./ลบ.ดม. ที่อุณหภูมิ 35 ^{o}ซ. แต่เมื่อเติมแอมโมเนียมไฮโดรเจนคาร์บอนเนต และโซเดียมไดฟอสเฟตลงไปในถังปฏิกิริยา จะสามารถเพิ่มค่าอินทรีย์บรรทุกให้สูงขึ้นได้อีกร้อยละ 30 โดยที่ยังมีประสิทธิภาพในการบำบัดคงเดิม

ในปี ค.ศ. 1979 Grady[13] ได้รายงานผลการทดลองของ Van den Berg และ Lentz ซึ่งทำการทดลองบำบัดน้ำส่าเหล้า โดยวิธีแอนแนโรบิคคอนแทคท์ พบว่าเมื่อเติมหัวเชื้อในรูปของยีสต์ลงไปในถังปฏิกิริยาจะสามารถเพิ่มค่าอินทรีย์บรรทุกจาก 2.4 กก.สารระเหย/ลบ.ม./วัน เป็น 8 กก.สารระเหย/ลบ.ม./วัน โดยที่ประสิทธิภาพในการบำบัดจะมีค่าประมาณร้อยละ 80

ในปี ค.ศ. 1980 Grady[14] ได้รายงานว่าระบบ จานชีวหมุน (Biodisc) เป็นอีกระบบหนึ่งที่ใช้ในการบำบัดน้ำส่าเหล้าได้ผลดีกว่าระบบเลี้ยงตะกอน (Activated Sludge) ส่วนบ่อเขียว (Oxidation ponds) จะมีประสิทธิภาพต่ำ และระบบบึงเติมอากาศ (Aerated lagoons) ใช้งานไม่ได้ผล ระบบจานชีวหมุนมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดในตอน (Stage) แรก ๆ และจะลดลงในตอนถัดไป แต่อย่างไรก็ตามจำนวนตอนของจานชีวหมุนอย่างน้อยควรมี 3-4 ตอน นอกจากนั้นยังรายงานว่า[14] Ropot et al ได้ใช้เบนโทไนท์ (Bentonite) 2 กรัม/ลบ.ดม. และโพลี่อะครีลาไมด์ (Polyacrylamide) 0.05 ถึง 0.1 กรัม/ลบ.ดม. เติมลงไปในส่าเหล้าบรั่นดี กวนให้เข้ากัน 3-5 นาทีแล้วปล่อยให้ตกตะกอน จะสามารถลดตะกอนแขวนลอยได้ร้อยละ 90-95 และลดซีโอดีร้อยละ 30-35