# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาของโครงการ

ในการวางแผนการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ จำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณและความสกปรกของน้ำเสีย และของเสียจากขั้นตอนการผลิตแต่ละส่วนและน้ำเสียรวมจากการผลิตทั้งโรงงาน เพื่อจะได้ทราบจุดที่ควรปรับปรุงแก้ไขหรือหาทางหมุนเวียนใช้ประโยชน์จากน้ำเสียและของเสีย ซึ่งจะเป็นการช่วยป้องกันปัญหามลพิษที่แหล่งกำเนิดและช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียขั้นสุดท้าย (End of Pipe) ดังนั้น สำนักเทคโนโลยี-
สิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม จึงได้มอบให้บริษัท ซีเอ็มเอส เอ็นจิเนียริ่ง แอนด์ แมเนจเม้นท์ จำกัด ทำการศึกษาและจัดทำเอกสารคู่มือทางวิชาการในการจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมโรงงานฆ่าสัตว์ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมประเภทหนึ่งที่ทำให้เกิดมลภาวะทางน้ำมาก อีกทั้งน้ำเสียเหล่านี้ยังมีผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ด้วย เพื่อจะได้เป็นการเผยแพร่ให้แก่โรงงานใช้เป็นแนวทางปฏิบัติ และให้เจ้าหน้าที่ส่วนราชการที่เกี่ยวข้องใช้สำหรับกำกับดูแลโรงงานประเภทนี้ ต่อไป

## 1.2 ขอบเขตของคู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงงานฆ่าสัตว์

ขอบเขตของการศึกษานี้จะครอบคลุมโรงงานฆ่าสัตว์ ซึ่งจัดเป็นอุตสาหกรรมประเภทที่ 4(1) ของกรมโรงงานอุตสาหกรรม และโดยที่โรงงานฆ่าสัตว์แต่ละชนิดจะมีกรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน ทำให้รายละเอียดของการจัดการสิ่งแวดล้อมที่เสนอแนะสำหรับโรงงานฆ่าสัตว์แต่ละประเภทแตกต่างกันด้วย ดังนั้น คู่มือแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงงานฆ่าสัตว์ที่จัดทำขึ้นจึงแยกเล่มสำหรับแต่ละประเภทโรงงาน ดังนี้

- คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงงานฆ่าสัตว์ปีก
- คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงงานฆ่าสุกร
- คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงงานฆ่าโค

ในส่วนของคู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงงานฆ่าโคฉบับนี้ จะประกอบด้วยรายละเอียดในหัวข้อต่อไปนี้

1) รายละเอียดของกระบวนการผลิตแต่ละส่วน

2) รายละเอียดของแหล่งกำเนิดน้ำเสียและของเสียต่าง ๆ จากการผลิต

3) รายละเอียดของทางเลือกและวิธีการประหยัดวัตถุดิบ (รวมทั้งน้ำใช้) และการลดปริมาณของเสียในแต่ละส่วนของกระบวนการผลิต

4) รายละเอียดของวิธีการที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานฆ่าโค

5) รายละเอียดของทางเลือกสำหรับการใช้ประโยชน์ และ/หรือ การบำบัดของเสียที่เป็นของแข็ง รวมทั้งตะกอนส่วนเกินจากระบบบำบัด

6) รายละเอียดของการควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย

7) เสนอมาตรฐานน้ำทิ้งที่เหมาะสมใช้เฉพาะประเภทโรงงานฆ่าสัตว์ของประเทศไทย

# บทที่ 2

# อุตสาหกรรมฆ่าโคในประเทศไทย

## 2.1 โครงสร้างการผลิตและการตลาด

### 2.1.1 ภาวะการผลิตในประเทศไทย

จากสถิติกรมปศุสัตว์ ในปีพ.ศ. 2536 มีปริมาณโคทั้งสิ้น 7,472,573 ตัว เป็นโคเนื้อ 735,410 ตัว (ตารางที่ 2-1) โดยที่ผ่านมาอัตราการขยายตัวของจำนวนโคเนื้อประมาณร้อยละ 0.75 ต่อปี แหล่งเลี้ยงโคภายในประเทศ ได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ คิดเป็นร้อยละ 35.88 , 25.36 , 28.09 และ 10.67 ตามลำดับ สำหรับผู้เลี้ยงโคเนื้อเป็นการค้า มักเลี้ยงโคตั้งแต่ 30 ตัวขึ้นไป นับตั้งแต่ปีพ.ศ. 2535 เป็นต้นมา รัฐบาลได้ส่งเสริมการเลี้ยงโคเพื่อลดพื้นที่ปลูกข้าว มันสำปะหลัง กาแฟ และพริกไทย ด้วยการให้สินเชื่อแก่เกษตรกรที่เลี้ยงโคเนื้อโดยคิดอัตราดอกเบี้ยต่ำ และสนับสนุนการปรับปรุงพันธุ์โคเนื้อด้วยการสร้างศูนย์บำรุงพันธุ์สัตว์แท้ปีละ 60 ศูนย์ เป็นต้น

ในส่วนของการผลิตเนื้อโค ส่วนใหญ่เป็นการผลิตเพื่อการบริโภคภายในประเทศเท่านั้น มีการส่งออกไปต่างประเทศน้อยมาก การส่งออกส่วนใหญ่เป็นโคที่ยังมีชีวิต โดยประเทศผู้นำเข้าโคมีชีวิตที่สำคัญ คือ มาเลเซีย ฮ่องกง สิงคโปร์ ลาวและบรูไน ในปี พ.ศ. 2536 มีจำนวนโคที่ถูกฆ่าเพื่อบริโภคตามอาชญาบัตรประมาณ 0.47 ล้านตัว โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการฆ่ามากที่สุด รองลงมาได้แก่ ภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคใต้ คิดเป็นร้อยละ 46.60 , 23.60 , 19.70 , และ 10.10 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เนื้อโคที่บริโภคในประเทศคาดว่าจะมากถึงปีละประมาณ 1.07-1.27 ล้านตัว ดังนั้น มากกว่าครึ่งหนึ่งของเนื้อโคที่บริโภคในประเทศจึงเป็นโคที่ลักลอบนำเข้ามาตามชายแดนประเทศพม่า ลาว และกัมพูชา รวมทั้งเป็นเนื้อโคที่มาจากการฆ่าโดยไม่มีอาชญาบัตร

สำหรับส่วนประกอบของโค 1 ตัว แสดงดังรูปที่ 2-1

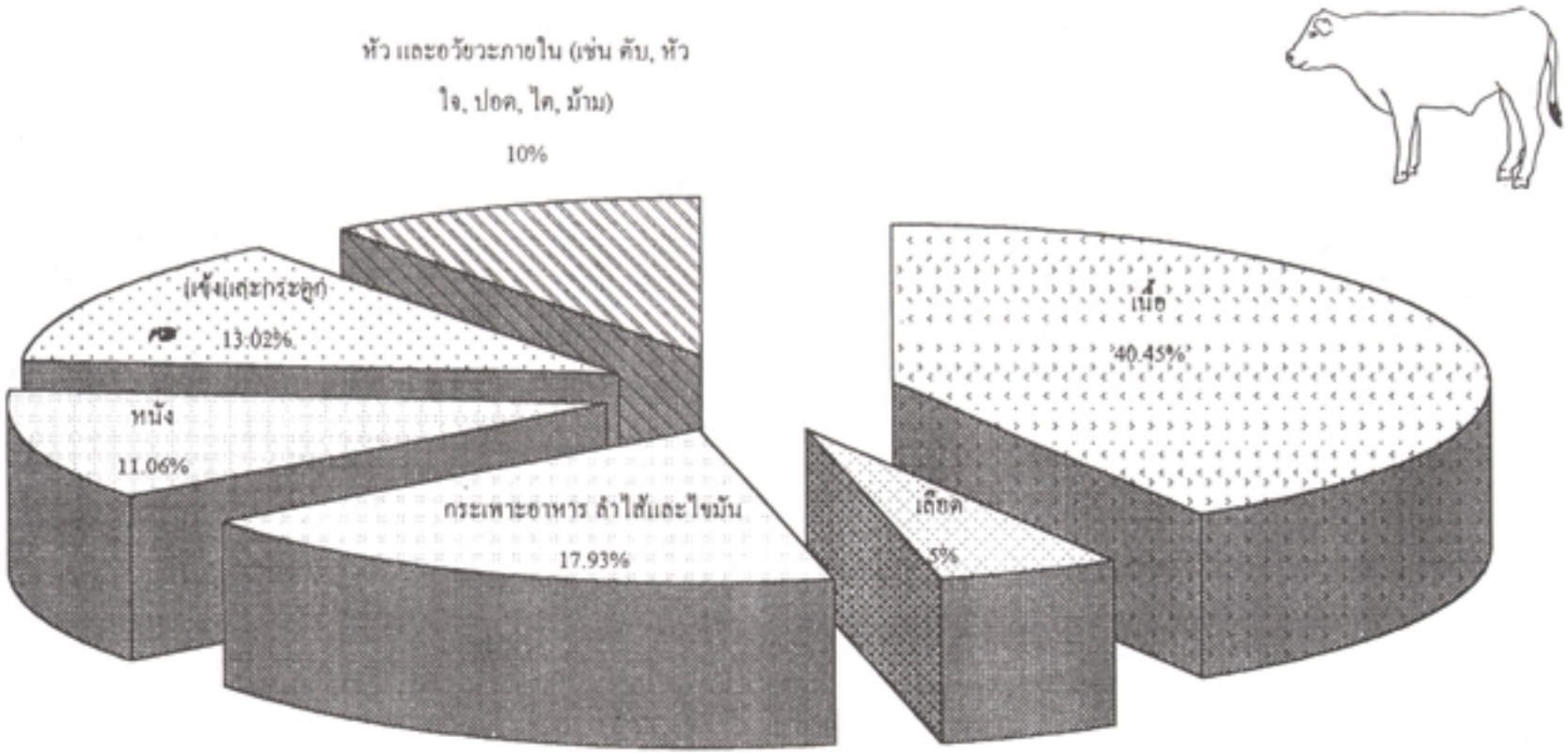
**ตารางที่ 2-1** จำนวนประชากรสัตว์ประเภทสัตว์ปีก สุกร และโคในประเทศ ระหว่างปี พ.ศ. 2535-2539

**ตัว** : Head

| ปีพ.ศ.<br>YEAR | ไก่<br>CHICKEN | เป็ด<br>DUCK | สุกร<br>SWINE | โค<br>CATTLE | กระบือ<br>BUFFALO |
|---|---|---|---|---|---|
| 2530 (1987) | 92,133,783 | 19,831,031 | 5,866,886 | 4,399,099 | 4,683,599 |
| 2531 (1988) | 89,812,207 | 15,934,434 | 5,740,399 | 4,595,667 | 4,619,826 |
| 2532 (1989) | 69,594,264 | 16,683,376 | 6,015,398 | 5,119,717 | 4,611,692 |
| 2533 (1990) | 107,559,323 | 17,901,840 | 7,349,710 | 5,668,530 | 4,694,290 |
| 2534 (1991) | 130,837,394 | 19,123,564 | 8,202,472 | 6,626,971 | 4,805,071 |
| 2535 (1992) | 135,175,576 | 19,344,714 | 8,332,668 | 7,121,479 | 4,728,271 |
| 2536 (1993) | 138,832,027 | 21,778,395 | 8,569,126 | 7,472,573 | 4,804,146 |
| 2537 (1994) | 129,997,098 | 21,811,815 | 8,479,400 | 7,637,350 | 4,224,791 |
| 2538 (1995) | 111,648,510 | 18,896,635 | 8,561,921 | 7,609,068 | 3,710,061 |
| 2539 (1996) | 144,579,428 | 21,400,375 | 8,707,887 | 6,225,221 | 2,711,737 |
| 2540 (1997) | 164,685,842 | 21,829,896 | 10,139,040 | 5,592,170 | 2,293,938 |

**ที่มา** : สำนักงานปศุสัตว์จังหวัด

**รวบรวมโดย** : ฝ่ายประมาวลผลและสถิติ กองแผนงาน กรมปศุสัตว์




ที่มา : ปรับปรุงจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2536

**รูปที่ 2-1** ส่วนประกอบโดยเฉลี่ยของโค 1 ตัว (น้ำหนัก 400 กิโลกรัม)

### 2.1.2 ลักษณะการผลิต

ในอดีตโคที่จะถูกนำมาฆ่ามักจะเป็นโคที่ปลดระวางจากการทำงานหรือเป็นแม่วัวที่ไม่สามารถให้ลูกได้ (เป็นหมัน) ดังนั้น สัตว์ที่จะเข้ามาฆ่าจึงมักมีอายุมาก และการฆ่ามักจะเกิดขึ้นในโรงฆ่าสัตว์ของหน่วยราชการส่วนท้องถิ่น ภายใต้การควบคุมของเจ้าพนักงานตรวจเนื้อและซาก วิธีการฆ่าเป็นแบบง่าย ๆ สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด เนื้อที่ได้จึงมีการปนเปื้อนค่อนข้างสูงและเนื้อเหนียว ทำให้ไม่สามารถส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศได้

แต่เมื่อรัฐบาลได้ส่งเสริมการเลี้ยงโคเนื้อมากขึ้น โคที่จะถูกนำมาฆ่าจะมีอายุน้อยลงและเป็นโคที่ได้รับการขุนด้วยเมล็ดธัญญพืช หรือที่เรียกกันว่าอาหารข้นมาเป็นระยะเวลาหนึ่ง คือ ประมาณ 90-240 วัน เพื่อให้โคได้มีโอกาสสะสมไขมันมากขึ้น เนื้อที่ได้จึงนุ่มและอร่อย อย่างไรก็ตาม การฆ่าโคมักจะยังเกิดขึ้นในโรงฆ่าสัตว์ของหน่วยราชการส่วนท้องถิ่นเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากโรงงานเอกชนที่ทันสมัยยังคงมีจำนวนน้อยและมีต้นทุนการผลิตสูง ผลผลิตที่ได้จากโรงงานเอกชนมักส่งจำหน่ายตามซุปเปอร์มาร์เก็ต โรงแรมชั้นนำต่าง ๆ และอาจส่งไปจำหน่ายต่างประเทศบ้างแต่ก็มีจำนวนน้อยมาก ทั้งนี้เพราะประเทศไทยยังประสบกับปัญหาการระบาดของโรคปากและเท้าเปื่อย อีกทั้งผลิตภัณฑ์เนื้อจากประเทศไทยยังมีกรรมวิธีที่ไม่ถูกหลักสุขอนามัย

### 2.1.3 ลักษณะการตลาด

#### 2.1.3.1 ตลาดภายในประเทศ

- ตลาดเนื้อโคโดยทั่วไป จะเป็นเนื้อโคที่มีคุณภาพต่ำ โคมีชีวิตที่เข้าสู่ตลาดนี้มาจากโคพื้นเมืองหรือโคพันธุ์ลูกผสม ที่เลี้ยงแบบพื้นบ้านดั้งเดิมไม่ได้ขุนโดยให้อาหารข้น โดยพ่อค้าคนกลางจะเป็นผู้รวบรวมส่งโรงฆ่าสัตว์ ผลผลิตเนื้อโคที่ได้จะซื้อขายตามน้ำหนักซากโคสดหรือซากอุ่น ซึ่งเป็นน้ำหนักซากโคหลังจากแต่งและล้างซากแล้ว แล้วส่งจำหน่ายในประเทศ
- ตลาดเนื้อโคที่มีคุณภาพดี โคมีชีวิตที่เข้าสู่ตลาดนี้มาจาก 2 แหล่ง คือ เป็นโคขุนที่เกษตรกรเลี้ยงโดยได้รับการส่งเสริมและสนับสนุนจากหน่วยงานราชการ หรือเอกชนโดยใช้โคพันธุ์ลูกผสม วิธีการเลี้ยงเป็นไปตามหลักวิชาการ และจะนำไปฆ่ายังโรงงานฆ่าสัตว์ที่ได้มาตรฐาน ซึ่งซากโคที่ชำแหละแล้วจะนำเข้าห้องเย็นและจำหน่ายเป็นซากเย็น

#### 2.1.3.2 ตลาดต่างประเทศ

ดังกล่าวแล้วว่า ประเทศไทยมีการส่งออกเนื้อโคน้อยมาก เนื่องจากปัญหาในด้านต่าง ๆ อีกทั้งในขณะนี้ ยังต้องนำเข้าผลิตภัณฑ์เนื้อโคแช่เย็น เนื้อโคติดกระดูก และเนื้อโคไม่ติดกระดูกจากประเทศสหรัฐอเมริกา นิวซีแลนด์ เนเธอร์แลนด์ และออสเตรเลีย โดยในแต่ละปีมีปริมาณการนำเข้ามากกว่า 1,600 ตันและมูลค่าการนำเข้ามากกว่า 100 ล้านบาท (ข้อมูลปีพ.ศ.2536)

ปัญหาและอุปสรรคบางประการที่จำเป็นต้องเร่งแก้ไขสำหรับปัญหาด้านการผลิตเนื้อโค สรุปได้ดังนี้

1. ปัญหาโรคระบาดเป็นปัญหาที่ผู้เลี้ยงต้องเผชิญเกือบทุกปี โรคระบาดของโคที่สำคัญ ได้แก่ โรคปากและเท้าเปื่อย ซึ่งเป็นโรคที่เป็นอุปสรรคต่อการส่งออกเนื้อโคไปต่างประเทศเป็นอย่างมาก

2. ปัญหาต้นทุนการผลิตสูง ส่งผลกระทบโดยตรงต่อผู้เลี้ยงโค โดยเฉพาะวัตถุดิบอาหารสัตว์จำพวกข้าวโพด กากถั่วเหลือง และปลาป่น ซึ่งไทยไม่สามารถผลิตได้อย่างเพียงพอต้องมีการนำเข้า ประกอบกับนโยบายปกป้องเกษตรผู้ผลิตวัตถุดิบอาหารสัตว์ภายในประเทศ ทำให้การนำเข้าถูกเก็บภาษีรวมกัน ค่าเซอร์ชาร์จมีผลทำให้วัตถุดิบอาหารสัตว์ดังกล่าวมีราคาแพงกว่าความเป็นจริงมาก ทั้งนี้ต้นทุนการผลิตสูงในลักษณะนี้จึงมีผลทำให้โคจากไทยไม่สามารถแข่งขันกับโคต่างประเทศซึ่งมีต้นทุนอาหารสัตว์ถูกกว่าได้

3. ปัญหาการขาดแคลนโรงชำแหละโคที่ได้มาตรฐาน ปัจจุบันไทยมีโรงชำแหละที่ทันสมัยและได้มาตรฐานเพียงไม่กี่แห่ง โรงชำแหละของรัฐกว่า 700 แห่งทั่วประเทศ เป็นโรงชำแหละที่ล้าสมัย ประกอบกับมีโรงฆ่าสัตว์เถื่อนทั่วประเทศอีกเป็นจำนวนมาก ทำให้ตลาดต่างประเทศไม่ค่อยยอมรับเนื้อโคจากไทย ด้วยอ้างเหตุผลว่าขาดการชำแหละที่ถูกสุขอนามัย

4. ขาดแคลนโคพันธุ์ดีที่จะนำไปเลี้ยงเป็นโคขุน

## 2.2 โรงงานฆ่าโค

จากข้อมูลของกรมปศุสัตว์ในปี พ.ศ. 2539 ประเทศไทยมีโรงฆ่าสัตว์ใหญ่ เช่น โคและกระบือ จำนวน 737 แห่ง ในขณะที่มีโรงงานฆ่าโคที่ขึ้นทะเบียนกรมโรงงานอุตสาหกรรมเพียง 26 แห่ง โดยเป็นโรงงานฆ่าโคเพียงอย่างเดียว 9 แห่ง และอีก 17 แห่งเป็นโรงงานที่ฆ่าทั้งโคและสุกรซึ่งทั้งหมดเป็นโรงฆ่าสัตว์ของหน่วยราชการส่วนท้องถิ่น

## 2.3 มลภาวะจากโรงงานฆ่าโค

โดยทั่วไปน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์จะมีความสกปรกทั้งในรูปของไขมัน น้ำมันและสารอินทรีย์ปนเปื้อนอยู่ในปริมาณสูง ถ้าหากมีการระบายน้ำเสียที่ยังมิได้ทำการบำบัดความสกปรกเหล่านี้ก่อนลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะโดยตรง ก็จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำและประชาชนที่ใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำนั้น ๆ อย่างมาก หรือหากโรงงานมีการบำบัดน้ำเสียที่ไม่เหมาะสม ก็ยังจะทำให้เกิดกลิ่นเหม็นจากระบบบำบัดส่งผลกระทบต่อชุมชนข้างเคียง ขณะเดียวกันปัญหากลิ่นเหม็นอีกส่วนหนึ่ง มักเกิดจากการ

ตกค้างของของเสียที่เป็นของแข็ง เช่น ขน เศษหนัง และเศษกระดูก เป็นต้น หรือมีการกำจัดอย่างไม่ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล

จากจำนวนโรงฆ่าสัตว์ใหญ่ เช่น โค และกระบือทั่วประเทศประมาณ 737 แห่งนั้น มากกว่า ร้อยละ 95 เป็นโรงงานที่มีขนาดเล็กที่ยังขาดการจัดการด้านของเสียและน้ำเสียอย่างถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล โรงฆ่าสัตว์เหล่านี้จึงมักก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมดังที่ได้กล่าวมาแล้ว สำหรับโรงงานขนาดใหญ่แม้ว่าจะมีการบำบัดน้ำเสียและการจัดการของเสียที่ดีกว่าโรงงานขนาดเล็ก แต่พบว่า โรงงานบางแห่งก็ยังมีการใช้น้ำอย่างไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ซึ่งนอกจากจะเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรน้ำเป็นอย่างมากแล้วยังเป็นการเพิ่มปริมาณความสกปรกในน้ำเสียที่จะต้องทำการบำบัดโดยไม่จำเป็นอีกด้วย

# บทที่ 3

# กระบวนการผลิต แหล่งของวัสดุเศษเหลือและสมดุลย์มวลสาร

## 3.1 กระบวนการผลิต

เนื่องจาก เมื่อพิจารณาจากกระบวนการผลิตของโรงงานฆ่าโคทั้งหมดที่ขึ้นทะเบียนกับกรม-โรงงานอุตสาหกรรม พบว่าแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

ประเภทที่ 1 : เป็นกระบวนการฆ่าและชำแหละโคที่มีกระบวนการตัดแต่งร่วมด้วย โดยจะเรียกว่าเป็นแบบมาตรฐาน (เป็นกระบวนการผลิตของโรงงานขนาดกลางถึงขนาดใหญ่)

ประเภทที่ 2 : เป็นกระบวนการฆ่าและชำแหละโคแต่ไม่มีกระบวนการตัดแต่ง (เป็นกระบวนการผลิตของโรงงานขนาดเล็กซึ่งเป็นโรงฆ่าสัตว์ของหน่วยราชการส่วนท้องถิ่นที่จะฆ่าทั้งสุกรและโค รวมทั้งกระบือด้วยในบางครั้ง)

### 3.1.1 <u>กระบวนการฆ่าและชำแหละโคแบบมาตรฐาน</u>

#### 3.1.1.1 <u>การรับโค</u>

โดยทั่วไปโคที่จะถูกนำมาฆ่ามีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 300-420 กิโลกรัม มีอายุราว 1.5-3.5 ปี การขนส่งโคมายังโรงงานมักจะใช้ทางรถยนต์เช่นเดียวกับการขนส่งสุกร และเมื่อมาถึงโรงงานจะนำโคเข้าสู่คอกพักสัตว์โดยไม่ให้อาหารเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง แต่จะมีน้ำกินอยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้การอดอาหารจะทำให้การเอาเลือดออกเป็นไปได้อย่างหมดจดกว่า ชำแหละซากได้ง่าย และซากมีสีสดกว่าในระหว่างนี้ สัตวแพทย์จะทำการตรวจสภาพโคก่อนฆ่า (Antemortem inspection) ถ้าพบว่ามีโรคหรือสงสัยจะสั่งให้ดำเนินการเพื่อป้องกันการนำเอาสัตว์เหล่านี้ไปฆ่าเป็นอาหารมนุษย์ ส่วนโคที่มีสุขภาพสมบูรณ์ก็จะส่งต่อไปยังขั้นตอนการทำให้สลบ

ในขั้นตอนการรับโค ประกอบด้วย

น้ำใช้ประมาณ 0.1 ลูกบาศก์เมตร/ตันโค

วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง : มูลโค 20 กิโลกรัม/ตันโค

วัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลว : น้ำเสียจากการฉีดล้างตัวโค 0.1 ลูกบาศก์เมตร/ตันโค

**3.1.1.2 <u>การทำให้สลบ การฆ่าและการรวบรวมเลือด</u>**

โคที่ผ่านการตรวจสอบแล้วจะถูกต้อนเข้าไปอยู่ภายในซองเพื่อใช้เครื่องมือยิงสัตว์สลบ (Captive bolt stunner) จ่อยิงเข้าที่บริเวณกลางหน้าผากที่จุดเส้น 2 เส้น ลากจากฐานหูซ้ายมายังตาขวาและหูขวามายังตาซ้ายตัดกัน ณ ที่จุดนี้เป็นรอยต่อของกระดูกหน้าผากจึงบางกว่าจุดอื่น ๆ ดังนั้นแท่งเหล็ก (Bolt) จึงพุ่งทะลุเข้าไปในสมองได้ง่าย ทำให้สัตว์สลบได้อย่างรวดเร็ว เมื่อสัตว์ล้มสลบไปจะใช้โซ่ (Shackle) ผูกรัดขาหลังที่บริเวณข้อแข้งหลัง (hock) และนำอีกปลายอีกข้างต่อเข้ากับรอกไฟฟ้ากดสวิทซ์ดึงตัวสัตว์ขึ้น ห้อยหัวลง จากนั้นจะใช้มีดผ่าหนังบริเวณยอดอกใต้ brisket หรือเสือร้องไห้ลงมาเป็นรอยยาวประมาณ 12-18 นิ้ว แล้วจึงแทงเข้าไปในช่องระหว่างอกเพื่อตัดเส้นเลือด carotid artery และ jugular vein เลือดจะไหลออกมาอย่างแรงจนหมดภายในเวลาประมาณ 5-7 นาทีและรวบรวมเลือดไว้ในภาชนะเพื่อส่งจำหน่าย จากนั้นจะล้างทำความสะอาดตัวโคเพื่อกำจัดเลือดที่ติดอยู่ตามผิวหนัง

กระบวนการทำให้สลบ การฆ่าและการรวบรวมเลือด ประกอบด้วย

น้ำใช้ปริมาณ 0.08 ลูกบาศก์เมตร/ตันโค

วัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลว : เลือดโคที่รวบรวมได้ 40 กิโลกรัม/ตันโค

: น้ำเสียจากการฉีดล้างตัวโค 0.10 ลูกบาศก์เมตร/ตันโค

**3.1.1.3 <u>การกำจัดขน</u>**

วิธีการกำจัดขนออกจากโคจะใช้การถลกหนังออกโดยเริ่มจากการเลาะหนังออกรอบ ๆ เขาไปจนถึงจมูกแล้วจึงเลาะหนังออกจากบริเวณหน้า คาง แก้ม และตัดหัวออก หลักจากนั้นจึงใช้มีดผ่าเปิดหนังด้านในของแข้งหน้าแล้วเลาะไปจนถึงกลางลำตัวที่ยอดอก และเลาะเปิดหนังไปจนถึงบริเวณข้อเข่าหน้าของทั้งสองแข้ง แล้วตัดแข้งออกด้วยมีดหรือเลื่อย

จากนั้นเจาะเอ็นที่ขาหลังทั้งสองแล้วเอาตะขอแขวนซากสอดเข้าไปกดสวิทซ์รอกไฟฟ้าดึงตัวสัตว์ขึ้น และผ่าเปิดหนังด้านในของขาหลังทั้งคู่ แล้วเริ่มเลาะหนังรอบ ๆ ขาออก แล้วจึงดึงทวารหนักออก และจึงเริ่มเลาะหนังบริเวณขาหลัง สะโพกด้านข้างลำตัว เรื่อยไปจนถึงบริเวณอกและจนในที่สุดหนังจะหลุดออกหมด พร้อมกับตัดโคนหางออก แล้วจึงใช้น้ำฉีดล้างทำความสะอาดซากโคที่เลาะหนังออกแล้วอีกครั้ง

กระบวนการเลาะหนังเพื่อกำจัดขน ประกอบด้วย

น้ำใช้ ประมาณ 0.10 ลูกบาศก์เมตร/ตันโค

วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง : หัว 70 กิโลกรัม/ตันโค

แข้ง 35 กิโลกรัม/ตันโค

หนัง 116 กิโลกรัม/ตันโค

วัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลว : น้ำเสียจากการฉีดล้างซากโค
0.10 ลูกบาศก์เมตร/ตันโค

**3.1.1.4 <u>การชำแหละ</u>**

ซากโคที่ผ่านการถลกหนังแล้ว จะถูกนำมาผ่ากระดูกอกและกระดูกเชิงกราน โดยใช้เลื่อยๆออก จากนั้นใช้มีดผ่ากลางท้องจากบริเวณใต้กระดูกเชิงกรานที่ผ่าไว้แล้วลงไปจนถึงบริเวณอก ดึงลำไส้และกะเพาะทั้งสี่ออกมาโดยให้ทิ้งไตติดไว้กับซาก ตัดแยกหัวใจ ตับ และปอด พร้อมทั้งใช้น้ำฉีดล้างซากให้สะอาดทั้งด้านนอกและด้านใน จากนั้นเลื่อยผ่าซากเป็น 2 ซีก ตามแนวกึ่งกลางของกระดูกสันหลัง และใช้น้ำฉีดล้างซากทั้งสองซีกอีกครั้ง

ในขั้นตอนการชำแหละ ประกอบด้วย

น้ำผสมคลอรีนความเข้มข้นประมาณ 5 ppm 0.2 ลูกบาศก์เมตร/ตันโค

วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง : เครื่องในและเศษอาหารในกระเพาะ 167 กิโลกรัม/ตันโค

วัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลว : น้ำเสียจากการล้างซาก 0.2 ลูกบาศก์เมตร/ตันโค

**3.1.1.5 <u>การลดอุณหภูมิซาก</u>**

หลังจากผ่าซีกซากโคแล้วจะทำการลดอุณหภูมิของซากลง เพื่อหยุดการกระจายของเชื้อจุลินทรีย์ในเนื้อและลดการสูญเสียน้ำในเนื้อ รวมทั้งยังช่วยรักษาคุณภาพเนื้ออีกด้วยการลดอุณหภูมิซากโคโดยนำซากเข้าเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 3-5 องศาเซลเซียส นานอย่างน้อย 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงจะนำมาตัดแต่งซาก โดยแต่ละซีกจะแบ่งออกเป็น 2 ชิ้นส่วนใหญ่ คือ ส่วนหน้า และส่วนหลังและอาจตัดแต่งเป็นชิ้นส่วนใหญ่ที่ไม่ติดกระดูกหรือติดกระดูกตามแต่ตลาดต้องการ

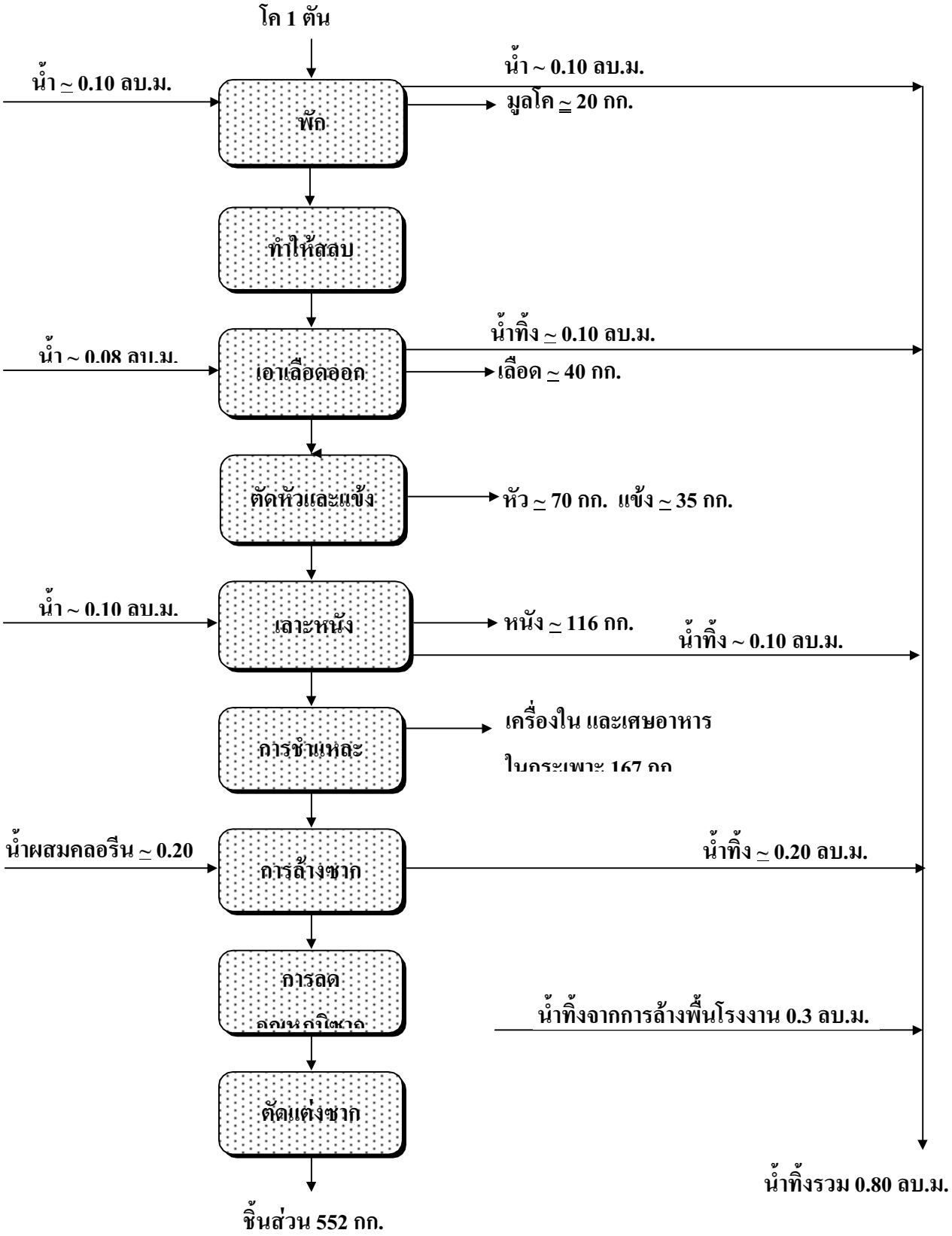
ดังนั้นในขั้นตอนการลดอุณหภูมิซากจึงไม่มีวัสดุเศษเหลือเกิดขึ้น

**3.1.1.6 <u>บทสรุปของการทำสมดุลย์มวลสาร</u>**

แผนผังแสดงกรรมวิธีการฆ่าโคแบบมาตรฐาน และข้อมูลสมดุลย์มวลสารประเภทของแข็งแสดงดังรูปที่ 3-1 และตารางที่ 3-1

### 3.1.2 <u>กระบวนการฆ่าโคในโรงงานขนาดเล็ก</u>

โคในเมืองไทยส่วนมากฆ่าและจำหน่ายโดยคนที่นับถือศาสนาอิสลาม โดยทำการฆ่าภายในโรงฆ่าสัตว์ของราชการส่วนท้องถิ่น เช่น โรงฆ่าสัตว์ของเทศบาลและสุขาภิบาล ซึ่งส่วนใหญ่จะฆ่าทั้งสุกรและโค รวมทั้งกระบือด้วยในบางครั้ง แต่จะแยกห้องกันระหว่างพวกที่ฆ่าสุกรกับโค กระบือ ภายในห้องฆ่าสัตว์ใหญ่นี้จะมีเสาหลัก จำนวน ขึ้นอยู่กับขนาดของห้อง ผู้ฆ่าจะจูงสัตว์มาผูกไว้กับเสา แล้วจึงล้มสัตว์ลงด้วยเชือก จับคอบิดหงายขึ้น เส้นเลือดก็จะบวมเห็นได้ชัด ผู้ฆ่าจะใช้มีดปาดคอเอาเลือดออก เมื่อรองเลือดจนพอแล้วจึงตัดหัวออก ดันตัวสัตว์หงายหลังแล้วจับไว้พร้อมกับเริ่มเลาะเอาหนังออก




**<u>รูปที่ 3-1</u>** แผนผังแสดงขั้นตอนการฆ่าและชำแหละโคแบบมาตรฐาน

| ประเภท | ชนิดของวัสดุ | มวล (กก./ตันโคมีชีวิต) |
|---|---|---|
| ผลผลิต | เครื่องใน | 127.0 |
| | ซากโค | 552.0 |
| | **รวม** | **719.0** |
| วัสดุเศษเหลือ | หัว | 70.0 |
| | แข้ง | 35.0 |
| | หนัง | 116.0 |
| | มูล | 20.0 |
| | เศษอาหารในกระเพาะอาหาร | 40.0 |
| | **รวม** | **241.0** |
| **รวมปริมาณของแข็งทั้งหมด** | | **960.0** |

**หมายเหตุ** :* เป็นปริมาณของแข็งจากกระบวนการฆ่าโค เมื่อรวมกับปริมาณเลือด ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่เป็นของเหลวอีก 40 กิโลกรัม จะรวมเป็น 1,000 กิโลกรัม

โดยเริ่มจากแข้งทั้ง 4 ก่อน ผ่าหนังกลางท้องจากอกจรดโคนหางแล้วเลาะหนังออก โดยเริ่มจากท้องลงสีข้างและถึงหลัง เมื่อบรรจบกันทั้ง 2 ข้างแล้ว หนัง

ทั้งผืนก็จะหลุดออกหมดและโดยที่หนังยังวางแผ่อยู่บนพื้น จึงทำหน้าที่เหมือนที่ปูรองรับซากไม่ให้สกปรกมากเกินไป ผ่าท้องและอก เอาอวัยวะภายในออก แล้วแยกเอาไปทำความสะอาดต่างหาก

ใช้มีดเลาะเอาขาหลังทั้งสองออกจากซาก โดยปาดตามรอยซากของขอที่ติดกับลำตัว ทำเช่นเดียวกันในกรณีของขาหน้าทั้งสอง ส่วนที่เหลือคือโครงกระดูก ซี่โครง กระดูกสันหลังและสะโพก เลาะเอาเนื้อสันนอกและสันในออก เสร็จแล้วจึงเลาะเอากระดูกซี่โครงออกทีละซี่ โดยไม่ให้มีเนื้อติดไปด้วย ส่วนที่เหลือคือเนื้อพื้นท้อง

ในส่วนของการตัดแต่งเนื้อที่ได้จะดำเนินการที่ตลาดสด ทั้งนี้โดยผู้ตัดแต่งอาศัยความชำนาญเป็นสำคัญ เนื้อที่ได้จึงมีคุณภาพต่ำและไม่สม่ำเสมอ ส่วนใหญ่ไม่สามารถเก็บไว้ได้นานเพราะมีการปนเปื้อนสูงมาก ส่วนการนำเอาไปทำเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ก็เช่นกัน มักจะเป็นสาเหตุให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่สม่ำเสมอ ทั้งนี้เพราะมีการปนเปื้อนสูงนั่นเอง จึงเป็นสาเหตุให้ไม่มีการส่งออกเนื้อสัตว์ได้เลย

## 3.2 ลักษณะสมบัติของวัสดุเศษเหลือจากการฆ่าโค

มวลสารที่นำเข้า
- โค
- น้ำใช้ในกระบวนการผลิต (รวมทั้งน้ำร้อนและน้ำเย็น) และน้ำคลอรีน

มวลสารที่เกิดขึ้น
- ชิ้นส่วนของโค
- น้ำเสียจากกระบวนการผลิต
- ตะกอนส่วนเกินจากระบบบำบัดน้ำเสีย

สำหรับลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากกระบวนการฆ่าและชำแหละโคแบบมาตรฐาน และน้ำทิ้งหลังผ่านการบำบัดแล้วแสดงดังตารางที่ 3-2 ส่วนลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากกระบวนการฆ่าโคในโรงงานขนาดเล็ก และน้ำทิ้งหลังผ่านการบำบัดแล้วแสดงดังตารางที่ 3-3 โดยลักษณะสมบัติของน้ำเสียและน้ำทิ้งที่นำมาพิจารณาประกอบด้วย

- สารประกอบคาร์บอนในรูปของ $BOD_5$ และ COD
- ไขมันและน้ำมัน
- ของแข็งแขวนลอยในรูปของ SS
- สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนและแร่ธาตุในรูปของ TKN
- ฟอสฟอรัสในรูปของ P

**ตารางที่ 3-2** ปริมาณและลักษณะสมบัติน้ำเสียจากกระบวนการฆ่าและชำแหละโคแบบมาตรฐาน

| แหล่งกำเนิดน้ำเสีย | ปริมาณน้ำเสีย | บีโอดี | | ซีโอดี | | ของแข็งแขวนลอย | | ไนโตรเจน | | ฟอสฟอรัส | | ไขมันและน้ำมัน | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (ลบ.ม./ตันโคมีชีวิต) | ก/ล. | กก./ตัน | ก/ล. | กก./ตัน | ก/ล. | กก./ตัน | ก/ล. | กก./ตัน | ก/ล. | กก./ตัน | ก/ล. | กก./ตัน |
| การล้างตัวโค | 0.100 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| การล้างเอาเลือดออก | 0.100 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| การเลาะหนัง | 0.100 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| การล้างซาก | 0.200 | 0.64 | 0.128 | 1.25 | 0.25 | 0.475 | 0.095 | 0.143 | 0.029 | 0.005 | 0.001 | 0.024 | 0.005 |
| การล้างพื้นโรงงาน | 0.300 | - | - | 2.282 | 0.685 | 0.747 | 0.224 | 0.074 | 0.022 | - | - | - | - |
| น้ำเสียรวม | 0.800 | 2.95 | 2.36 | 7.08 | 5.664 | 0.66 | 0.526 | 0.588 | 0.47 | 0.003 | 0.002 | 0.014 | 0.01 |
| น้ำทิ้งหลังผ่านการบำบัด | 0.800 | 0.009 | 0.007 | 0.061 | 0.044 | 0.023 | 0.017 | 0.014 | 0.01 | nil | nil | nil | nil |

**หมายเหตุ** : * ลักษณะสมบัติเป็นผลจากการรวบรวมข้อมูลจาก Oanh, N.T.K.(1991)

| ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย | น้ำเสียรวม (2.8 ลบ.ม./ตันสัตว์มีชีวิต) | | น้ำทิ้งหลังผ่านการบำบัด (2.8 ลบ.ม./ตันสัตว์มีชีวิต) | |
|---|---|---|---|---|
| | ก./ล. | กก./ตัน | ก./ล. | กก./ตัน |
| บีโอดี | 1.17 | 3.54 | 0.04 | 0.12 |
| ซีโอดี | 1.58 | 4.78 | 0.12 | 0.37 |
| ของแข็งแขวนลอย | 0.66 | 2.00 | 0.07 | 0.21 |
| ไนโตรเจน | 0.192 | 0.58 | 0.15 | 0.45 |
| ฟอสฟอรัส | 0.008 | 0.024 | 0.01 | 0.03 |
| ไขมันและน้ำมัน | 0.11 | 0.33 | nil | nil |

# บทที่ 4

# มาตรการป้องกันและควบคุมมลภาวะในกระบวนการผลิต

หลักการของมาตรการป้องกันและควบคุมมลภาวะในกระบวนการผลิต หรือ Process Integrated Pollution Prevention and Control Strategy (IPPCS) คือเพื่อจัดการกระบวนการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลัก 5 ประการ ดังนี้

- คัดเลือกและควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบ
- ปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์
- ควบคุมผลพลอยได้ (by-product) และวัสดุเศษเหลือ (residues) จากการผลิต
- นำผลพลอยได้และวัสดุเศษเหลือจากการผลิตไปใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด
- ลดปริมาณของวัสดุเศษเหลือที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ และหาทางกำจัดอย่างเหมาะสม

ดังนั้นมาตรการป้องกันและควบคุมมลภาวะในกระบวนการผลิต (IPPCS) จึงช่วยให้การใช้ทรัพยากรธรรมชาติเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ลดปัญหาสิ่งแวดล้อม และเป็นประโยชน์ต่อผู้ผลิตทั้งในด้านการเพิ่มผลผลิต การลดพลังงานที่ใช้ในการผลิต และการลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียและวัสดุเศษเหลือต่าง ๆ

ข้อเสนอในการจัดการควบคุมมลภาวะในกระบวนการผลิตของโรงงานฆ่าโคต่อไปนี้เป็นเทคโนโลยีที่ได้มีการนำมาใช้แล้วในต่างประเทศและในบางส่วนก็มีการนำมาใช้แล้วในประเทศไทยด้วย

## 4.1 เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการผลิต

### 4.1.1 <u>การจัดการในฟาร์ม</u>

การคัดเลือกพันธุ์สัตว์ อาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์ การจัดการเลี้ยงดู และสภาพของโรงเรือนที่ดี นอกจากจะช่วยให้ได้ซากสัตว์ที่มีคุณภาพดี ซึ่งหมายถึงซากที่ปริมาณเนื้อสูงและไขมันต่ำ รวมถึงคุณภาพเนื้อและไขมันดีแล้ว ยังเป็นการช่วยลดปริมาณวัสดุเศษเหลือที่ต้องกำจัด และลดปริมาณน้ำใช้ในโรงงานฆ่าสัตว์ด้วย

- **การคัดเลือกพันธุ์สัตว์**

ปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อสัตว์ จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอิทธิพลทางพันธุกรรมของสัตว์เป็นอย่างมาก เช่น โคลูกผสมพันธุ์อเมริกันบราห์มัน เป็นสายพันธุ์ที่มีการสะสมกล้ามเนื้อสูงจะมีปริมาณไขมันแทรกน้อยกว่าโคพันธุ์พื้นเมืองทั่วไป

- **อาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์**

สูตรอาหารที่ขาดความสมดุลย์ทางโภชนะ การใช้ยาปฏิชีวนะ สารเร่งการเจริญเติบโต ฮอร์โมนสังเคราะห์ วัสดุอาหารสัตว์ที่มีการปนเปื้อนสารเคมี เช่น ยาฆ่าแมลง ยาฆ่าเชื้อราจะมีผลต่อการตกค้างของสารดังกล่าวในเนื้อสัตว์

- **การจัดการเลี้ยงดูและสภาพของโรงเรือน**

คอกหรือโรงเรือนต้องสะอาด ไม่ควรให้มีการหมักหมมของปฏิกูล มูลสัตว์จะมีเชื้อโรคที่เป็นสาเหตุทำให้คุณภาพของเนื้อด้อยลง ได้แก่ เชื้อ Salmonella และ Clostridium ซึ่งเชื้อโรคดังกล่าวจะเจริญเติบโตในมูลสัตว์ และติดไปกับผิวหนังสัตว์ การจัดการไม่ดีจะทำให้เกิดการติดเชื้อที่บริเวณแผลบนผิวหนังสัตว์ที่เกิดจากแมลงเจาะดูดเลือดแทงทะลุผ่านผิวหนังเข้าสู่เนื้อสัตว์

- **การให้ยาสัตว์**

สัตว์จะต้องได้รับการฉีดวัคซีนที่จำเป็น เพื่อป้องกันโรคระบาดที่จะเกิดขึ้น การรักษาสัตว์ด้วยการให้กินยาหรือฉีดยาป้องกันต้องคำนึงถึงพิษตกค้างของยาที่ยังเหลืออยู่ในเนื้อเยื่อ การใช้เข็มฉีดยาสัตว์ในระหว่างการรักษาต้องใช้เข็มที่สะอาด เพื่อป้องกันการทำให้เนื้อบริเวณที่เข็มฉีดยาลงไปแข็งเป็นไต หรือบางครั้งอาจติดเชื้อวัณโรคโดยเริ่มจากบริเวณแผลที่เกิดจากเข็มฉีดยา

ในการคัดเลือกสัตว์เข้าสู่โรงงานฆ่าสัตว์ สิ่งที่ต้องควรคำนึงถึง ได้แก่

- อายุและน้ำหนักของสัตว์ที่จะนำไปฆ่า นอกจากจะส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์ซากหรือปริมาณผลิตภัณฑ์ ยังส่งผลต่อคุณภาพเนื้อด้วย สำหรับโคควรมีอายุไม่เกิน 3 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 380-420 กิโลกรัม
- คัดเลือกเฉพาะสัตว์ที่สุขภาพสมบูรณ์แข็งแรง
- ควรทำความสะอาดสัตว์ที่จะถูกนำไปฆ่า เพื่อให้มีเศษดินโคลนปนเปื้อนมาด้วยน้อยที่สุดโดยเฉพาะในฤดูฝน

### 4.1.2 <u>การจับและขนส่งสัตว์เข้าสู่โรงงาน</u>

การขนย้ายหรือขนส่งสัตว์เป็นต้นเหตุสำคัญของความเครียดที่เกิดขึ้นกับสัตว์อันเป็นสภาวะที่ระบบต่าง ๆ ภายในร่างกายเกิดการเปลี่ยนแปลงซึ่งเกิดขึ้นโดยอาศัยการกระตุ้นของฮอร์โมนต่าง ๆ หลายชนิด การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้แก่ การเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ การพยายามระบายความร้อนออกจากร่างกาย เป็นต้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะก่อให้เกิดกระบวนการย่อยสลายในระดับของ

เซลอย่างกะทันหัน เพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงานโดยผ่านกระบวนการไกลโคไลซีส หรือ กระบวนการย่อยสลายไกลโคเจนโดยไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic metabolism) เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งผลที่ได้นอกจากจะได้พลังงานแล้วยังเกิดกรดแลคติคและความร้อน ทำให้เกิดผลเสียต่อคุณภาพเนื้อในเวลาต่อมา

ดังนั้น ข้อควรระวังในการจับและขนส่งสัตว์เข้าสู่โรงงาน ได้แก่

- ต้องไม่กระทำการทารุณหรือทำให้สัตว์บาดเจ็บ การเฆี่ยนตีสัตว์มีผลให้เกิดรอยแผลฟกช้ำ และเกิดจุดเลือดในกล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อไขมันขึ้น นอกจากนี้ การขนย้ายด้วยวิธีทารุณจะทำให้เกิดรอยฟกช้ำบริเวณสะโพกด้านใน จำเป็นต้องตัดเนื้อที่ฟกช้ำนี้ออกซึ่งเป็นการสูญเสียผลิตภัณฑ์ด้วย การบรรทุกสัตว์ต้องไม่แออัดจนเป็นการทรมานสัตว์ ถ้าหากเป็นการเดินทางที่นานกว่า 12 ชั่วโมง จะต้องมีระยะพักระหว่างทางให้สัตว์ได้กินน้ำ และการเคลื่อนย้ายสัตว์จะต้องกระทำเฉพาะในสัตว์ที่มีสุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์
- เขื่อนเทียบสำหรับขนสัตว์ขึ้นหรือลงจากรถบรรทุกควรเอียงทำมุมกับพื้นดินไม่เกิน 30 องศา เนื่องจากเขื่อนเทียบที่มีความชันมากจะยิ่งเร่งอัตราการเต้นของหัวใจ และวัสดุที่ใช้ทำพื้นเขื่อนเทียบจะต้องไม่ง่ายต่อการลื่นไถล
- สภาพถนนจากฟาร์มไปยังโรงงานไม่ควรขรุขระและมีความคดเคี้ยวหรือเป็นทางขึ้นลงเขา นอกจากนี้คนขับรถควรใช้ความเร็วที่สม่ำเสมอและขับรถด้วยความระมัดระวัง
- การขนส่งโดยใช้รถยนต์ควรมีระยะเวลาการเดินทางที่เหมาะสมคือประมาณ 3 ชั่วโมง เนื่องจากสัตว์จะสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่ก่อนที่จะถึงโรงงาน
- การบรรทุกสัตว์ต้องไม่แออัดเบียดเสียดจนเกินไป
- การขนย้ายสัตว์ควรกระทำในเวลาเย็นหรือเดินทางตอนกลางคืน การใช้น้ำเย็นฉีดพ่นลงบนตัวหรือใช้น้ำแข็งโปรยให้ทั่วรถจะช่วยลดความร้อนในตัวสัตว์ลงได้
- การอดอาหารสัตว์ก่อนส่งฆ่าเป็นสิ่งจำเป็น เพราะนอกจากจะช่วยลดความเครียดเนื่องจากความร้อนที่เกิดจากกระบวนการย่อยอาหารแล้ว ยังช่วยลดปริมาณการติดเชื้อจุลินทรีย์ที่มาจากเศษอาหารและอุจจาระในกระเพาะและลำไส้ในขณะทำการผ่าท้องเพื่อเอาเครื่องในออกจากตัว และลดปริมาณวัสดุเศษเหลือที่ต้องกำจัดที่เป็นเศษอาหารในกระเพาะและลำไส้ และอุจจาระในคอกพักสัตว์ นอกจากนี้การอดอาหารสัตว์ก่อนฆ่าจะช่วยทำให้เลือดออกจากตัวสัตว์ได้มาก

ระยะเวลาที่เหมาะสมในการอดอาหารโคจะอยู่ในช่วงระหว่าง 12-16 ชั่วโมง ก่อนการขนส่งสัตว์

### 4.1.3 การป้องกันการสูญเสียผลิตภัณฑ์ในระหว่างการผลิตและการลดปริมาณของเสีย

ดังได้กล่าวแล้วว่าโรงงานฆ่าโค สามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่มตามกระบวนการผลิต คือ กลุ่มที่ 1 เป็นกระบวนการผลิตแบบมาตรฐาน ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตของโรงงานขนาดใหญ่และขนาดกลาง ส่วนกลุ่มที่ 2 เป็นโรงงานที่ฆ่าทั้งสุกร โค และ/หรือกระบือด้วย ในกลุ่มนี้จัดเป็นโรงงานขนาดเล็กและแทบทั้งหมดเป็นโรงงานของหน่วยราชการส่วนท้องถิ่น การนำเสนอแนวทางการป้องกันการสูญเสียผลิตภัณฑ์ระหว่างการผลิต และการลดปริมาณของเสียจึงแบ่งเป็น 2 ส่วนตามประเภทของกระบวนการผลิต ทั้งนี้แนวทางที่นำเสนอสำหรับแต่ละกลุ่มได้พิจารณาถึงประเด็นความเป็นไปได้สูงสุด เพราะมาตรฐานทั้งด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์และการสุขอนามัยในกระบวนการผลิตของโรงงานทั้ง 2 กลุ่มที่เป็นอยู่ในปัจจุบันยังมีความแตกต่างกันสูงมาก

#### 4.1.3.1 การควบคุมกระบวนการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ

**1) โรงงานขนาดใหญ่และขนาดกลาง**

*1) การจัดการวัตถุดิบ* :

- สัตว์ที่จะนำมาฆ่าจะต้องได้รับการตรวจรับรองจากสัตวแพทย์แล้ว
- ทางเข้า-ออกของรถบรรทุกที่ขนส่งสัตว์สู่บริเวณพักสัตว์ในโรงงานไม่ควรเป็นเส้นเดียวกัน เพื่อลดการปนเปื้อน (cross-contamination)
- สัตว์ที่จะถูกฆ่าจะต้องมีเวลาพักผ่อนภายหลังการขนส่งอย่างน้อย 2 ชั่วโมง ก่อนนำไปฆ่า เพื่อลดปริมาณกรดแลคติคในกล้ามเนื้อสัตว์
- สัตว์ที่จะถูกฆ่าจะต้องถูกอดอาหารตลอดเวลาที่อยู่ในคอกพักสัตว์ และควรจัดทำตารางเวลาการขนส่งสัตว์เข้าสู่โรงงานที่สอดคล้องกับกระบวนการผลิตในโรงงาน เพื่อไม่ให้มีการพักสัตว์นานเกินไป
- คอกพักสัตว์ที่จัดเตรียมไว้ให้สัตว์พักผ่อนก่อนนำไปฆ่าควรมีอากาศถ่ายเทสะดวก และจัดน้ำให้สัตว์ได้ดื่มกินเต็มที่และตลอดเวลา
- การอาบน้ำสัตว์ภายในคอกพักจะทำให้ได้เนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพดี

*2) การทำให้สัตว์สลบ* :

- การใช้เครื่องยิงสัตว์สลบเป็นวิธีที่เหมาะสำหรับการฆ่าโค โดยจ่อยิงเข้าที่บริเวณกลางหน้าผาก ทำให้แท่งเหล็กพุ่งทะลุเข้าไปในสมอง ทำให้สัตว์สลบ
- ตรวจสอบให้สัตว์สลบก่อนเชือด เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ (ดิ้น) ของสัตว์ซึ่งทำให้เลือดหกในบริเวณอื่น และติดอยู่ตามขนมาก เป็นการเพิ่ม

ความสกปรกในน้ำเสีย ขณะเดียวกันการที่สัตว์สลบก่อนเชือด ยังทำให้สามารถรวบรวมเลือดที่เป็นวัสดุเศษเหลือที่บริโภคได้มากขึ้นด้วย

3) *การเชือดคอหรือแทงคอเพื่อเอาเลือดออก* :

- การเชือดคอหรือแทงคอสัตว์จะต้องทำในตำแหน่งที่ถูกต้อง เพื่อตัดเส้นเลือดใหญ่ให้เลือดไหลออกมาอย่างแรงและระมัดระวังไม่ให้บาดแผลที่เกิดกว้างมาก เพราะจะทำให้จุลินทรีย์ที่ติดอยู่ตามผิวหนังและน้ำที่ใช้ลวกซากเข้าสู่เนื้อเยื่อต่าง ๆ ทำให้เนื้อสัตว์เน่าเสียเร็ว
- ทิ้งระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อให้เลือดไหลออกจนหมด เลือดที่รวบรวมได้เป็นวัสดุเศษเหลือที่บริโภคได้หรือจำหน่ายสู่โรงงานผลิตอาหารสัตว์

4) *การเลาะหนังโค* :

- ขณะเลาะหนังสัตว์ควรจะแขวนอยู่ด้วยตะขอแขวนซาก การเลาะหนังต้องระวังอย่าใช้มือข้างที่จับหนังด้านนอกเข้าไปสัมผัสถูกซากบริเวณที่เลาะหนังออกแล้ว เพื่อป้องกันการปนเปื้อน
- มีดที่ใช้ควรเป็นมีดเลาะหนัง และขณะปาดเลาะควรปาดเป็นรอยยาวและแรงกดสม่ำเสมอ ระวังอย่าให้คมมีดปาดทะลุหนัง เพราะจะทำให้หนังมีตำหนิ

5) *การแยกเครื่องในและการล้างซาก* :

- การแยก การล้าง และการผลิตที่เกี่ยวกับเครื่องใน ควรแยกบริเวณออกจากการล้างและการผลิตซากเพื่อป้องกันการปนเปื้อน
- การใช้มีดกรีด และการล้วงเอาเครื่องในออกจากซากต้องทำด้วยความระมัดระวังไม่ให้เครื่องใน เช่น กระเพาะและลำไส้แตกเพราะจุลินทรีย์จะแพร่กระจายเข้าสู่เนื้อเยื่อส่วนอื่น ๆ
- ควรใช้เครื่องฉีดพ่นน้ำแบบฝอย ( spray) ที่มีแรงดันสูง (ประมาณ 4-5 บาร์) สำหรับล้างทำความสะอาดซาก

6) *การลดอุณหภูมิซาก* :

- ควบคุมให้มีการแช่ซากสัตว์ในห้องเย็นอุณหภูมิ 3-5 องศาเซลเซียส นานอย่างน้อย 24 ชั่วโมงเพื่อลดปริมาณการกระจายของเชื้อจุลินทรีย์ในเนื้อ และลดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำในเนื้อ (drip losses)

7) *การชำแหละ* :

- ทำความสะอาดอุปกรณ์ที่ใช้ในการชำแหละ เช่น มีด และเขียงอย่างสม่ำเสมอ

- ควบคุมความสะอาดของพนักงานในส่วนที่ต้องสัมผัสกับตัวสัตว์

*8)* *ตรวจสอบคุณภาพของผลผลิตอย่างสม่ำเสมอ* :

**2) โรงงานขนาดเล็ก**

*1)* *การจัดการวัตถุดิบ* :

- จัดให้สัตว์ได้พักอย่างน้อย 2 ชั่วโมงก่อนเข้าสู่กระบวนการฆ่า เพื่อลดปริมาณกรดแลคติคในกล้ามเนื้อสัตว์
- คอกพักสัตว์จะต้องสะอาดและจัดน้ำให้สัตว์ได้ดื่มตลอดเวลาเพื่อลดความเครียด
- ทำความสะอาดสัตว์โดยการใช้น้ำฉีดล้าง เพื่อลดปริมาณสิ่งสกปรกและเชื้อจุลินทรีย์ที่ติดมากับสัตว์

*2.* *การทำให้สัตว์สลบ* :

- ควรจะมีการทำให้สัตว์สลบก่อนการฆ่า เพื่อทำให้คุณภาพของเนื้อสัตว์ดีขึ้น

*3)* *การเชือดคอหรือแทงคอ* :

- บริเวณรองรับเลือดที่ไหลออกจากตัวสัตว์ควรจัดให้มีผนังที่สูงและส่วนที่เป็นพื้นควรแคบและจำกัด
- สัตว์ที่ฆ่าแล้วไม่ควรให้สัมผัสกับพื้นอีกต่อไป เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกและเชื้อจุลินทรีย์จากพื้น

*4)* *การเลาะหนังโคและกระบือ* :

- ขณะเลาะหนังสัตว์ควรจะวางอยู่บนพื้นที่สะอาด
- ปรับปรุงเทคนิคในการเลาะหนัง เพื่อลดการสูญเสียหรือมีตำหนิ
- ภาชนะหรืออุปกรณ์ที่ใช้ต้องสะอาด

*5)* *การแยกเครื่องในและการล้างซาก* :

- การแยก การล้าง และการผลิตที่เกี่ยวกับเครื่องในควรแยกบริเวณออกจากการล้างและการผลิตซากเพื่อป้องกันการปนเปื้อน
- การใช้มีดกรีด และการล้วงเอาเครื่องในออกจากซาก ต้องทำด้วยความระมัดระวังไม่ให้เครื่องใน เช่น กระเพาะและลำไส้แตก เพราะจุลินทรีย์จะแพร่กระจายเข้าสู่เนื้อเยื่อส่วนอื่น ๆ
- ควรใช้เครื่องฉีดพ่นน้ำเป็นฝอย (spray) ที่มีแรงดันสูง (ประมาณ 4-5 บาร์) สำหรับล้างทำความสะอาดซาก

*6)* *<u>การลดอุณหภูมิซาก</u>* :

- ควรจัดให้มีการลดอุณหภูมิซากก่อนส่งจำหน่าย

*7)* *<u>การชำแหละ</u>* :

- บริเวณชำแหละควรแยกส่วนออกจากกระบวนการผลิตอื่น ๆ เช่น จัดให้มีผนังกั้น

*8)* *<u>ตรวจสอบคุณภาพของผลผลิตอย่างสม่ำเสมอ</u>* :

- อย่างน้อยควรตรวจสอบลักษณะของผลิตภัณฑ์ภายนอกที่สังเกตเห็น เช่น ไม่มีบาดแผล เนื้อที่ช้ำหรือมีจุดเลือดที่เนื้อหรือไขมัน

สำหรับข้อสรุปของแนวทางการควบคุมกระบวนการผลิต เพื่อป้องกันการสูญเสียผลิตภัณฑ์และการลดปริมาณของเสียแสดงดังตารางที่ 4-1

**4.1.3.2 <u>การปรับปรุงกระบวนการผลิต</u>**

**1) <u>โรงงานขนาดใหญ่และขนาดกลาง</u>**

- การเคลื่อนย้ายของวัตถุดิบผ่านเข้าสู่กระบวนการผลิตขั้นตอนต่าง ๆ จนเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายควรเป็นไปในทิศทางเดียว เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ เช่น วัตถุดิบจะถูกขนส่งเข้าโรงงานทางประตูด้านหนึ่ง ส่วนผลิตภัณฑ์จะถูกขนส่งออกทางประตูอีกด้านหนึ่งของโรงงาน เป็นต้น
- ในแต่ละขั้นตอนของการผลิตควรมีการจัดแบ่งบริเวณที่ชัดเจน เช่น มีผนังกั้นเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์จากขั้นตอนหนึ่งไปยังอีกขั้นตอนหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการชำแหละซาก ควรแยกออกจากบริเวณที่เป็นการฆ่าและบริเวณรับวัตถุดิบ
- สัตว์ที่ฆ่าแล้วควรแขวนซากไว้บนรางแขวนและไม่ควรให้สัมผัสกับพื้นอีกต่อไป เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกและเชื้อจุลินทรีย์จากพื้น
- ควรมีการตรวจสุขภาพพนักงานที่ปฏิบัติหน้าที่ในกระบวนการผลิตและจัดให้มีการฝึกอบรมเกี่ยวกับสุขอนามัยของกระบวนการผลิตอาหาร
- ปรับปรุงตัวอาคารของโรงงานที่ใช้เป็นพื้นที่การผลิตให้ สามารถป้องกันนก หนู แมลง และสัตว์ต่าง ๆ ไม่ให้เข้าไปในกระบวนการผลิตได้

**ตารางที่ 4-1** แนวทางการควบคุมกระบวนการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อลดปริมาณของเสีย

| ขั้นตอนการผลิต | โรงงานขนาดกลางและขนาดใหญ่ | โรงงานขนาดเล็ก |
|---|---|---|
| 1. การจัดการวัตถุดิบ | - สัตว์จะต้องผ่านการตรวจรับรองจากสัตว์แพทย์<br>- ทางเข้า-ออกของรถบรรทุกขนส่งสัตว์จะต้องไม่เป็นเส้นทางเดียวกัน เพื่อลด cross-contamination<br>- บริเวณพักสัตว์ควรมีพัดลมระบายอากาศและควบคุมความชื้นสัมพันธ์ในอากาศไม่ให้มากกว่า 70%<br>- จัดทำตารางเวลาขนส่งสัตว์เข้าโรงงานให้สอดคล้องกับ production line เพื่อลดปริมาณมูลสัตว์ในบริเวณพักสัตว์ | - บริเวณพักสัตว์ต้องแยกออกจากบริเวณฆ่าและชำแหละและมีหลังคาคลุมรวมทั้งพัดลมช่วยระบายอากาศ<br>- สัตว์จะต้องถูกอดอาหารตลอดเวลาที่อยู่ในบริเวณพักสัตว์ |
| 2. การทำให้สัตว์สลบ | - การยิงด้วยแท่งเหล็กบริเวณกลางหน้าผาก ทำให้แท่งเหล็กพุ่งทะลุเข้าไปในสมอง เป็นวิธีที่เหมาะสมในการทำให้โคและกระบือสลบ<br>- ตรวจสอบให้สัตว์สลบก่อนเชือด เพื่อป้องกันการดิ้นของสัตว์ ซึ่งจะทำให้เลือดหกในบริเวณอื่น หรือติดอยู่ตามขนมาก | - ควรมีขั้นตอนที่ทำให้สัตว์สลบก่อนฆ่า เพื่อลดปริมาณเลือดที่หกลงพื้นและทำให้คุณภาพเนื้อดีขึ้น |
| 3. การเชือดคอหรือแทงคอเพื่อเอาเลือดออก | - บริเวณรองรับเลือดที่ไหลออกจากตัวสัตว์ควรทำเป็นผนังสูงและพื้นแคบ<br>- การเชือดคอหรือแทงคอ ต้องไม่ให้บาดแผลกว้างมาก เพื่อลดโอกาสที่จุลินทรีย์เข้าสู่เนื้อเยื่อต่าง ๆ<br>- ทิ้งระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อให้เลือดไหลออกหมด สำหรับโคต้องไม่ต่ำกว่า 5 นาที | - บริเวณรองรับเลือดที่ไหลออกจากตัวสัตว์ควรทำเป็นผนังสูงและพื้นแคบ<br>- สัตว์ที่ฆ่าแล้วไม่ควรให้สัมผัสพื้นอีกต่อไป เพื่อป้องกันการปนเปื้อน |
| 4. การเลาะหนังโค | - มีดที่ใช้ควรเป็นมีดเลาะหนัง และระวังอย่าให้คมมีดปากทะลุหนัง<br>- ขณะเลาะหนังระวังอย่าใช้มือที่จับหนังด้านนอกเข้าไปสัมผัสซากบริเวณที่เลาะหนังออกแล้ว | - ขณะเลาะหนัง สัตว์ควรวางอยู่บนพื้นที่สะอาด<br>- ควบคุมความสะอาดของอุปกรณ์ที่ใช้<br>- ปรับปรุงเทคนิคการเลาะหนัง เพื่อลดการสูญเสีย |

**ตารางที่ 4-1** (ต่อ)

| ขั้นตอนการผลิต | โรงงานขนาดกลางและขนาดใหญ่ | โรงงานขนาดเล็ก |
|---|---|---|
| 5. การแยกเครื่องในและการล้างซาก | - การแยกเครื่องในออกจากซาก ต้องระวังไม่ให้เครื่องในแตก<br>- แยกบริเวณล้างเครื่องในออกจากบริเวณผลิตซาก<br>- ควรใช้เครื่องฉีดพ่นน้ำแบบ spray ที่มีแรงดันสูง (ประมาณ 4-5 บาร์) สำหรับล้างทำความสะอาดซาก (งานวิจัยต่างประเทศพบว่าสามารถลดปริมาณน้ำใช้ส่วนนี้ได้ถึง 33%) | - เช่นเดียวกับโรงงานขนาดกลางและใหญ่ |
| 6. การลดอุณหภูมิซาก | - ควบคุมให้มีการแช่ซากโคในห้องเย็น อุณหภูมิ 3-5 $^{O}$C นานอย่างน้อย 24 ชั่วโมง | - ควรจัดให้มีการลดอุณหภูมิซากก่อนส่งจำหน่ายอย่างน้อยควรเป็นการแช่เย็นผลิตภัณฑ์ในตู้เย็นหรือในน้ำแข็ง |
| 7. การชำแหละ | - ทำความสะอาดอุปกรณ์ที่ใช้ในการชำแหละ<br>- ควบคุมความสะอาดของพนักงานในส่วนที่ต้องสัมผัสกับตัวสัตว์ | - ควรแยกบริเวณชำแหละออกจากกระบวนการผลิตอื่น ๆ เช่น จัดให้มีผนังกั้น |
| 8. การล้างทำความสะอาดพื้นโรงงาน | - ควรใช้เครื่องฉีดพ่นน้ำแบบ spray ที่มีแรงดันสูง | - ควรใช้เครื่องฉีดพ่นน้ำแบบ spray ที่มีแรงดันสูง หรืออย่างน้อยใช้สายยางขนาดเล็กและเพิ่มแรงดันของน้ำ |
| 9. การตรวจสอบคุณภาพของผลผลิต | - ควรตรวจสอบคุณภาพของผลผลิตอย่างน้อยตามข้อกำหนดของกรมปศุสัตว์อย่างสม่ำเสมอ | - ควรตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ภายนอกที่สังเกตได้ เช่น ไม่มีบาดแผล เนื้อที่ช้ำ หรือมีจุดเลือดที่เนื้อหรือไขมัน |

- เปลี่ยนอุปกรณ์ที่ฉีดล้างซาก การล้างทำความสะอาดพื้นโรงงานและอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมทั้งการล้างมือพนักงานจากก๊อกน้ำธรรมดาเป็นการเพิ่มแรงดันน้ำ และใช้หัวฉีดแบบพ่นเป็นฝอย (spray) เพื่อลดปริมาณน้ำใช้ (การคำนวณความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์แสดงในภาคผนวก ช.)
- หาแนวทางในการนำวัสดุเศษเหลือ ไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดและลดปัญหาทางด้านมลภาวะ ตลอดจนปรับปรุงหรือหาวิธีการบำบัดน้ำเสียและวัสดุเศษเหลือที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

**2) <u>โรงงานขนาดเล็ก</u>**

- ควรจัดแบ่งพื้นที่ที่ใช้ในกระบวนการผลิตให้ชัดเจน เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์จากขั้นตอนหนึ่งไปยังอีกขั้นตอนหนึ่ง โดยจัดทำผนังกั้นแบ่งพื้นที่เป็นบริเวณต่าง ๆ ได้แก่ บริเวณรับวัตถุดิบ บริเวณที่ใช้ในกระบวนการฆ่า และบริเวณที่เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ก่อนส่งจำหน่าย
- จัดให้มีการทำความสะอาดและ/หรือฆ่าเชื้อบริเวณต่าง ๆ พร้อมทั้งอุปกรณ์เครื่องใช้อย่างสม่ำเสมอ อาจจะจัดทำตามระยะเวลาหรือปริมาณการผลิต และเมื่อสิ้นสุดการปฏิบัติงานในแต่ละวัน
- จัดแยกอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ที่ใช้เฉพาะพื้นที่ปฏิบัติงานหนึ่ง ๆ เช่น ไม่ควรนำเครื่องมือเครื่องใช้ในกระบวนการฆ่ามาใช้ในการชำแหละซาก เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของ ผลิตภัณฑ์
- ซากของสัตว์ที่ฆ่าแล้วจะต้องเข้าสู่กระบวนการผลิตที่มีความระมัด-ระวังในเรื่องของความสะอาด โดยซากจะต้องสัมผัสกับพื้นหรือภาชนะที่สะอาดเท่านั้น พื้นที่ใช้ควรจะยกสูงจากพื้นปกติหรืออาจจะเป็นโต๊ะที่จัดไว้โดยเฉพาะ ตลอดจนน้ำที่ใช้ล้างซากจะต้องเป็นน้ำที่สะอาด
- ควรจัดให้มีการฝึกอบรมพนักงานที่ปฏิบัติหน้าที่ในโรงฆ่าสัตว์ขนาดฆ่าสัตว์ขนาดเล็กเกี่ยวกับหลักปฏิบัติและเทคนิคที่ถูกต้องในกระบวนการผลิตเพื่อลดการสูญเสียในการผลิต และเป็นการเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้อาจมีการแนะนำเกี่ยวกับเทคนิคที่ทันสมัย ซึ่ง

อาจจะนำมาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วย (ดูจากกรณีโรงงานขนาดใหญ่และขนาดกลาง)

- ควรจัดให้มีการตรวจสุขภาพพนักงานที่ปฏิบัติหน้าที่ในกระบวนการผลิต และจัดให้มีการฝึกอบรมเกี่ยวกับเรื่องสุขอนามัยของกระบวนการผลิตอาหาร
- ควรจัดให้มีการจัดเก็บวัสดุเศษเหลือ ผลิตภัณฑ์ที่ปนเปื้อนและของเสียต่าง ๆ ที่ไม่สามารถนำมาใช้เป็นอาหารได้ลงในภาชนะที่มีฝาปิดมิดชิด ซึ่งจัดเตรียมไว้โดยเฉพาะแยกออกจากกระบวนการผลิต เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์
- ควรจัดให้มีการเก็บและถนอมรักษาผลิตภัณฑ์อย่างถูกต้องเช่น จัดให้มีการแช่เย็นผลิตภัณฑ์ในห้อง/ตู้เย็นหรือในน้ำแข็ง เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เน่าเสียเร็วก่อนถึงมือผู้บริโภค

สำหรับข้อสรุปของแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณของเสียสำหรับโรงงานขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก แสดงดังตารางที่ 4-2

#### 4.1.3.3 <u>การลดปริมาณน้ำเสีย</u>

วิธีการที่สามารถช่วยลดปริมาณน้ำเสียซึ่งจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดเพื่อลดความสกปรกที่ปนเปื้อนในน้ำเสียให้ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งของทางราชการก่อนระบายออกสู่แหล่งรองรับนั้น ที่สำคัญที่สุด คือ การลดปริมาณน้ำใช้ในกระบวนการผลิต และการนำน้ำทิ้งจากแต่ละขั้นตอนกลับมาใช้ใหม่ โดยข้อพิจารณาในการลดปริมาณน้ำเสียภายในโรงงานฆ่าสัตว์ มีดังนี้

1) มีผลดีในด้านการประหยัดทรัพยากรน้ำ และลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย
2) การลดปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตบางขั้นตอนจะต้องไม่ต่ำกว่ามาตรฐานที่กรมปศุสัตว์กำหนด (ภาคผนวก ก.)
3) กรณีของการนำน้ำทิ้งจากแต่ละขั้นตอนการผลิตกลับมาใช้ใหม่ มีข้อจำกัด ดังนี้

**ตารางที่ 4-2** สรุปแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดของเสียสำหรับโรงงานขนาดกลาง-ใหญ่ และขนาดเล็ก

| ขั้นตอนการผลิต | โรงงานขนาดกลางและขนาดใหญ่ | โรงงานขนาดเล็ก |
|---|---|---|
| 1. การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ | - เปลี่ยนอุปกรณ์ที่ฉีดล้างซาก การล้างทำความสะอาดพื้นโรงงานและอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมทั้งการล้างมือพนักงานจากก๊อกน้ำธรรมดาเป็นการเพิ่มแรงดันน้ำ และใช้หัวฉีดแบบพ่นเป็นฝอย (spray) เพื่อลดปริมาณน้ำใช้ | การฉีดล้างซาก และทำความสะอาดพื้นโรงงาน อย่างน้อยควรใช้สายยางที่มีขนาดเล็ก และเพิ่มแรงดันน้ำ |
| 2. การปรับปรุงวิธีการดำเนินงาน | - การเคลื่อนย้ายของวัตถุดิบผ่านเข้าสู่กระบวนการผลิตขั้นตอนต่าง ๆ จนเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย ควรเป็นไปในทิศทางเดียว เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ เช่น วัตถุดิบจะถูกขนส่งเข้าโรงงานทางประตูด้านหนึ่ง ส่วนผลิตภัณฑ์จะถูกขนส่งออกทางประตูอีกด้านหนึ่งของโรงงาน เป็นต้น<br>- ในแต่ละขั้นตอนของการผลิตควรมีการจัดแบ่งบริเวณที่ชัดเจน เช่น มีผนังกั้นเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์จากขั้นตอนหนึ่งไปยังอีกขั้นตอนหนึ่งไปยังอีกขั้นตอนหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการชำแหละซาก ควรแยกออกจากบริเวณที่เป็นการฆ่าและบริเวณรับวัตถุดิบ<br>- สัตว์ที่ฆ่าแล้วควรแขวนซากไว้บนรางแขวน และไม่ควรให้สัมผัสกับพื้นอีกต่อไป เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรก และเชื้อจุลินทรีย์จากพื้น<br>- ควรมีการตรวจสุขภาพพนักงานที่ปฏิบัติหน้าที่ในกระบวนการผลิตและจัดให้มีการฝึกอบรมเกี่ยวกับสุขอนามัยของกระบวนการผลิตอาหาร<br>- ปรับปรุงตัวอาคารของโรงงานที่ใช้เป็นพื้นที่การผลิตให้สามารถป้องกันหนู แมลง และสัตว์ต่าง ๆ ไม่ให้เข้าไปในกระบวนการผลิตได้ | - ควรจัดแบ่งพื้นที่ที่ใช้ในกระบวนการผลิตให้ชัดเจน เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์จากขั้นตอนหนึ่งไปยังอีกขั้นตอนหนึ่งโดยจัดทำผนังกั้นแบ่งพื้นที่เป็นบริเวณต่าง ๆ ได้แก่ บริเวณรับวัตถุดิบ บริเวณที่ใช้ในการฆ่า และบริเวณที่เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ก่อนส่งจำหน่าย<br>- จัดให้มีการทำความสะอาดหรือฆ่าเชื้อบริเวณต่าง ๆ พร้อมทั้งอุปกรณ์เครื่องใช้อย่างสม่ำเสมอ อาจจะจัดทำตามระยะเวลาหรือปริมาณการผลิตและเมื่อสิ้นสุดการปฏิบัติงานในแต่ละวัน<br>- ควรจัดแยกอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ที่ใช้เฉพาะพื้นที่ปฏิบัติงานหนึ่ง ๆ<br>- ซากของสัตว์ที่ฆ่าแล้วจะต้องเข้าสู่กระบวนการผลิตที่มีความระมัดระวังในเรื่องความสะอาด โดยซากจะต้องสัมผัสกับพื้นหรือภาชนะที่สะอาดเท่านั้น พื้นที่ใช้ควรจะยกสูงจากพื้นปกติ หรืออาจเป็นโต๊ะที่จัดไว้โดยเฉพาะ ตลอดจนน้ำที่ใช้ล้างซากจะต้องเป็นน้ำที่สะอาด |

**ตารางที่ 4-2** (ต่อ)

| ขั้นตอนการผลิต | โรงงานขนาดกลางและขนาดใหญ่ | โรงงานขนาดเล็ก |
|---|---|---|
| | - หาแนวทางในการนำวัสดุเศษเหลือไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และลดปัญหาทางด้านมลภาวะ ตลอดจนปรับปรุงหรือหาวิธีการบำบัดน้ำเสียและวัสดุเศษเหลือที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ | - จัดให้มีการฝึกอบรมพนักงานที่ปฏิบัติหน้าที่ในโรงงานเกี่ยวกับหลักปฏิบัติและเทคนิคที่ถูกต้องในกระบวนการผลิต เพื่อลดการสูญเสียในการผลิต และเป็นการเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้อาจมีการแนะนำเกี่ยวกับเทคนิคที่ทันสมัย ซึ่งอาจจะนำมาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วย (ดูจากกรณีโรงงานขนาดใหญ่และขนาดกลาง)<br>- จัดให้มีการตรวจสุขภาพพนักงานที่ปฏิบัติหน้าที่ในกระบวนการผลิต และจัดให้มีการฝึกอบรมเกี่ยวกับเรื่องสุขอนามัยของกระบวนการผลิตอาหาร<br>- จัดให้มีการจัดเก็บวัสดุเศษเหนือ ผลิตภัณฑ์ที่ปนเปื้อนและของเสียต่าง ๆ ที่ไม่สามารถนำมาใช้เป็นอาหารได้ ลงในภาชนะที่มีฝาปิดมิดชิด ซึ่งจัดเตรียมไว้โดยเฉพาะ แยกออกจากกระบวนการผลิต เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์<br>- ควรจัดให้มีการเก็บและถนอมรักษาผลิตภัณฑ์ในห้อง/ตู้เย็นหรือในน้ำแข็ง เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เน่าเสียเร็วก่อนถึงมือผู้บริโภค |

+ เพิ่มการสะสมของสารละลายหรือเกลือในน้ำใช้มากขึ้น
+ เพิ่มการกัดกร่อนของระบบท่อส่งน้ำในกระบวนการผลิต
+ เป็นการสะสมของสารต่าง ๆ ที่อาจเป็นอันตรายต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีววิธี
+ เป็นการเพิ่มโอกาสที่จุลินทรีย์และสิ่งสกปรกจะเข้าไปปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งประเด็นนี้เป็นข้อจำกัดที่สำคัญที่สุดที่ทำให้การลดปริมาณน้ำเสียด้วยการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในโรงงานฆ่าสัตว์มีความเป็นไปได้น้อยมาก และหากนำมาใช้ต้องคำนึงถึงการปนเปื้อนกับผลิตภัณฑ์อย่างมาก

แนวทางที่เป็นไปได้มากที่สุดในการลดปริมาณน้ำเสียสำหรับโรงงานฆ่าสัตว์จะเป็นการพยายามลดปริมาณน้ำใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งในหลายแนวทางที่จะนำเสนอต่อไปนี้มีการนำมาใช้แล้วในต่างประเทศ ส่วนแนวคิดของการนำน้ำทิ้งจากแต่ละขั้นตอนกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตยังไม่ได้รับการยืนยันจากกระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกา (United States Department of Agriculture ; USDA) แต่ก็เป็นแนวทางที่มีความเป็นไปได้มากที่สุด

**1) <u>โรงงานขนาดใหญ่และขนาดกลาง</u>**

*1) <u>บริเวณรับสัตว์หรือคอกพักสัตว์</u>* :

- ควรทำความสะอาดบริเวณรับสัตว์หรือคอกพักสัตว์โดยวิธีแห้ง เช่น การตัก ขัดถู ขูดหรือกวาดเพื่อรวบรวมของเสียที่เป็นของแข็งก่อน แล้วจึงใช้น้ำล้างเป็นครั้งสุดท้ายจะทำให้ลดปริมาณน้ำใช้ลงได้อย่างมาก
- การล้างบริเวณรับสัตว์หรือคอกพักสัตว์ด้วยน้ำที่มีแรงดันสูงและเป็นแบบฉีดพ่นเป็นฝอยจะทำให้ปริมาณน้ำใช้ลดลง
- ควรวางแผนการขนส่งสัตว์เข้าโรงงานให้สอดคล้องกับสายการผลิต (production line) ภายในโรงงานเพื่อลดระยะเวลาการพักสัตว์ก่อนนำเข้ากระบวนการผลิต
- การล้างคอกพักสัตว์ภายหลังนำสัตว์ออกแล้ว ควรแบ่งการทำความสะอาดเป็น 3 ขั้นตอน โดยขั้นแรกล้างโดยใช้น้ำทิ้งจากการผลิต เช่น น้ำล้างซาก ขั้นสองล้างภายใต้แรงดันด้วยน้ำยาทำความสะอาดที่หมุนเวียนกลับมาใช้ และขั้นตอนสุดท้ายล้างด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ

*2) <u>การฆ่าและการรองรับเลือด</u>* :

- พื้นและผนังของบริเวณรองรับเลือดที่แคบและจำกัดจะทำให้ปริมาณน้ำใช้ทำความสะอาดลดลงกว่าพื้นและผนังที่กว้าง

*3)* *<u>การแยกเครื่องในและการล้างซาก</u>* :

- การนำน้ำทิ้งจากการแยกเครื่องในไปผ่านตะแกรงกรอง เพื่อแยกของแข็งแขวนลอยออกแล้วนำกลับไปใช้ในการพาเครื่องในอีกครั้งจะช่วยลดปริมาณน้ำใช้ลงได้ แต่การพาเครื่องในและอวัยวะของสัตว์ไปยังบริเวณทำความสะอาดเครื่องในและอวัยวะโดยใช้วิธีแห้ง เช่น ระบบ vacuum อัตโนมัติจะช่วยลดทั้งปริมาณและความสกปรกในน้ำเสีย
- น้ำทิ้งจากการล้างกระเพาะอาหารและจากการล้างอวัยวะ รวมทั้งน้ำทิ้งจากการล้างมือพนักงานในส่วนนี้จะมีแบคทีเรียมากจึงไม่เหมาะสมที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตในขั้นตอนที่สัมผัสกับสัตว์
- การปรับปรุงรูปแบบของหัวฉีดน้ำแบบพ่นฝอยและการใช้น้ำที่มีแรงดันที่เหมาะสมสามารถลดปริมาณน้ำใช้ในการล้างซาก (inside-outside washing) ได้ถึง 33% และลดน้ำใช้ล้างมือพนักงานในห้องแยกเครื่องในได้ 65% (Harold R.Jones,1974)
- การติดตั้งหัวฉีดน้ำแบบพ่นเป็นฝอย (spray) และเครื่องควบคุมการปิด-เปิดน้ำอัตโนมัติ เช่น Solenoid Valves สามารถลดปริมาณน้ำใช้ในการล้างเครื่องในสัตว์เหลือ 19 ลิตร/นาที ซึ่งเป็นปริมาณที่เพียงพอสำหรับการทำความสะอาด
- น้ำใช้ในการล้างซากต้องเป็นน้ำสะอาดและน้ำทิ้งจากส่วนนี้สามารถนำไปใช้ในการทำความสะอาดคอกพักสัตว์ได้

*4)* *<u>การทำความสะอาดโรงงาน</u>* :

- ก่อนการทำความสะอาดโดยใช้น้ำล้าง ควรเก็บกวาดวัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็งแบบแห้งบนโต๊ะและพื้นเพื่อรวบรวมนำไปแปรรูปต่อหรือส่งขายโรงงานผลิตอาหารสัตว์ได้
- ควรลดอุณหภูมิน้ำใช้ในการทำความสะอาดโรงงานให้ต่ำกว่า 49 $^{0}$ซ และติดตั้งหัวฉีดน้ำแบบพ่นเป็นฝอย (spray) ในสายยางที่ใช้ฉีดล้าง พร้อมทั้งติดเครื่องปิด-เปิดสวิทช์อัตโนมัติเพื่อควบคุมการใช้น้ำ

**2)** **<u>โรงงานขนาดเล็ก</u>**

ถึงแม้ว่าปริมาณการใช้น้ำในโรงงานขนาดเล็กจะไม่แตกต่างจากการใช้น้ำในโรงงานขนาดใหญ่ แต่พบว่า การใช้น้ำเป็นไปอย่างไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร เช่น การล้างทำความสะอาดพื้นโรงงาน และการใช้น้ำเพื่อทำความสะอาดซากจะเปิดน้ำทิ้งไว้เป็นระยะเวลานานแต่ไม่สามารถทำความสะอาดได้ทั้งหมด รวมทั้งยังไม่มีการใช้น้ำในการทำความสะอาดตัวสัตว์ก่อนการฆ่าด้วย

ดังนั้น โรงงานขนาดเล็กจึงควรมุ่งปรับปรุงการใช้น้ำให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยอย่างน้อยเป็นการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในโรงงานในด้านสุขอนามัยของกระบวนการผลิต และขั้นตอนที่มีความจำเป็นต้องใช้น้ำในการทำความสะอาด เป็นต้น

สำหรับข้อสรุปของแนวทางการลดปริมาณน้ำเสียสำหรับโรงงานขนาดใหญ่ ขนาดกลางและขนาดเล็ก แสดงดังตารางที่ 4-3

## 4.2 การใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือของโรงงานฆ่าโค

### 4.2.1 การจัดการวัสดุเศษเหลือจากกระบวนการผลิตเพื่อนำไปใช้ประโยชน์

จากกระบวนการฆ่าสุกรที่นำเสนอในบทที่ 3 นั้น จะมีวัสดุเศษเหลือทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลวที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆได้หากมีการจัดการที่เหมาะสม ซึ่งต้องเริ่มตั้งแต่การเก็บรวบรวม การขนส่ง และการแปรรูปก่อนนำไปใช้ประโยชน์ สำหรับในหัวข้อนี้จะได้กล่าวถึงวิธีการจัดการวัสดุเศษเหลือของโรงงานฆ่าสัตว์ที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน และสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งเสนอแนวทางการปรับปรุงรูปแบบการจัดการวัสดุเศษเหลือที่ควรจะเป็นสำหรับโรงงานฆ่าสัตว์แต่ละประเภท โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4-4

ในส่วนของมาตรการการเก็บรวบรวม และการขนส่งวัสดุเศษเหลือเพื่อนำไปแปรรูปหรือนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ มีหลักการดังนี้

1) ทำการแยกวัสดุเศษเหลือออกจากกระบวนการผลิต และใส่ลงในภาชนะที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของของเหลวได้และมีฝาปิดมิดชิด ทำด้วยวัสดุที่สามารถทำความสะอาดและฆ่าเชื้อได้ง่าย เช่น ถังพลาสติก ซึ่งภาชนะดังกล่าวจะต้องจัดวางไว้ตามจุดปฏิบัติงานต่าง ๆ อย่างเพียงพอ พร้อมทั้งมีป้ายหรือรหัสสีที่บ่งบอกอย่างชัดเจนว่าเป็นภาชนะบรรจุวัสดุเศษเหลือ

2) การขนย้ายวัสดุเศษเหลือออกจากโรงงาน ต้องทำอย่างสม่ำเสมอเมื่อมีปริมาณมากพอ หรืออย่างน้อยที่สุดจะต้องขนย้ายทุกวันเพื่อป้องกันการเน่าเสียของวัสดุเศษเหลือ

3) ภาชนะบรรจุที่ใช้แล้วจะต้องนำมาล้างทำความสะอาดและฆ่าเชื้อก่อนที่จะเก็บหรือนำมาใช้อีกครั้งหนึ่ง และห้ามนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์

**ตารางที่ 4-3** ข้อสรุปแนวทางการลดปริมาณน้ำเสีย

| ขั้นตอนการผลิต | วิธีการผลิต |
|---|---|
| 1. บริเวณรับสัตว์หรือคอกพักสัตว์ | - ทำความสะอาดโดยวิธีแห้ง เช่น ตัก ขัดถู ขูดหรือกวาดก่อน แล้วใช้น้ำล้างเป็นครั้งสุดท้าย<br>- ใช้น้ำที่มีแรงดันสูงและเป็นแบบ spray ในการล้างทำความสะอาด<br>- การล้างภาชนะที่บรรจุสัตว์ภายหลังนำสัตว์ออกแล้ว ควรแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ขั้นแรกใช้น้ำทิ้งจากการผลิต เช่น น้ำล้างซาก หรือน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว ขั้นสองล้างภายใต้แรงดันด้วยน้ำยาทำความสะอาดที่หมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ ขั้นตอนสุดท้ายล้างด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ |
| 2. การฆ่าและการรองรับเลือด | - พื้นและผนังของบริเวณรองรับเลือดที่แคบและจำกัด จะทำให้ปริมาณน้ำใช้ทำความสะอาดลดลง |
| 3. การแยกเครื่องในและการล้างซาก | - ควรนำน้ำทิ้งจากการแยกเครื่องในไปผ่านตะแกรงกรอง เพื่อแยกของแข็งแขวนลอยออกแล้วนำกลับไปใช้ในการพาเครื่องในอีกครั้ง<br>- การพาเครื่องในและอวัยวะของสัตว์ไปยังบริเวณทำความสะอาดเครื่องในและอวัยวะโดยใช้วิธีแห้ง เช่น ระบบ vacuum อัตโนมัติ จะช่วยลดทั้งปริมาณน้ำใช้และความสกปรกในน้ำเสีย<br>- น้ำทิ้งจากการล้างกระเพาะอาหารและจากการล้างอวัยวะ รวมทั้งน้ำทิ้งจากการล้างมือพนักงาน ในส่วนนี้จะมีแบคทีเรียมากจึงไม่เหมาะสมที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตในขั้นตอนที่สัมผัสกับสัตว์<br>- การปรับปรุงรูปแบบของหัวฉีดน้ำแบบพ่นฝอยและการใช้น้ำที่มีแรงดันที่เหมาะสม สามารถลดปริมาณน้ำใช้ในการล้างซาก (inside-outside washing) ได้ถึง 33% และลดน้ำใช้ล้างมือพนักงานในห้องแยกเครื่องในได้ 65% (Harold R.Jones, 1974)<br>- ติดตั้งสวิทช์ปิด-เปิดอัตโนมัติ เพื่อควบคุมการปิดน้ำที่ต้องการตามความเหมาะสมของงาน<br>- น้ำใช้ในการล้างซากต้องเป็นน้ำสะอาด และน้ำทิ้งจากส่วนนี้สามารถนำไปใช้ในการล้างพื้นโรงงาน หรือรถบรรทุกสัตว์ได้ |
| 4. การทำความสะอาดโรงงาน | - ก่อนการทำความสะอาดโดยใช้น้ำล้าง ควรเก็บกวาดวัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็งแบบแห้งบนโต๊ะและพื้น เพื่อรวบรวมน้ำไปแปรรูปต่อ หรือส่งขายโรงงานผลิตอาหารสัตว์ไ |

**ตารางที่ 4-4** การจัดการวัสดุเศษเหลือของโรงงานฆ่าโคเพื่อนำไปใช้ประโยชน์

| วัสดุเศษเหลือ | ปริมาณ | การจัดการในปัจจุบันและสภาพปัญหา | การปรับปรุง |
|---|---|---|---|
| 1. มูล | 20 กก./ตัน | ใช้น้ำฉีดล้างลงสู่ระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสีย ทำให้น้ำเสียมีความสกปรกเพิ่มขึ้น จึงเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียเพิ่มขึ้น | ควรเก็บกวาดรวบรวมโดยวิธีแห้งเพื่อนำไปเป็นปุ๋ย |
| 2. หนัง | 116 กก./ตัน | จำหน่ายแก่โรงงานฟอกหนัง | ควรส่งจำหน่ายทุกวันที่มีการฆ่าสัตว์ พยายามไม่ให้ตกค้างอยู่ในโรงงาน |
| 3. หัว เท้า กระดูก แข้ง | 105 กก./ตัน | จำหน่ายแก่โรงงานผลิตกระดูกป่น | - การขนส่งจำหน่าย ควรบรรจุในถังพลาสติกที่มีฝา<br>- สกัดแยกไขมัน ซึ่งจะได้ fat และกระดูกป่นที่ใช้เป็นอาหารสัตว์<br>- เอ็น และกระดูกนำมาผลิต glue และ gelatine |
| 4. เศษอาหารในกระเพาะและต่อมต่าง ๆ | | รวบรวมนำไปเป็นอาหารปลา | - ควรรวบรวมใส่ในถังพลาสติกที่มีฝาปิดมิดชิดและนำออกจากโรงงานทุกวัน |
| 5. เลือด | 40 ลบ.ม./ตัน | รวบรวมนำไปเป็นอาหารสัตว์ | - การรวบรวบและขนส่งเลือดควรบรรจุในถังพลาสติกที่มีฝาปิดมิดชิดป้องกันการรั่วไหล |
| 6. น้ำเสียรวม | 0.8 ลบ.ม./ตัน | รวบรวมเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย | นำมาแยกโปรตีนกลับซึ่งสามารถนำไปผสมเป็นอาหารสัตว์ได้ |
| 7. น้ำทิ้งหลังผ่านการบำบัด | 0.8 ลบ.ม./ตัน | ระบายออกสู่นอกโรงงาน หรือนำมาใช้รดต้นไม้ภายในโรงงาน | - สามารถนำกลับมาใช้ล้างคอกพักสัตว์ หรือรถบรรทุกขนส่งสัตว์ได้<br>- สามารถนำกลับไปใช้ในพื้นที่เกษตรกรรมได้ |

4) การเก็บขนและการขนย้ายโดยปกติจะใช้รถบรรทุก ซึ่งจะต้องจัดให้มีมาตรการป้องกันการตกหล่นของวัสดุเศษเหลือ หรือการไหลหยดของของเหลวจากวัสดุเศษเหลือในระหว่างการขนส่ง ดังนี้

- มูลสัตว์และตะกอนจากการบำบัดน้ำเสีย ควรบรรจุลงในถุงพลาสติกและมัดปากถุงให้แน่น
- เศษอาหารจากกระเพาะ และเศษอวัยวะต่าง ๆ ให้บรรจุใส่ถังพลาสติกที่มีฝาปิดมิดชิด

5) การจัดการวัสดุเศษเหลือ สำหรับวัสดุเศษเหลือจากอุตสาหกรรมฆ่าสัตว์นั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เกือบทุกชนิดดังจะได้กล่าวต่อไป แต่วัสดุเศษเหลือที่มีการปนเปื้อนสูงอยู่ในเกณฑ์ที่อาจจะก่อให้เกิดอันตรายได้ เช่น มีสารพิษตกค้างสูงหรือมีเชื้อโรคที่เป็นอันตราย จะต้องถูกทำลายโดยเผาในเตาเผา อุณหภูมิสูงหรือฝังกลบอย่างถูกวิธี

### 4.2.2 การใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือที่เกิดจากกระบวนการฆ่าโค

สำหรับแนวทางการใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือประเภทต่าง ๆ ที่เกิดจากกระบวนการฆ่าโค ประกอบด้วย

#### 4.2.2.1 วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง

- **มูลโค**

ในกระบวนการฆ่าโคที่มีชีวิต 1 ตัน จะมีมูลโคเป็นวัสดุเศษเหลือประมาณ 20 กิโลกรัม องค์ประกอบทางเคมีของมูลโค เป็นเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ได้แก่ (สุริยะ สะวานนท์และคณะ, 2540)

| | |
|---|---|
| โปรตีน | 20.0% |
| เส้นใย | 20.0% |
| ฟอสฟอรัส | 1.6% |
| โพแทสเซียม | 0.5% |
| แคลเซียม | 0.96% |
| แมกนีเซียม | 0.4% |

ปัจจุบันโรงงานมักจะใช้น้ำในการฉีดล้างทำความสะอาดคอกพัก และมูลโคจะถูกชะล้างลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณความสกปรกในน้ำเสียที่ต้องบำบัด ดังนั้น โรงงานจึงควรเก็บกวาดมูลโคและนำไปใช้ในประโยชน์ในด้านการเป็นปุ๋ย (fertilizer)

- **เครื่องใน หัว เท้า กระดูกและเศษเนื้อ**

เครื่องใน หัว เท้า กระดูกและเศษเนื้อจัดเป็นวัสดุเศษเหลือจากกระบวนการผลิตที่มีปริมาณมากที่สุด สำหรับเครื่องในสามารถนำมาใช้บริโภคได้บางส่วน ส่วนเครื่อง-ในที่ไม่สามารถบริโภคได้ รวมทั้งวัสดุเศษเหลืออื่น ๆ สามารถนำมาผ่านกรรมวิธีการสกัดแยกไขมันด้วยความร้อน เรียกว่า rendering ผลิตภัณฑ์หลักที่ได้จากกระบวนการดังกล่าว คือ ไขมัน และกระดูก-ป่น ซึ่งนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ การสกัดแยกไขมันสามารถทำได้ใน 2 ลักษณะ คือ wet-rendering และ dry-rendering

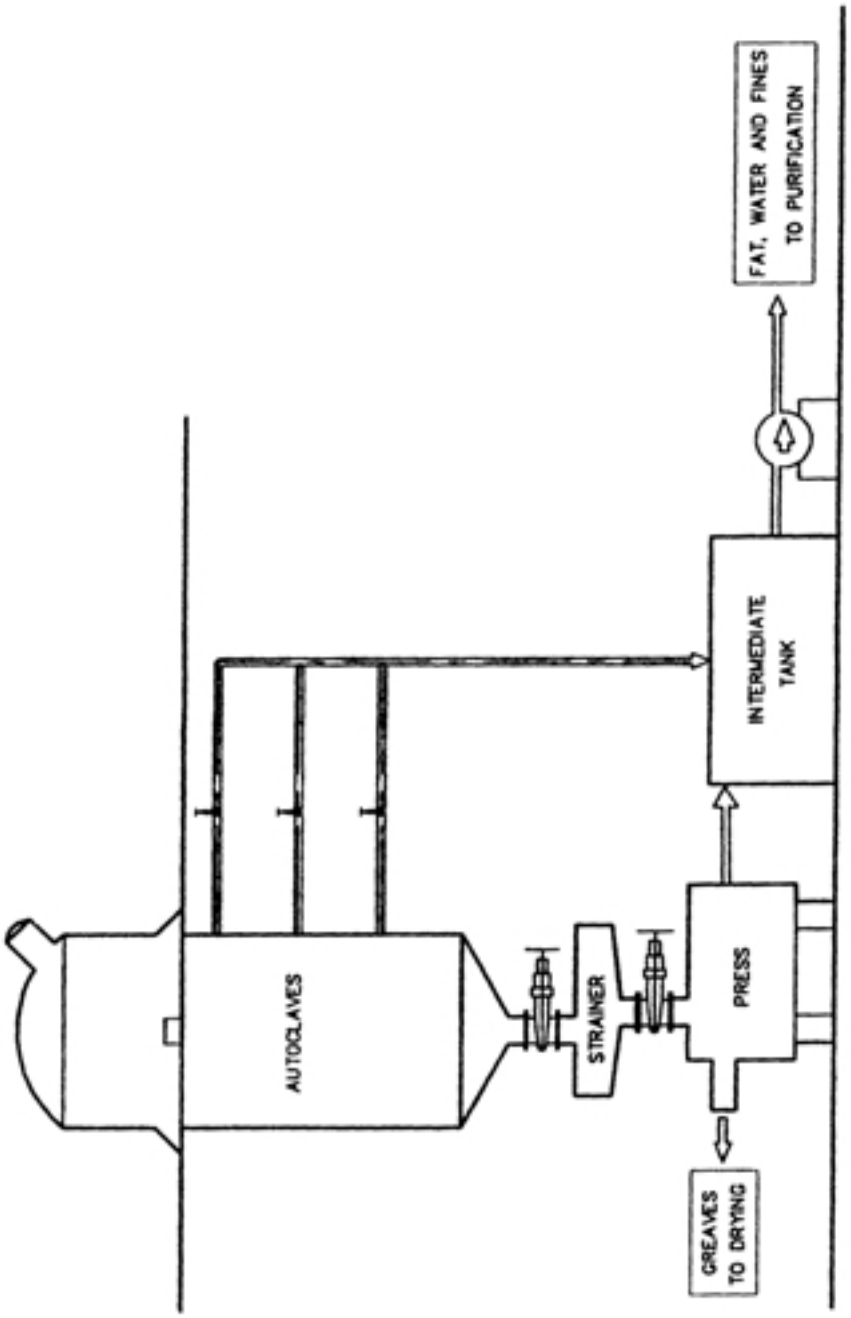
wet-rendering (รูปที่ 4-1) จะทำในถังปิด (cooker) โดยต้องบดวัตถุ-ดิบให้ละเอียดแล้วบรรจุลงในถังปิดฝาถังให้แน่นผ่านไอน้ำ (steam) เข้าไปภายในถังสัมผัสกับวัตถุดิบโดยตรง อุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 140°C ความดัน 58.4 psi เป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง หลังจากนั้นลดความดันลงสู่ความดันบรรยากาศ แยกเอาส่วนของเหลวที่เป็นน้ำและไขมันออกทางวาล์วด้านข้างถัง ส่วนกากของแข็งจะถูกแยกออกทางก้นถังส่งไปยังเครื่องอัด (hydraulic press หรือ screw press) เพื่อแยกเอาของเหลวออกอีก ในขณะที่กากของแข็งจะถูกส่งเข้าเครื่องอบแห้งต่อไป ของเหลวที่ได้ทั้งหมดจะตั้งทิ้งไว้เพื่อให้ไขมันแยกออกจากน้ำ หรืออาจจะแยกโดยใช้เครื่องปั่นแยก (centrifuge)

Dry-rendering (รูปที่ 4-2) แตกต่างจาก wet-rendering ตรงที่วัตถุดิบไม่ได้สัมผัสกับไอน้ำ (steam) โดยตรง แต่ไอน้ำจะถูกส่งเข้าสู่ jacket ของถัง cooker ภายในถังจะมีใบกวนเพื่อให้วัตถุดิบเกิดการเคลื่อนที่อยู่เสมอทำให้การถ่ายเทความร้อนดีขึ้น โดยความร้อนที่วัตถุดิบได้รับจะเป็นลักษณะของ dry heat เมื่อสิ้นสุดการให้ความร้อนแล้วจึงแยกเอาไขมันออกจากกากของแข็ง กากของแข็งจะถูกส่งเข้าเครื่องอัดเพื่อแยกเอาไขมันส่วนเกินออกอีก ก่อนที่จะส่งไปยังเครื่องอบแห้ง

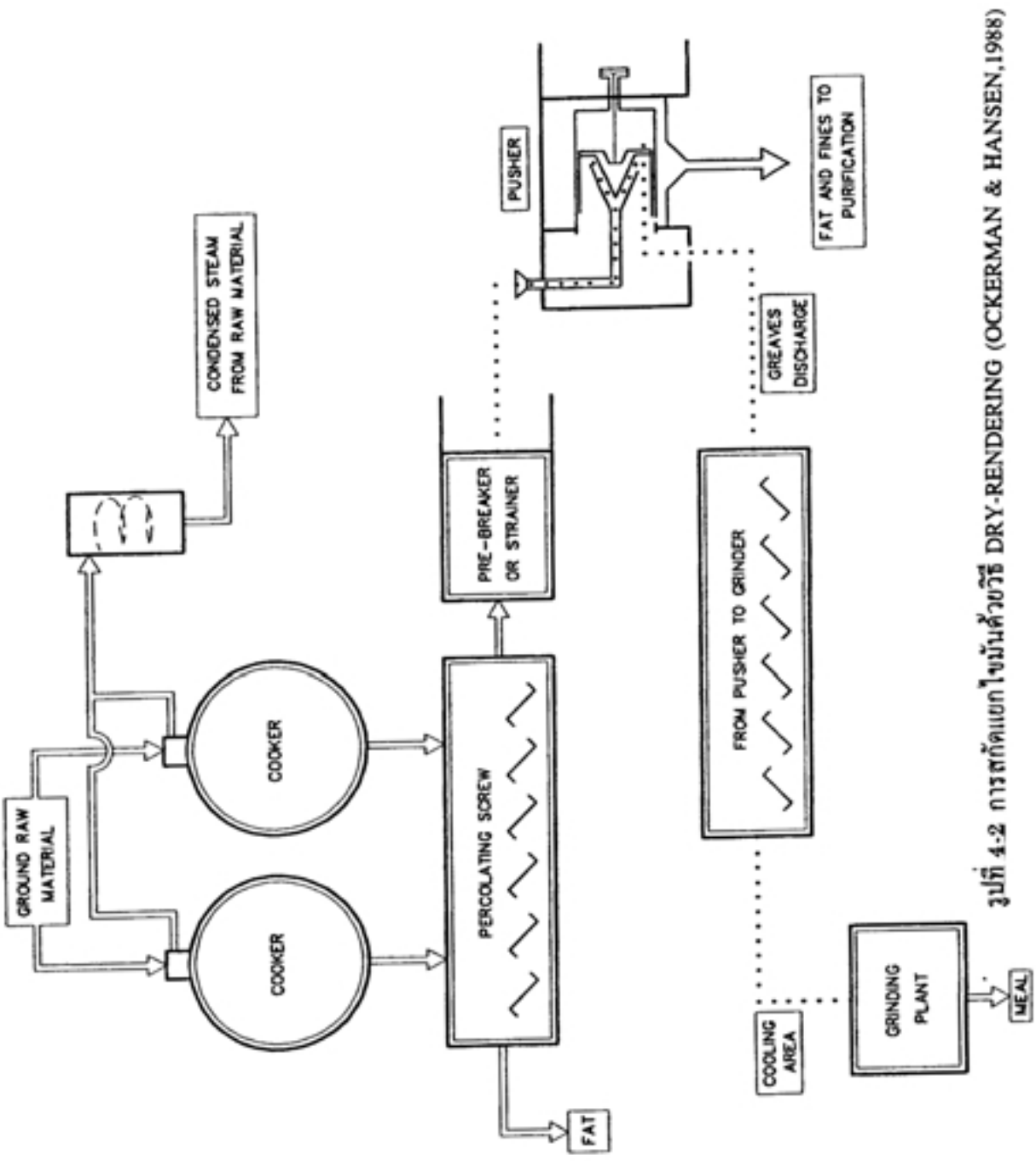
การสกัดแยกไขมันแบบต่อเนื่อง (continuous rendering ; รูปที่ 4-3) เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตและการประหยัดพลังงานอาจจะทำได้ในลักษณะที่เป็น wet-rendering หรือ dry-rendering วัตถุดิบจะถูกบดก่อนเข้าสู่ preheater ภายใน preheater วัตถุดิบจะถูกให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิประมาณ 60-90°C เป็นเวลา 10-30 นาที ซึ่งจะทำให้เซลล์แตก และปลดปล่อยไขมันออกมา หลังจากนั้นจะส่งเข้าสู่เครื่องอัด (screw press) เพื่ออัดแยกไขมันและน้ำออกจากกากของแข็ง กากของแข็งจะถูกส่งไปยังเครื่องอบแห้ง (cooker/drier) ส่วนของเหลวจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์ต้มระเหย (evaporator) ภายใต้อุณหภูมิและความดันต่ำซึ่งน้ำจะระเหยกลายเป็นไอแยกออกจากไขมัน สำหรับแหล่งของพลังงานความร้อนที่ใช้กับ preheater และ evaporator นั้น อาจจะได้มาจากไอน้ำที่เกิดขึ้นในเครื่อง cooker/drier ซึ่งจะเป็นการประหยัดพลังงานได้อย่างมาก

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการ rendering ได้แก่

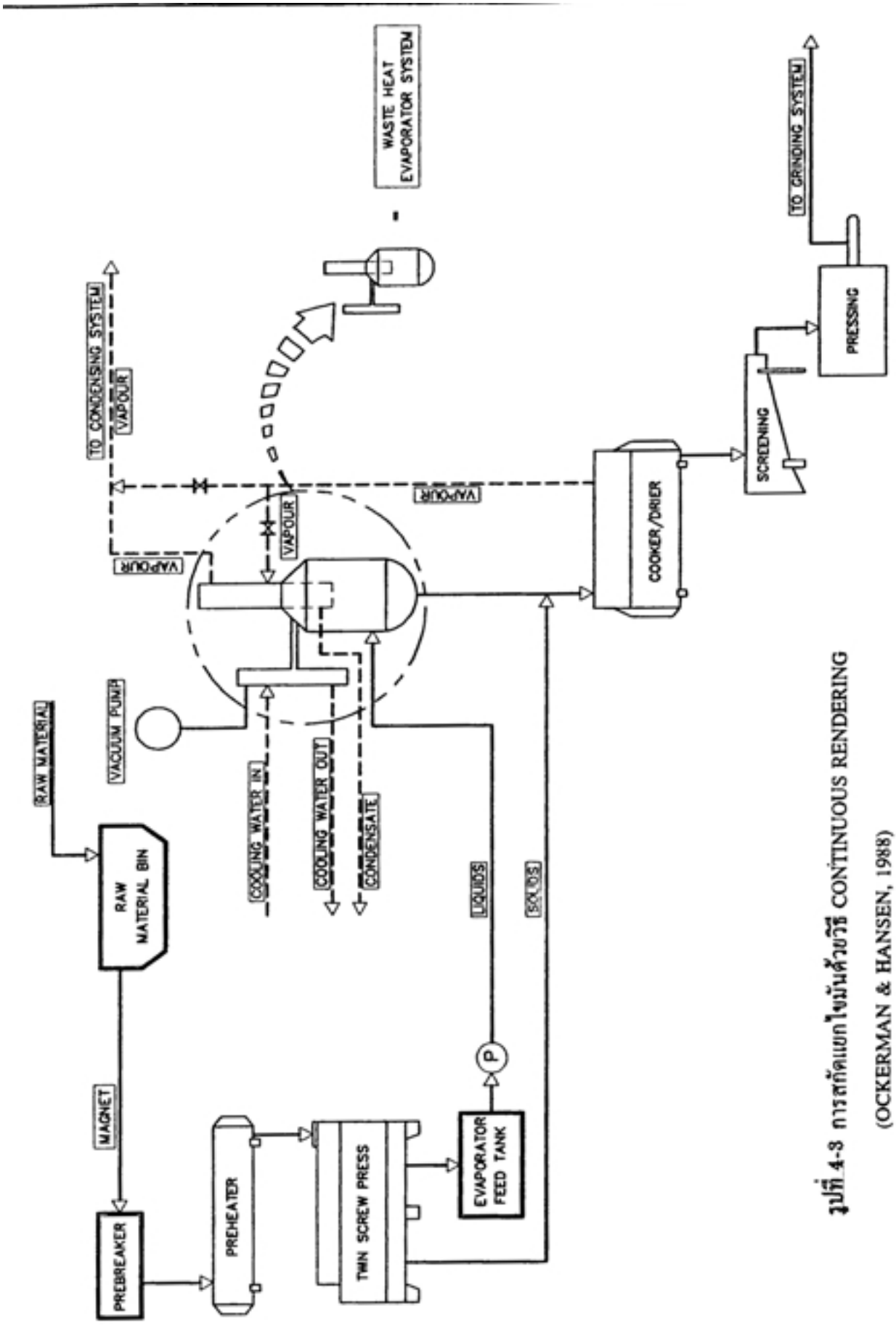
ไขมัน (fat) : แบ่งเป็นไขมันที่รับประทานได้ (edible fat) ซึ่งเป็นไขมันที่สกัดแยกจากวัสดุเศษเหลือที่สดและสะอาด ใช้ในการผลิต margarine, shortenings และ cooking fat




รูปที่ 4-1 การสกัดแยกไขมันด้วยวิธี WET-RENDERING (OCKERMAN & HANSEN, 1988)




รูปที่ 4-2 การสกัดแยกไขมันด้วยวิธี DRY-RENDERING (OCKERMAN & HANSEN,1988)




รูปที่ 4-3 การสกัดแยกไขมันด้วยวิธี CONTINUOUS RENDERING
(OCKERMAN & HANSEN, 1988)

และไขมันที่รับประทานไม่ได้ (inedible fat) ผลิตจากวัตถุดิบคุณภาพต่ำเช่นไม่สด หรือมีสิ่งปนเปื้อน หรือได้จากซากของสัตว์ที่ไม่แข็งแรงสมบูรณ์ ไขมันประเภทนี้ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น ใช้ในอาหารสัตว์ โดยเป็นแหล่งของอาหารประเภทให้พลังงาน และใช้ในการผลิตสบู่ (soap), grease, fatty acids, และ glycerine เป็นต้น

เนื้อและกระดูกป่น (meat and bone meal) : เป็นกากของแข็งที่เหลือจากการ rendering เป็นส่วนที่มีคุณค่าทางอาหารสูง เพราะมีองค์ประกอบที่เป็นโปรตีน calcium, phosphorus และไขมันมากเหมาะสำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์

- **หนังสัตว์**

หนังสัตว์จัดว่าเป็นวัสดุเศษเหลือที่มีคุณค่ามากที่สุดชนิดหนึ่ง โดยปกติสัตว์จะมีหนังเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 4-11% ของน้ำหนักสัตว์มีชีวิต จากการสำรวจข้อมูลพบว่าในกระบวนการฆ่าโคที่มีชีวิต 1 ตัน จะมีหนังโคเป็นวัสดุเศษเหลือประมาณ 110 กิโลกรัม ซึ่งหนังสัตว์จัดได้ว่าเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในอุตสาหกรรมฟอกหนัง

ขั้นตอนที่เหมาะสมในการเตรียมหนังสัตว์ในโรงฆ่าสัตว์เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมฟอกหนังมีดังต่อไปนี้

การเลาะหนังออกจากซาก (flaying) เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก เพราะตำหนิหรือความเสียหายของหนังสัตว์ที่ทำให้มูลค่าของหนังสัตว์ลดลงอย่างมาก มักเกิดขึ้นในขั้นตอนนี้ โดยมากเกิดจากความไม่ชำนาญของผู้ปฏิบัติงาน การใช้เครื่องมือและวิธีการที่ไม่เหมาะสม เช่น การใช้มีดที่มีปลายแหลมคมจะทำให้เกิดความผิดพลาด และเกิดตำหนิแก่หนังมากกว่ามีดชนิดที่มีปลายป้านมน การเลาะหนังสัตว์จากซากสัตว์ที่แขวนอยู่จะช่วยลดการเกิดตำหนิกับหนังสัตว์ได้มาก

การถนอมรักษา (preservation) หลังจากหนังสัตว์ถูกเลาะออกจากซากสัตว์แล้ว จะต้องทำการถนอมรักษาทันทีเพื่อป้องกันการย่อยสลายของเชื้อจุลินทรีย์และเอ็นไซม์ต่าง ๆ วิธีที่นิยมใช้คือการตากแห้ง (air-drying) หรือการหมักเกลือ (salt-curing) โดยทั้งสองวิธีนี้จะช่วยลดปริมาณความชื้นในหนังลงในระดับที่เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้

การตัดแต่งเอาเศษเนื้อและไขมันออกจากหนัง (fleshing) น้ำหนักที่สูญเสียไปในขั้นตอนนี้ประมาณ 16-18% ส่วนใหญ่จะเป็นเศษเนื้อและไขมัน ในปัจจุบันนิยมใช้เครื่องจักร (fleshing machine) fleshing สามารถทำก่อนการ curing ก็ได้แล้วแต่ความเหมาะสม

การตัดแต่งเอาหนังส่วนที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ออก (trimming) ได้แก่หนังบริเวณหู, หาง, หัว และปลายขา เป็นต้น ขั้นตอนนี้อาจจะทำก่อนหรือหลังการ fleshing และ curing ก็ได้ สำหรับเศษหนังที่ได้ในขั้นตอนนี้สามารถนำไปใช้ในการผลิตกาว (glue) และ gelatine ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

เนื่องจากขั้นตอนต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมฟอกหนังนั้น มีรายละเอียดมากจึงไม่กล่าวไว้ในที่นี้

- **เอ็นและกระดูก**

เอ็นและกระดูกเป็นวัสดุเศษเหลือที่มี collagen เป็นองค์ประกอบมาก สามารถนำมาผลิตกาว และ gelatine ซึ่งเป็นโปรตีนที่ละลายน้ำได้ (โดยปกติสัตว์จะมี collagen เป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 30% ของสารประกอบอินทรีย์ทั้งหมด หรือคิดเป็น 60% ของปริมาณโปรตีนทั้งหมด นอกจากจะมีในเอ็นและกระดูกแล้วยังมีในหนังสัตว์อีกด้วย) โดย gelatine ผลิตได้จากวัตถุดิบที่มีคุณภาพดี เช่น สด สะอาด ปราศจากสิ่งปนเปื้อน และได้จากชิ้นส่วนของสัตว์ที่มีสุขภาพดี gelatine มี 2 ประเภท คือ ประเภทที่รับประทานได้ กับประเภทที่ใช้ในอุตสาหกรรม ส่วนกาวผลิตจากวัตถุดิบที่มีคุณภาพต่ำกว่า

กระบวนการผลิตกาวและ gelatine นั้นประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 3 ขั้นตอน คือ (1) การแยกเอาองค์ประกอบที่ไม่ใช่ collagen ออกจากวัตถุดิบ (2) การย่อยสลายภายใต้สภาวะควบคุมของ collagen เป็นกาว หรือ gelatine และ (3) การแยกและอบแห้งผลิตภัณฑ์ที่ได้ (รูปที่ 4-4)

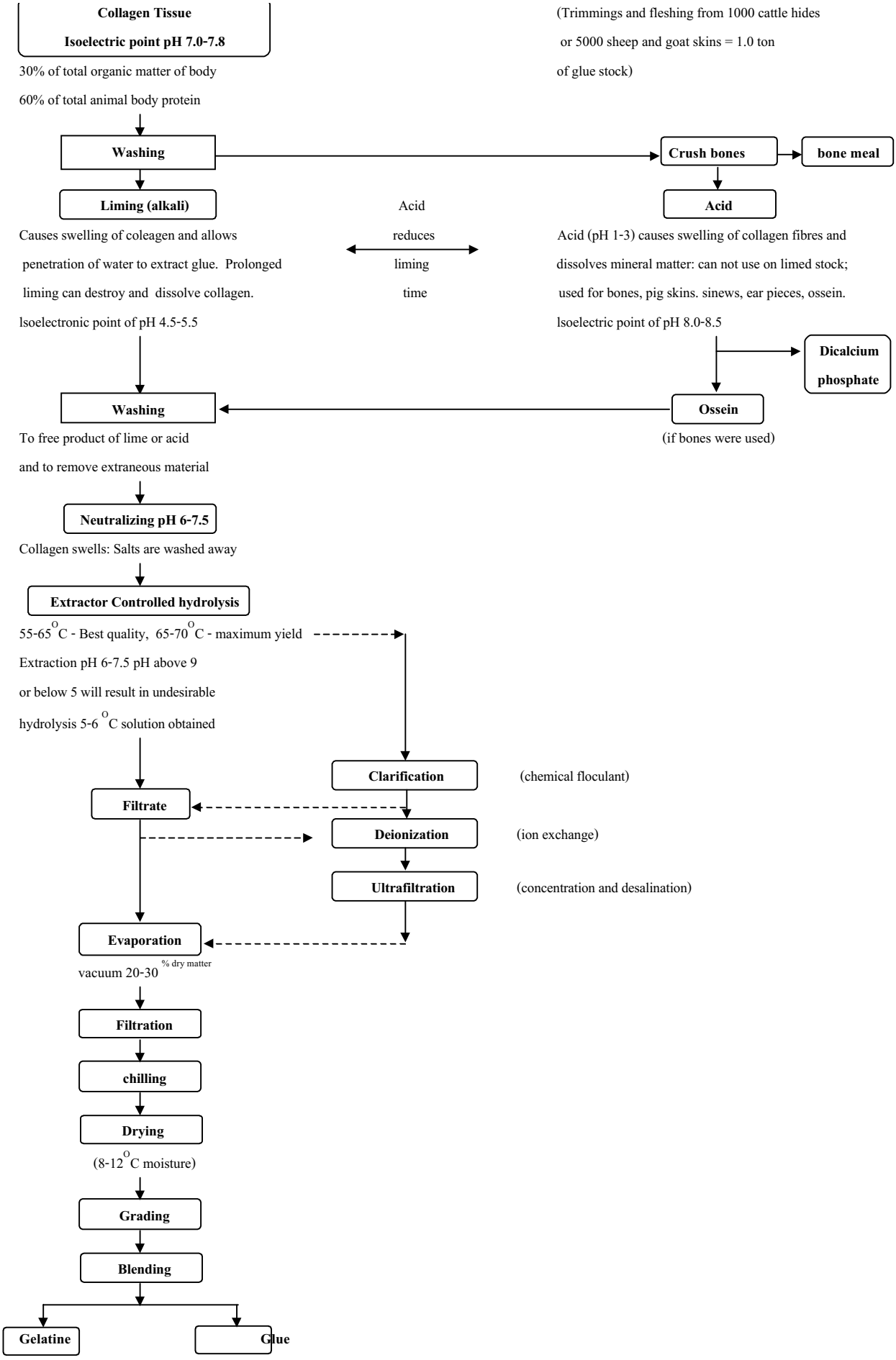
สำหรับกระดูกสัตว์นั้นมีส่วนประกอบที่เป็น collagen เรียกว่า ossein กระบวนการผลิตกาว หรือ gelatine จากกระดูกสัตว์นั้นแสดงไว้ในรูปที่ 4-5

gelatine นำมาใช้ในอาหารในลักษณะที่ช่วยในการดัดแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของอาหาร เช่นเป็น thickening agent, emulsifying agent และ clarifying agent เป็นต้น ส่วนทางด้านเภสัชกรรมใช้ gelatine ในการผลิตแคปซูล (capsules) ยา, ใช้เคลือบเม็ดยาและใช้เป็น binder และ disintegrator สำหรับยาชนิดเม็ด และใช้เป็น emulsifying agent ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เป็นต้น

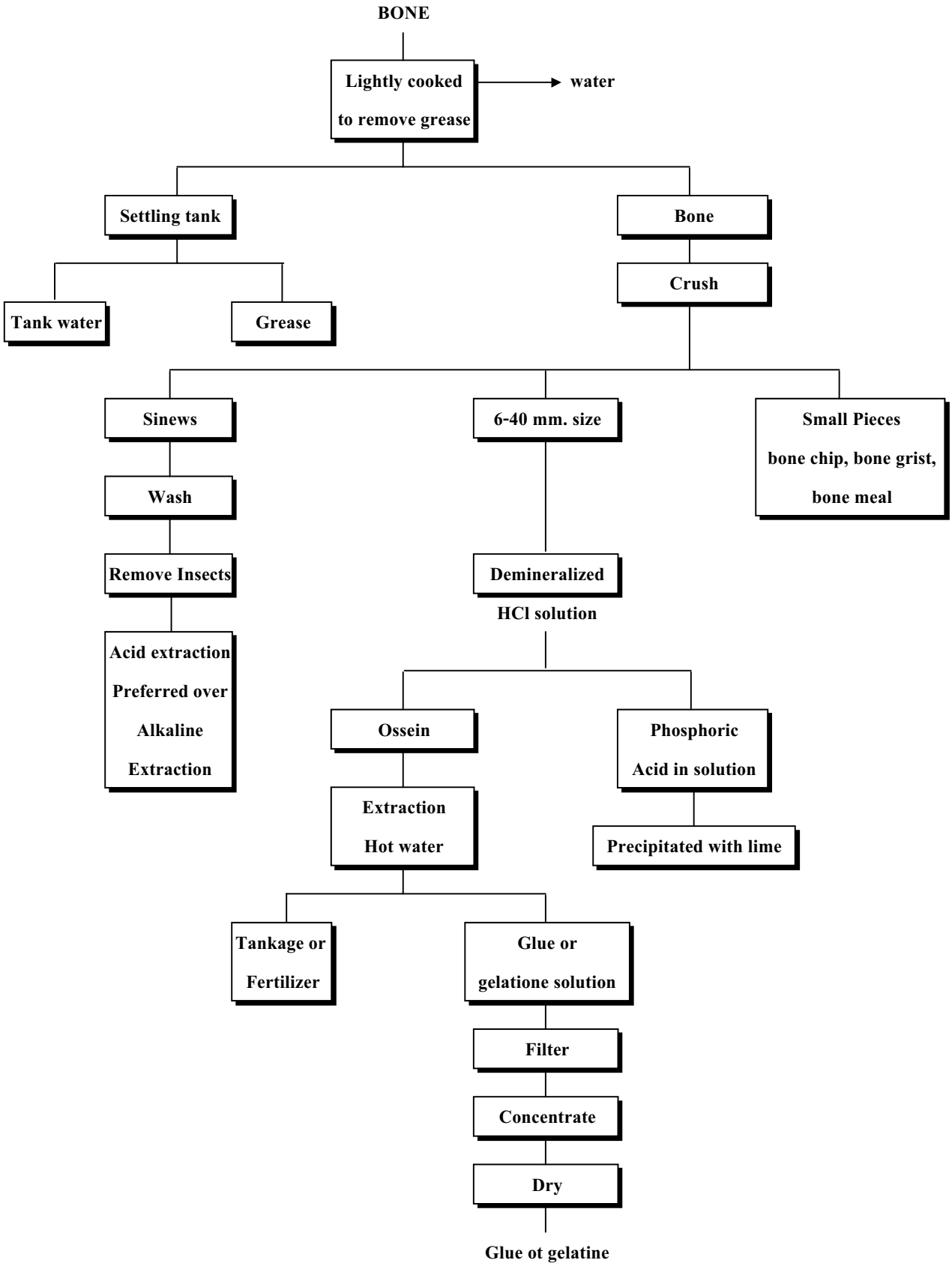
กาว (glue) ใช้เป็นกาวประสานเนื้อไม้เพื่อผลิตไม้อัด ใช้เป็นกาวสำหรับผลิตภัณฑ์กระดาษต่าง ๆ เช่น กระดาษกาว, แสตมป์, ฉลาก และกล่องกระดาษต่าง ๆ ใช้เป็นตัวเคลือบประสาน (sizing agent) ในอุตสาหกรรมกระดาษ และสิ่งทอเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและผิวที่เรียบให้กับกระดาษและเส้นด้ายเป็นต้น

- **ต่อมต่าง ๆ**

ต่อม (gland) ต่าง ๆ ที่ได้จากสัตว์มีสารประกอบที่มีคุณค่าทางด้านเภสัชกรรม เช่น ฮอร์โมน (hormone) และเอ็นไซม์ (enzyme) บางชนิดสามารถใช้บำบัดรักษาโรค หรือความผิดปกติในร่างกายมนุษย์ได้ ต่อมที่จะนำมาใช้ประโยชน์จะต้องได้มาจากสัตว์ที่มีสุขภาพสมบูรณแข็งแรงปราศจากโรคและจะต้องแยกออกจากซากสัตว์ทันทีภายหลังจากการฆ่า ต้องระมัดระวังไม่ให้สัมผัสกับน้ำหรืออากาศเป็นเวลานานเพราะจะทำให้สารประกอบเหล่านี้สูญเสีย หรือถูกทำลายไปได้ วิธี




**<u>รูปที่ 4-4</u>** แผนผังแสดงกระบวนการผลิตกาว และ gelatine จากวัสดุเศษเหลือ (Qckerman และ Hansen, 1988)




**<u>รูปที่ 4-5</u>** แผนผังแสดงกระบวนการผลิตกาวและ gelatine จากกระดูกสัตว์ (Ockerman และ Hansen, 1988)

การถนอมรักษาที่ใช้ส่วนใหญ่ คือ การแช่แข็งอย่างรวดเร็ว (quick freezing) และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิไม่เกิน -18°C ต่อมบางชนิดต้องเก็บรักษาไว้ในสารเคมี เช่น acetone, phenol หรือ formalin เป็นต้น สำหรับองค์ประกอบที่มีคุณค่าทางด้านเภสัชกรรมที่ผลิตได้จากต่อมต่าง ๆ สรุปได้ดังตารางที่ 4-5

**5.2.3.2 <u>วัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลว</u>**

- **เลือด**

เลือดเป็นวัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลวที่ได้จากกระบวนการฆ่าสัตว์ ซึ่งโดยปกติเลือดที่เก็บได้ในช่วงของการ bleeding จะมีประมาณ 50% ของเลือดทั้งหมดในร่างกาย ส่วนอีก 50% ค้างอยู่ในระบบเส้นเลือดฝอยทั่วร่างกาย

เลือดสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในลักษณะต่าง ๆ เช่น ใช้เป็นอาหาร/อาหารสัตว์, ใช้ในห้องปฏิบัติการ, ใช้ในทางการแพทย์/อุตสาหกรรม และใช้เป็นปุ๋ยบำรุงดิน ซึ่งลักษณะของการใช้สรุปได้ดังตารางที่ 4-6

สำหรับเลือดจากสัตว์ที่จะนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารจะต้องเป็นเลือดที่ได้จากสัตว์ที่ผ่านการตรวจแล้วว่ามีสุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์ปราศจากโรค พร้อมวิธีการฆ่าและขั้นตอนต่าง ๆ ในการผลิตต้องสะอาดถูกสุขอนามัย เลือดที่ได้สามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้โดยตรง หรืออาจจะนำมาแยกองค์ประกอบออกเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 4-6 โดยจะมีการเติมสารป้องกันการจับตัวเป็นก้อนของเลือด (anticoagulant) ลงในเลือดที่ได้จากสัตว์ที่ถูกฆ่า นำมาปั่นแยกด้วยเครื่อง centrifuge ออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นของเหลวใส เรียกว่าพลาสม่า (plasma) และส่วนที่เป็นเม็ดเลือดแดง (erythrocytes) ส่วนของพลาสม่าจะถูกเพิ่มความเข้มข้นโดยการ evaporation หรือ ultrafiltration ก่อนการอบแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying) ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผงแห้ง (plasma powder) ส่วนเม็ดเลือดแดงที่มีความเข้มข้นสูงอยู่แล้วจึงนำมาผ่านการ spray dry ออกมาเป็น powder ได้เลย

พลาสม่าจากเลือด (blood plasma) มีองค์ประกอบเป็นโปรตีนที่สำคัญ ได้แก่ globulins, allbumins และ fibrinogen พลาสม่ามีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับส่วนของไข่ขาว ดังนั้นจึงอาจใช้ทดแทนกันได้ พลาสม่ามีลักษณะเป็น emulsifier ที่ดี เหมาะที่จะใช้กับผลิตภัณฑ์ประเภทไส้กรอกชนิดต่าง ๆ การใช้พลาสม่าในผลิตภัณฑ์ประเภท bakery จะช่วยลดปริมาณของไขที่ใช้ลงได้ นอกจากนี้ยังทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณสมบัติดีขึ้น และมีปริมาณของโปรตีนสูงขึ้นด้วย

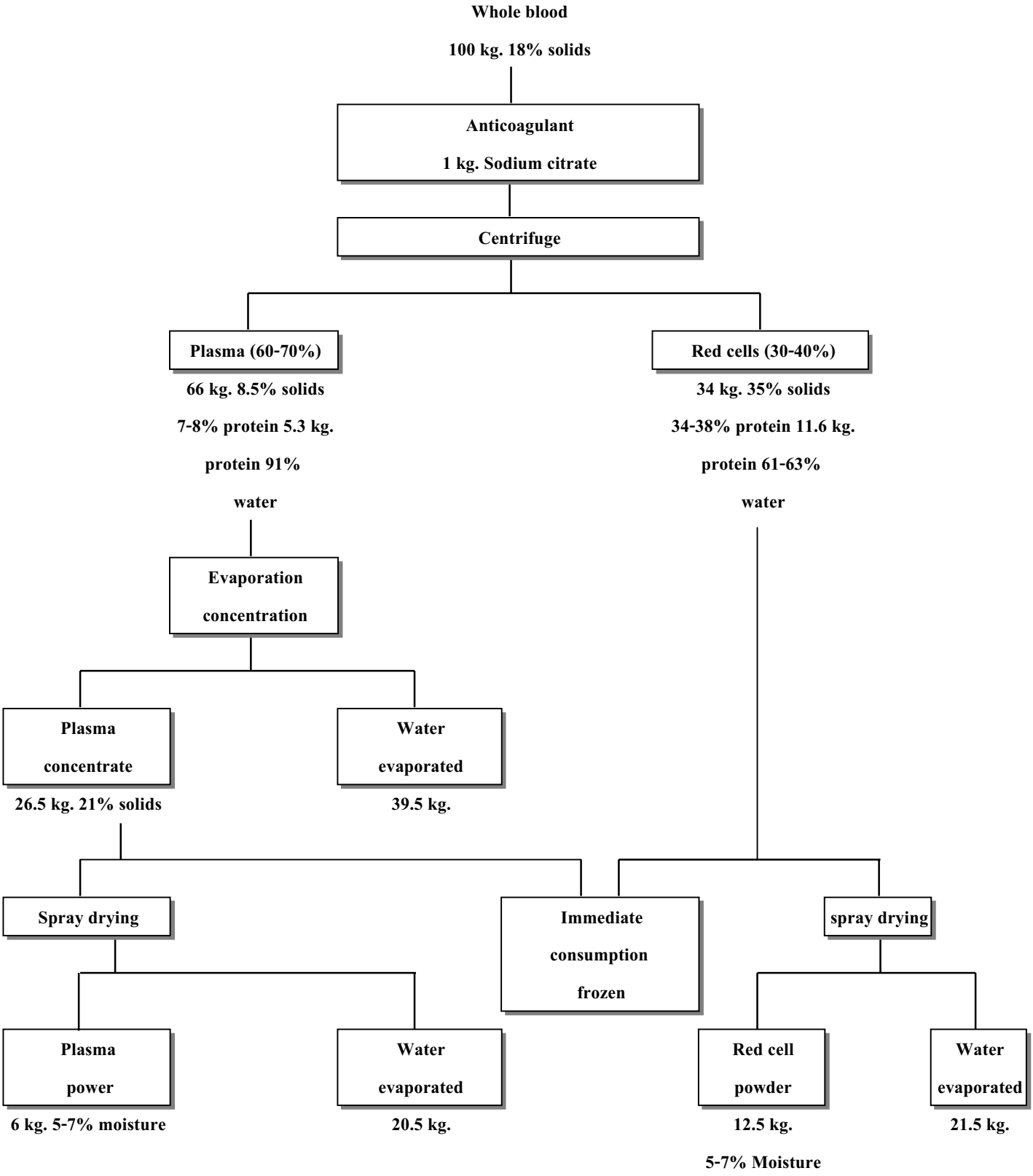
ส่วนของเม็ดเลือดแดงนั้น มีโปรตีนอยู่ในส่วนที่เรียกว่าฮีโมโกลบิน (haemoglobin) ที่มีสีแดงเข้มซึ่งเป็นข้อจำกัดที่สำคัญของการนำไปใช้ประโยชน์ (รูปที่ 4-7) ผลิตภัณฑ์ที่โดยปกติจะมีสีเข้มอยู่แล้ว ดังนั้นจึงได้มีความพยายามในการกำจัดสีออกจากโปรตีนในส่วนนี้ โดยวิธีที่นิยมใช้กัน คือ การแยกเอาส่วนนี้ โดยวิธีที่นิยมใช้กันคือการแยกเอาส่วนที่เรียกว่าฮีม (heam group) ออกจากฮีโมโลบิน ดังแสดงในรูปที่ 4-8 เม็ดเลือดแดงที่ได้จากการปั่นแยกจะถูกทำให้แตกออกโดยการเจือจางด้วยน้ำ ปรับ pH เป็น 2 ส่วนของ haem จะแยกออกจากส่วนที่เรียกว่า globin หลังจากนั้นเติม acetone

**ตารางที่ 4-5** องค์ประกอบที่มีคุณค่าทางด้านเภสัชกรรมจากต่อมชนิดต่าง ๆ

| ชนิดของต่อมหรืออวัยวะ | องค์ประกอบที่มีคุณค่าทางเภสัชกรรม |
|---|---|
| Pancreas | Insulin, trypsin, chymotrysin |
| Adrenal | Corticosteroids, epinephrine, norepinephrine |
| Thyroids | Thyroxin, thyrocalcitonin |
| Parathyroids | Parathormone |
| Ovaries | Progesterone, oestrogens |
| Testes | Androgen, invasin |
| Thymus | Body resist infection factors |
| Pituitary | Growth hormone, thyrotropic hormone, lactogenic hormone, adrenocorticotrophic hormone |
| Pineal | Melatonin hormone |
| Calf's fourth stomach | Rennin |
| Pork stomach | Pepsin |
| Liver | Vitamin $B_{12}$, heparin, catalase |
| Lungs | Heparin |
| Duodenum | Enterogastrone, secretin |
| Crall blodder | bile |
| Intestines | Heparin |

**ตารางที่ 4-6** การใช้ประโยชน์จากเลือดสัตว์ (Ockerman และ Hansen, 1988)

| | |
|---|---|
| Food | Emulsifier, stabilizer, clarifier, colour additive, nutritional component. |
| Feed | Lysine supplement, Vitamin stabilizer, milk substitute, nutritional component. |
| Fertilizer | Seed coating, soil pH stabilizer, mineral components. |
| Laboratory | Tissue-culture media, tannin analysis, active carbon, haemin, blood agar, peptones, glycerophosphates, albumins, globulins, sphingomyelins, catalase. |
| Medicine | Agglutination tests, immunoglobulins, fractionation techniques, blood clotting factors, sutures, fibrinogen, fibrinolysin, fibrin products, serotonin, kalikrenins, plasminogen, plasma extenders. |
| Industry | Adhesive, resin extender, finishes for leather and textiles, insecticide spray adjuants, egg albumin substitute, foam fire extinguisher, porous concrete, ceramic and plastic manufacturer, plastic and cosmetic base formulations. |




**<u>รูปที่ 4-6</u>** การแยกองค์ประกอบของเลือดเป็นผลิตภัณฑ์แห้งชนิดต่าง ๆ (Ockerman และ Hansen, 1988)

ลงไป globin จะตกตะกอน กรองแยกเอาตะกอนออกแล้วนำมาละลายในน้ำ นำไปอบแห้งแบบพ่นฝอย จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแห้งเป็นผง

globin มีคุณสมบัติในการพองตัว (swelling) และการอุ้มน้ำ (water-binding property) ที่ดีกว่าพลาสม่า นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติของการทำให้เกิดฟอง (foam-forming property) ที่ดีกว่าและเสถียรกว่าพลาสม่า

- **น้ำเสียจากกระบวนการผลิต**

เนื่องจากน้ำเสียจากกระบวนการผลิตมีปริมาณโปรตีนปนเปื้อนอยู่สูง ดังนั้น จึงมีความเหมาะสมในการนำกลับโปรตีนเหล่านี้เพื่อใช้ประโยชน์ในด้านการเป็นอาหารสัตว์ ด้วยการผ่านวิธีการทำให้โปรตีนรวมตัวกันใน Concentrator tank โดยมีสารจำพวก Polyelectrolyte เป็น Flocculant แล้วทำให้ตะกอนโปรตีนลอยตัวด้วยเครื่องเป่าอากาศ จากนั้นจึงรวบรวมตะกอนโปรตีนมาปรับสภาพด้วยการเติมเลือดสัตว์ซึ่งทำหน้าที่เป็น Coagulant ใน Conditioning tank ตะกอนที่ได้จะมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบประมาณ 40-45% (40% dry) สำหรับรายละเอียดเรื่องนี้ได้นำเสนอเพิ่มเติมในบทที่ 5 ส่วนน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วจากระบบบำบัดน้ำเสียซึ่งมีปริมาณ 0.8 ลูกบาศก์เมตร/ตันโคมีชีวิต มีปริมาณความสกปรกในรูปค่าบีโอดี, ซีโอดี และของแข็งแขวนลอย เท่ากับ 0.009, 0.061 และ 0.023 กรัม/ลิตร ตามลำดับ ในขณะที่มีธาตุอาหารประเภทไนโตรเจนเท่ากับ 0.014 กรัม/ลิตร ส่วนฟอสฟอรัส และไขมันและน้ำมันจะมีปริมาณน้อยมาก ดังนั้น การนำน้ำทิ้งหลังผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ประโยชน์ในด้านการล้างทำความสะอาดคอกพักและล้างรถบรรทุกขนส่งสัตว์ก่อนนำกลับไปยังฟาร์มจึงมีความเหมาะสมสูงสุด

# บทที่ 5

# วิธีการที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

เนื่องจากโรงงานฆ่าโคที่มีอยู่ในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นโรงงานขนาดเล็ก และเกือบทั้งหมดจะเป็นโรงฆ่าสัตว์ของหน่วยราชการส่วนท้องถิ่น ซึ่งจะทำการฆ่าทั้งโคและสุกร ตลอดจนกระบือด้วยในบางครั้ง อีกทั้งลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการฆ่าโคและสุกรมีความคล้ายคลึงกันมาก ดังนั้น วิธีการที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียที่นำเสนอต่อไปนี้ จึงใช้ได้ทั้งในโรงงานที่ฆ่าเฉพาะโค หรือสุกรเพียงอย่างเดียว และโรงงานที่ฆ่าทั้งโคและสุกร รวมทั้งกระบือด้วย

## 5.1 การรวบรวมน้ำเสีย

อุตสาหกรรมฆ่าโคและสุกร ควรจะแยกน้ำทิ้งที่เกิดจากการล้างเครื่องในเพื่อนำมาทำการบำบัดขั้นต้นด้วยการผ่านตะแกรงกรองแยกขนและของแข็งอื่น ๆ ออกก่อน หลังจากนั้นจึงสามารถนำน้ำทิ้งจากส่วนต่าง ๆ มารวมกันเพื่อทำการบำบัดได้ ในบางกรณีอาจพบว่าหากโรงงานมีการตรวจสอบความเหมาะสมของระบบรวบรวมน้ำเสียจะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียลงได้อย่างมาก เช่น เมื่อโรงงานมีความจำเป็นต้องเปลี่ยนระบบบำบัดน้ำเสียจากระบบบ่อตามธรรมชาติเป็นระบบที่มีการใช้เทคโนโลยีสูงขึ้น เช่น ระบบถังกรองไร้อากาศ และ/หรือ ระบบตะกอนเร่ง การพิจารณาแยกชนิดของน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของบีโอดีสูงออกจากน้ำเสียที่มีบีโอดีต่ำและแยกน้ำเสียที่มีกากตะกอนมากออกจากน้ำเสียที่มีกากตะกอนน้อย จะเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียได้อย่างมาก เพราะกระบวนการบำบัดของน้ำเสียลักษณะต่าง ๆ เหล่านั้นสามารถกำหนดขนาดได้เหมาะสมกว่า

แต่ในทางปฏิบัติจริง ๆ นั้น โรงงานต่าง ๆ ยังไม่ได้พิจารณาแยกน้ำทิ้งจากกระบวนการเหล่านี้ที่ปรึกษาจึงดำเนินการไปตามข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้น

## 5.2 การบำบัดน้ำเสีย

สภาพปัญหาในด้านการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นกับอุตสาหกรรมฆ่าโคและสุกรในปัจจุบันสามารถแบ่งเป็น 2 ประเด็น ดังนี้

1) โรงงานส่วนใหญ่ซึ่งเป็นโรงฆ่าสัตว์ขนาดเล็กของเทศบาลและสุขาภิบาลต่าง ๆ ยังไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียที่สามารถบำบัดให้ได้น้ำทิ้งที่มีลักษณะสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานของทางราชการ (ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้งานอยู่ส่วนใหญ่เป็นเพียงบ่อเกรอะและบ่อซึม หรือเป็นบ่อเก็บกัก)

2) มีระบบบำบัดน้ำเสียที่ถูกต้อง แต่ก็ยังไม่สามารถบำบัดน้ำเสียให้ลักษณะสมบัติน้ำทิ้งเป็นไปตามมาตรฐานน้ำทิ้งของราชการได้

ปัญหาดังกล่าวนี้ส่วนหนึ่งเกิดจากการใช้เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียที่ไม่เหมาะสมกับลักษณะ-สมบัติของน้ำเสียที่เกิดขึ้น และอีกส่วนหนึ่งเกิดจากการขาดการดูแลรักษาระบบบำบัดน้ำเสียหรือการเดินระบบบำบัดน้ำเสียไม่ถูกต้อง แม้ว่าในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเปิดจะไม่มีความจำเป็นต้องใช้ผู้ที่มีความรู้และความเชี่ยวชาญสูง แต่ประสิทธิภาพในการบำบัดความสกปรกในน้ำเสียของระบบบำบัดประเภทนี้จะสูงขึ้นหากมีการควบคุมการทำงานของระบบอย่างถูกต้อง ในขณะเดียวกันหากใช้ระบบบำบัดชั้นสูงที่สามารถกำจัดปริมาณความสกปรกในน้ำเสียได้มาก แต่ขาดผู้ควบคุมระบบที่มีความรู้ความชำนาญก็ไม่สามารถที่จะบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นกัน ดังนั้นการเปลี่ยนชนิดของระบบบำบัดน้ำเสียจากระบบบ่อเปิดเป็นระบบที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงก็ไม่ได้หมายความว่าจะสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียได้เสมอไป ความเข้าใจในหลักการบำบัดเป็นหัวใจสำคัญของการบำบัดที่มีประสิทธิภาพอย่างแท้จริงไม่ใช่ระดับของเทคโนโลยี

ดังนั้น ในบทนี้ที่ปรึกษาจึงได้นำเสนอหลักวิชาการที่เกี่ยวข้องกับวิธีการบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมและมีความเป็นได้มากที่สุดสำหรับโรงงานฆ่าโคและสุกร รวมทั้งการเสนอแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน และข้อเสนอแนะวิธีการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียด้วย ส่วนรายละเอียดของวิธีการบำบัดและวิธีการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับโรงงานแต่ละแห่งจะต้องเป็นความรับผิดชอบของแต่ละโรงงานโดยจะขึ้นกับลักษณะสมบัติของน้ำเสีย เช่น อัตราการไหลและปริมาณความสกปรกในน้ำเสีย วัตถุประสงค์ในการบำบัดน้ำเสีย ค่าใช้จ่ายคงที่ และค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ รวมทั้งวิธีการบำบัดและประสบการณ์ของผู้ควบคุมระบบประกอบกัน

### 5.2.1 <u>การบำบัดน้ำเสียขั้นต้น</u> (Pre-treatment)

น้ำเสียจากกระบวนการฆ่าโคและสุกรโดยเฉพาะน้ำเสียจากขั้นตอนการล้างตัวสัตว์ และการล้างเครื่องในจะมีปริมาณของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids) สูง ซึ่งหากน้ำเสียส่วนนี้ไหลรวมกับน้ำเสียจากส่วนอื่น ๆ ลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียจะทำให้ถังหรือบ่อปฏิกิริยาตื้นเขินอย่างรวดเร็ว เช่น ในส่วนที่เป็นระบบบ่อหมัก ของแข็งเหล่านี้จะตกตะกอนในบ่อหมักบ่อแรกทำให้บ่อหมักนี้ตื้นเขินอย่างรวดเร็ว อีกทั้งการขุดลอกบ่อไม่สามารถกระทำได้ทั่วถึงโดยตลอดเป็นสาเหตุให้ประสิทธิภาพในการบำบัดของบ่อลดลง ทั้งนี้เพราะระยะเวลาเก็บกักน้ำในบ่อลดลง ในขณะเดียวกันน้ำเสียจากกระบวนการฆ่าโคและสุกรก็ยังมีปริมาณน้ำมันและไขมันสูงด้วย ซึ่งเมื่ออยู่ในระบบบำบัดน้ำเสียนอกจากจะจับเป็น

คราบคลุมผิวน้ำ และมีผลในการขัดขวางการถ่ายเทอากาศจากบรรยากาศลงสู่ผิวน้ำแล้ว ไขมันและน้ำมันยังจะจับกับกากตะกอน (Sludge) ซึ่งเป็นของแข็งแขวนลอยที่เกิดขึ้นในระหว่างการบำบัดและสามารถส่งผลกระทบต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบได้

ในอีกด้านหนึ่ง การบำบัดน้ำเสียขั้นต้นยังเป็นการกำจัดกากตะกอนซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่จะเกิดการย่อยสลายโดยง่าย ดังนั้น ระบบบำบัดขั้นต้นที่มีประสิทธิภาพสูงและกำจัดกากตะกอนออกโดยง่าย จึงเป็นทางเลือกที่สำคัญในการจัดการน้ำเสียจากโรงงานฆ่าโคและสุกร

นอกจากนี้ ผลประโยชน์อื่น ๆ ที่จะได้รับจากการมีระบบบำบัดน้ำเสียขั้นต้น ได้แก่

- การลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและค่าดำเนินการระบบบำบัดน้ำเสียขั้นทุติยภูมิ
- การนำวัสดุเศษเหลือจากกระบวนการผลิตกลับมาใช้ประโยชน์

สำหรับขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นในอุตสาหกรรมฆ่าโคและสุกรโดยทั่วไป ได้แก่

**5.2.1.1 <u>การกำจัดของแข็งด้วยการกรองหรือตกตะกอน</u>**

เนื่องจากของแข็งที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสียจากกระบวนการฆ่าโคและสุกร มีทั้งที่มีขนาดใหญ่ เช่น เศษอวัยวะและชิ้นส่วนกระดูกสัตว์ และที่มีขนาดเล็ก เช่น และเศษอาหารจากกระเพาะอาหาร การกำจัดของแข็งเหล่านี้ส่วนใหญ่จะใช้ตะแกรง (Screen) ซึ่งมีอยู่ 2 แบบ คือ ตะแกรงหยาบ (Coarse screen) ที่มีช่องว่างระหว่างแท่งเหล็กตั้งแต่ 10 มิลลิเมตรขึ้นไป และตะแกรงละเอียด (Fine screen) ที่มีช่องว่างระหว่างแท่งเหล็กอยู่ระหว่าง 2-6 มิลลิเมตร หรือใช้วิธีการตกตะกอน ซึ่งเหมาะสำหรับการแยกตะกอนหนักพวกกรวด หิน ทราย หรือตะกอนต่าง ๆ ที่มีความถ่วงจำเพาะสูง ระบบกำจัดตะกอนหนักมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น ถังกำจัดตะกอนหนักสี่เหลี่ยมผืนผ้า ถังกำจัดตะกอนหนักสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือวงกลม หรือถังกำจัดตะกอนหนักที่ใช้ระบบเป่าอากาศ

**5.2.1.2 <u>การกำจัดน้ำมันและไขมัน</u>**

วิธีการกำจัดน้ำมันและไขมัน มีหลายวิธี ดังนี้

- การเติมคลอรีน โดยใช้คลอรีนประมาณ 2-5 มิลลิกรัม/ลิตร

วิธีนี้ไม่นิยมนำมาใช้ในการกำจัดน้ำมันและไขมันจากน้ำเสียโรงงานฆ่าโคและสุกร เนื่องจากการเติมคลอรีนจะทำให้น้ำเสียที่ส่งต่อไปบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพมีปริมาณคลอรีนหลงเหลือ (Residual Chlorine) อยู่ในปริมาณมากจนส่งผลกระทบต่อจุลชีพในระบบได้

- การเติมคลอรีนร่วมกับการเป่าอากาศ

เนื่องจากมีการใช้คลอรีน ซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียขั้นทุติยภูมิ ทำให้วิธีนี้ไม่เหมาะสมในการกำจัดน้ำมันและไขมันจากน้ำเสียโรงงานฆ่าโคและสุกรเช่นกัน

- การเพิ่มอุณหภูมิ

เป็นการใช้อุณหภูมิสูงเพื่อลดค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันหรือไขมัน ทำให้ลอยขึ้นมาได้ แต่วิธีนี้ไม่เหมาะสมในการกำจัดไขมันและน้ำมันจากน้ำเสียของโรงงานฆ่าโคและสุกรเนื่องจากน้ำเสียมีปริมาณมาก ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและเสียค่าใช้จ่ายมาก

- การทำให้ตะกอนลอย (Floatation) แล้วเก็บกวาดออกจากน้ำบนผิวน้ำ

วิธีที่นิยมใช้ ได้แก่ บ่อดักไขมัน หรือ Grease Trap และ การทำให้ลอยด้วยอากาศละลาย หรือ Dissolved Air Floatation (DAF)

Grease Trap เป็นถังหรือบ่อพักที่มีแผ่นกั้นขวางอยู่ในบ่อเพื่อดักไขมันไว้ให้ได้ปริมาณมาก ขนาดพื้นที่ผิวของบ่อต้องเพียงพอกับปริมาณไขมันที่จะลอยขึ้นมา ความเร็วของน้ำไหลภายในถังต้องต่ำที่สุดที่จะมีได้ บริเวณทางออกต้องไม่ให้ไขมันหลุดลอยออกไปได้ และถ้าเป็นบ่อดักไขมันที่ใช้คนเก็บกวาดขึ้นมาต้องหมั่นคอยเก็บขึ้นมาให้หมดทุก ๆ วัน เวลาเก็บกักของบ่อดักไขมันควรมีมากกว่า 30 นาที แต่ต้องไม่นานเกินไปจนเกิดกลิ่นเหม็นขึ้นในถัง รูปแบบทั่วไปของบ่อดักไขมัน แสดงดังรูปที่ 5-1

Dissolved Air Floatation (DAF) เป็นวิธีที่เป่าอากาศลงในน้ำเสีย ภายใต้ความดันบรรยากาศจากนั้นจึงปล่อยความดันให้เข้าสู่สภาวะความดันบรรยากาศปกติ ฟองอากาศจำนวนมากจะนำไขมันและน้ำมันรวมทั้งตะกอนต่าง ๆ ลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ จากนั้นตะกอนที่ลอยขึ้นมาจะถูกกวาดทิ้งไป รูปแบบของระบบกำจัดไขมันและน้ำมันแบบ Dissolved Air Floatation แสดงดังรูปที่ 5-2

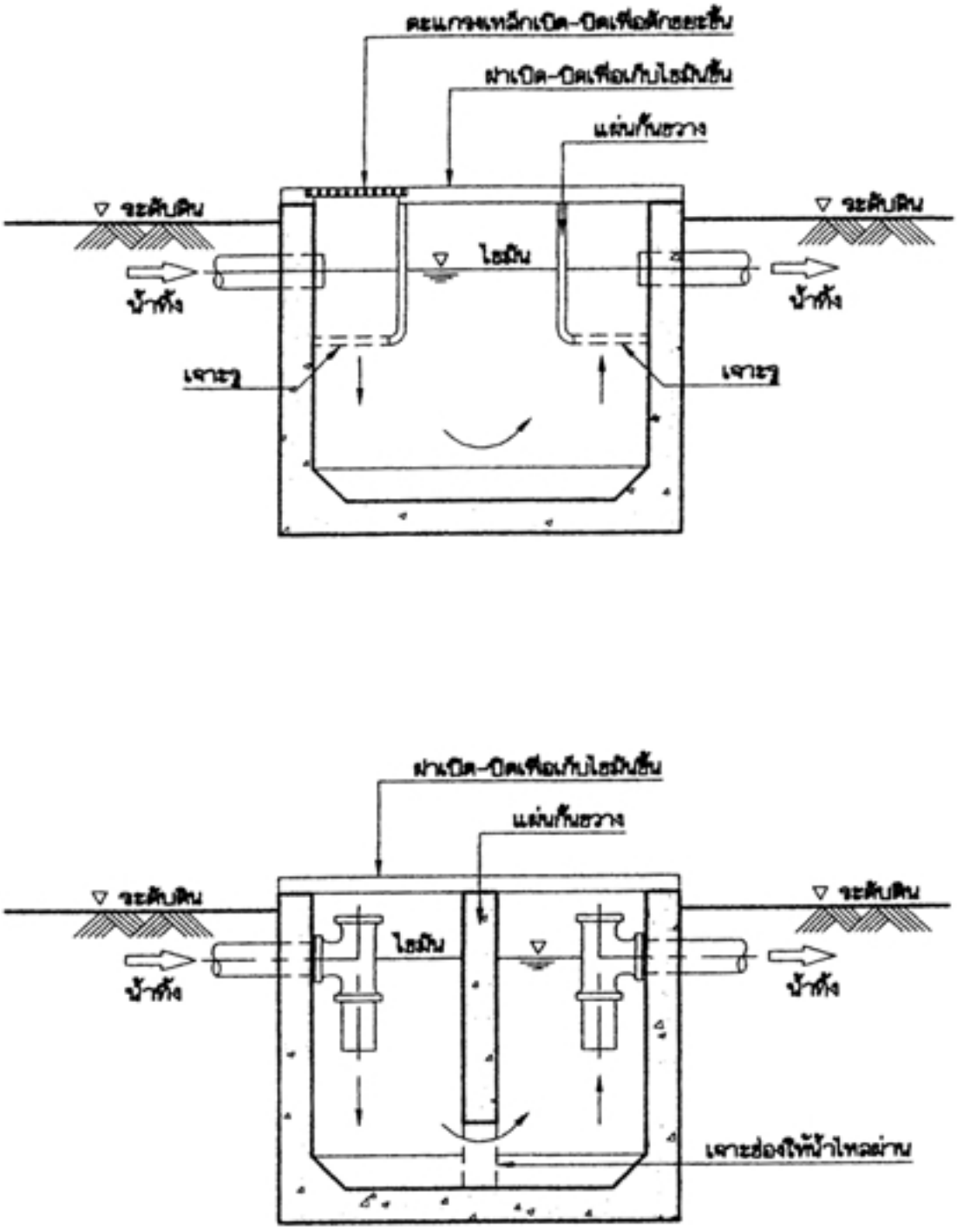
เนื่องจากน้ำเสียจากกระบวนการฆ่าโคและสุกรมักจะปนเปื้อนด้วยไขมันและน้ำมัน รวมถึงของแข็งทั้งที่มีขนาดใหญ่และขนาดเล็ก ระบบบำบัดน้ำเสียขั้นต้นที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมประเภทนี้จึงประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้

- ขั้นตอนแรก เป็นการกำจัดของแข็งที่มีขนาดใหญ่ (Coarse Solids) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดในขั้นตอนต่อไป โดยโรงงานส่วนใหญ่จะใช้ตะแกรง (screen) ซึ่งอาจอยู่ในรูปของ Static screens, Vibrating screen หรือ Rotary drum screen และในบางแห่งอาจใช้วิธีการตกตะกอนในถังตกตะกอนที่อาจใช้วิธีตกด้วยแรงโน้มถ่วง หรือวิธีที่ใช้เครื่องจักรช่วย

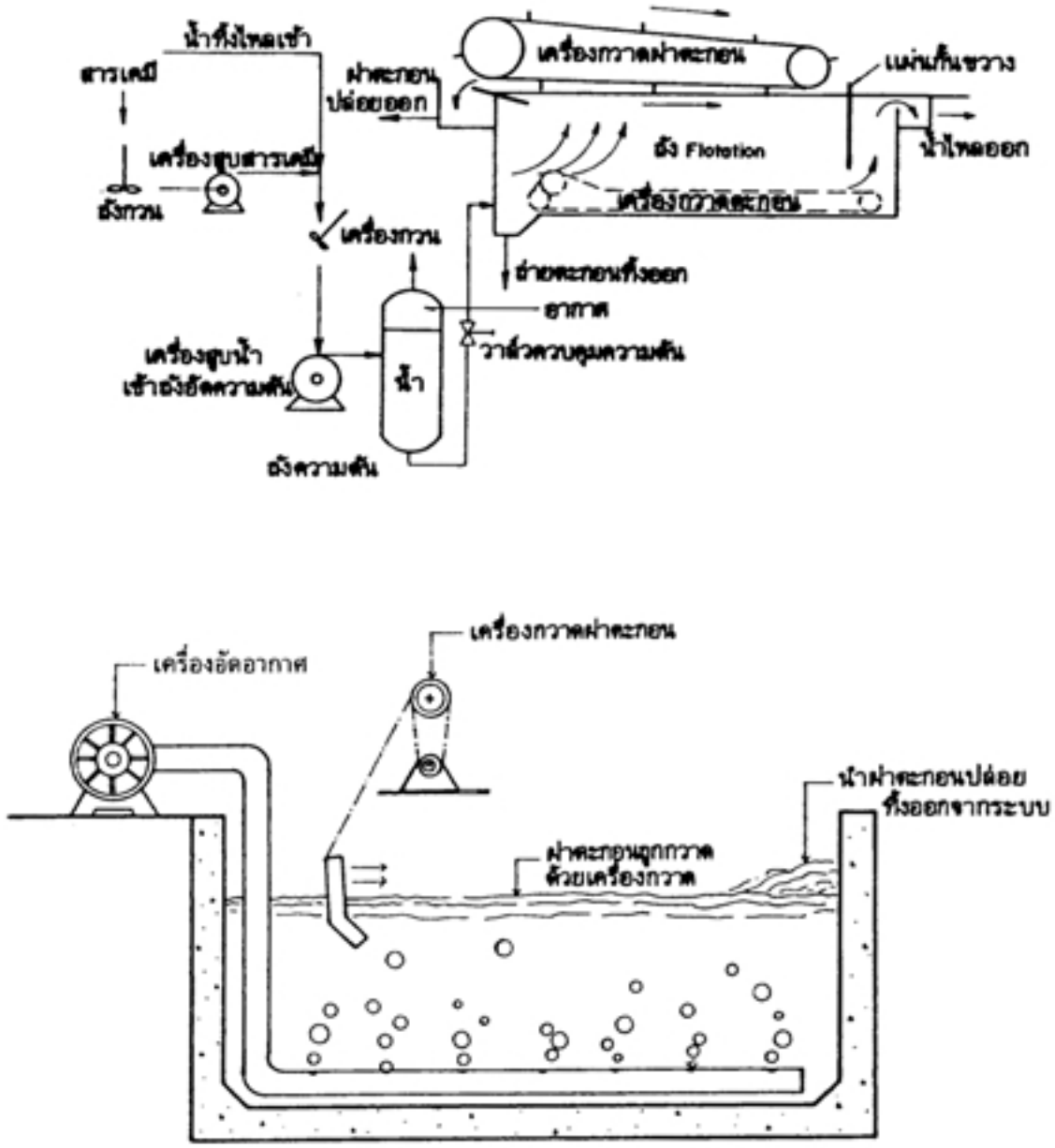
- ขั้นตอนสอง เป็นการกำจัดไขมันและน้ำมัน รวมทั้งของแข็งแขวนลอยที่มีขนาดเล็ก โรงงานฆ่าสัตว์ส่วนใหญ่ใช้ Grease Trap ที่ใช้แรงงานคนคอยตักไขมันที่อยู่ผิวน้ำออกไปกำจัดต่อในขณะที่มีโรงงานเพียงจำนวนน้อยที่ใช้ระบบ Dissolved Air Floatation (DAF)

สำหรับข้อพิจารณาในการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นของโรงงานฆ่าโคและสุกร มีดังนี้

- เนื่องจากน้ำเสียจากโรงงานฆ่าโคและสุกรมีปริมาณสูงมาก การใช้วิธีตกตะกอนในถังตกตะกอน จึงไม่เหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์




**รูปที่ 5-1** รูปแบบทั่วไปของบ่อดักไขมันหรือน้ำมัน




**รูปที่ 5-2** รูปแบบทั่วไปของระบบกำจัดไขมันและน้ำมันแบบ Dissolved Air Floatation

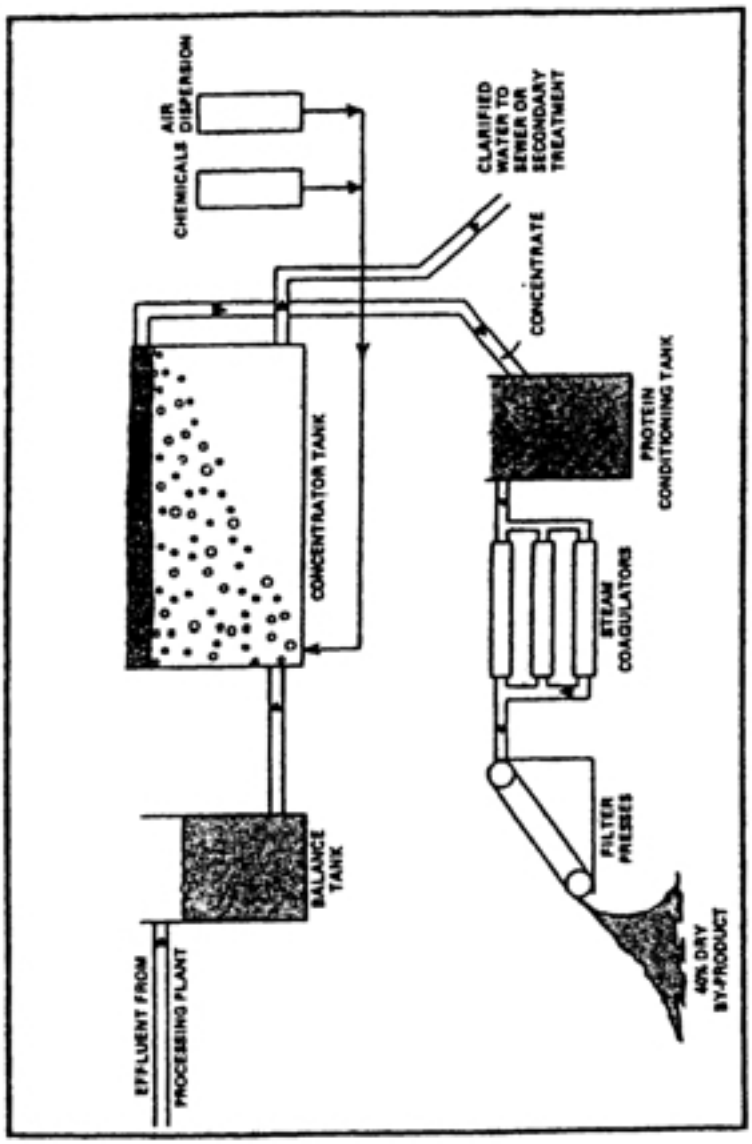
- ในกรณีที่ใช้ตะแกรงแยกของแข็งออกจากน้ำเสียโรงงานโคและสุกรอาจดำเนินการ 2 ขั้นตอน คือตะแกรงหยาบและตะแกรงละเอียด อย่างไรก็ตามการใช้ตะแกรงละเอียดและเครื่องสูบน้ำจะทำให้ไขมันที่ปนเปื้อนในน้ำเสียแตกตัวมากขึ้น เป็นผลให้การกำจัดไขมันและน้ำมันในขั้นตอนที่สองยากขึ้น

- ปริมาณไขมันและน้ำมันที่มีอยู่จำนวนมากในน้ำเสีย ทำให้มีความจำเป็นที่ต้องล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ที่ใช้บำบัดน้ำเสียขั้นต้น ในกรณีที่ใช้ตะแกรงควรทำความสะอาดโดยการใช้แปรงขัดถู และกรณีที่ใช้ Rotary drum screen ควรใช้น้ำร้อนเป็นน้ำล้างทำความสะอาด

- การใช้สารเคมีเพื่อช่วยให้เกิดการสร้างและรวมตะกอน (Coagulation-Flocculation) จะทำให้ประสิทธิภาพของระบบ DAF สูงขึ้น สารเคมีที่ใช้โดยทั่วไปได้แก่ สารส้ม (Alum) ร่วมกับปูนขาว (Lime) เกลือของเหล็ก และสาร Polyelectrolyte ทั้งนี้การใช้ Fe-salt เช่น $Fe_2(SO_4)_3$ และ $FeCl_3$ เป็น coagulant จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดมลสารสูงกว่าการใช้สารส้มร่วมกับปูนขาว ส่วนการใช้ Anionic Polyelectrolyte จะช่วยลดปริมาณตะกอนแขวนลอยขนาดเล็ก (Pin floc) ได้ (Harold R. Jones,1974)

- การใช้สารเคมีอนินทรีย์เป็น Coagulant เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดมลสาร จะทำให้วัสดุเศษเหลือที่แยกได้ (ไขมันและน้ำมันรวมทั้งของแข็งต่าง ๆ) ถูกปนเปื้อนด้วย Al หรือ Fe ซึ่งอาจมีปริมาณสูงจนเป็นอันตรายต่อสัตว์ได้ หากนำวัสดุเศษเหลือส่วนนี้ไปใช้ประโยชน์เป็นอาหารสัตว์ ดังนั้นในกลุ่มประเทศยุโรปได้เปลี่ยนมาใช้สารจำพวก Organic polymer เช่น Sodium lignosulfonate ซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือจากการผลิต cellulose มาใช้เป็น coagulant แทนสารเคมีอนินทรีย์ ทั้งนี้กรดซัลฟุริกจะปรับ pH ในน้ำเสียให้ลดลงเหลือประมาณ 3 หลังจากนั้น lignosulfonic acid จะเกิดขึ้นและตกตะกอนโปรตีนในน้ำเสีย ขณะเดียวกัน pH ที่เป็นกรดจะทำให้ไขมันรวมตัวกัน ดังนั้นค่าบีโอดีและปริมาณไขมันและน้ำมันในน้ำเสียภายหลังผ่าน DAF จะลดลง ส่วนตะกอนที่แยกได้สามารถนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ได้

- โรงงานฆ่าสัตว์ในต่างประเทศจะมีการนำกลับโปรตีนในน้ำเสียจากกระบวนการฆ่าสัตว์ ด้วยการปรับ pH ของน้ำเสียใน Concentrator tank และใช้สารจำพวก Polyelectrolyte เป็น Flocculant เพื่อช่วยให้โปรตีนจับตัวเป็นก้อน แล้วทำให้ตะกอนลอยตัวด้วยเครื่องเป่าอากาศ จากนั้นจึงรวบรวมตะกอนโปรตีนมาปรับสภาพด้วยการเติมเลือดสัตว์ซึ่งทำหน้าที่เป็น Coagulant ใน Conditioning tank ตะกอนที่ได้( 40% dry) จะมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบประมาณ 40-45% (รูปที่ 5-3)




Concentrator tank : $H_2SO_4$ and $CaCO_3$ for pH adjustment

: Flocculant (Polyelectrolyte)

Conditioning tank : blood from slaughtering is coagulant

By product : 40-45 % protein

**รูปที่ 5-3** แผนภาพแสดงกระบวนการนำกลับโปรตีนจากน้ำเสียของโรงงานฆ่าสัตว์

### 5.2.2 <u>การบำบัดน้ำเสียขั้นทุติยภูมิ</u>

น้ำเสียจากโรงงานฆ่าสัตว์จำเป็นจะต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียขั้นทุติยภูมิซึ่งเป็นระบบบำบัดแบบชีวภาพ ผลการสำรวจโรงงานฆ่าโคและสุกรพบว่าระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้งานโดยทั่วไป ได้แก่

- ระบบบ่อหมักที่ติดตามด้วยบ่อกึ่งหมักและบ่อผึ่ง
- ระบบบ่อหมักที่ติดตามด้วยบ่อเติมอากาศและบ่อผึ่ง
- ระบบบ่อหมักที่ติดตามด้วยบ่อเติมอากาศและระบบตะกอนเร่ง

น้ำเสียจากโรงงานฆ่าโคและสุกรเหมาะสมกับวิธีการบำบัดทางชีวภาพ ด้วยเหตุผลดังนี้

- ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย ประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายง่าย เช่น คาร์โบไฮเดรท โปรตีน ฟอสฟอรัส และสารอาหารที่จำเป็นต่าง ๆ
- ในน้ำเสียไม่มีการปนเปื้อนของสารที่เป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ที่ทำงานในระบบ

#### 5.2.2.1 <u>ระบบบำบัดแบบไร้อากาศ</u> (Anaerobic system)

การบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ เป็นการเปลี่ยนสภาพจากสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียไปเป็นก๊าซชีวภาพ ซึ่งประกอบด้วยก๊าซมีเทน ($CH_4$) ประมาณ 60% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) ประมาณ 30% และอื่น ๆ อีกเล็กน้อย เช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ($H_2S$) โดยมีแบคทีเรียที่อยู่ในระบบจำนวน 2 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นแบคทีเรียที่สามารถผลิตกรดอินทรีย์ (Organic acids) กลุ่มที่ 2 เป็นแบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทน ($CH_4$) จากกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนแรก

เมื่อเปรียบเทียบการบำบัดน้ำเสียโดยระบบไร้อากาศกับระบบมีอากาศ ระบบไร้อากาศมีข้อดีหลายประการ ได้แก่

- ไม่ต้องใช้พลังงานในการดำเนินการสูง
- สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ในปริมาณสูงได้
- มีตะกอนเกิดเพิ่มขึ้นน้อยมาก (น้อยกว่า 0.3 กิโลกรัมของแข็งทั้งหมดต่อกิโลกรัมบีโอดีที่ถูกกำจัด)

ในการออกแบบและควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีไร้อากาศจำเป็นต้องพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

1) **ค่าบีโอดี :** ❑ ระบบนี้สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีค่าบีโอดีมากกว่า 3,000มิลลิกรัม/ลิตร
   ❑ ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีต่ำกว่า 70%
   ❑ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนไม่สามารถ ทำให้ค่าบีโอดีของน้ำทิ้งได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งได้
2) **ทีเคเอ็น :** ❑ ระบบไม่สามารถลดปริมาณของทีเคเอ็นได้
3) **ฟอสฟอรัส :** ❑ ระบบไม่สามารถลดปริมาณของฟอสฟอรัสได้

4) **พีเอช :** ❑ ค่า pH ต่ำกว่า 6.0 จะทำให้เกิดก๊าซ $H_2S$ หนีออกจากน้ำ และจะเกิดกลิ่นเหม็น พร้อม ๆ กับมีฝ้าตะกอนลอยเกิดขึ้นมามาก

❑ ในระบบบำบัดแบบถังไร้อากาศที่เป็นระบบปิด หาก pH มากกว่า 7 จะทำให้เกิดตะกอนของแมกนีเซียมแอมโมเนีย-ฟอสฟอรัส (MAP) และจะอุดตันในระบบ

5) **อุณหภูมิ :** ❑ อุณหภูมิ ที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 35-40°C ซึ่งมีความเหมาะสมกับประเทศไทย แต่ไม่ควรจะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

6) **เกลือต่าง ๆ :** ❑ หากมีปริมาณของ $Na^+$, $K^+$, $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$, $NH_4^+$ สูงมากจะมีผลต่อระบบการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยปริมาณที่เหมาะสม ได้แก่

| | | |
|---|---|---|
| แคลเซี่ยม (Ca) | 100-200 | มก./ลิตร |
| แมกนีเซี่ยม (Mg) | 75-150 | มก./ลิตร |
| โปแตสเซี่ยม (K) | 200-400 | มก./ลิตร |
| โซเดียม (Na) | 100-200 | มก./ลิตร |

7) **ค่าความเป็นกรด-ด่าง :**

❑ ค่าที่เหมาะสมของ Alkalinity จะอยู่ในช่วง 2,000-3,000 มก./ลิตรของ $CaCO_3$

❑ ค่า Volatile acids ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 50-500 มก./ ลิตรของ acetic acid

8) **ก๊าซ :** ❑ ปริมาณก๊าซมีเทนเกิดขึ้นประมาณ 0.4 ลบ.ม./กก.ซีโอดีที่ถูกกำจัด

❑ เกิดก๊าซมีเทน ($CH_4$)ประมาณ 60-70%
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์($CO_2$) ประมาณ30%
และก๊าซอื่นๆ ในปริมาณน้อย

สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศที่ใช้กันทั่วไปในโรงงานฆ่าและโคและสุกรและมีความเหมาะสม คือ เป็นบ่อไร้อากาศแบบเปิด (Open-type Anaerobic Pond) สำหรับข้อดีและข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยบ่อไร้อากาศแบบเปิด แสดงดังตารางที่ 5-1

**<u>ตารางที่ 5-1</u>** ข้อดีและข้อเสียของการบำบัดน้ำเสียด้วยบ่อไร้อากาศแบบเปิด

| ข้อดี | ข้อเสีย |
|---|---|
| 1. การก่อสร้างระบบทำได้ง่าย<br>2. การดำเนินการไม่ซับซ้อนและเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษาน้อย | 1. ต้องใช้พื้นที่มาก<br>2. ประสิทธิภาพของระบบควรจำกัดเพียง 50-70%<br>3. ไม่สามารถเก็บก๊าซชีวภาพได้<br>4. มีกลิ่นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์และกรดอินทรีย์ถ้าภาระบรรทุกมากเกินไป<br>5. การทิ้งตะกอนออกไปทำได้ไม่ต่อเนื่อง |

**5.2.2.2 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ (Aerobic system)**

ระบบบำบัดแบบใช้อากาศเป็นกระบวนการที่เปลี่ยนสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสียให้อยู่ในรูปมวลชีวภาพโดยการทำงานของจุลินทรีย์หลายประเภท ซึ่งบางชนิดสามารถลดสารประกอบคาร์บอน ในขณะที่บางชนิดสามารถลดสารประกอบไนโตรเจน ดังนั้นในการเลือกชนิดของระบบบำบัดแบบใดจะขึ้นกับลักษณะของน้ำเสียด้วย

การออกแบบและควบคุมระบบบำบัดแบบใช้อากาศจะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ต่อไปนี้

1) **ค่าบีโอดี :**
   - ❑ ระบบนี้สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีค่าบีโอดีต่ำกว่า 3,000 มิลลิกรัม/ลิตร
   - ❑ ระบบจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดีมากกว่า 95% เมื่อควบคุมอัตราส่วนของคาร์บอน/ไนโตรเจน/ฟอสฟอรัสเหมาะสม
   - ❑ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนสามารถทำให้คุณภาพน้ำทิ้งได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งได้
2) **ทีเคเอ็น :** ❑ ระบบสามารถลดปริมาณของทีเคเอ็นได้ ด้วยกระบวนการ Nitrification และ Denitrification
3) **ฟอสฟอรัส :** ❑ ระบบสามารถลดปริมาณของฟอสฟอรัสได้
4) **พีเอช :** ❑ ระบบนี้สามารถปรับ pH ได้ด้วยตัวเองในกรณีที่มีกรดอินทรีย์เข้ามาเกี่ยวข้อง
5) **อุณหภูมิ :** ❑ อุณหภูมิ ที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 35-40 $^{o}$C ซึ่งมีความเหมาะสมกับประเทศไทยมาก แต่ไม่ควรจะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว
6) **เกลือต่าง ๆ :** ❑ ปริมาณของ $Na^{+}$ , $K^{+}$ , $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ , $NH_4^{+}$ จะไม่มีผลต่อระบบการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย
7) **มวลชีวภาพ :** ❑ ปริมาณตะกอนส่วนเกินขึ้นกับปริมาณความสกปรกในน้ำเสีย โดยประมาณ 0.2-0.5 กก./กก.บีโอดีที่ถูกกำจัด

**8) ก๊าซ :** ❑ ในระบบบำบัดที่ใช้อากาศปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่ต้องการอยู่ระหว่าง 1-3.5 กก. ออกซิเจน/กก.บีโอดี

**สำหรับรายละเอียดของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศแต่ละชนิด มีดังนี้**

***1. <u>ระบบบ่อตามธรรมชาติ</u> (Stabilization Pond)***

*<u>บ่อกึ่งไร้อากาศ</u>*

สภาวะช่วงบนของบ่อจะเป็นแบบมีออกซิเจน โดยรับออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย ส่วนบ่อช่วงล่างซึ่งแสงแดดส่องไม่ถึง และมีปริมาณออกซิเจนน้อยหรือไม่มีจะอยู่ในสภาวะแบบไร้ออกซิเจนซึ่งจุลินทรีย์จะย่อยสลายสารอินทรีย์และะแปรสภาพเป็นก๊าซต่าง ๆ ในลักษณะเดียวกับบ่อไร้อากาศ แต่ก๊าซที่ลอยขึ้นมาจะถูกออกซิไดส์โดยออกซิเจนที่อยู่ช่วงบนของบ่อ ทำให้กลายเป็นก๊าซที่ไม่มีกลิ่นเหม็น (โดยทั่วไปบ่อกึ่งไร้อากาศจะมีความลึก 1.0-1.5 เมตร)ในทางปฏิบัติพบว่าโรงงานส่วนใหญ่จะใช้เป็นระบบที่บำบัดน้ำเสียต่อจากระบบบ่อไร้อากาศหรือบ่อหมัก

*<u>บ่อผึ่ง</u> (Oxidation Pond)*

มีความลึกประมาณ 0.5-1.0 เมตร ดังนั้น แสงแดดจึงส่องทะลุตลอดความลึกของบ่อ ทำให้สาหร่ายเติบโตได้ดีและสังเคราะห์แสงให้ออกซิเจนแก่จุลินทรีย์ในบ่อ อีกทั้งมีออกซิเจนถ่ายเทที่ผิวน้ำ น้ำในบ่อจึงอยู่ในสภาวะมีอากาศ เนื่องจากความสามารถในการให้ออกซิเจนของระบบนี้มีจำกัด ทำให้ต้องใช้อัตราบรรทุกเชิงปริมาตรค่อนข้างต่ำ (ประมาณ 20 กรัมบีโอดีต่อตาราง-เมตรต่อวัน) จึงต้องใช้พื้นที่มากในการก่อสร้างระบบ อีกทั้งน้ำที่ออกจากบ่อจะมีสาหร่ายปะปนสูง จึงต้องมีบ่อผึ่งและบ่อบ่มไว้รองรับ

***2. <u>ระบบบ่อเติมอากาศ</u> (Aerated Lagoon)***

เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่จุลินทรีย์ใช้ออกซิเจนจากเครื่องเติมอากาศ โดยทั่วไปบ่อมีความลึกประมาณ 2.5-4.0 เมตร ระบบบ่อเติมอากาศมีความต้องการใช้พื้นที่น้อยกว่าระบบบ่อตามธรรมชาติมาก ระบบบ่อเติมอากาศแบ่งเป็น 2 แบบ แบบแรกเป็นแบบที่มีการผสมอย่างสมบูรณ์ เครื่องเติมอากาศในบ่อนี้จะมีกำลังเพียงพอให้ตะกอนทั้งหมดแขวนลอยอยู่ได้ จึงไม่มีการตกตะกอนจมก้นบ่อ และมีก๊าซออกซิเจนทั่วถึงตลอดความลึก ส่วนแบบที่สองเป็นแบบผสม เครื่องเติมอากาศในบ่อนี้จะให้ออกซิเจนพอเพียงกับน้ำในบ่อ แต่ไม่มากพอที่จะให้ตะกอนแขวนลอยอยู่ได้ทั้งหมด ตะกอนบางส่วนจะจมลงและเกิดการย่อยสลายของสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้อากาศ ดังนั้นส่วนล่างของบ่อจะอยู่ในสภาวะไร้อากาศ ส่วนด้านบนซึ่งมีออกซิเจนเพียงพอจะอยู่ในสภาวะใช้อากาศ

***3. <u>ระบบตะกอนเร่ง</u> (Activated Sludge Process)***

ในระบบตะกอนเร่ง กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วโดยอาศัยจุลินทรีย์จำนวนมากที่แขวนลอยอยู่ในน้ำตะกอนของถังเติมอากาศ และต้องควบคุมความเข้มข้นของจุลินทรีย์ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม โดยการย้อนกลับจุลินทรีย์บางส่วนที่ตกตะกอนในถังตกตะกอน ในขณะที่ตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกินจะถูกนำไปกำจัด เช่น ผ่านการย่อยสลายหรือนำไปตากแห้ง น้ำใสส่วนบนที่ไหลล้นออกจากถังตกตะกอนจะได้มาตรฐานสามารถระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้

ระบบตะกอนเร่งจะทำงานอย่างมีประสิทธิภาพได้ ก็ต่อเมื่อสภาวะแวดล้อมในถังเติมอากาศเหมาะสมต่อการดำรงชีพของจุลินทรีย์ (แบคทีเรีย) กล่าวคือ

- ปริมาณออกซิเจนในน้ำตะกอนต้องไม่น้อยกว่า 0.5 มก./ลิตร ถ้าต่ำกว่านี้ แบคทีเรียชนิดเส้นใยจะเพิ่มจำนวนมากขึ้น ทำให้ตะกอนเกาะกันได้ยาก น้ำทิ้งจะขุ่น

- ต้องมีอาหารเสริมเพียงพอ ที่สำคัญได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ในอัตราส่วน BOD : N : P = 100 : 5 : 1 ถ้าอาหารเสริมไม่เพียงพอ จะมีผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ในถังเติมอากาศ เช่น การขาดไนโตรเจน ราจะเจริญเติบโตได้ดีกว่าแบคทีเรีย ทำให้ตะกอนจุลินทรีย์จมตัวได้ยาก เป็นต้น

- ค่า pH จะต้องอยู่ในช่วง 6.5-9.0 ถ้า pH ต่ำกว่า 6.5 จะมีราเกิดขึ้นมาก แต่ถ้า pH สูงเกินไป จุลินทรีย์จะย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ช้า

- อุณหภูมิไม่ควรเกิน 40$^{\circ}$C

ระบบตะกอนเร่งมีหลายรูปแบบ ซึ่งเกิดจากการวิจัยพัฒนาระบบมาอย่างต่อเนื่อง โดยคำนึงถึงการประหยัดพลังงาน ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียและการควบคุมดูแลระบบ สำหรับระบบตะกอนเร่งรูปแบบที่ใช้งานกันมาก ได้แก่

*Conventional Activated Sludge*

ลักษณะทางชลศาสตร์ในถังเติมอากาศจะเป็นแบบ Plug Flow น้ำทิ้งและตะกอนจุลินทรีย์ที่หมุนเวียนกลับมาใช้จะไหลเข้าทางตอนหัวของถังเติมอากาศ ใช้เวลาในการเติมอากาศประมาณ 6 ชั่วโมง ปริมาณตะกอนหมุนเวียนประมาณ 25%-50% ของปริมาณน้ำทิ้ง เนื่องจากการไหลเป็นแบบ Plug Flow ทำให้ค่าบีโอดีสูงสุดตรงหัวถังเติมอากาศและค่อย ๆ ลดลงตามความยาวของถัง ความต้องการออกซิเจนของแบคทีเรียจึงมีค่าสูงสุดที่ตรงหัวถัง และค่อย ๆ ลดลงตามความยาวของถังเช่นกัน ส่วนอัตราการเติมออกซิเจนนั้น จะมีค่าคงที่ตลอดความยาวของถังเติมอากาศ

เพื่อให้การใช้ออกซิเจนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปจึงออกแบบให้อัตราการเติมออกซิเจนสอดคล้องกับความต้องการออกซิเจนของแบคทีเรีย (Tapered Aeration)

*Step-Aeration*

เพื่อไม่ให้ความต้องการออกซิเจนที่หัวถังเติมอากาศมากจนเกินไป ในระบบ AS แบบนี้ น้ำทิ้งจะถูกแบ่งระบายเข้าถังอากาศหลายจุด นอกจากจะทำให้การใช้ออกซิเจนมีประสิทธิภาพสูงขึ้นแล้วยังทำให้ค่า F/M สม่ำเสมอตลอดถังเติมอากาศด้วย วิธีนี้ใช้กันแพร่หลายในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ AS แบบธรรมดา

*High-Rate*

หลักการเหมือนแบบธรรมดา แต่ต่างกันตรงที่ใช้เวลาในการเติมอากาศสั้นมากประมาณ 1.5-3 ชั่วโมง และค่า MLSS ในถังเติมอากาศต่ำมากเพียง 200-500 มก./ล. เมื่อเทียบกับค่า MLSS ที่เกินกว่า 1,500 มก./ล. ในระบบ AS แบบอื่น ๆ ดังนั้นค่า F/M จึงสูงมาก ทำให้การเจริญเติบโตของแบคทีเรียอยู่ในช่วงระหว่าง Log Growth Phase และ Declining Growth Phase แบคทีเรียจึงทำลายบีโอดีได้รวดเร็ว แต่การตกตะกอนของตะกอนจุลินทรีย์ไม่ดีจึงทำให้น้ำทิ้งขุ่น ระบบนี้มีประสิทธิภาพในการลดค่า BOD ต่ำคือประมาณ 60-70% ระบบ High-Rate AS จึงเหมาะสำหรับกำจัดน้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดีต่ำ

*Biosorption หรือ Contact Stabilization*

ระบบนี้อาศัยหลักการที่ว่า การลดของค่าบีโอดีในระบบ AS นั้นแบ่งออกได้เป็น 2 ระยะ คือ ระยะแรกเกิดขึ้นในช่วงเวลา 20-40 นาทีแรก เมื่อน้ำทิ้งผสมกับตะกอนจุลินทรีย์ สารอินทรีย์ในน้ำทิ้งก็จะถูกแบคทีเรียดูดซึมเข้าไว้ในเซลล์อย่างรวดเร็ว ระยะที่สอง แบคทีเรียจะปล่อยน้ำย่อยออกมาทำลายสารอินทรีย์ที่ดูดซึมไว้ สารอินทรีย์บางส่วนจึงละลายกลับออกมาในน้ำทิ้งอีก ทำให้ค่าบีโอดีกลับเพิ่มสูงขึ้น จากนั้นแบคทีเรียก็จะทำลายสารอินทรีย์ต่อไป จึงทำให้ค่าบีโอดีลดลง

ในระบบ AS แบบทั่ว ๆ ไป การลดของค่าบีโอดีทั้งสองระยะนี้เกิดขึ้นในถังเติมอากาศเดียวกัน แต่สำหรับระบบ Contact Stabilization จะออกแบบให้ทั้งสองระยะแยกจากกัน โดยใช้ถังเติมอากาศสองถัง โดยน้ำทิ้งจะถูกระบายมาเข้าถังเติมอากาศถังแรกเรียกว่า Contact Tank ซึ่งมีค่า MLSS สูงกว่า 4,000 มก./ล. ใช้เวลาเติมอากาศนาน 30-90 นาที เพื่อให้แบคทีเรียดูดซึมสารอินทรีย์ จากนั้นนำ Mixed Liquor มาตกตะกอนแยกตะกอนจุลินทรีย์ออก แล้วนำตะกอนจุลินทรีย์ซึ่งดูดซึมสารอินทรีย์ไว้แล้วไปเข้าถังเติมอากาศถังที่สองเรียกว่า Reaeration Tank เพื่อให้แบคทีเรียทำลายบีโอดีที่ดูดซึมไว้ ใช้เวลาในการเติมอากาศนานประมาณ 3-6 ชั่วโมง จนแบคทีเรียพร้อมที่จะดูดซึมสารอินทรีย์อีกครั้ง จึงนำตะกอนจุลินทรีย์กลับไปเข้า Contact Tank

ข้อดีของระบบ Contact Stabilization คือ สามารถลดค่าก่อสร้างลงได้ เนื่องจากใช้ถังเติมอากาศที่มีปริมาตรน้อยกว่าถังเติมอากาศในระบบ AS แบบอื่น ๆ ส่วนแบบ Contact Stabilization เหมาะสำหรับกำจัดน้ำทิ้งที่สารอินทรีย์ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของอนุภาคคอลลอยด์ที่แบคทีเรียดูดซึมได้ง่าย

*Complete Mix*

ลักษณะทางชลศาสตร์ของระบบนี้เป็นแบบ Complete Mix คือ ออก-แบบให้น้ำทิ้งและตะกอนจุลินทรีย์ไหลเข้าถังเติมอากาศสม่ำเสมอตลอดถัง เพื่อให้ Mixed Liquor ในถังเติมอากาศเป็นเนื้อเดียวกันหมด(homogeneous) ทำให้ความต้องการออกซิเจนและอัตราการเติมออกซิเจนเท่ากันทุกจุด ระบบนี้จึงมีเสถียรภาพต่อ Shock loads สูงมาก และสามารถกำจัดน้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดีสูงประมาณ 5,000-10,000 มก./ล. ได้

*Extended Aeration*

ระบบนี้ออกแบบให้การเจริญเติบโตของแบคทีเรียอยู่ใน Endogeneous Phase จึงใช้ค่า F/M ต่ำและเวลาในการเติมอากาศนานมาก เพื่อให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสูงและต้องการให้ตะกอนจุลินทรีย์ส่วนเกินที่ต้องแยกออกมากำจัดมีน้อยที่สุด เพราะต้องการลดค่าก่อสร้างระบบกำจัดตะกอนส่วนเกิน แต่เนื่องจากระยะเวลาในการเติมอากาศนานมาก ถังเติมอากาศจึงต้องมีขนาดใหญ่ ถ้าปริมาณน้ำทิ้งมีมากแล้ว ผลที่ได้จากการใช้แบบ Extended Aeration เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดตะกอนส่วนเกินจะไม่คุ้มกับผลเสียที่เกิดขึ้นจากการที่ต้องใช้ถังเติมอากาศขนาดใหญ่ ในสหรัฐอเมริกาพบว่าระบบแบบนี้เหมาะสำหรับกำจัดน้ำทิ้งประมาณไม่เกิน 1 ล้านแกลลอน/วัน (3,785 $ม^3$/วัน)

*Oxidation-Ditch*

ระบบแบบนี้โดยแท้จริงแล้วเป็นระบบ Extended Aeration AS แต่แทนที่จะใช้ถังเติมอากาศเป็นถังลึก 3-4 เมตร รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเหมือนระบบ AS แบบอื่น ๆ จะใช้คูรูปวงรีลึกเพียง 1.50 เมตรแทนถังเติมอากาศเพื่อต้องการให้การก่อสร้างง่าย ดังนั้น Oxidation Ditch จึงใช้พื้นที่มากกว่า AS แบบอื่น ๆเหมาะสำหรับกำจัดน้ำทิ้งปริมาณไม่มากนัก และที่ดินราคาไม่แพงเกินไป

*Pure Oxygen*

เป็นระบบ AS ที่ใหม่ที่สุดโดยใช้ก๊าซออกซิเจนอัดลงไปใน Mixed-Liquor โดยตรงแทนที่จะใช้อากาศ ทำให้แบคทีเรียเจริญเติบโตได้เร็วยิ่งขึ้น ตะกอนจุลินทรีย์จมตัวได้ดีมาก และระบบกำจัดสามารถทำงานที่มีค่า F/M สูงได้ ทำให้สามารถลดขนาดของถังเติมอากาศได้

*Sequencing Batch Reactor*

เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ถังเติมอากาศเพียงถังเดียวสามารถทำหน้าที่ทั้งการเติมอากาศเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ และทำหน้าที่แยกตะกอนด้วยการตกตะกอนภายในถังเดียวกันนี้ เป็นระบบที่ปล่อยให้น้ำเสียไหลเข้าถังที่มีตะกอนอยู่ภายในถังแล้วและกำลังเติมอากาศอยู่ หลังจากนั้นจะหยุดเติมอากาศทำให้ตกตะกอน จะได้น้ำใสส่วนบนที่สามารถปล่อยทิ้งออกได้ เป็นอันเสร็จสิ้นกระบวนการบำบัด จากนั้นสามารถนำน้ำเสียชุดใหม่เข้ามาบำบัดต่อไป และเพื่อให้การดำเนินการบำบัดน้ำเสียได้อย่างต่อเนื่อง อาจมีถังบำบัดน้ำเสีย 2 ถัง ขึ้นไปทำงานสลับกันไป และระบบนี้ยังสามารถกำจัด

ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้ระดับหนึ่งและยังพบว่าระบบนี้จะป้องกันการเกิดปัญหาตกตะกอนไม่ดี คือ ปัญหาสลัดจ์อืด (Bulking Sludge) และป้องกันการเกิดฟอง (Foam) ขึ้นจนล้นถังออกมาได้อีกด้วย

***4. <u>ระบบโปรยกรอง</u> (Trickling Filters)***

ระบบนี้ประกอบด้วยตัวกลางบรรจุอยู่ในถัง เพื่อให้จุลินทรีย์เกาะอยู่ตามผิวตัวกลาง การเติมอากาศจะอาศัยออกซิเจนจากอากาศผสมกับน้ำเสียก่อนที่จะไหลผ่านผิวตัวกลางที่มีจุลินทรีย์เกาะอยู่ ซึ่งมีลักษณะเป็นเมือกหนาพอเพียงที่จะให้ออกซิเจนแทรกซึมเข้าไปได้ น้ำเสียจะถูกนำมาโปรยลงบนผิวหน้าของถังปฏิกิริยา และจะไหลหยด (Trickling) ผ่านตัวกลางลงสู่ก้นถัง ในขณะที่น้ำทิ้งไหลผ่านเมือกจุลินทรีย์รอบตัวกลาง จุลินทรีย์จะดูดซึมสารอินทรีย์ต่าง ๆ เข้าไป ในขณะเดียวกันก็ทำลายสารอินทรีย์ด้วยปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจน เมือกจุลินทรีย์จึงเติบโตหนาขึ้น จนในที่สุดจุลินทรีย์ชั้นในที่เกาะกับก้อนหินจะตายเนื่องจากขาดอาหาร จึงทำให้เมือกจุลินทรีย์หลุดออกจากก้อนหินปะปนไปกับน้ำทิ้ง น้ำทิ้งที่ระบายออกจากถังปฏิกิริยาจะผ่านไปเข้าถังตกตะกอนเพื่อแยกตะกอนเมือกจุลินทรีย์ออก ตะกอนที่แยกออกมาได้ต้องนำไปกำจัดต่อด้วยวิธีการที่เหมาะสม

ระบบนี้มักจะมีระบบให้น้ำล้นไหลเวียนกลับสู่ระบบอีกครั้งเป็นวงจร (Recirculation) เพื่อประโยชน์ต่าง ๆ ดังนี้

1) เพื่อให้น้ำเสียได้ไหลผ่านจุลชีพที่เกาะบนผิวตัวกลางมากกว่าหนึ่งครั้ง ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียดีขึ้น
2) เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำเสีย (DO) ที่ไหลเข้าระบบ
3) เพื่อปรับสภาพของน้ำเสียที่อาจมีค่าบีโอดี หรือ pH สูงหรือต่ำเกินไปสำหรับระบบ
4) ช่วยเสริมประสิทธิภาพในการกระจายของน้ำเสียที่ไหลผ่านผิวตัวกลาง ซึ่งมีแนวโน้มช่วยลดปัญหาอุดตันขึ้นในระบบ และลดปัญหาเกี่ยวกับแมลงเกาะตอมได้บ้าง
5) เพื่อให้น้ำไหลผ่านจุลินทรีย์ที่เกาะผิวกลางอยู่ตลอดเวลา แม้จะมีน้ำเสียไหลเข้ามาในบางช่วงน้อยมากก็ตาม ซึ่งป้องกันการเกิดจุลินทรีย์แห้งตายหลุดออกไป

***5. <u>ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ</u> (Rotating Biological Contactor, RBC)***

RBC อาศัยหลักเกณฑ์คล้ายระบบ Tricking Filter (TF) แต่ทำการปรับปรุงให้ตัวกลาง (ซึ่งเป็นที่ยึดเกาะของแผ่นฟิล์มจุลินทรีย์) สามารถหมุนรอบตัวเองได้ ตัวกลางมีลักษณะเป็นแผ่นทำจากพลาสติกหรือสารสังเคราะห์ชนิดต่าง ๆ เช่น โพลิเอทิลีน (PE), โพลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) และไฟเบอร์กลาส (Fiberglass) เป็นต้น รูปทรงกระบอกประกอบด้วยแผ่นตัวกลางเป็นลอน

จัดเรียงติดต่อกันเป็นรูพรุนเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวยึดเกาะแก่เมือกจุลินทรีย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.0-3.6 เมตร และตัวกลางนี้จะถูกวางให้จมอยู่ในน้ำเสียส่วนหนึ่ง อีกส่วนหนึ่งจะสัมผัสกับอากาศ

เมื่อผ่านน้ำเสียสู่ถังปฏิกิริยา ตะกอนที่ปะปนมาก็จะตกอยู่สู่ข้างล่างของถัง ส่วนสารอินทรีย์ที่ละลายหรืออยู่ในสภาพแขวนลอย (Colloidal Organic) จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ซึ่งอาศัยออกซิเจนในอากาศเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อการเจริญเติบโตและสร้างเซลล์ใหม่ จุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นจะเกาะอยู่บริเวณผิวของตัวกลางซึ่งหมุนรอบตัวเองอย่างช้า ๆ ด้วยความเร็ว 1-2 รอบ/นาที เพื่อป้องกันไม่ให้แผ่นจุลินทรีย์ที่ติดอยู่กับตัวกลางหลุดออกและทำหน้าที่คล้ายเครื่องเติมอากาศ (mechanical aerator)เพราะเมื่อตัวกลางหมุนรอบตัวเองก็จะทำให้ส่วนที่จมอยู่ในน้ำเสียขึ้นมาสัมผัสอากาศรับออกซิเจน เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และเปลี่ยนส่วนที่อยู่ในอากาศลงไปสัมผัสกับน้ำเสียเพื่อให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียสลับกันไป ทำให้สามารถรักษาสภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนอยู่ได้ตลอดไป เมื่อจุลินทรีย์เจริญเติบโตมากขึ้นเรื่อย ๆ ก็จะเกาะอยู่บริเวณรอบผิวของตัวกลางทำให้แผ่นฟิล์ม (Slime) หนาขึ้นเรื่อย ๆ ขณะที่สภาพของจุลินทรีย์ด้านในที่ติดกับตัวกลางมีความแข็งแรงลดลง เนื่องจากขาดอาหาร มีอายุนาน และอยู่สภาวะไร้ออกซิเจน แผ่นฟิล์มจุลินทรีย์ก็จะหลุดจากตัวกลางตกลงสู่ส่วนล่างของถัง ซึ่งตะกอนจุลินทรีย์จะทับถมกันเป็นจำนวนมากและออกซิเจนไม่สามารถละลายซึมผ่านลงไปถึง ทำให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจนบริเวณตอนล่างของถังปฏิกิริยา น้ำเสียส่วนบนจะไหลไปสู่ถังตกตะกอนเพื่อแยกตะกอนออกไปกำจัดต่อไป

### *6. <u>การเปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ</u>*

ระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละประเภทต่างก็สามารถบำบัดให้น้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีค่าเป็นไปตามมาตรฐานน้ำทิ้งของทางราชการ แต่ระบบใดจะมีความเหมาะสมมากที่สุดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น พื้นที่ เงินลงทุน บุคลากร คุณภาพของน้ำทิ้งที่ต้องการ เป็นต้น ดังนั้นในตารางที่ 5-2 ได้แสดงข้อดี-ข้อเสียของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศแต่ละประเภทไว้ เพื่อประกอบการพิจารณาในเบื้องต้นในการเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่มีความเหมาะสมของโรงงานแต่ละแห่งได้

**ตารางที่ 5-2** เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของระบบบำบัดแบบใช้อากาศประเภทต่าง ๆ

| ประเภทของระบบบำบัดน้ำเสีย / ข้อดี-ข้อเสีย | ระบบบ่อธรรมชาติ (OP) | ระบบบ่อเติมอากาศ (AL) | ระบบตะกอนเร่ง (AS) | ระบบโปรยกรอง (TF) | ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ (RBC) |
|---|---|---|---|---|---|
| ข้อดี | 1. ไม่ต้องใช้ผู้ควบคุมที่มีความรู้สูง (น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับระบบอื่น ๆ)<br>2. สิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่าระบบอื่น ๆ<br>3. สิ้นเปลืองค่าก่อสร้างน้อย<br>4. ค่าดำเนินการต่ำที่สุด<br>5. รับภาระแปรปรวนของความเข้มข้นของบีโอดีได้สูง | 1. ไม่ต้องใช้ผู้ควบคุมที่มีความรู้สูง เพราะไม่ต้องควบคุมตะกอนจุลินทรีย์<br>2. สิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่าระบบอื่น ๆ<br>3. ก่อสร้างง่ายไม่ต้องสูบตะกอนกลับ<br>4. มีตะกอนส่วนเกินที่ต้องกำจัดน้อย | 1. ระบบมีประสิทธิภาพสูงมากกว่า 90%<br>2. ใช้พื้นที่น้อยกว่าระบบบ่อเติมอากาศ<br>3. ไม่มีปัญหาเรื่องกลิ่น<br>4. คุณภาพน้ำทิ้งได้ตามมาตรฐาน | 1. ระบบมีประสิทธิภาพสูงมากกว่า 90%<br>2. ไม่มีปัญหาเรื่องการตกตะกอนจุลินทรีย์<br>3. ไม่ต้องใช้ผู้ควบคุมที่มีความรู้ความชำนาญสูง<br>4. ประหยัดพลังงานกว่าระบบตะกอนเร่ง เนื่องจากใช้ออกซิเจนจากอากาศที่อยู่ในช่องระหว่างตัวกลาง<br>5. ทนทานต่อ Shock load และการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำเสียได้ดี | 1. ระบบมีประสิทธิภาพสูงใกล้เคียงกับระบบตะกอนเร่ง<br>2. ใช้พลังงานน้อยกว่าประมาณครึ่งหนึ่งของระบบตะกอนเร่ง<br>3. ไม่มีปัญหาเรื่องตะกอนลอย<br>4. ไม่ต้องใช้ผู้ควบคุมดูแลระบบที่มีความรู้ความชำนาญสูงมาก |
| ข้อเสีย | 1. ใช้พื้นที่มากกว่าระบบอื่น ๆ<br>2. ประสิทธิภาพการบำบัดต่ำกว่าระบบอื่น ๆ<br>3. ปรับปรุงเปลี่ยนแปลงได้ยากกว่าระบบอื่น ๆ<br>4. สภาพดินฟ้าอากาศมีผลต่อการทำงานของระบบ | 1. มีตะกอนหลุดออกไปกับน้ำทิ้ง<br>2. ประสิทธิภาพการบำบัดต่ำกว่าระบบอื่น ๆ<br>3. ใช้พื้นที่มาก<br>4. การบำบัดไม่เท่ากันทุกจุดเพราะออกซิเจนกระจายไม่ทั่วถึง<br>5. อาจเกิดฟองจากการกวนของเครื่องเติมอากาศ<br>6. ขอบบ่อและก้นบ่อชำรุดง่ายหากเป็นบ่อดิน | 1. เป็นระบบที่ใช้พลังงานสูงกว่าระบบบ่อเติมอากาศ<br>2. มีตะกอนส่วนเกินที่ต้องกำจัดเป็นประจำ<br>3. ต้องใช้ผู้ควบคุมระบบที่มีความรู้ความชำนาญ<br>4. มักมีปัญหาเรื่องการตกตะกอนในถังตกตะกอนสุดท้าย<br>5. ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและดำเนินการสูงกว่าระบบบ่อเติมอากาศ | 1. ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสูงกว่าระบบตะกอนเร่ง<br>2. ในบางครั้งจะมีกลิ่น<br>3. เป็นที่เพาะยุงและแมลงซึ่งยังทำให้เกิดการอุดตันของตัวกรองและท่อกระจายน้ำเสียได้ง่าย<br>4. ตะกอนจุลินทรีย์หนาตากแห้งได้ช้า<br>5. อากาศและอาหารเป็นข้อจำกัดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เกาะอยู่กับตัวกลางบริเวณด้านใน | 1. ค่าก่อสร้างสูงกว่าระบบอื่น ๆ<br>2. หากระบบไม่มีหลังคาคลุมจะเกิดสาหร่ายคลุมผิวหน้าจานทำให้ประสิทธิภาพลดลง<br>3. ออกซิเจนเป็นปัจจัยจำกัดที่สำคัญของการทำงานของระบบนี้ |

## 5.3 การกำจัดตะกอนส่วนเกินจากระบบบำบัดน้ำเสีย

จากรายละเอียดเรื่องวิธีการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการฆ่าสุกร และโคและสุกรในหัวข้อ 5.2.1 และ 5.2.2 นั้น จะเห็นได้ว่ามีตะกอนส่วนเกินเกิดขึ้นทั้งในระบบบำบัดแบบไร้อากาศและแบบใช้อากาศ ซึ่งตะกอนส่วนเกินจะมีมากหรือน้อยนั้น ผลส่วนหนึ่งมาจากของแข็งแขวนลอยที่มีอยู่ในน้ำเสียเริ่มต้นที่ไม่สามารถย่อยสลายได้สมบูรณ์และตกจมลงสู่ด้านล่าง

ในระบบบ่อไร้อากาศแบบเปิดหรือบ่อหมัก การกำจัดตะกอนส่วนเกินควรดำเนินการเป็นช่วง ๆ ขึ้นอยู่กับสภาวะของแต่ละโรงงาน โดยส่วนใหญ่โรงงานควรจะขุดลอกบ่อหมักบ่อแรกทุก ๆ 3-5 ปี ส่วนตะกอนส่วนเกินที่อยู่ในถังตกตะกอนขั้นสุดท้ายจะถูกกำจัดออกไปอย่างต่อเนื่อง

กากตะกอนที่เกิดจากระบบบำบัดขั้นทุติยภูมิ จะประกอบด้วยมวลชีวภาพของจุลินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ และมีของแข็งแขวนลอยที่ยากต่อการกำจัดปนเปื้อนในปริมาณน้อย อีกทั้งน้ำเสียที่เกิดจากโรงงานฆ่าสัตว์ จะไม่มีปัญหาการปนเปื้อนจากโลหะหนักจนส่งผลให้ตะกอนส่วนเกินในบ่อบำบัดมีการสะสมของโลหะหนัก ดังนั้น จึงสามารถนำกากตะกอนส่วนเกินเหล่านี้กลับไปใช้ในพื้นที่เกษตรกรรมในส่วนของการเป็นปุ๋ย (fertilizer) ได้

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากในกากตะกอนมีปริมาณของน้ำอยู่สูง ดังนั้นจำเป็นต้องทำให้กากตะกอนมีความเข้มข้นขึ้นด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เครื่องรีดตะกอน หรือลานตากตะกอน กากตะกอนที่แห้งพอสมควรแล้วสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยในพื้นที่การเกษตรได้โดยไถพรวนคลุกไปกับดิน

## 5.4 ตัวอย่างการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฆ่าโคและสุกร

บริษัทที่ปรึกษาได้ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงงานฆ่าโคและสุกร โดยแบ่งเป็น 3 กรณีตามกำลังการผลิต ดังนี้

**<u>กรณีที่ 1</u>**เมื่อโรงงานมีกำลังการผลิต 100 ตัว/วัน

ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบ ได้แก่

| | | | |
|---|---|---|---|
| - ปริมาณน้ำเสีย | = | 50 | ลบ.ม./วัน |
| - ค่าบีโอดีน้ำเสีย | = | 3,000 | มิลลิกรัม/ลิตร |

**<u>กรณีที่ 2</u>**เมื่อโรงงานมีกำลังการผลิต 300 ตัว/วัน

ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบ ได้แก่

| | | | |
|---|---|---|---|
| - ปริมาณน้ำเสีย | = | 150 | ลบ.ม./วัน |
| - ค่าบีโอดีน้ำเสีย | = | 3,000 | มิลลิกรัม/ลิตร |

**<u>กรณีที่ 3</u>**เมื่อโรงงานมีกำลังการผลิต 500 ตัว/วัน

ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบ ได้แก่

| | | | |
|---|---|---|---|
| - ปริมาณน้ำเสีย | = | 250 | ลบ.ม./วัน |
| - ค่าบีโอดีน้ำเสีย | = | 3,000 | มิลลิกรัม/ลิตร |

ทั้งนี้ทั้ง 3 กรณีกำหนดค่าบีโอดีน้ำทิ้งหลังผ่านการบำบัด = 20 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนค่าคงที่ ที่ใช้สำหรับออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงงานฆ่าโคและสุกรแสดงดังตารางที่ 5-3 สำหรับรายละเอียดของระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละชนิด มีดังนี้

### 5.4.1 ระบบบำบัดแบบบ่อไร้อากาศติดตามด้วยบ่อกึ่งไร้อากาศและบ่อบ่ม

รูปแบบขั้นตอนการทำงานของระบบบำบัดชนิดนี้ แสดงดังรูปที่ 5-4 ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ น้ำเสียจะไหลรวมกันมาตามท่อระบายน้ำซึ่งปลายท่อจะมีตะแกรงกรองละเอียด หลังจากนั้นน้ำเสียจะไหลเข้าสู่บ่อดักไขมันแล้วไหลลงสู่บ่อสูบ ซึ่งจะสูบส่งน้ำเสียไปยังบ่อไร้อากาศหรือบ่อหมัก บ่อที่ 1, 2 และ 3 ติดตามด้วยบ่อกึ่งไร้อากาศ หรือบ่อกึ่งหมัก จำนวน 6 บ่อ และบ่อผึ่ง ตามลำดับ ผลการคำนวณองค์ประกอบของระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 กรณี แสดงดังตารางที่ 5-4 (รายการคำนวณโดยละเอียดนำเสนอในภาคผนวก ง.)

### 5.4.2 ระบบบำบัดแบบบ่อไร้อากาศติดตามด้วยบ่อเติมอากาศและบ่อผึ่ง

รูปแบบขั้นตอนการทำงานของระบบบำบัดชนิดนี้ แสดงดังรูปที่ 5-5 ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ น้ำเสียจะไหลรวมกันมาตามท่อระบายน้ำซึ่งปลายท่อจะมีตะแกรงกรองละเอียด หลังจากนั้นน้ำเสียจะไหลเข้าบ่อดักไขมันแล้วไหลลงสู่บ่อสูบ ซึ่งจะสูบส่งน้ำเสียไปยังบ่อไร้อากาศหรือบ่อหมัก จากบ่อหมักน้ำเสียจะไหลเข้าสู่บ่อเติมอากาศบ่อที่ 1 และบ่อที่ 2 ก่อนจะไหลเข้าสู่บ่อผึ่ง และบ่อเติมคลอรีน ตามลำดับ ผลการคำนวณองค์ประกอบของระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 กรณี แสดงดังตารางที่ 5-5 (รายการคำนวณโดยละเอียดนำเสนอในภาคผนวก ง.)

### 5.4.3 ระบบบำบัดแบบบ่อไร้อากาศติดตามด้วยระบบตะกอนเร่ง

รูปแบบขั้นตอนการทำงานของระบบบำบัดชนิดนี้แสดงดังรูปที่ 5-6 ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ ภายหลังจากน้ำเสียไหลผ่านตะแกรงกรอง บ่อดักไขมัน และบ่อสูบแล้ว น้ำเสียจะถูกสูบส่งเข้าสู่บ่อไร้อากาศ จากบ่อนี้น้ำเสียจะถูกสูบเข้าสู่ระบบตะกอนเร่ง ซึ่งประกอบด้วยถังเติมอากาศ (Aeration Tank) และถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) น้ำเสียจะถูกจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียทำให้น้ำมีความสกปรกลดลง แล้วน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลเข้าสู่ถังตกตะกอนเพื่อแยก

ตะกอนออกจากน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว ผลการคำนวณองค์ประกอบของระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 กรณี แสดงดังตารางที่ 5-6 (รายการคำนวณโดยละเอียดนำเสนอในภาคผนวก ง.)

สำหรับค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฆ่าสุกร และโคและสุกร สุกร และโคและสุกร และกระบือ โดยเฉพาะค่าอุปกรณ์เครื่องจักร และค่าเดินระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 ระบบและ 3 กรณีสรุปได้ดังตารางที่ 5-7 ถึง 5-9

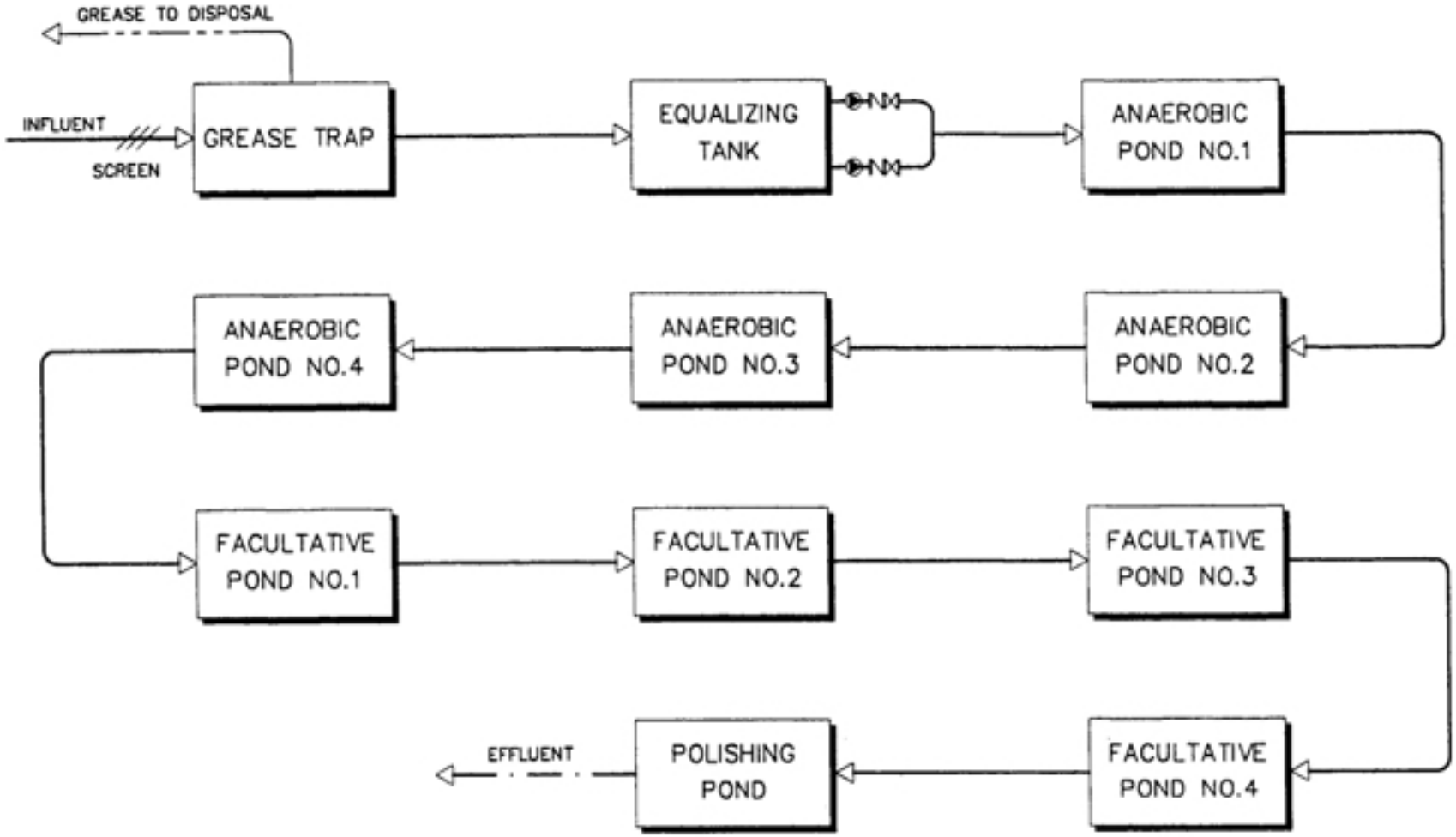
**ตารางที่ 5-3** การเปรียบเทียบค่าคงที่เพื่อใช้ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงงานฆ่าโคและสุกร

| ระบบบำบัดน้ำเสีย | ค่าคงที่ | ค่าทางทฤษฎี | ค่าจากภาคสนาม | ค่าที่เลือกใช้ |
|---|---|---|---|---|
| Anaerobic Pond | VLR (kg BOD/$m^3$-d) | 0.15-0.04 [1] | 0.30 | 0.30 |
| Facultative Pond | SLR (kg BOD/ha-d) | 380 [2] | 356 | บ่อแรก 380<br>บ่อสอง 300 |
| Aerated Lagoon | K ($d^{-1}$) | 0.5-3.0 [3] | 2.3 | บ่อแรก 2.0<br>บ่อสอง 1.5 |
| Activated Sludge | F/M ($d^{-1}$) | 0.02-0.4 [1] | 0.31, 0.25 | 0.2 |
| | MLVSS (mg/l) | 1,500-3,000[1] | 1,000และ 3,000 | 2,400 และ 2,800 |

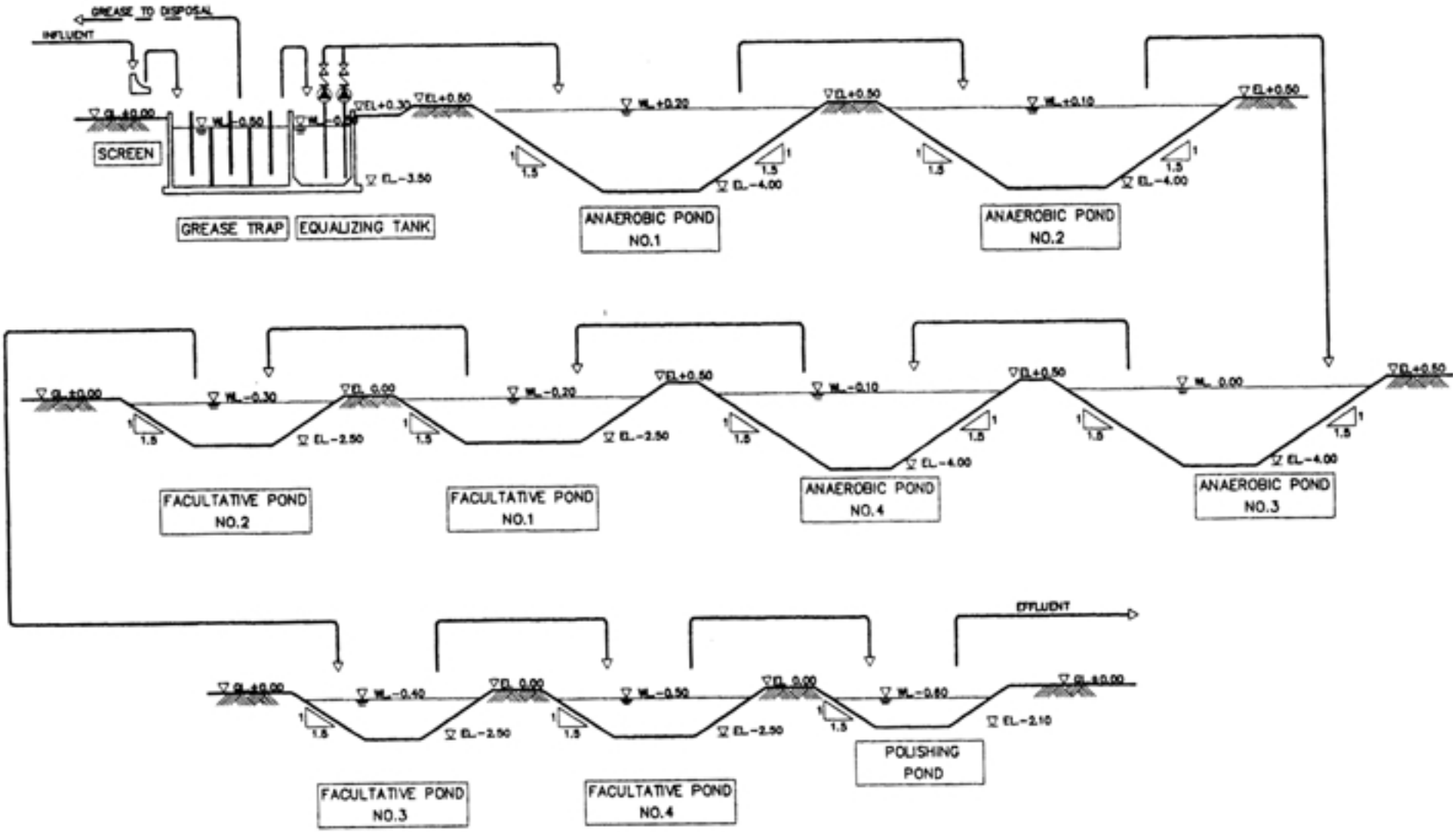
**หมายเหตุ :** 1 Metcalf & Eddy

2 Mc.Garry & Pescod

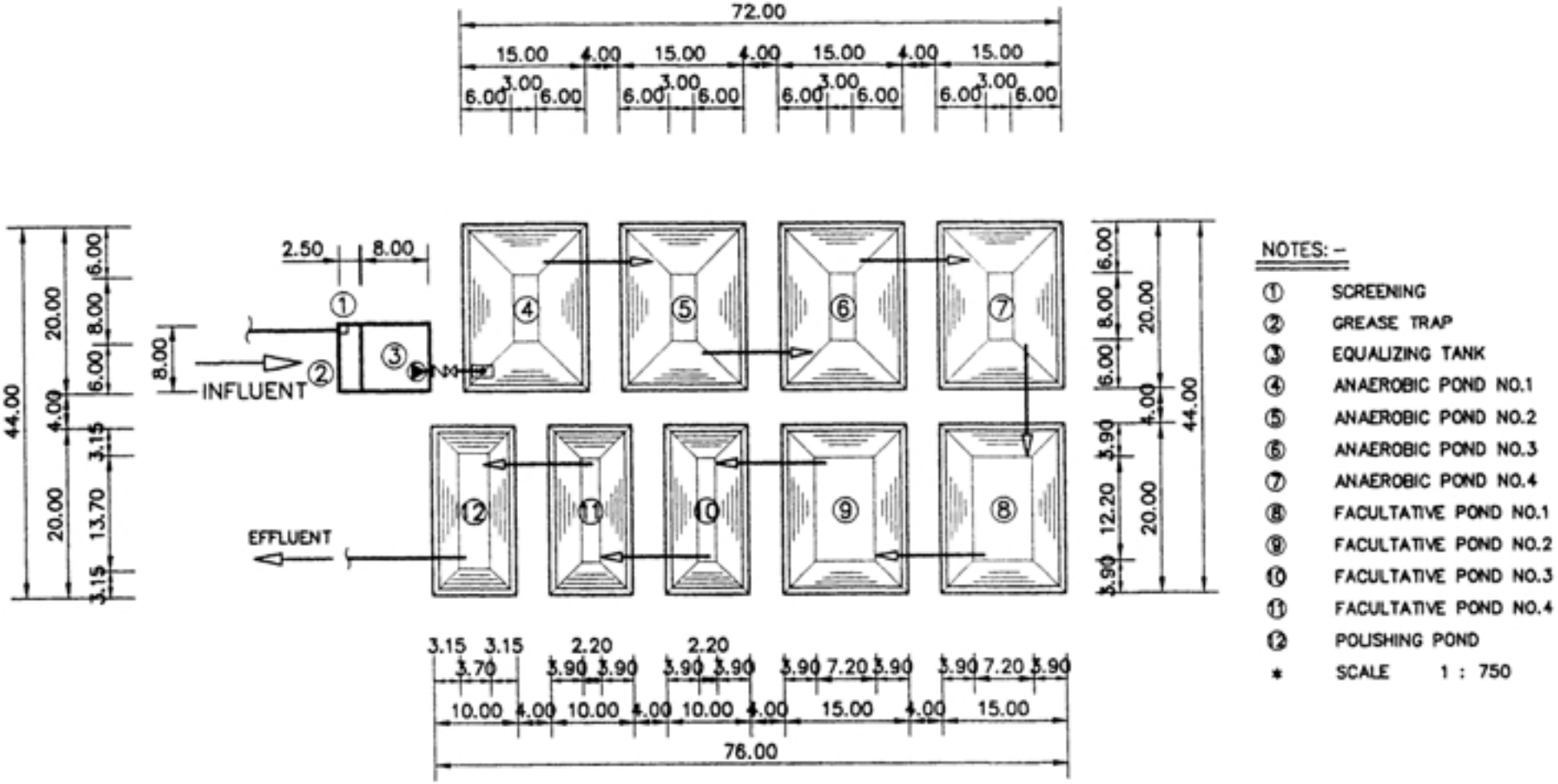
3 W.Wesley Eckenfelder,Jr.



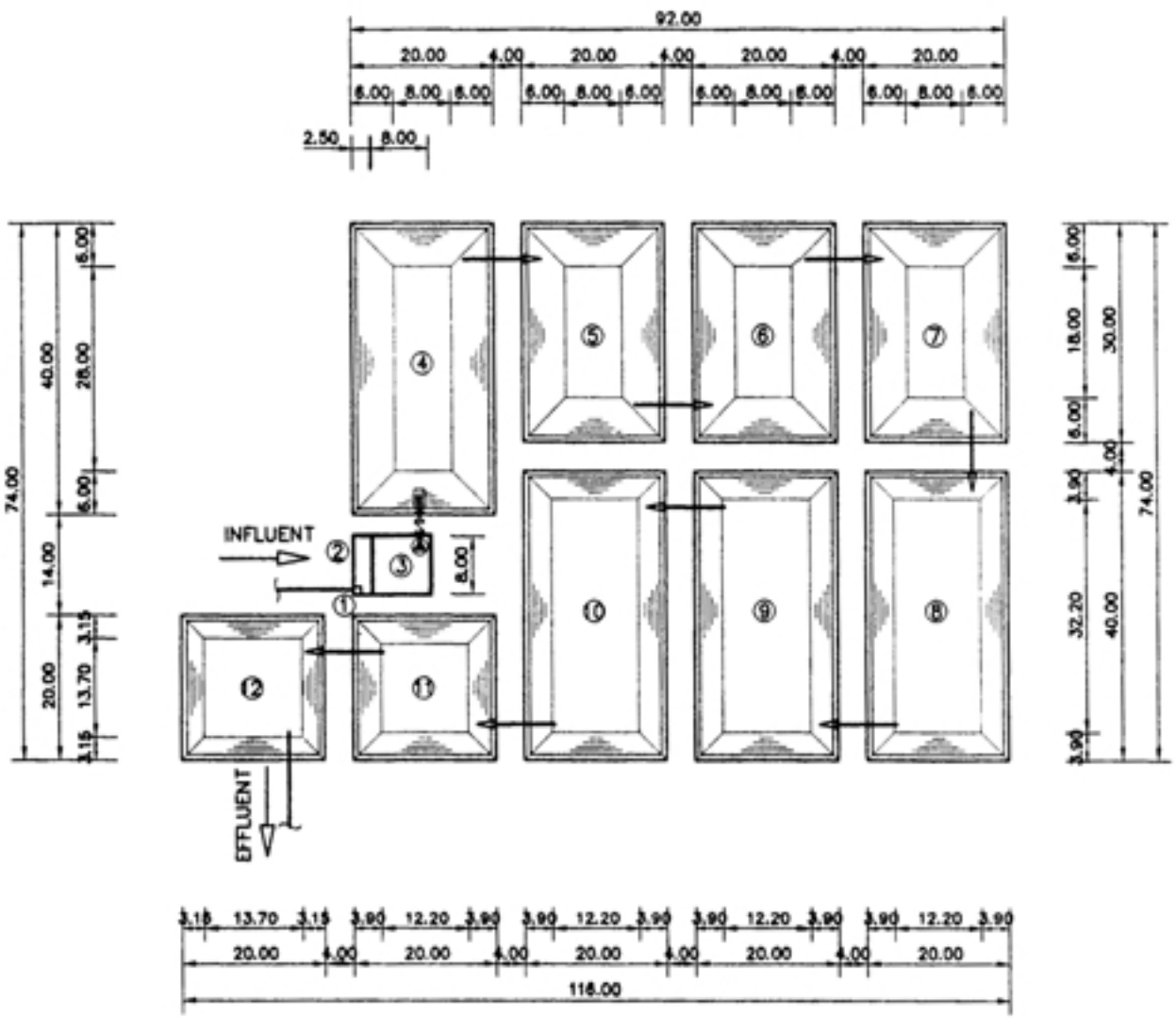

รูปที่ 5-4 (ก) Flow Diagram ระบบบำบัดน้ำเสีย (ขนาดพื้นที่มาก)
ของโรงงานฆ่าสุกร โค และกระบือ (100 และ 300 ตัว/วัน)




รูปที่ 5-4 (ข) Hydraulic Profile ระบบบำบัดน้ำเสีย (ขนาดพื้นที่มาก)
ของโรงงานฆ่าสุกร โค และกระบือ (100 และ 300 ตัว/วัน)



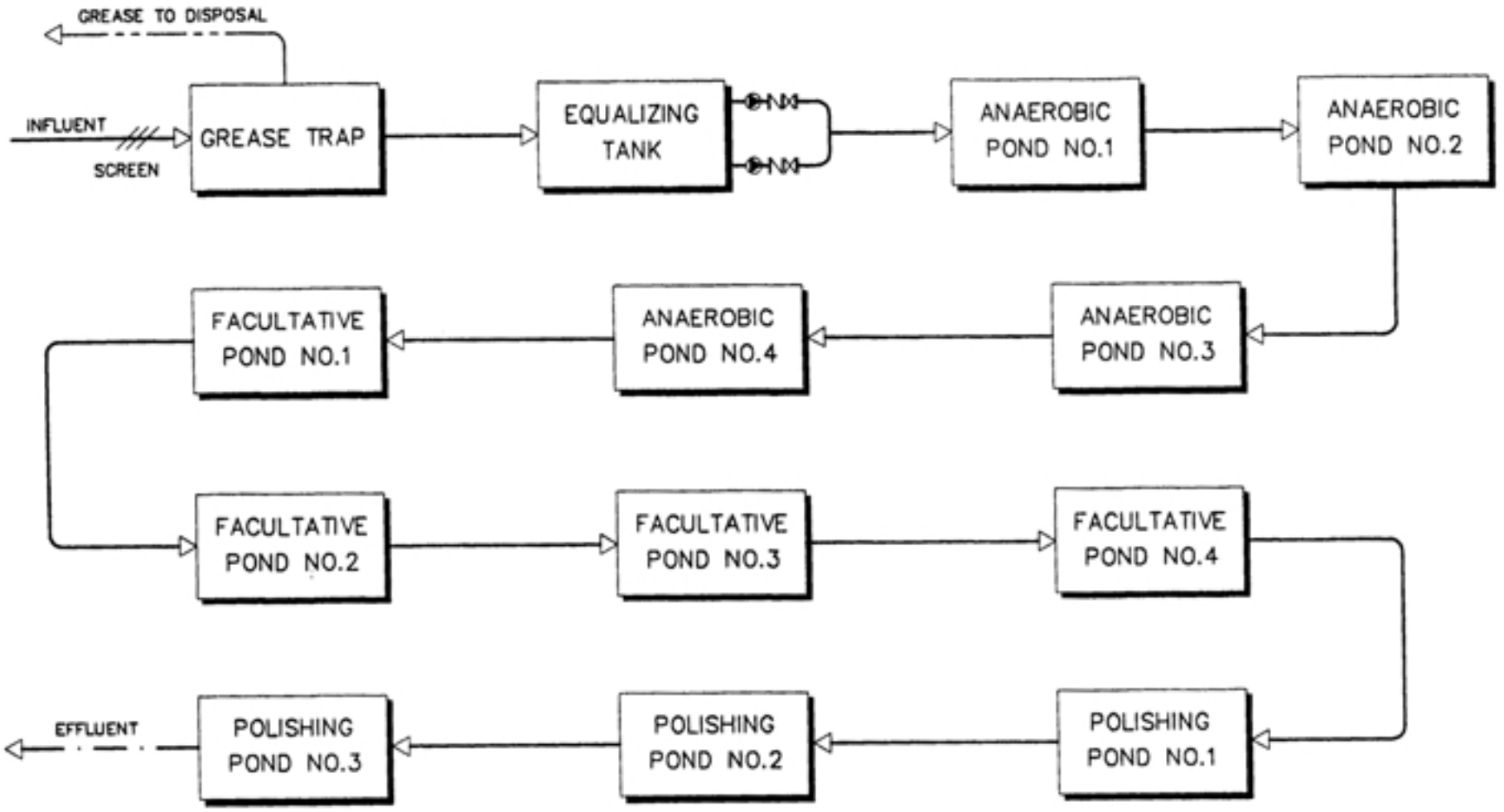

**รูปที่ 5-4 (ค)** Plant Lay-out ระบบบำบัดน้ำเสีย (ขนาดพื้นที่มาก)
ของโรงงานฆ่าสุกร โค และกระบือ (100 ตัว/วัน)



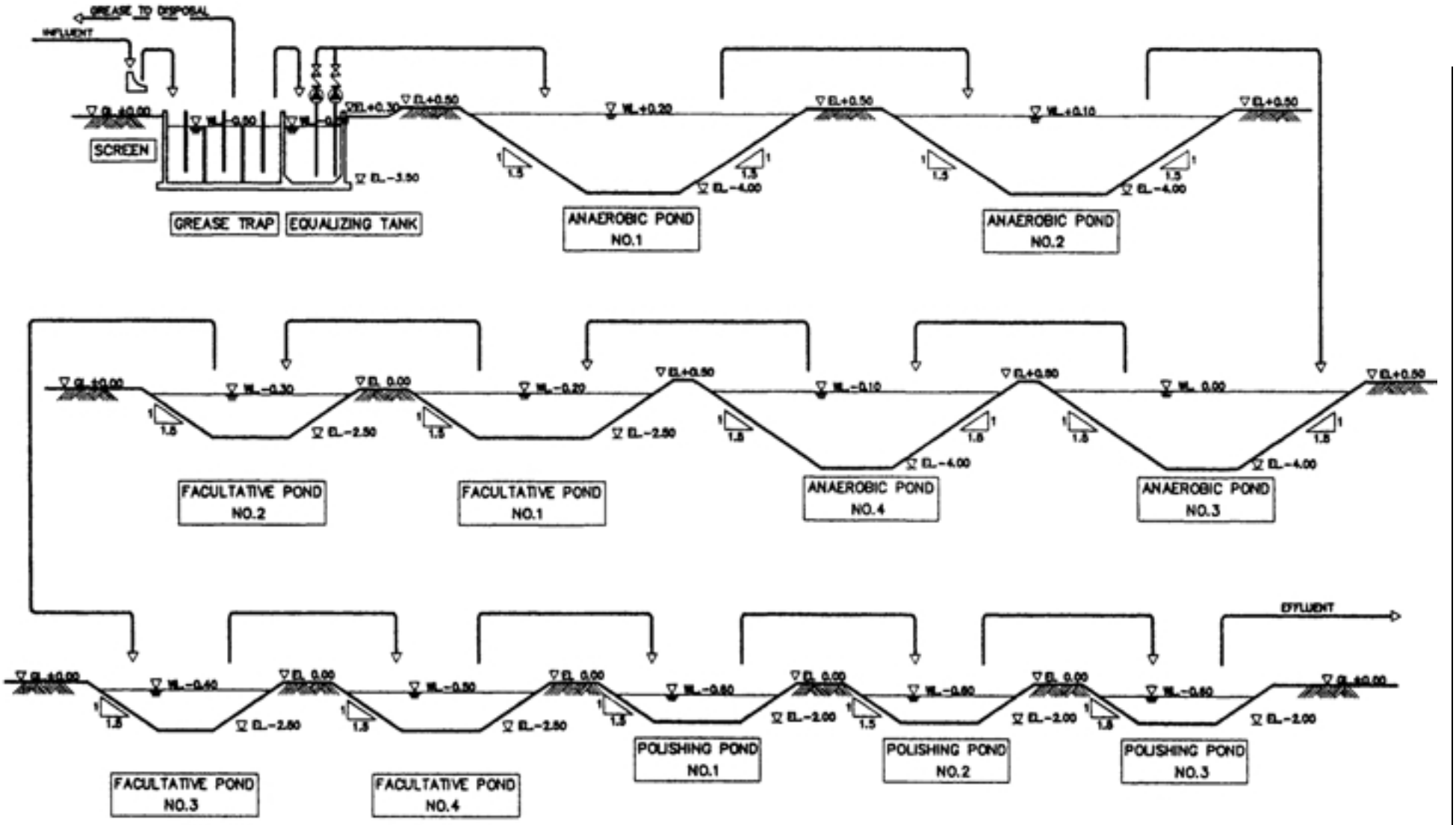

NOTES: –

① SCREENING
② GREASE TRAP
③ EQUALIZING TANK
④ ANAEROBIC POND NO.1
⑤ ANAEROBIC POND NO.2
⑥ ANAEROBIC POND NO.3
⑦ ANAEROBIC POND NO.4
⑧ FACULTATIVE POND NO.1
⑨ FACULTATIVE POND NO.2
⑩ FACULTATIVE POND NO.3
⑪ FACULTATIVE POND NO.4
⑫ POLISHING POND
* SCALE 1 : 1000

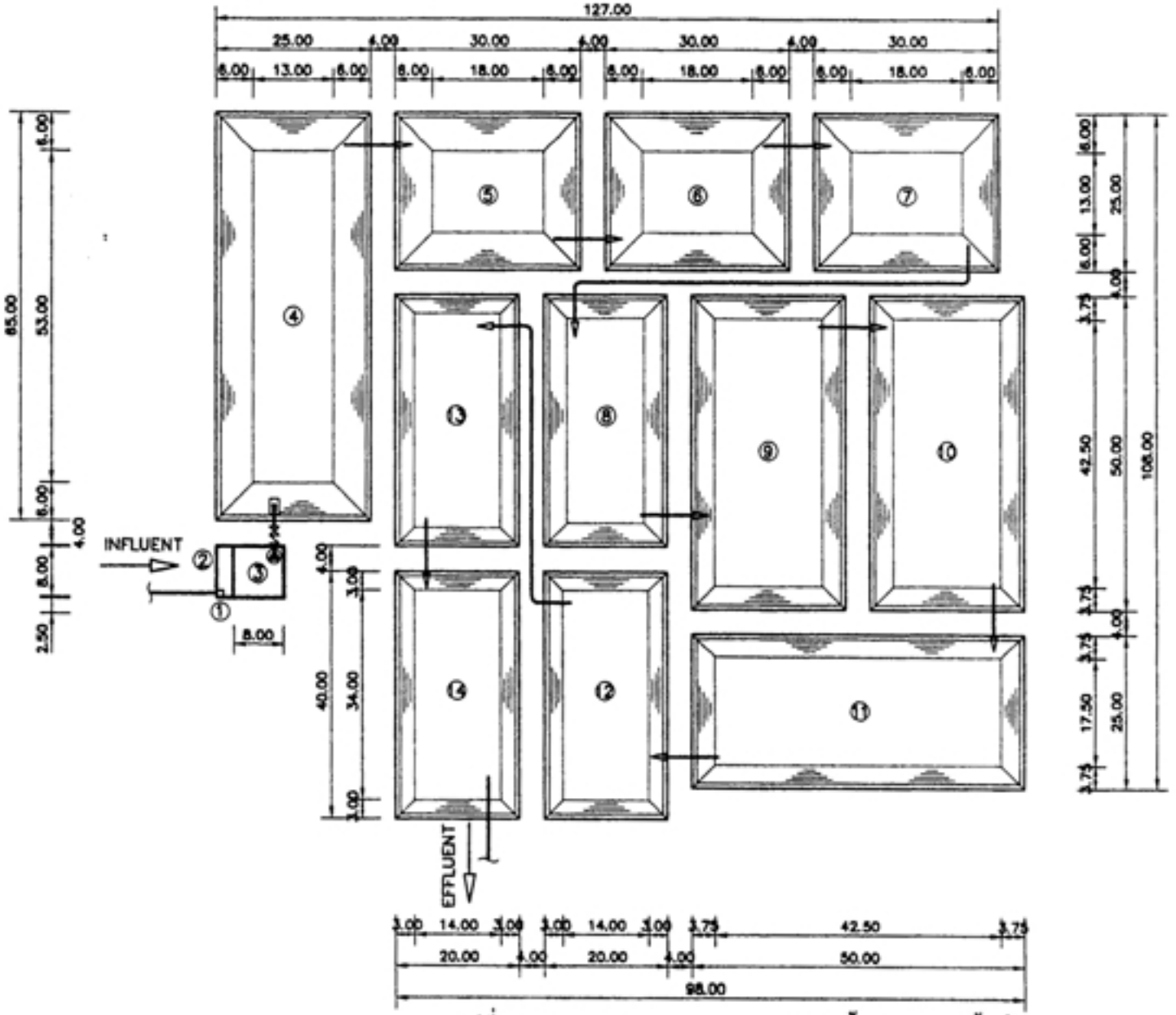
**รูปที่ 5-4 (3)** Plant Lay-out ระบบบำบัดน้ำเสีย (ขนาดพื้นที่มาก)
ของโรงงานฆ่าสุกร โค และกระบือ (300 ตัว/วัน)




**รูปที่ 5-4 (ข)** Flow Diagram ระบบบำบัดน้ำเสีย (ขนาดพื้นที่มาก)
ของโรงงานฆ่าสุกร โค และกระบือ (500 ตัว/วัน)




รูปที่ 5-4 (ฉ) Hydraulic Profile ระบบบำบัดน้ำเสีย (ขนาดพื้นที่มาก)
ของโรงงานฆ่าสุกร โค และกระบือ (500 ตัว/วัน)




NOTES: –

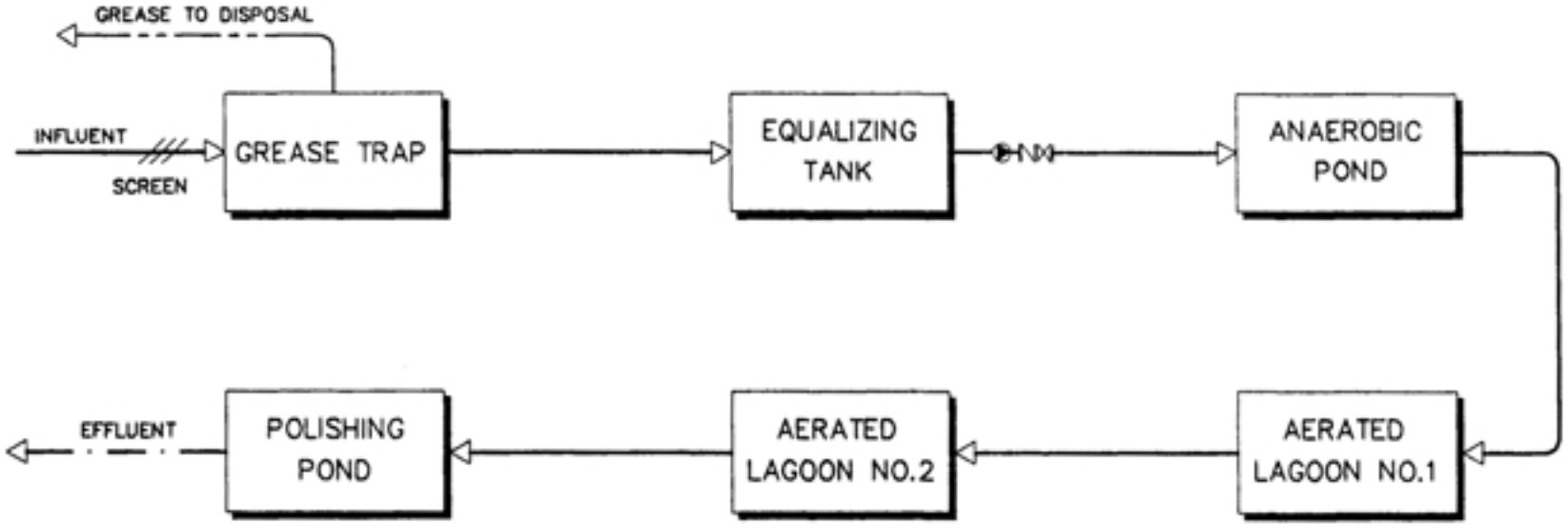
① SCREENING
② GREASE TRAP
③ EQUALIZING TANK
④ ANAEROBIC POND NO.1
⑤ ANAEROBIC POND NO.2
⑥ ANAEROBIC POND NO.3
⑦ ANAEROBIC POND NO.4
⑧ FACULTATIVE POND NO.1
⑨ FACULTATIVE POND NO.2
⑩ FACULTATIVE POND NO.3
⑪ FACULTATIVE POND NO.4
⑫ POLISHING POND NO.1
⑬ POLISHING POND NO.2
⑭ POLISHING POND NO.3
★ SCALE 1 : 1,000

**รูปที่ 5-4 (ข)** Plant Lay-out ระบบบำบัดน้ำเสีย (ขนาดพื้นที่มาก)
ของโรงงานฆ่าสุกร โค และกระบือ (500 ตัว/วัน)

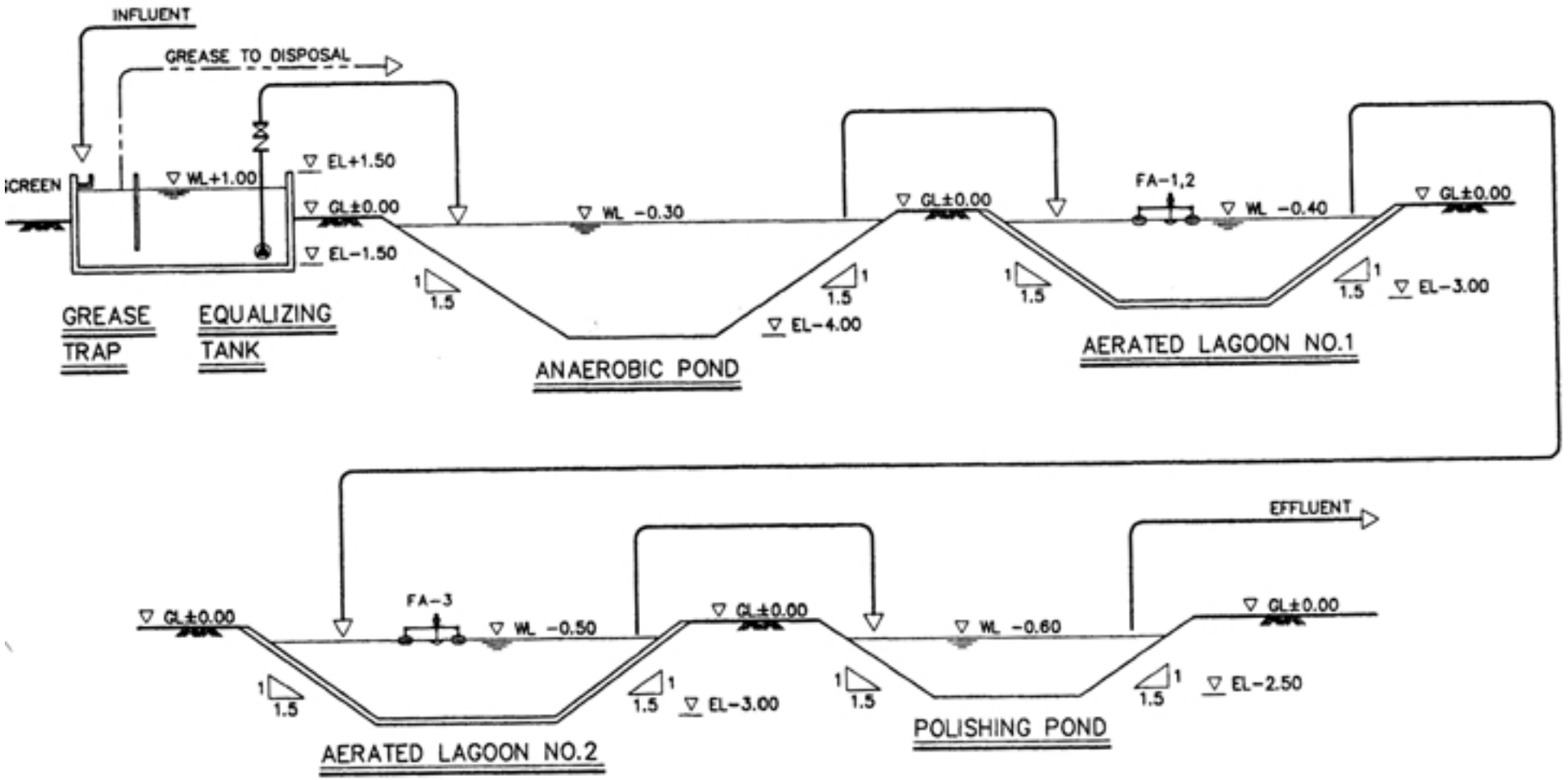
[CMS-1997\IWD-009\500\PLANT-1 (SPK)]

**ตารางที่ 5-4** สรุปผลการคำนวณระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้พื้นที่มากของโรงงานฆ่าสุกร ไคและกระบือที่มีกำลังการผลิต 100, 300 และ 500 ตัว/วัน

| องค์ประกอบของระบบบำบัด | โรงงานที่มีกำลังการผลิต (กำลังการผลิต 100 ตัว/วัน) | | | | | โรงงานที่มีกำลังการผลิต (กำลังการผลิต 300 ตัว/วัน) | | | | | โรงงานที่มีกำลังการผลิต (กำลังการผลิต 500 ตัว/วัน) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| อัตราการไหล (ลบ.ม./วัน) | 50 | | | | | 150 | | | | | 250 | | | | |
| ปริมาณความสกปรกในรูปบีโอดี (กก./วัน) | 150 | | | | | 450 | | | | | 750 | | | | |
| | UNIT | WIDTH (m.) | LENGTH (m.) | DEPTH (m.) | SF.AREA (m2) | UNIT | WIDTH (m.) | LENGTH (m.) | DEPTH (m.) | SF.AREA (m2) | UNIT | WIDTH (m.) | LENGTH (m.) | DEPTH (m.) | SF.AREA (m2) |
| ตะแกรงละเอียด | 1 | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | |
| บ่อดักไขมัน | 1 | 1.5 | 3.7 | 2.5 | 5.55 | 1 | 2.5 | 6.2 | 2.5 | 15.5 | 1 | 3.2 | 8.0 | 2.5 | 25.6 |
| บ่อไร้อากาศบ่อที่ 1 | 1 | 15 | 20 | 3.7 | 300 | 1 | 20 | 40 | 3.7 | 800 | 1 | 25 | 50 | 3.7 | 1,250 |
| บ่อไร้อากาศบ่อที่ 2 | 1 | 15 | 20 | 3.6 | 300 | 1 | 20 | 30 | 3.6 | 600 | 1 | 25 | 30 | 3.6 | 750 |
| บ่อไร้อากาศบ่อที่ 3 | 1 | 15 | 20 | 3.5 | 300 | 1 | 20 | 30 | 3.5 | 600 | 1 | 25 | 30 | 3.5 | 750 |
| บ่อไร้อากาศบ่อที่ 4 | 1 | 15 | 20 | 3.4 | 300 | 1 | 20 | 30 | 3.4 | 600 | 1 | 25 | 30 | 3.5 | 750 |
| บ่อกึ่งไร้อากาศบ่อที่ 1 | 1 | 15 | 20 | 2.0 | 300 | 1 | 20 | 40 | 2.0 | 800 | 1 | 25 | 50 | 2.0 | 1,250 |
| บ่อกึ่งไร้อากาศบ่อที่ 2 | 1 | 15 | 20 | 2.0 | 300 | 1 | 20 | 40 | 2.0 | 800 | 1 | 25 | 50 | 2.0 | 1,250 |
| บ่อกึ่งไร้อากาศบ่อที่ 3 | 1 | 10 | 20 | 2.0 | 200 | 1 | 20 | 40 | 2.0 | 800 | 1 | 25 | 50 | 2.0 | 1,250 |
| บ่อกึ่งไร้อากาศบ่อที่ 4 | 1 | 10 | 20 | 2.0 | 200 | 1 | 20 | 20 | 2.0 | 400 | 1 | 25 | 50 | 2.0 | 1,250 |
| บ่อบ่มบ่อที่ 1 | 1 | 10 | 20 | 1.5 | 200 | 1 | 20 | 20 | 1.5 | 400 | 1 | 20 | 40 | 1.5 | 800 |
| บ่อบ่มบ่อที่ 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 20 | 40 | 1.5 | 800 |
| บ่อบ่มบ่อที่ 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 20 | 40 | 1.5 | 800 |
| พื้นที่การบำบัด (ตร.ม.) | 2,400 | | | | | 5,800 | | | | | 10,900 | | | | |
| พื้นที่การบำบัด (ไร่) | 1.50 | | | | | 3.63 | | | | | 6.81 | | | | |
| พื้นที่ระบบบำบัด (ไร่) | 2.09 | | | | | 5.36 | | | | | 8.57 | | | | |
| อัตราการไหล : พื้นที่ (ลบ.ม./วัน:ไร่) | 23.92 | | | | | 27.98 | | | | | 29.17 | | | | |
| ปริมาณความสกปรกในรูปบีโอดี : พื้นที่ (กก./วัน:ไร่) | 71.77 | | | | | 83.96 | | | | | 87.51 | | | | |

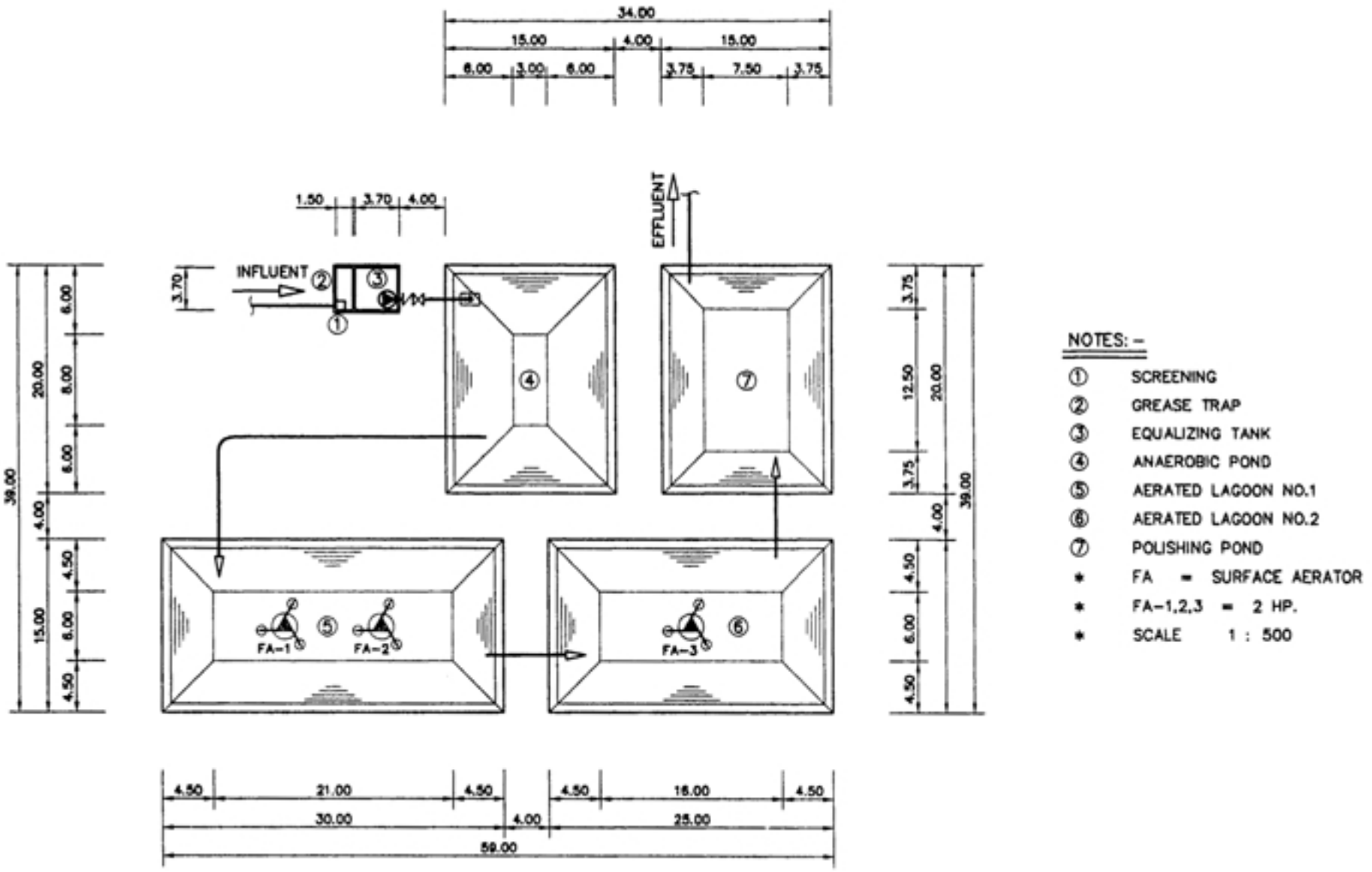



**รูปที่ 5-5 (ก)** Flow Diagram ระบบบำบัดน้ำเสีย (ขนาดพื้นที่ปานกลาง)
ของโรงงานฆ่าสุกร ไก่ และกระบือ

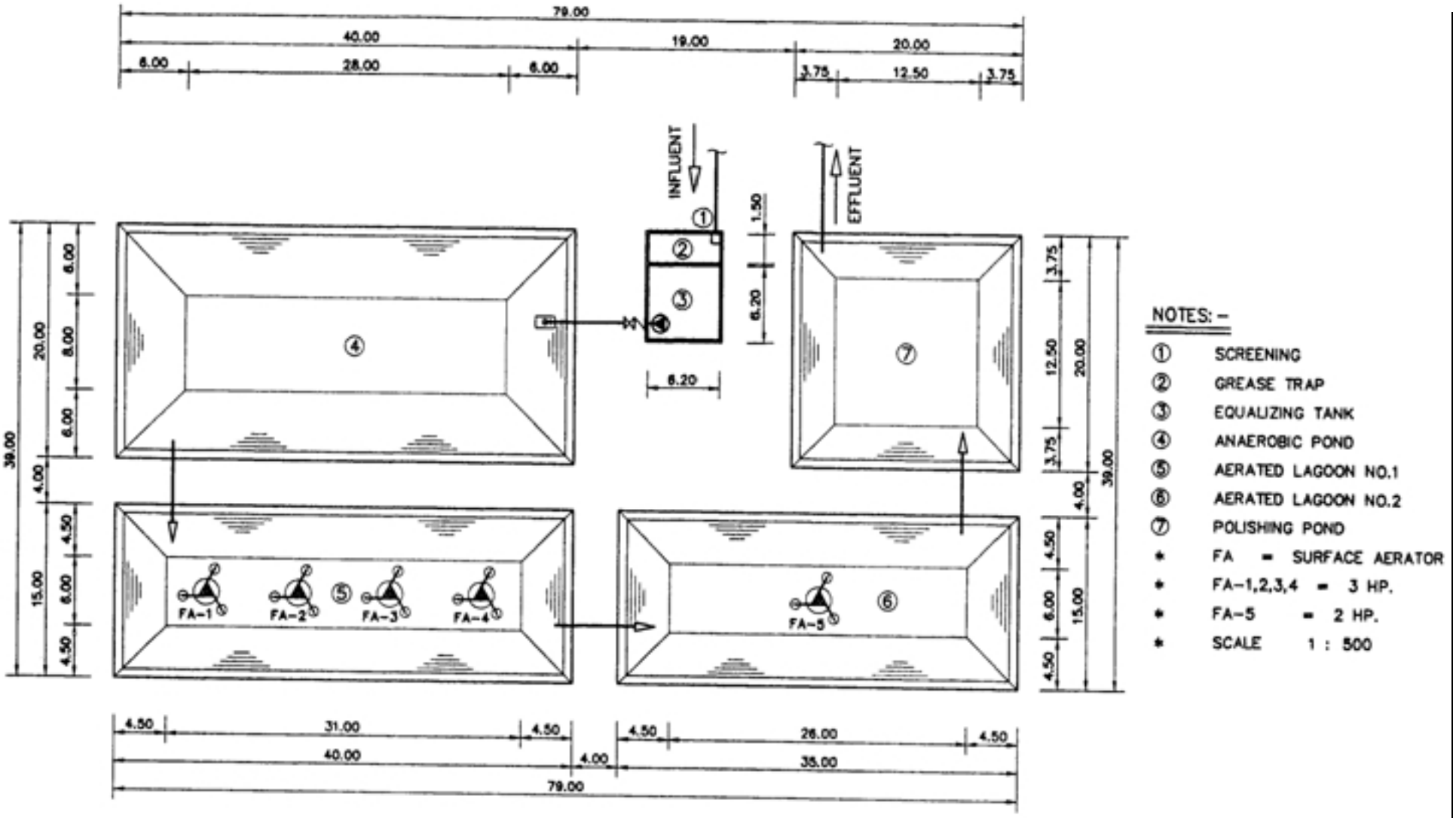



**รูปที่ 5-5 (ข)** Hydraulic Profile ระบบบำบัดน้ำเสีย (ขนาดพื้นที่ปานกลาง)
ของโรงงานฆ่าสุกร โค และกระบือ

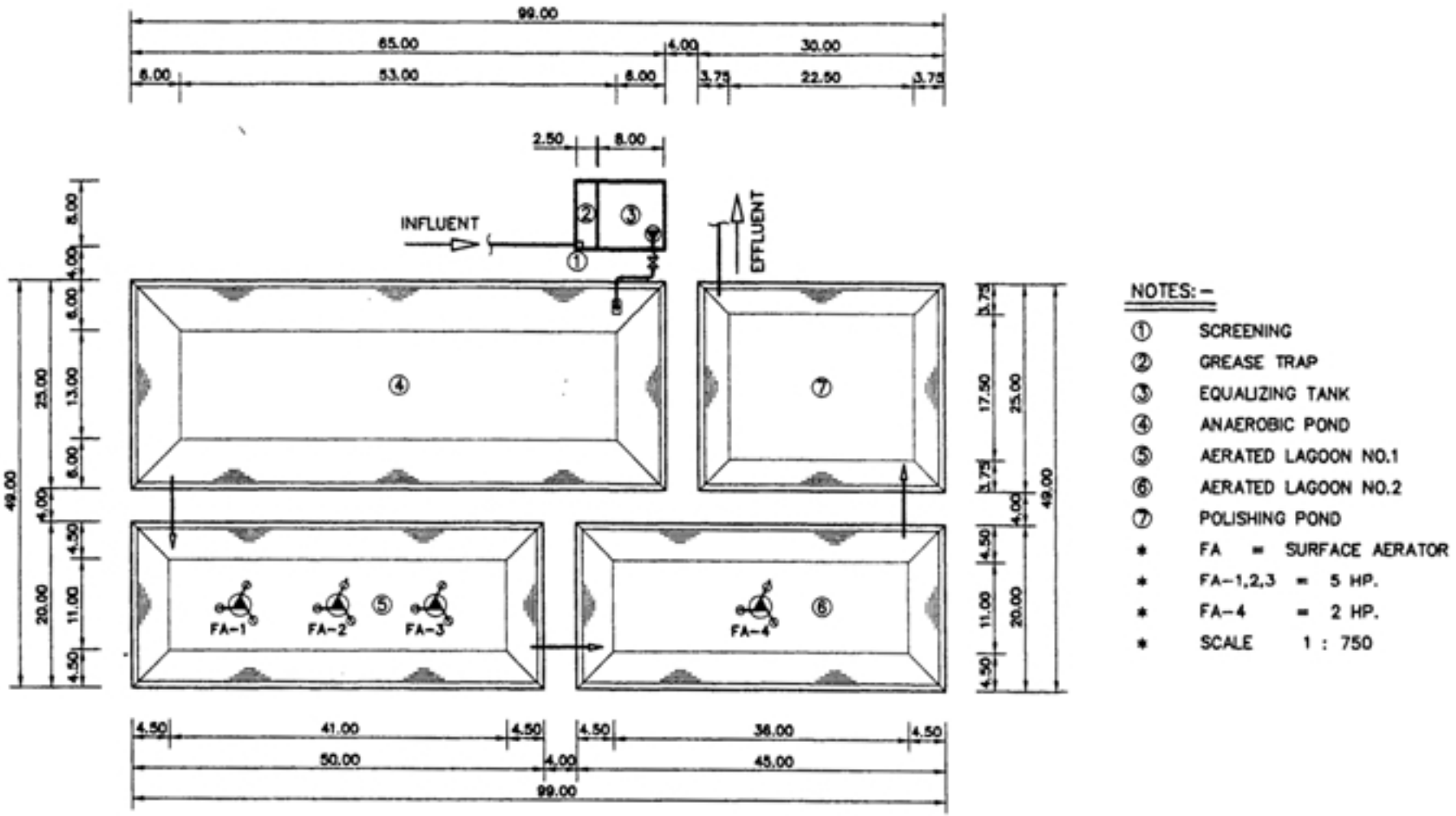
SCALE V. = 1:200
H. = NOT TO SCALE




**รูปที่ 5-5 (ค)** Plant Lay-out ระบบบำบัดน้ำเสีย (ขนาดพื้นที่ปานกลาง)
ของโรงงานฆ่าสุกร โค และกระบือ (100 ตัว/วัน)




**รูปที่ 5-5 (ง)** Plant Lay-out ระบบบำบัดน้ำเสีย (ขนาดพื้นที่ปานกลาง)
ของโรงงานฆ่าสุกร โค และกระบือ (300 ตัว/วัน)



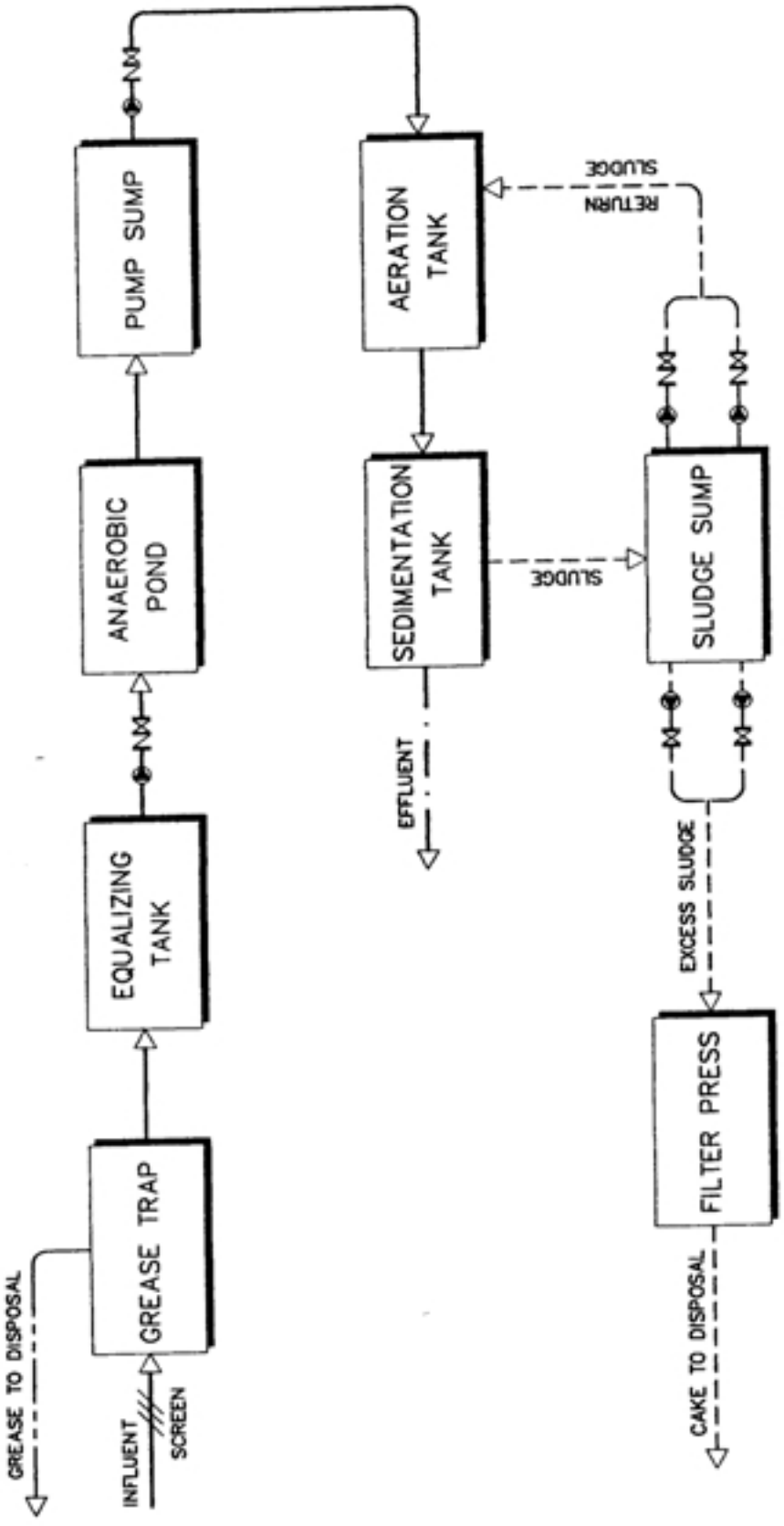

**รูปที่ 5-5 (9)** Plant Lay-out ระบบบำบัดน้ำเสีย (ขนาดพื้นที่ปานกลาง)
ของโรงงานฆ่าสุกร โค และกระบือ (500 ตัว/วัน)

**<u>ตารางที่ 5-5</u>** สรุปผลการคำนวณระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้พื้นที่มากของโรงงานฆ่าสุกร โคและกระบือที่มีกำลังก

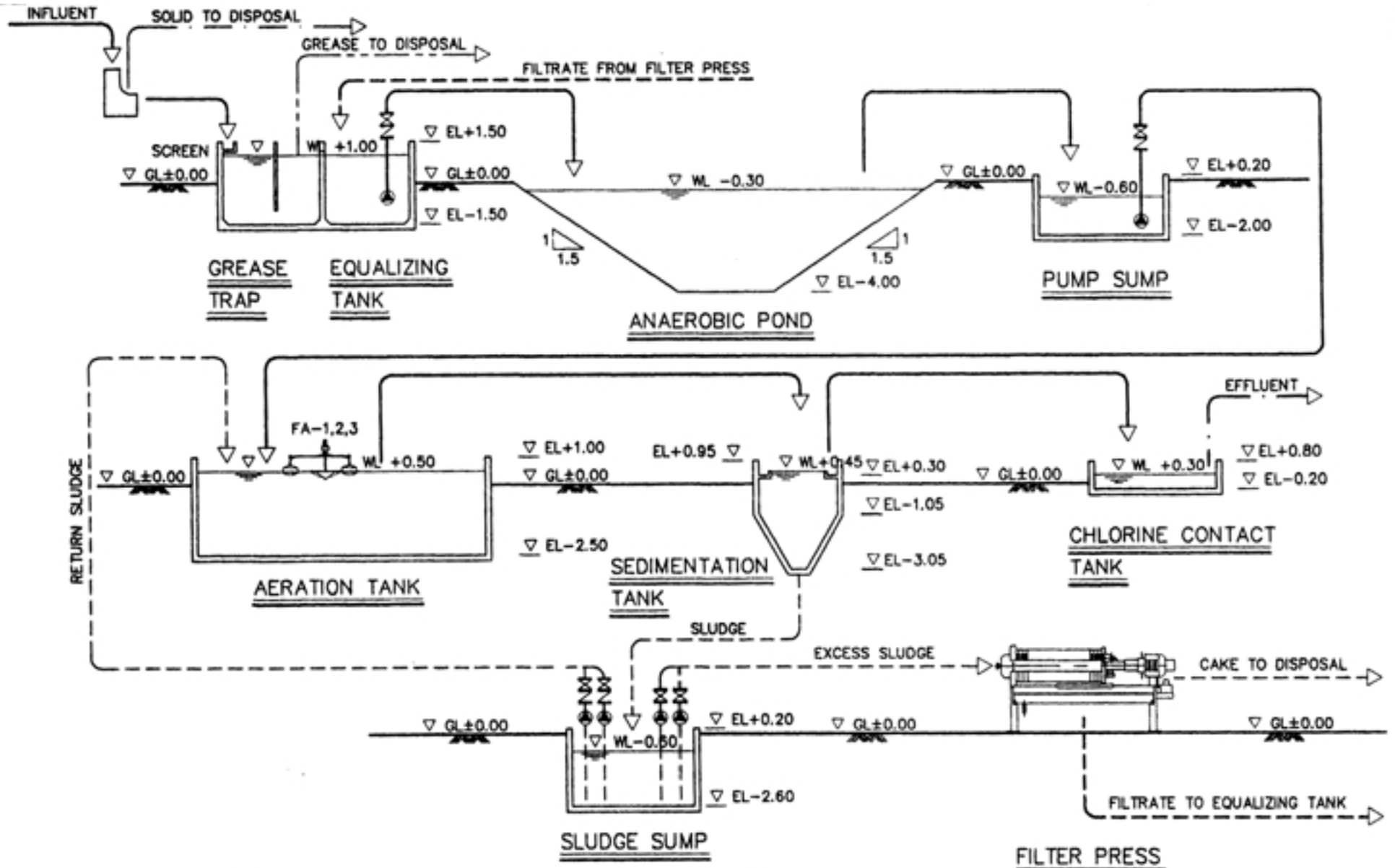
| องค์ประกอบของระบบบำบัด | โรงงานที่มีกำลังผลิต 100 ตัว/วัน | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| อัตราไหล (ลบ.ม./วัน) | 50 | | | | |
| ปริมาณความสกปรกในรูปบีโอดี (กก./วัน) | 150 | | | | |
| | **UNIT** | **WIDTH (m.)** | **LENGTH (m.)** | **DEPTH (m.)** | **SF. AREA ($m^2$)** |
| ตะแกรงละเอียด | 1 | | | | |
| บ่อดักไขมัน | 1 | 1.5 | 3.7 | 2.5 | 5.55 |
| บ่อไร้อากาศ | 1 | 15 | 20 | 3.7 | 300 |
| บ่อเติมอากาศ บ่อที่ 1 | 1 | 30 | 15 | 2.5 | 450 |
| บ่อเติมอากาศ บ่อที่ 2 | 1 | 25 | 15 | 2.5 | 375 |
| บ่อผึ่ง | 1 | 20 | 15 | 2.0 | 300 |
| พื้นที่การบำบัด (ตร.ม.) | 1,425 | | | | |
| พื้นที่การบำบัด (ไร่) | 0.89 | | | | |
| พื้นที่ระบบบำบัด (ไร่) | 1.44 | | | | |
| อัตราไหล : พื้นที่ (ลบ.ม./วัน:ไร่) | 34.72 | | | | |
| ปริมาณความสกปรกในรูปบีโอดี : พื้นที่ (กก./วัน:ไร่) | 104.17 | | | | |

ารผลิต 100 , 300 และ 500 ตัว/วัน

| โรงงานที่มีกำลังผลิต 300 ตัว/วัน | | | | | โรงงานที่มีกำลังผลิต 500 ตัว/วัน | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 150 | | | | | 250 | | | | |
| 450 | | | | | 750 | | | | |
| **UNIT** | **WIDTH (m)** | **LENGTH (m)** | **DEPTH (m)** | **SF. AREA ($m^2$)** | **UNIT** | **WIDTH (m)** | **LENGTH (m)** | **DEPTH (m)** | **SF. AREA ($m^2$)** |
| 1 | | | | | 1 | | | | |
| 1 | 2.5 | 6 | 2.5 | 15.5 | 1 | 3.2 | 8.0 | 2.5 | 25.6 |
| 1 | 20 | 40 | 3.7 | 800 | 1 | 25 | 50 | 3.7 | 1,250 |
| 1 | 40 | 15 | 2.5 | 600 | 1 | 50 | 20 | 2.5 | 1,000 |
| 1 | 35 | 15 | 2.5 | 525 | 1 | 45 | 20 | 2.0 | 900 |
| 1 | 20 | 20 | 2.0 | 400 | 1 | 29 | 25 | 2.0 | 725 |
| 2,325 | | | | | 3,875 | | | | |
| 1.45 | | | | | 2.42 | | | | |
| 1.92 | | | | | 3.03 | | | | |
| 78.12 | | | | | 82.51 | | | | |
| 234.38 | | | | | 247.52 | | | | |

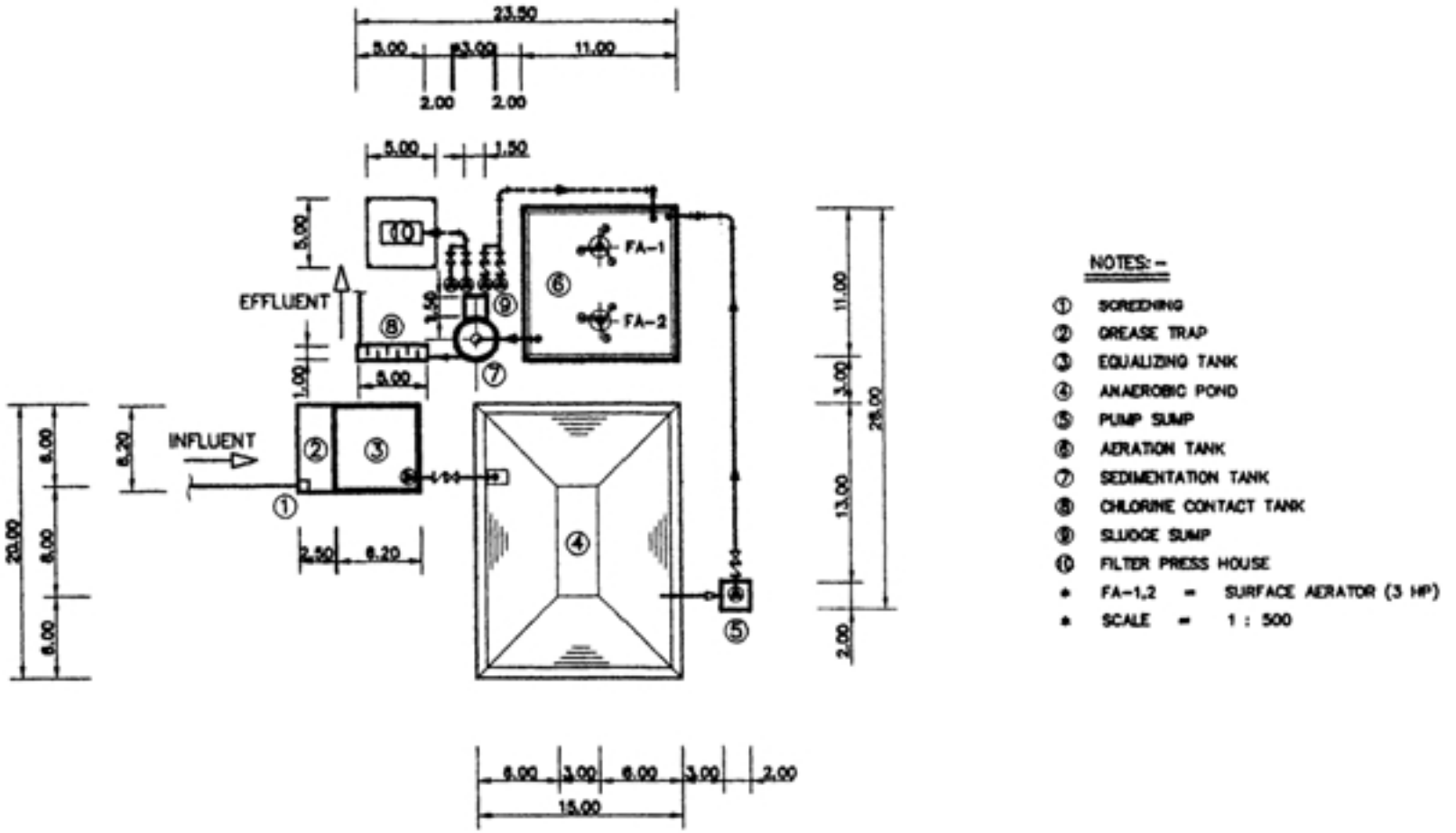



รูปที่ 5-8 (ก) Flow Diagram ระบบบำบัดน้ำเสีย (ขนาดพื้นที่น้อย)
ของโรงงานฟ้าทุกร ไก่ และกระป๋อ

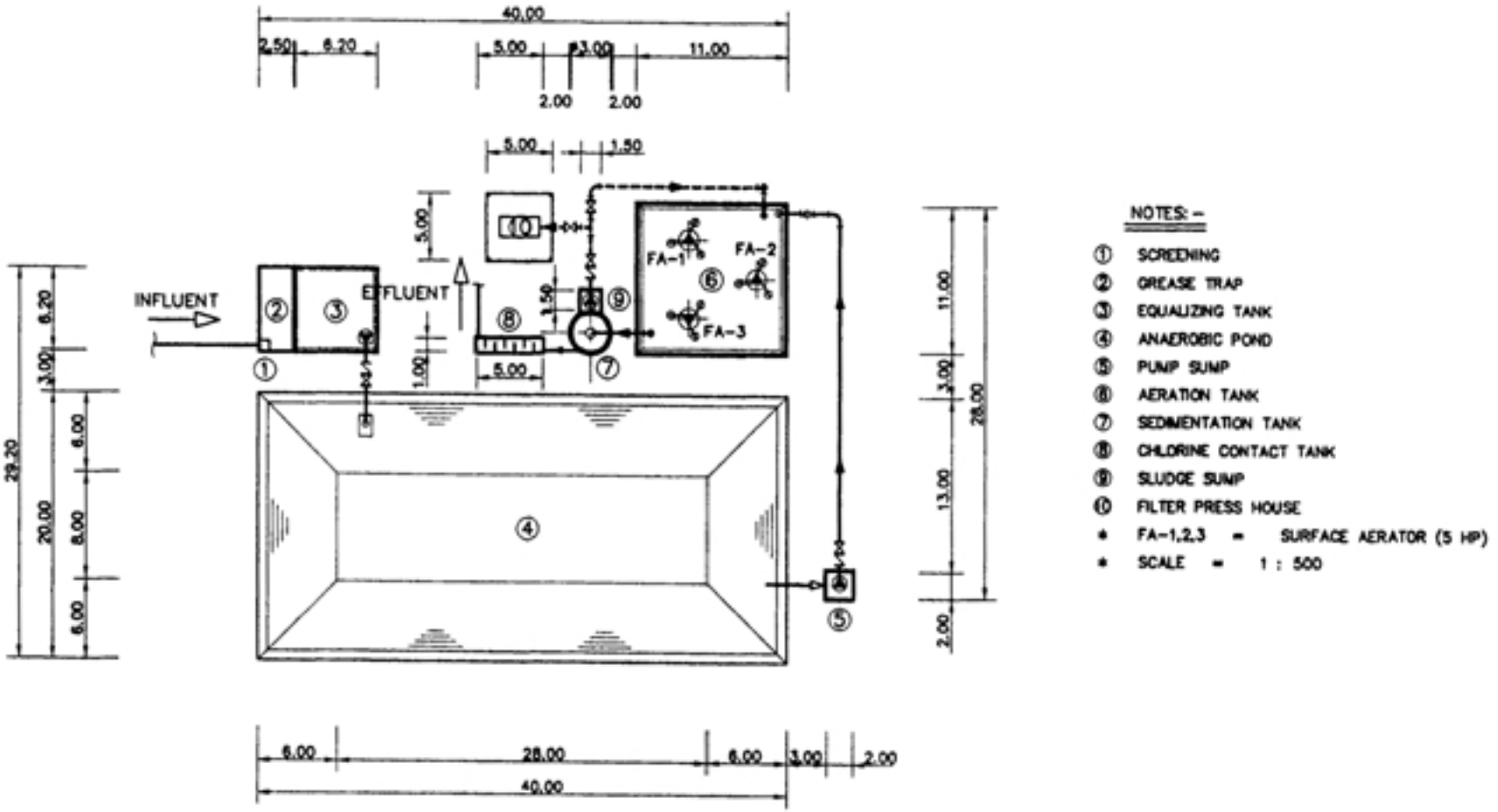



**รูปที่ 5-6 (ข)** Hydraulic Profile ระบบบำบัดน้ำเสีย (ขนาดพื้นที่น้อย)
ของโรงงานฆ่าสุกร โค และกระบือ

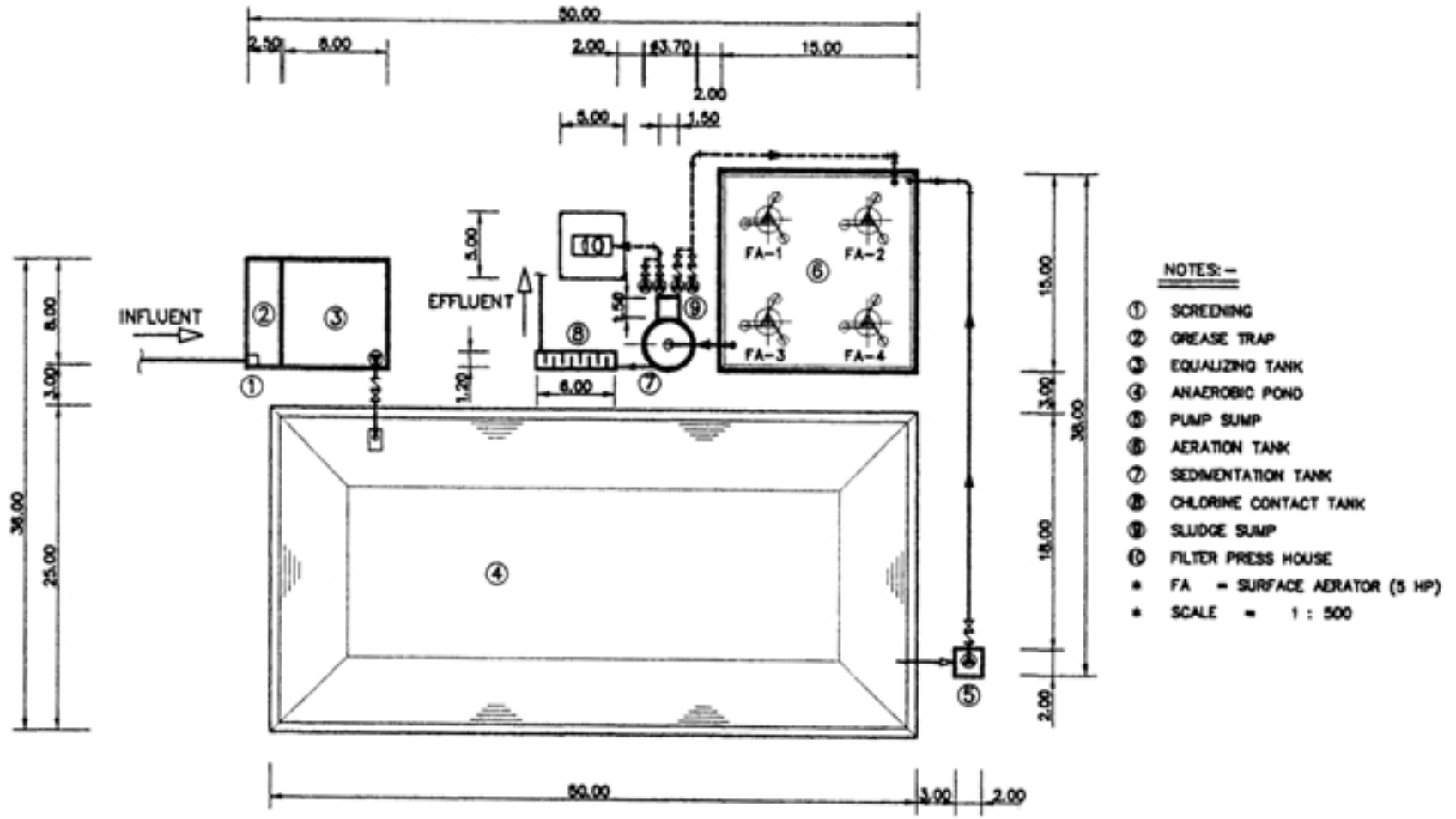
SCALE V. = 1:200
H. = NOT TO SCALE




**รูปที่ 5-6 (ค)** Plant Lay-out ระบบบำบัดน้ำเสีย (ขนาดพื้นที่น้อย)
ของโรงงานฆ่าสุกร โค และกระบือ (100 ตัว/วัน)




**รูปที่ 5-6 (ง)** Plant Lay-out ระบบบำบัดน้ำเสีย (ขนาดพื้นที่น้อย)
ของโรงงานฆ่าสุกร โค และกระบือ (300 ตัว/วัน)




**รูปที่ 5-6 (ข)** Plant Lay-out ระบบบำบัดน้ำเสีย (ขนาดพื้นที่น้อย)
ของโรงงานฆ่าสุกร โค และกระบือ (500 ตัว/วัน)

**ตารางที่ 6-13** ผลการคำนวณระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้พื้นที่น้อยของโรงงานฆ่าและชำแหละสุกร โค และกระบือที่มีกำลังการผลิต 100, 300 และ 500 ตัว/วัน

| ค์ประกอบของระบบบำ | 100 ตัว/วัน | | | | | 300 ตัว/วัน | | | | | 500 ตัว/วัน | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| อัตราไหล (ลบ.ม./วัน) | 50 | | | | | 150 | | | | | 250 | | | | |
| ปริมาณความสกปรกในรูปบีโอดี (กก./วัน | 120 | | | | | 450 | | | | | 750 | | | | |
| | UNIT | WIDTH (m.) | LENGTH (m.) | DEPTH (m.) | S.F. AREA ($m^2$) | UNIT | WIDTH (m.) | LENGTH (m.) | DEPTH (m.) | F. ARE ($m^2$) | UNIT | WIDTH (m.) | LENGTH (m.) | DEPTH (m.) | S.F. AREA ($m^2$) |
| บ่อไร้อากาศ | 1 | 15 | 20 | 3.7 | 300 | 1 | 20 | 40 | 3.7 | 800 | 1 | 25 | 50 | 3.7 | 1,250 |
| บ่อเติมอากาศ | 1 | 6 | 6 | 3.0 | 36 | 1 | 11 | 11 | 3.0 | 121 | 1 | 15 | 15 | 3.0 | 225 |
| ถังตกตะกอน | 1 | ϕ 2 | - | - | - | 1 | 3.0 | - | - | - | 1 | 3.7 | - | 3.5 | - |
| พื้นที่การบำบัด (ตร.ม.) | 336 | | | | | 921 | | | | | 1,475 | | | | |
| พื้นที่ระบบบำบัด (ไร่) | 0.21 | | | | | 0.58 | | | | | 0.92 | | | | |
| พื้นที่ระบบบำบัด (ไร่) | 0.27 | | | | | 0.75 | | | | | 1.20 | | | | |
| อัตราไหล : พื้นที่ (ลบ.ม./วัน:ไร่) | 238.10 | | | | | 260.59 | | | | | 271.19 | | | | |
| ปริมาณความสกปรกในรูปบีโอดี : พื้นที่ ( | 571.43 | | | | | 781.76 | | | | | 813.56 | | | | |

**ตารางที่ 5-7** สรุปค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียและค่าใช้จ่ายในการเดินระบบของโรงงานฆ่าและชำแหละสุกร โค และกระบือ ที่มีกำลังการผลิต 100 ตัว/วัน

| รายการ | ใช้พื้นที่มาก | ใช้พื้นที่ปานกลาง | ใช้พื้นที่น้อย |
|---|---|---|---|
| ขนาดของระบบบำบัด (ลบ.ม./วัน) | 50.00 | 50.00 | 50.00 |
| พื้นที่ (ไร่) | 2.09 | 1.44 | 0.41 |
| ค่าก่อสร้าง : ล้านบาท | | | |
| งานโยธาโครงสร้าง (a) | 0.890 | 0.793 | 1.490 |
| งานอุปกรณ์เครื่องกล (b) | 0.760 | 1.710 | 2.410 |
| งานไฟฟ้าและท่อ (c) | 0.123 | 0.192 | 0.297 |
| ราคาเบื้องต้น (a+b+c) | 1.773 | 2.695 | 4.197 |
| OVERHEAD+PROFIT 10% | 0.177 | 0.270 | 0.420 |
| ค่าเผื่อขาดเหลือ 10% | 0.195 | 0.296 | 0.462 |
| รวมค่าก่อสร้างทั้งหมด | 2.145 | 3.261 | 5.078 |
| ราคาค่าก่อสร้าง (บาท/ลบ.ม.) | 42,906.600 | 65,219.000 | 101,567.400 |
| ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (O&M) : ล้านบาท | | | |
| ค่าบำรุงรักษา/เดือน* | 0.001 | 0.003 | 0.006 |
| ค่าไฟฟ้า/เดือน** | 0.001 | 0.003 | 0.0045 |
| ค่าสารเคมี/เดือน | 0.002 | 0.009 | 0.014 |
| ค่าบุคลากร/เดือน | 0.006 | 0.006 | 0.006 |
| รวมค่า O&M/เดือน | 0.010 | 0.021 | 0.031 |
| ค่า O&M/ปี | 0.120 | 0.252 | 0.366 |
| ค่า O&M บาท/ลบ.ม. | 6.667 | 14.000 | 20.333 |
| **NPV (ล้านบาท)** | **2.49** | **4.11** | **6.28** |

**หมายเหตุ :** * ค่าบำรุงรักษาต่อปี 1.5% ของ (a) และ 2% ของ (b+c)

** ค่าไฟฟ้า 3.00 บาท/กิโลวัตต์-ชม.

ระยะเวลาโครงการ 10 ปี

**ตารางที่ 5-8** สรุปค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียและค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ ของโรงงานฆ่าและชำแหละสุกร โค และกระบือ ที่มีกำลังการผลิต 300 ตัว/วัน

| รายการ | ใช้พื้นที่มาก | ใช้พื้นที่ปานกลาง | ใช้พื้นที่น้อย |
|---|---|---|---|
| ขนาดของระบบบำบัด (ลบ.ม./วัน) | 150.00 | 150.00 | 150.00 |
| พื้นที่ (ไร่) | 5.36 | 1.92 | 0.73 |
| ค่าก่อสร้าง : ล้านบาท | | | |
| งานโยธาโครงสร้าง (a) | 2.160 | 1.390 | 3.080 |
| งานอุปกรณ์เครื่องกล (b) | 0.780 | 1.760 | 2.720 |
| งานไฟฟ้าและท่อ (c) | 0.214 | 0.238 | 0.433 |
| ราคาเบื้องต้น (a+b+c) | 3.154 | 3.388 | 6.233 |
| OVERHEAD+PROFIT 10% | 0.315 | 0.339 | 0.623 |
| ค่าเผื่อขาดเหลือ 10% | 0.347 | 0.373 | 0.686 |
| รวมค่าก่อสร้างทั้งหมด | 3.816 | 4.099 | 7.542 |
| ราคาค่าก่อสร้าง (บาท/ลบ.ม.) | 25,442.267 | 27,329.867 | 50,279.533 |
| ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (O&M) : ล้านบาท | | | |
| ค่าบำรุงรักษา/เดือน* | 0.002 | 0.005 | 0.011 |
| ค่าไฟฟ้า/เดือน** | 0.0023 | 0.009 | 0.014 |
| ค่าสารเคมี/เดือน | 0.0054 | 0.017 | 0.021 |
| ค่าบุคลากร/เดือน | 0.010 | 0.010 | 0.010 |
| รวมค่า O&M/เดือน | 0.020 | 0.041 | 0.056 |
| ค่า O&M/ปี | 0.236 | 0.492 | 0.672 |
| ค่า O&M บาท/ลบ.ม. | 4.378 | 9.111 | 12.444 |
| **NPV (ล้านบาท)** | **4.34** | **5.54** | **9.53** |

**หมายเหตุ :** * ค่าบำรุงรักษาต่อปี 1.5% ของ (a) และ 2% ของ (b+c)

** ค่าไฟฟ้า 3.00 บาท/กิโลวัตต์-ชม.

ระยะเวลาโครงการ 10 ปี

**ตารางที่ 5-9** สรุปค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียและค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ ของโรงงานฆ่าและชำแหละสุกร โค และกระบือ ที่มีกำลังการผลิต 500 ตัว/วัน

| รายการ | ใช้พื้นที่มาก | ใช้พื้นที่ปานกลาง | ใช้พื้นที่น้อย |
|---|---|---|---|
| ขนาดของระบบบำบัด (ลบ.ม./วัน) | 250.00 | 250.00 | 250.00 |
| พื้นที่ (ไร่) | 8.57 | 3.03 | 1.54 |
| ค่าก่อสร้าง : ล้านบาท | | | |
| งานโยธาโครงสร้าง (a) | 3.005 | 2.045 | 4.715 |
| งานอุปกรณ์เครื่องกล (b) | 0.790 | 2.120 | 3.260 |
| งานไฟฟ้าและท่อ (c) | 0.273 | 0.313 | 0.591 |
| ราคาเบื้องต้น (a+b+c) | 4.068 | 4.478 | 8.566 |
| OVERHEAD+PROFIT 10% | 0.407 | 0.448 | 0.857 |
| ค่าเผื่อขาดเหลือ 10% | 0.447 | 0.493 | 0.942 |
| รวมค่าก่อสร้างทั้งหมด | 4.922 | 5.418 | 10.365 |
| ราคาค่าก่อสร้าง (บาท/ลบ.ม.) | 19,689.120 | 21,673.520 | 41,459.440 |
| ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (O&M) : ล้านบาท | | | |
| ค่าบำรุงรักษา/เดือน* | 0.003 | 0.007 | 0.016 |
| ค่าไฟฟ้า/เดือน** | 0.005 | 0.015 | 0.030 |
| ค่าสารเคมี/เดือน | 0.009 | 0.024 | 0.0285 |
| ค่าบุคลากร/เดือน | 0.016 | 0.016 | 0.016 |
| รวมค่า O&M/เดือน | 0.033 | 0.062 | 0.091 |
| ค่า O&M/ปี | 0.396 | 0.744 | 1.086 |
| ค่า O&M บาท/ลบ.ม. | 4.400 | 8.267 | 12.067 |
| **NPV (ล้านบาท)** | **6.28** | **8.38** | **14.42** |

**หมายเหตุ :** * ค่าบำรุงรักษาต่อปี 1.5% ของ (a) และ 2% ของ (b+c)

** ค่าไฟฟ้า 3.00 บาท/กิโลวัตต์-ชม.

ระยะเวลาโครงการ 10 ปี

# บทที่ 6

# การบริหารจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อม สำหรับโรงงานฆ่าโคในประเทศไทย

การจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงงานฆ่าโคตามข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่ได้กล่าวแล้วนั้น จะประสบผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ได้ หากผู้ประกอบการให้ความร่วมมืออย่างใกล้ชิดกับเจ้าหน้าที่ของรัฐที่กำกับดูแลในการติดตามและควบคุมกระบวนการผลิตและระบบบำบัดน้ำเสีย

## 6.1 การควบคุมกระบวนการผลิต

การสูญเสียผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้ในระหว่างกระบวนการผลิตนั้น นอกจากจะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นแล้วยังทำให้ต้นทุนของการกำจัดของเสียเพิ่มขึ้นอีกด้วย ดังนั้น เจ้าหน้าที่ที่ควบคุมกระบวนการผลิตควรจะต้องมีความเข้าใจในกระบวนการผลิตทั้งหมด และความสัมพันธ์ของแต่ละขั้นตอนการผลิต เพื่อที่จะสามารถดำเนินการผลิตตามวิธีการที่กำหนดอย่างมีประสิทธิภาพ

ในขณะเดียวกันผู้ประกอบการควรจะมีการติดตามตรวจสอบในเรื่องต่าง ๆ ต่อไปนี้เป็นพิเศษคือ

1) การติดตามความสม่ำเสมอของการผลิตและการปรับปรุงการผลิต ได้แก่
   - การพัฒนากระบวนการผลิต
   - การเพิ่มประสบการณ์และทักษะของเจ้าหน้าที่ฝ่ายผลิต
   - การปรับปรุงระบบติดตามและควบคุม
   - การตรวจสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ในการผลิต
2) การระมัดระวังเกี่ยวกับเหตุการณ์ผิดปกติในการผลิต ได้แก่
   - การติดตั้งสัญญาณเตือนภัยเมื่อมีเหตุการณ์ผิดปกติ
   - การฝึกเจ้าหน้าที่เตรียมรับสถานการณ์ต่าง ๆ
3) การทำสมดุลย์มวลสารของโรงงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ
   - ตรวจสอบปริมาณและลักษณะสมบัติของวัสดุเศษเหลือในแต่ละขั้นตอนการผลิตเพื่อวางแผนการจัดการวัสดุเศษเหลือที่เกิดขึ้น
   - ตรวจสอบอุปกรณ์เครื่องจักรต่าง ๆ ที่มีผลให้ประสิทธิภาพการผลิตลดลง

4) การจัดทำแผนการจัดการในการใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือ ได้แก่

- การตรวจวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่มีในวัสดุเศษเหลือ และความต้องการธาตุอาหารของพืชในพื้นที่ที่จะนำวัสดุเศษเหลือไปใช้เป็นปุ๋ย
- ระบบรองรับวัสดุเศษเหลือที่ใช้ประโยชน์ให้มีอยู่อย่างสม่ำเสมอ

อย่างไรก็ตาม การป้องกันและควบคุมมลภาวะในกระบวนการผลิตจะประสบผลสำเร็จต้องมีการบันทึกการทำงานต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตและติดตามประสิทธิภาพของระบบอย่างต่อเนื่อง ดังนี้

- ประสิทธิภาพของการผลิต ในรูปของผลผลิตที่ได้ต่อปริมาณวัตถุดิบ
- ปริมาณของวัสดุเศษเหลือทั้งในรูปของแข็งและของเหลว
- ลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย
- ปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการผลิต เช่น ปริมาณน้ำใช้ และระยะเวลาที่ใช้ในการผลิต เป็นต้น
- ลักษณะการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย
- ลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งหลังผ่านการบำบัดแล้ว

แผนป้องกันและควบคุมวัสดุเศษเหลือจากกระบวนการผลิตของโรงงานฆ่าโค แสดงดังตารางที่ 6-1

## 6.2 การควบคุมและติดตามตรวจสอบระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานฆ่าโค

เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการจัดการน้ำเสียที่เกิดขึ้นในโรงงานฆ่าโค ดังนั้น จึงเป็นความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องควบคุมและติดตามตรวจสอบระบบบำบัดเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

### 6.2.1 ระบบบำบัดแบบไร้อากาศ

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศที่มีการใช้งานอยู่ในโรงงานฆ่าโคและสุกรหลายแห่งเป็นระบบบ่อไร้อากาศแบบเปิด ซึ่งวิธีการควบคุมและติดตามตรวจสอบที่สำคัญ ได้แก่

- ควบคุมให้มีสารอินทรีย์เข้า 1.5-6.2 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร-วัน
- ควบคุมค่า pH อยู่ระหว่าง 6.8-7.4 และไม่ควรต่ำกว่า 6.5
- อัตราส่วนของกรดระเหยต่อด่างเท่ากับ 0.1-0.3
- ด่าง 2,000-3,000 มิลลิกรัม/ลิตร
- คาร์บอนไดออกไซด์ 30-35% (ไม่เกิน 40%)

**ตารางที่ 6-1** แผนการป้องกันและควบคุมวัสดุเศษเหลือจากกระบวนการผลิตของโรงงานฆ่าสัตว์

| งาน | ความถี่ | ค่าที่ตรวจสอบ |
|---|---|---|
| 1. ตรวจสอบการผลิต | ทุกวัน | ปริมาณวัตถุดิบ<br>ปริมาณผลผลิต<br>ปริมารน้ำใช้<br>กระบวนการผลิต |
| 2. ตรวจสอบการจัดการเศษวัสดุของแข็ง | ทุกวัน | ปริมาณเศษวัสดุแต่ละชนิด<br>ปริมาณเศษวัสดุทั้งหมด |
| 3. ตรวจสอบการจัดการเศษวัสดุของเหลว | ทุกวัน | ปริมาณเศษวัสดุแต่ละชนิด<br>ปริมาณเศษวัสดุทั้งหมด<br>ปริมาณที่เข้าระบบบำบัดน้ำเสีย |
| 4. ตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย | สัปดาห์ละครั้ง | ลักษณะน้ำเสียก่อนเข้าและออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย<br>(เช่น $BOD_5$, COD, SS, TKN) |
| 5. การตรวจสอบตะกอนในบ่อ | เดือนละครั้ง | % ความสูงของตะกอนในบ่อ |

- แอมโมเนียต้องไม่เกิน 1,500 มิลลิกรัม/ลิตร
- ซัลไฟด์ไม่เกิน 100 มิลลิกรัม/ลิตร
- อัตราส่วนบีโอดีต่อไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส (BOD : N : P) = 100 :1 : 0.2
- อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 30±5 องศาเซลเซียส
- ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียในบ่อประมาณ 10-30 วัน
- ปริมาณของสารอนินทรีย์ที่ปนมากับน้ำเสียหากมีมากเกินไปจะเป็นพิษทำให้แบคทีเรียตายได้ ปริมาณที่เหมาะสมคือ

  แคลเซียม (Ca) 100-200 มิลลิกรัม/ลิตร

  แมกนีเซียม (Mg) 75-150 มิลลิกรัม/ลิตร

  โปแตสเซียม (K) 200-400 มิลลิกรัม/ลิตร

  โซเดียม (Na) 100-200 มิลลิกรัม/ลิตร

## 6.2.2 ระบบบำบัดแบบใช้อากาศ

### 6.2.2.1 ระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon)

- ควบคุมน้ำเสียให้เข้าบ่อสม่ำเสมอ
- ตรวจค่าออกซิเจนให้ละลายอยู่อย่างน้อย 1 มิลลิกรัม/ลิตร
- ควบคุม pH ให้อยู่ในช่วง 6.8-8.0
- ควบคุมไม่ให้เกิดฟองด้วยการฉีดน้ำ
- ตรวจจุลินทรีย์ ระวังไม่ให้มีสัตว์เซลล์เดียวพวก Rotifer ซึ่งจะกินจุลินทรีย์และสาหร่ายในบ่อ
- ตรวจสอบเครื่องเติมอากาศให้ทำงานได้ดีอยู่เสมอ

### 6.2.2.2 ระบบบ่อผึ่งหรือบ่อธรรมชาติ (Oxidation Pond)

- ต้องควบคุม pH ในบ่อไม่ให้เป็นกรด หากพบว่า pH ในบ่อต่ำลงจะต้องปรับด้วยปูนขาว
- จะต้องดูแลความหนาแน่นของสาหร่ายไม่ให้มีมากเกินไป มิฉะนั้นตอนกลางคืนอาจทำให้มีออกซิเจนไม่พอเพียง
- หากบ่อมีกลิ่นเหม็นให้เติมสารโซเดียมไนเตรทดับกลิ่น แล้วตรวจความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่เข้าในบ่อ อาจเกินเกณฑ์ที่กำหนดไว้
- หมั่นตัดหญ้าขอบบ่อเพื่อไม่ให้เป็นแหล่งเพาะยุงและหนูหรือสัตว์อื่น

**6.2.2.3 ระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge)**

ปัญหาสำคัญที่พบในการใช้ระบบ AS ก็คือ การควบคุมระบบให้สามารถทำงานได้ตามที่ได้ออกแบบไว้ ปัญหาดังกล่าวของผู้ควบคุมระบบ ได้แก่

- ไม่เห็นความสำคัญของการหมุนเวียนกลับของตะกอนเลน จึงปล่อยให้ตกค้างอยู่ก้นถังตกตะกอนเป็นเวลานาน
- ไม่ทราบปริมาณของตะกอนเลนส่วนเกินซึ่งต้องระบายทิ้ง
- ไม่ทราบปริมาณตะกอนเลนที่ต้องหมุนเวียนกลับ

การแก้ปัญหาสามารถกระทำได้โดย

- ทำการหมุนเวียนตะกอนเลนกลับคืนสู่ถังเติมอากาศเพื่อรักษาปริมาณตะกอนจุลชีพให้มีอยู่ในถังเติมอากาศให้มากที่สุด โดยอัตราการหมุนเวียนตะกอนเลนคืนกลับควรมีค่าประมาณร้อยละ 30 ของอัตราการไหลของน้ำเสียและต้องกระทำอย่างต่อเนื่อง แต่ไม่จำเป็นต้องกระทำติดต่อกันตลอดเวลา โดยอาจกระทำเป็นระยะ ๆ ก็ได้
- การทิ้งตะกอนเลนส่วนเกินจากระบบ เป็นสิ่งที่ควรกระทำแต่ไม่จำเป็นต้องกระทำทุกวัน และหากไม่ระบายทิ้งและระบบบำบัดไม่เกิดปัญหาก็ไม่จำเป็นต้องระบายทิ้ง

ในการตรวจสอบเพื่อดูว่าต้องระบายตะกอนเลนทิ้งหรือไม่อาจกระทำได้ง่าย ๆ ดังนี้ ตักน้ำที่มีตะกอนในถังเติมอากาศขณะกำลังทำงานอยู่เทใส่ในกระบอกตวงแก้วขนาด 1 ลิตรให้เต็มถัง ทิ้งไว้ 30 นาที จึงอ่านปริมาตรของตะกอนในกระบอกตวง ถ้าปริมาตรของตะกอนไม่เกิน 750 มล. แสดงว่าไม่ต้องระบายตะกอนเลนทิ้ง แต่ถ้าปริมาตรน้อยกว่า 100 มล. แสดงว่ามีตะกอนน้อยเกินไปหรืออาจแสดงว่ามีตะกอนหนีออกไปจากระบบมากเกินไป หากจำเป็นต้องระบายตะกอนเลนให้ระบายตะกอนเลนออก ไม่เกินร้อยละ 5 ของปริมาตรถังเติมอากาศต่อวัน หลังจากนั้นให้ตรวจสอบปริมาตรของตะกอนในกระบอกตวงใหม่ในวันต่อไป

การติดตามตรวจสอบระบบบำบัดน้ำเสีย ได้แก่

- ตรวจสอบ Lay-out เปรียบเทียบกับโครงสร้างจริงว่ามีการก่อสร้างตรงตามที่มีในแบบหรือไม่ ในส่วนของการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ตรวจสอบตั้งแต่จุดน้ำเข้าระบบ จนถึง จุดสุดท้ายคือจุดน้ำออก ว่ามีการติดตั้งครบถ้วนหรือไม่
- ตรวจสอบความสมบูรณ์ของอุปกรณ์ ถ้าเป็นอุปกรณ์ที่มองเห็นได้ก็ไม่มีปัญหา แต่ถ้าเป็นอุปกรณ์ที่มองไม่เห็น เช่น เครื่องเติมอากาศใต้น้ำ หรือปั๊มใต้น้ำอาจทดสอบได้จากการสังเกตลักษณะฟอง หรือฟังเสียงการทำงานของเครื่อง หรือตรวจสอบกระแสไฟฟ้าที่ตู้ควบคุม ซึ่งในการตรวจสอบนี้อาจต้องลองเปิดเครื่องที่ยังไม่ได้ใช้งานในขณะนั้นเพื่อดูว่ายังสามารถทำงานได้ครบทุกเครื่องหรือไม่

- การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพต่าง ๆ ที่เป็นตัวชี้วัดสภาพการทำงานของระบบมีดังนี้

**สี** : สีของน้ำตะกอนที่ดีควรจะเป็นสีน้ำตาลเข้มคล้ายสีของช็อกโกแลต ยกเว้นโรงบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่น้ำเสียมีสีเจือปนมามาก เช่น โรงงานย้อมผ้า จะทำให้สีของน้ำตะกอนเปลี่ยนแปลงไปตามสีของน้ำเสียได้

**กลิ่น**: ระบบที่ได้รับการควบคุมที่ดีจะไม่มีกลิ่นเหม็น ถ้าตักตัวอย่างน้ำตะกอนจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศมาดมจะมีเพียงกลิ่นจาง ๆ คล้ายกลิ่นดินเท่านั้น

**ฟอง**: ระบบที่ดีจะต้องไม่มีฟองเกิดขึ้นในระบบบำบัด หรือถ้ามีฟองก็มีไม่มาก คือ ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวน้ำ

**การเจริญเติบโตของสาหร่าย**: สาหร่ายที่เกิดขึ้นมักจะอยู่ตามผนังของถัง ซึ่งระบบบำบัดที่ระบบเดินปกติจะไม่มีสาหร่ายเกิดขึ้นให้เห็นมากนัก

**ลักษณะการเติมอากาศ** : สำหรับเครื่องกลเติมอากาศ ใบพัดควรจะตีน้ำกระจายอย่างสม่ำเสมอและทั่วถึงทั้งบ่อ และถ้าเป็นแบบเครื่องเป่าอากาศ ฟองจะต้องลอยขึ้นมาสู่ผิวน้ำและลักษณะการกวนของน้ำในถังเติมอากาศอย่างสม่ำเสมอ

**การสะสมของตะกอน** : ไม่ควรมีการสะสมของตะกอนที่มุมถัง หรือช่วงกลางระหว่างเครื่องเติมอากาศ

**ลักษณะการไหลของน้ำ** : ระบบที่ดีจะไม่มีการไหลในลักษณะที่เรียกว่าไหลลัดวงจร

**การกวน** : การกวนให้ตะกอนจุลินทรีย์สัมผัสกับน้ำเสีย เป็นปัจจัยที่สำคัญในการบำบัดน้ำเสีย ระบบที่ดีจึงควรมีการกวนอย่างทั่วถึงในถังเติมอากาศ

- การตรวจสอบถังตกตะกอน ถังตกตะกอนมีหน้าที่เป็นส่วนให้น้ำนิ่ง ซึ่งจะใช้ตกตะกอนเชื้อเพื่อแยกน้ำใสออก ดังนั้น ถังตกตะกอนที่มีประสิทธิภาพดี จะเห็นน้ำใสแยกชั้นกับตะกอนได้อย่างชัดเจน จะไม่มีตะกอนลอย หรือตะกอนแขวนลอย แล้วไหลหลุดออกไปกับน้ำทิ้งส่วนอุปกรณ์ในถังตกตะกอน เช่น ใบกวาดตะกอนก็จะต้องตรวจสอบว่าอุปกรณ์เดินได้ดีหรือไม่

- การกำจัดตะกอนส่วนเกินของระบบบำบัดน้ำเสีย มีหลักการคือ ถ้าตะกอนยังไม่เสถียรก็จะต้องทำให้ตะกอนเสถียรด้วยการย่อยสลายแบบมีอากาศ หรือไม่มีอากาศ หรือการใช้สารเคมี ต่อจากนั้นก็จะมีการแยกน้ำออกด้วย เครื่องจักร เช่น Filter press หรือ Belt press หรือ ตากในลานทราย และหลังจากนั้นก็จะนำตะกอนไปกำจัดที่อื่น เช่น การถมที่ หรือทำปุ๋ยต่อไป ในการตรวจสอบจะต้องดูว่ามีการบำบัดตะกอนที่ถูกต้องหรือไม่ และการกำจัดสุดท้ายส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมหรือไม่

- การตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ ถ้าหากโรงงานมีกล้องจุลทรรศน์ ก็อาจจะใช้ตรวจสอบสมรรถภาพ (Acitivity) ดุลยภาพ (Balance) และชนิดของจุลินทรีย์ที่ทำงานอยู่ในระบบ ก็สามารถบอกปัญหาที่กำลังจะเกิดขึ้นและวิเคราะห์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง

จุลินทรีย์ที่เลี้ยงไว้ในถัง ส่วนใหญ่จะเป็นแบคทีเรีย (Bacteria) ชนิดต่าง ๆ จำนวนมากน้อยไม่เท่ากัน ขึ้นกับชนิดของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสีย เพราะแบคทีเรียต่างชนิดจะย่อยสารอินทรีย์แตกต่างกันไป นอกจากนี้ยังมีรา (Fungi) สาหร่าย (Algae) แต่ก็มีบทบาทในการย่อยสลายสารอินทรีย์ไม่มากนัก แต่หากมีเป็นจำนวนมากจะเป็นตัวก่อกวนระบบ ส่วนโปรโตซัว (Protozoa) และโรติเฟอร์ (Rotifer) จะเป็นตัวลดจำนวนแบคทีเรีย จัดอยู่ในพวกก่อกวนถ้ามีในจำนวนมาก อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์ชนิดนี้มีประโยชน์ในการใช้เป็นดัชนีบอกระดับการทำงานของระบบได้ ถ้ามีพวกโปรโตซัวที่มีขน (Ciliata Protozoa) มากแสดงว่าระบบสมบูรณ์ดี ถ้ามีโปรโตซัวที่มีก้าน (Stalk Protozoa) แสดงว่าระบบไม่ค่อยสมบูรณ์ หากพบจุลินทรีย์ชนิดเป็นเส้นใย (Filamentous microorganisms) เป็นจำนวนมาก ซึ่งจะลอยตัวไม่เกาะเป็นกลุ่ม จะพบว่าตะกอนจมตัวได้ยาก และเป็นปัญหาในถังตกตะกอน

สำหรับข้อสรุปการติดตามตรวจสอบการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย แสดงดังตารางที่ 6-2

## 6.3 การติดตามและควบคุมมลภาวะจากโรงงานฆ่าโคโดยเจ้าหน้าที่ของรัฐ

เจ้าหน้าที่ของรัฐที่ควบคุมในเรื่องการจัดการสิ่งแวดล้อมในโรงงานฆ่าโค ต้องมีความรู้ความเข้าใจเทคโนโลยีของกระบวนการผลิต และระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานเป็นอย่างดี เพื่อที่จะได้สามารถให้คำแนะนำแก่ผู้ประกอบการได้เมื่อกระบวนการผลิตมีปัญหาหรือระบบบำบัดน้ำเสียผิดปกติ

ในการติดตามและควบคุมให้ผู้ประกอบการปฏิบัติตามแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงงานฆ่าโค โดยเฉพาะในด้านการจัดการวัสดุเศษเหลือที่เกิดจากกระบวนการผลิตทั้งในรูปของแข็งและของเหลวนั้น เจ้าหน้าที่ของรัฐควรทำรายละเอียดของกิจกรรมที่จะต้องติดตามและควบคุมสำหรับแต่ละโรงงาน ซึ่งอย่างน้อยควรประกอบไปด้วย

- สภาพการทำงานโดยทั่วไปของโรงงาน
- กระบวนการผลิตที่ใช้ รวมถึงวิธีการป้องกันและควบคุมมลภาวะในกระบวนการผลิต
- การจัดการวัสดุเศษเหลือที่เกิดจากการผลิต
- ข้อมูลเกี่ยวกับความถี่และสภาวะการเก็บตัวอย่างและผลการวิเคราะห์

สำหรับความถี่การเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานฆ่าโคควรอยู่ระหว่าง 3-4 ครั้ง/ปี ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงานแต่ละแห่งด้วย

**ตารางที่ 6-2** พารามิเตอร์ที่ต้องวิเคราะห์เพื่อติดตามตรวจสอบการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย

| ขั้นตอน | พารามิเตอร์ | หน่วย |
|---|---|---|
| บ่อไร้อากาศ | ระดับตะกอน | % ของความลึก |
| น้ำเสียจากระบบบำบัดแบบไร้อากาศ | COD<br>$BOD_5$<br>SS<br>Settable solids<br>อุณหภูมิ<br>pH | มิลลิกรัม/ลิตร<br>มิลลิกรัม/ลิตร<br>มิลลิกรัม/ลิตร<br>มิลลิกรัม/ลิตร<br>องศาเซลเซียส |
| การกำจัดตะกอนของบ่อไร้อากาศ | ปริมาตรตะกอน | ลูกบาศก์เมตร/เดือน<br>กรัม/ลิตร |
| ในระบบบำบัดแบบใช้อากาศ | VSS<br>Settable solids<br>Sludge volume index<br>DO<br>การใช้พลังงาน<br>อุณหภูมิ | กรัม/ลิตร<br>มิลลิกรัม/ลิตร<br>มิลลิกรัม/ลิตร<br>มิลลิกรัม/ลิตร<br>กิโลวัตต์/วัน<br>องศาเซลเซียส |
| การกำจัดตะกอนของบ่อตะกอน<br>(Polishing Pond)<br>การกำจัดตะกอนส่วนเกิน | ระดับตะกอน<br><br>ปริมาตรตะกอน | % ของความลึก<br><br>ลูกบาศก์เมตร/เดือน<br>กรัม/ลิตร |
| น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว | COD (regularly)<br>BOD (occasionally)<br>TKN (occasionally)<br>Grease & Oil (occasionally)<br>SS<br>Temperature<br>pH | มิลลิกรัม/ลิตร<br>มิลลิกรัม/ลิตร<br>มิลลิกรัม/ลิตร<br>มิลลิกรัม/ลิตร<br>มิลลิกรัม/ลิตร<br>องศาเซลเซียส |

# บทที่ 7

# มาตรฐานน้ำทิ้งที่เหมาะสมสำหรับโรงงานฆ่าสัตว์

มาตรฐานน้ำทิ้งที่เสนอแนะสำหรับน้ำทิ้งที่ออกจากโรงงานฆ่าสัตว์ที่ได้กำหนดขึ้นนั้น ได้พิจารณาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ร่วมกัน ซึ่งได้แก่

- มาตรฐานน้ำทิ้งของกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
- มาตรฐานน้ำทิ้งที่ระบายออกจากแหล่งกำเนิดของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
- ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับใช้ในปัจจุบัน
- ลักษณะสมบัติน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วและความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีวิเคราะห์ต่าง ๆ ที่มีในมาตรฐานน้ำทิ้งที่เสนอแนะ

สำหรับดัชนีวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานฆ่าสัตว์ที่สำคัญ ได้แก่ บีโอดี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย ไขมันและน้ำมัน และไนโตรเจนทั้งหมดนั้นเป็นดัชนีวิเคราะห์น้ำทิ้งทั่วไป

## 7.1 มาตรฐานน้ำทิ้งที่เสนอแนะ

ข้อเสนอเกี่ยวกับมาตรฐานน้ำทิ้งสำหรับลักษณะสมบัติน้ำทิ้งจากโรงงานฆ่าสัตว์นี้ (ตารางที่ 7-1) ให้ใช้กับน้ำทิ้งของโรงงานที่ระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ตัวอย่างน้ำทิ้งที่จะเก็บมาวิเคราะห์ให้เก็บ ณ จุดที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย การเก็บตัวอย่างและการเก็บตัวอย่างให้เป็นไปตามวิธีการที่กำหนด

จากตารางที่ 7-1 จะเห็นได้ว่ามาตรฐานน้ำทิ้งที่เสนอแนะมีค่าแตกต่างจากมาตรฐานน้ำทิ้งปัจจุบันของกรมโรงงานอุตสาหกรรมเฉพาะค่าบีโอดีเท่านั้น โดยเหตุผลในการเสนอแนะมาตรฐานน้ำทิ้งดังกล่าวได้แสดงรายละเอียดไว้ในหัวข้อ 7.3 สำหรับตารางที่ 7-2 แสดงการเปรียบเทียบมาตรฐานน้ำทิ้งที่เสนอแนะใช้สำหรับโรงงานฆ่าสัตว์กับมาตรฐานน้ำทิ้งของประเทศต่าง ๆ

**ตารางที่ 7-1** มาตรฐานน้ำทิ้งที่เสนอแนะสำหรับโรงงานฆ่าสัตว์ที่ระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

| ดัชนีวิเคราะห์ | มาตรฐานน้ำทิ้งที่เสนอแนะ (หน่วย มิลลิกรัม/ลิตร) | มาตรฐานน้ำทิ้งปัจจุบัน (หน่วย มิลลิกรัม/ลิตร) | วิธีวิเคราะห์ |
|---|---|---|---|
| บีโอดี ($BOD_5$) | ≯ 30 | ≯ 60 | ใช้วิธีวิเคราะห์ |
| ซีโอดี (COD) | ≯ 120 | ≯ 120 | ตามวิธีมาตรฐาน |
| ของแข็งแขวนลอย (SuspendedSolids; SS) | ≯ 50 | ≯ 50 | สำหรับวิเคราะห์น้ำทิ้งของประเทศ |
| ทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen; TKN) | ≯ 100 | ≯ 100 | สหรัฐอเมริกา |
| ไขมันและน้ำมัน (Grease and Oil; G&O) | > 5 | > 5 | (APHA,AWWA, WPCF 1989) |

## 7.2 คำอธิบายศัพท์

1) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD)

ค่าบีโอดีเป็นค่าที่บอกถึงปริมาณความสกปรกของน้ำเสีย โดยคิดเปรียบเทียบในรูปของงปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระหว่างการย่อยสลายสารประกอบคาร์บอนอินทรีย์ที่ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน

ยังมีสารประกอบชนิดอื่นที่ต้องคำนึงถึง เช่น ไนโตรเจน (โปรตีน) และฟอสฟอรัส (ฟอสโฟลิปิด) การย่อยสลายสารประกอบเหล่านี้ นอกจากจะปล่อยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสแล้วยังทำให้ค่าบีโอดีเพิ่มด้วย (ดูในเรื่องของแข็งแขวนลอย)

2) ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD)

ค่าซีโอดี เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณความสกปรกของน้ำเสีย โดยคิดเปรียบเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจนที่ต้องการในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์อย่างสมบูรณ์ โดยใช้โปแตสเซียมไดโครเมทในสารละลายที่เป็นกรด

อัตราส่วนระหว่างซีโอดีต่อบีโอดีในน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัด และน้ำทิ้งหลังการบำบัดโดยวิธีชีวภาพ มีค่าอยู่ในช่วง 1.4-2.5 และ 3.5-7.0 ตามลำดับ ซึ่งการที่น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วมี

**ตารางที่ 7-2** เปรียบเทียบมาตรฐานน้ำทิ้งที่เสนอแนะสำหรับโรงงานฆ่าสัตว์ที่ระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะกับมาตรฐานน้ำทิ้งของต่างประเทศ

| ดัชนีวิเคราะห์ | หน่วย | มาตรฐานน้ำทิ้งที่เสนอแนะสำหรับโรงงานฆ่าสัตว์ | มาตรฐานน้ำทิ้งจากต่างประเทศ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | เกาหลี | ญี่ปุ่น | เยอรมัน | อินเดีย | สิงคโปร์ | | |
| | | | | | | | 1 | 2 | 3 |
| บีโอดี | (มก./ล.) | > 30 | > 50-100 | > 160 (เฉลี่ยต่อวัน > 120) | > 25 | >20 | >400 | >50 | >20 |
| ซีโอดี | (มก./ล.) | > 120 | > 80-100 | > 160 (เฉลี่ยต่อวัน > 120) | > 110 | >20 | >600 | >100 | >60 |
| ของแข็งแขวนลอย | (มก./ล.) | > 50 | > 80-100 | > 200 (เฉลี่ยต่อวัน > 150) | ไม่ได้กำหนด | >30 | >400 | >50 | >30 |
| ทีเคเอ็น | (มก./ล.) | > 100 | ไม่ได้กำหนด | ไม่ได้กำหนด | ไม่ได้กำหนด[ก] | ไม่ได้กำหนด[ข] | ไม่ได้กำหนด | | ไม่ได้กำหนด[ค] |
| ไขมันและน้ำมัน | (มก./ล.) | > 5 | ไม่ได้กำหนด | ไม่ได้กำหนด | ไม่ได้กำหนด | >5 | >60 | >10 | >5 |

**หมายเหตุ** ก = กำหนดเฉพาะแอมโมเนีย-ไนโตรเจน > 10 มก./ล.

ข = กำหนดแอมโมเนีย-ไนโตรเจน > 10 มก./ล. และไนเตรท-ไนโตรเจน > 10 มก./ล.

ค = กำหนดเฉพาะไนเตรท-ไนโตรเจน > 20 มก./ล.

1 = Sewer 2 = Watercourse 3 = Controlled Watercourse

อัตราส่วนซีโอดีต่อบีโอดีแตกต่างกันสูงมากนี้ แสดงว่าในน้ำเสียมีของแข็งแขวนลอยเกิดขึ้นใหม่ในระบบ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสาหร่าย จึงแสดงว่าสาหร่ายที่เกิดขึ้นในระบบบำบัดมีผลอย่างยิ่งต่อคุณภาพน้ำทิ้ง

3) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids, SS)

ของแข็งแขวนลอย หมายถึง ปริมาณของแข็งแขวนลอยที่กรองได้ด้วยกระดาษกรองใยแก้ว (Whatman GF/C) แล้วอบให้แห้งในน้ำเสียหรือน้ำทิ้งที่ไม่ได้กรอง ของแข็งแขวนลอยมีผลทำให้ค่าบีโอดีและซีโอดีสูงขึ้นด้วย ในกรณีของน้ำเสียของแข็งแขวนลอยมีทั้งสารอินทรีย์ เช่น เศษขนสัตว์ เศษหนัง เศษเนื้อ และเศษอาหารและชิ้นส่วนอวัยวะของสัตว์ แต่น้ำทิ้งหลังการบำบัดของแข็งแขวนลอยเป็นสารอินทรีย์พวกมวลชีวภาพจากเซลล์จุลินทรีย์

4) ทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen)

ทีเคเอ็น หมายถึง ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจน ซึ่งสามารถทำได้โดยย่อยให้สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนในตัวอย่างน้ำทั้งหมดเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย แล้วจึงนำน้ำตัวอย่างที่ถูกย่อยแล้วไปวิเคราะห์หาค่าของแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมด โดยการเพิ่ม pH และกลั่นให้แอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำออกไปพร้อม ๆ กับไอน้ำแล้วเคี่ยวไอน้ำที่มีแอมโมเนียอยู่จนเป็นของเหลวอีกครั้ง จากนั้นนำไปวิเคราะห์โดยการไตเตรท หรือใช้เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) วัดความเข้มข้นของสี ธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชและจุลินทรีย์ต่าง ๆ ดังนั้น หากมีการระบายน้ำทิ้งที่มีไนโตรเจนในปริมาณสูง จะทำให้มีการเจริญเติบโตของสาหร่ายมาก (Algae blooms) ในแม่น้ำลำคลองที่รองรับน้ำทิ้งนั้น ๆ

5) ไขมันและน้ำมัน (Grease and Oil)

ไขมันเป็นสารอินทรีย์ที่คงตัวอย่างหนึ่งที่ถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียได้ยากสามารถถูกสกัดได้ด้วยเฮกเซน

ไขมันและน้ำมันนี้เมื่อลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจะจับเป็นคราบแน่นคลุมผิวน้ำ (Oil film) ซึ่งจะมีผลในการขัดขวางการถ่ายเทหรือการเติมอากาศ เช่น ออกซิเจนจากบรรยากาศลงสู่น้ำได้ ในขณะที่หากอยู่ในระบบบำบัดน้ำเสีย นอกจากจะจับเป็นคราบคลุมผิวน้ำแล้ว บางส่วนจะไปจับอยู่กับกาก-ตะกอน (Sludge) ซึ่งเป็นของแข็งแขวนลอยที่เกิดขึ้นในระหว่างการบำบัดและสามารถส่งผลกระทบต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบได้

## 7.3 เหตุผลในการเสนอแนะมาตรฐานน้ำทิ้งสำหรับโรงงานฆ่าสัตว์

กระบวนการฆ่าสัตว์จะมีน้ำเสียออกจากกระบวนการผลิตในปริมาณมาก และเป็นน้ำเสียที่มีค่าบีโอดีและของแข็งแขวนลอยสูง ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานฆ่าสัตว์ส่วนใหญ่จึงเป็นแบบที่ใช้พื้นที่มาก คือ เป็นระบบบ่อหมักติดตามด้วยบ่อกึ่งหมักและบ่อผึ่ง หรืออาจเป็นแบบที่ใช้พื้นที่ขนาดปานกลาง คือเป็นระบบบ่อหมักติดตามด้วยบ่อเติมอากาศและบ่อผึ่ง ซึ่งในบ่อผึ่งมักจะมีการเติบโตของสาหร่ายจำนวนมากและสาหร่ายเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ค่าของของแข็งแขวนลอย บีโอดี และซีโอดีในน้ำทิ้งของโรงงานฆ่าสัตว์มีค่าสูงกว่ามาตรฐานของน้ำทิ้งโดยทั่วไป

ดังนั้น ในการเสนอแนะมาตรฐานน้ำทิ้งสำหรับโรงงานฆ่าสัตว์ จึงได้นำเสนอผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งที่เป็นจริงของโรงงานต่าง ๆ มาพิจารณาร่วมด้วย (ตารางที่ 7-3) และค่าที่เสนอจำเป็นต้องมีช่วงปลอดภัย เมื่อมีการผลิตสูงสุด นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีวิเคราะห์ต่าง ๆ ร่วมด้วย

### 7.3.1 <u>ของแข็งแขวนลอย</u>

ค่าของแข็งแขวนลอยที่กำหนดพิจารณาจากน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อพักก่อนที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ในระบบบำบัดที่ใช้เวลายาวนานของแข็งแขวนลอยจะเป็นพวกแบคทีเรียโปรโตซัวและสาหร่าย การเกิดสาหร่ายในบ่อพักนอกจากจะเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้แล้ว ยังเป็นสิ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นเพื่อเป็นแหล่งที่จะให้ออกซิเจนและบำบัดในขั้นสุดท้าย นอกจากนี้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งของสาหร่ายยังถูกจำกัดด้วยวิธีทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์

จากข้อมูลผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานฆ่าสัตว์จำนวน 19 แห่ง (ตารางที่ 7-3) เมื่อนำค่าของแข็งแขวนลอยมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเลือกค่าที่มีโอกาสที่จะยอมรับ 80% ของข้อมูลทั้งหมด พบว่าค่าของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 44 มิลลิกรัม/ลิตร

**ดังนั้นจึงกำหนดค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งมีค่าไม่มากกว่า 50 มิลลิกรัม/ลิตร**

### 7.3.2 <u>บีโอดี (BOD)</u>

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งของโรงงานฆ่าสัตว์ที่ค่าบีโอดีจะต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด หากได้กรองสาหร่ายออกก่อนนั้น ในทางปฏิบัติการกรองน้ำทิ้งด้วยชั้นทรายหยาบก่อนระบายออกสู่ลำน้ำสาธารณะอาจจะช่วยแก้ไขปัญหาได้บ้าง แต่ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งของสาหร่ายจะถูกจำกัดด้วยวิธีทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์

ค่าบีโอดีที่กำหนดได้มาจาก

| | | |
|---|---|---|
| ค่าบีโอดีของสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ | ⊦ | 10 มิลลิกรัม/ลิตร |
| ค่าบีโอดีของของแข็งแขวนลอย : 0.3* [SS] | = | 15 มิลลิกรัม/ลิตร |
| รวม | ⊦ | 25 มิลลิกรัม/ลิตร |
| **ดังนั้น จึงกำหนดให้ใช้ค่าบีโอดีของน้ำทิ้งเป็น** | ⊦ | **30 มิลลิกรัม/ลิตร** |

(ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเลือกค่าบีโอดีที่มีโอกาสที่จะยอมรับ 80% จากข้อมูลผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานฆ่าสัตว์ในตารางที่ 7-3 มีค่าเท่ากับ 29 มิลลิกรัม/ลิตร)

* เป็นค่าที่จำกัดมากจากการย่อยสลายโดยกระบวนการชีวภาพ (Firk, et al., 1991)

### 7.3.3 ซีโอดี (COD)

ค่าซีโอดีคำนวณจากค่าบีโอดีดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| ค่าซีโอดีของสารละลาย* | ⊦ | 80 มิลลิกรัม/ลิตร |
| ค่าซีโอดีของของแข็งแขวนลอย** | ⊦ | 40 มิลลิกรัม/ลิตร |
| รวม | ⊦ | 120 มิลลิกรัม/ลิตร |
| **ดังนั้น จึงกำหนดให้ค่าซีโอดีของน้ำทิ้งเป็น >** | | **120 มิลลิกรัม/ลิตร** |

(ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเลือกค่าซีโอดีที่มีโอกาสที่จะยอมรับ 80% จากข้อมูลผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานฆ่าสัตว์ในตารางที่ 7-3 มีค่าเท่ากับ 111.82 มิลลิกรัม/ลิตร)

* ประมาณการจากอัตราส่วนของซีโอดีต่อบีโอดีของน้ำทิ้ง $\simeq$ 8.0

** ประมาณการซีโอดีของแข็งแขวนลอย = 0.8 [SS]

(Firk,et at., 1991 กำหนดของแข็งแขวนลอย 1 มิลลิกรัม/ลิตร = ซีโอดี 0.8-1.6 มิลลิกรัม/ลิตร)

### 7.3.4 ทีเคเอ็น (TKN)

ในน้ำเสียก่อนการบำบัดมีค่าความสัมพันธ์ของสารอาหารในรูปบีโอดีต่อไนโตรเจนเป็น 36 ต่อ 1 หรือ 100 ต่อ 3 แต่ในการบำบัดน้ำเสียโดยการใช้อากาศมีค่านี้เป็น 100 ต่อ 10

ดังนั้น หากเลือกระบบบำบัดแบบไร้อากาศและแบบมีอากาศอย่างเหมาะสมก็จะกำจัดไนโตรเจนเกือบทั้งหมดในน้ำเสียออกไปอยู่ในรูปของมวลชีวภาพได้และที่เหลือก็จะถูกออกซิไดซ์ เมื่อระบบบำบัดมีความจุของบ่อเติมอากาศและบ่อพักเพียงพอ การที่น้ำทิ้งมีค่าไนโตรเจนสูงเนื่องมาจากไนโตรเจนของมวลชีวภาพ (ประมาณร้อยละ 30) รวมอยู่ในของแข็งแขวนลอย ทำให้ค่าทีเคเอ็นในทางทฤษฎีของน้ำทิ้งไม่ควรมากกว่า 15 มิลลิกรัม/ลิตร แต่เนื่องจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเลือกค่าทีเคเอ็นที่มีโอกาสที่จะยอมรับ 80% จากข้อมูลผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานฆ่าสัตว์ในตารางที่ 7-3 มีค่าเท่ากับ 76.3 มิลลิกรัม/ลิตร

**ดังนั้น จึงกำหนดให้ค่าทีเคเอ็นในน้ำทิ้งเป็น ≯100 มิลลิกรัม/ลิตร**

### 7.3.5 ไขมันและน้ำมัน (Grease and Oil)

การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบบำบัดทางชีวภาพที่ดีหรือปกติ ไขมันและน้ำมันในน้ำทิ้งสุดท้ายไม่ได้มาจากไขมันและน้ำมันของสัตว์ที่ออกจากกระบวนการผลิต แต่มีสาเหตุมาจากสารประกอบประเภทไขมันและน้ำมันของมวลชีวภาพซึ่งเป็นของแข็งแขวนลอยที่เกิดขึ้นในระหว่างการบำบัดโดยมวลชีวภาพมีสารประกอบประเภทนี้อยู่ร้อยละ 10

ค่าไขมันและน้ำมันประมาณ 0.1[SS] = 5 มิลลิกรัม/ลิตร

**ดังนั้น จึงกำหนดให้ไขมันและน้ำมันในน้ำทิ้งเป็น ≯5 มิลลิกรัม/ลิตร**

(ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเลือกค่าไขมันและน้ำมันมีโอกาสที่จะยอมรับ 80% จากข้อมูลผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานฆ่าสัตว์ในตารางที่ 7-3 มีค่าเท่ากับ 0.84 มิลลิกรัม/ลิตร)

**ตารางที่ 7-3** ข้อมูลลักษณะสมบัติของน้ำเสียและน้ำทิ้งจากโรงงานฆ่าสัตว์

| ประเภทโรงงาน | $BOD_5$ (mg/l) | | COD (mg/l) | | SS (mg/l) | | COD/BOD5 | | TKN (mg/l) | | G&O (mg/l) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | In | Out | In | Out | In | Out | In | Out | In | Out | In | Out |
| ฆ่าสัตว์ปีก | 556 | 5.2 | 889 | 65 | 504 | 21 | 1.6 | 12.5 | 1240 | 14 | 205 | <0.1 |
| | 420 | 11 | 885 | 36 | 500 | 16 | 2.11 | 3.27 | 95.48 | 31.9 | 71 | <0.1 |
| | 792 | 10.8 | 1,750 | 33 | 504 | 8 | 2.21 | 3.06 | 97.4 | 9.6 | 284.8 | <0.1 |
| | 559 | 4.1 | 968 | 42 | 414 | 48 | 1.73 | 10.24 | 87.6 | 3.4 | 132.4 | <0.1 |
| | 927 | 21.2 | 1,713 | 267 | 730 | 37 | 1.85 | 12.6 | 133.6 | 53.1 | 224.7 | 1.6 |
| | - | 7.7 | - | 43 | - | 30 | - | - | - | 2.5 | - | <0.1 |
| | - | 49.4 | - | 145 | - | 45 | - | - | - | 26.9 | - | 1.6 |
| | - | 18.7 | - | - | - | 93 | - | - | - | 64.1 | - | - |
| | 599 | - | 1,078 | - | 197 | - | - | - | - | - | - | - |
| | 615 | 16.2 | 1,040 | 80 | 1,082 | 32 | 1.69 | 4.94 | - | - | - | - |
| | 800 | 15 | 1,200 | 50 | 400 | 25 | 1.5 | 3.33 | - | - | - | - |
| | 901 | 20 | 1,434 | 126 | 1,014 | 34 | 1.59 | 6.3 | - | - | - | - |
| | 548 | 19.6 | - | - | 80 | 31 | - | - | - | - | - | - |
| | 800 | 20 | - | - | 600 | 50 | - | - | - | - | - | - |
| | - | 6 | - | - | - | 15 | - | - | - | - | - | - |
| ฆ่าสุกร | 1,167 | 39 | 1,576 | 121 | 662 | 71 | 1.35 | 3.1 | 192 | 148 | 110 | <0.1 |
| | 2,500 | 100 | 3,475 | - | 700 | 45 | 1.39 | 3.48 | 520 | 140 | 20 | 2 |
| ฆ่าโค | 2,950 | 9 | 7,080 | 61 | 660 | 23 | 2.4 | 6.78 | 588 | 14 | 14 | nil |
| ฆ่าทั้งสุกรและโค | 1,139 | 43 | 1,976 | 85 | 668 | 68 | 1.73 | 1.98 | 192 | 150 | 10 | nil |
| | 1,168 | 16 | - | - | 565 | 26 | - | - | - | - | - | - |
| **ค่าเฉลี่ย** | **1,027.60** | **22.7** | **1,928** | **88.77** | **580** | **37.8** | **1.76** | **5.96** | **225.56** | **54.8** | **119.1** | **0.54** |
| **SD.** | **706.89** | **22.58** | **1,695.94** | **64.85** | **254.73** | **21.42** | **0.33** | **3.81** | **190.87** | **58.11** | **100.83** | **0.77** |
| **ค่าที่มีโอกาสยอมรับ 80%** | **1,230** | **29** | **2,412** | **111.82** | **653** | **44** | **1.86** | **7.06** | **307.1** | **76.3** | **200.64** | **0.84** |