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 คู่มือแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงงานฆ่าสัตว์ที่จัดทำขึ้นจึงได้แยกเล่มสำหรับแต่ละประเภทโรงงาน ดังนี้

- คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงงานฆ่าสัตว์ปีก
- คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงงานฆ่าสุกร
- คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงงานฆ่าโค

ในส่วนของคู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงงานฆ่าสุกรฉบับนี้ จะประกอบด้วยรายละเอียดในหัวข้อต่อไปนี้

1) รายละเอียดของกระบวนการผลิตแต่ละส่วน

2) รายละเอียดของแหล่งกำเนิดน้ำเสียและของเสียต่าง ๆ จากการผลิต

3) รายละเอียดของทางเลือกและวิธีการประหยัดวัตถุดิบ (รวมทั้งน้ำใช้) และการลดปริมาณของเสียในแต่ละส่วนของกระบวนการผลิต

4) รายละเอียดของวิธีการที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานฆ่าสุกร

5) รายละเอียดของทางเลือกสำหรับการใช้ประโยชน์ และ/หรือ การบำบัดของเสียที่เป็นของแข็ง รวมทั้งตะกอนส่วนเกินจากระบบบำบัด

6) รายละเอียดของการควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย

7) เสนอมาตรฐานน้ำทิ้งที่เหมาะสมใช้เฉพาะประเภทโรงงานฆ่าสัตว์ของประเทศไทย

บทที่ 2

อุตสาหกรรมฆ่าสุกรในประเทศไทย

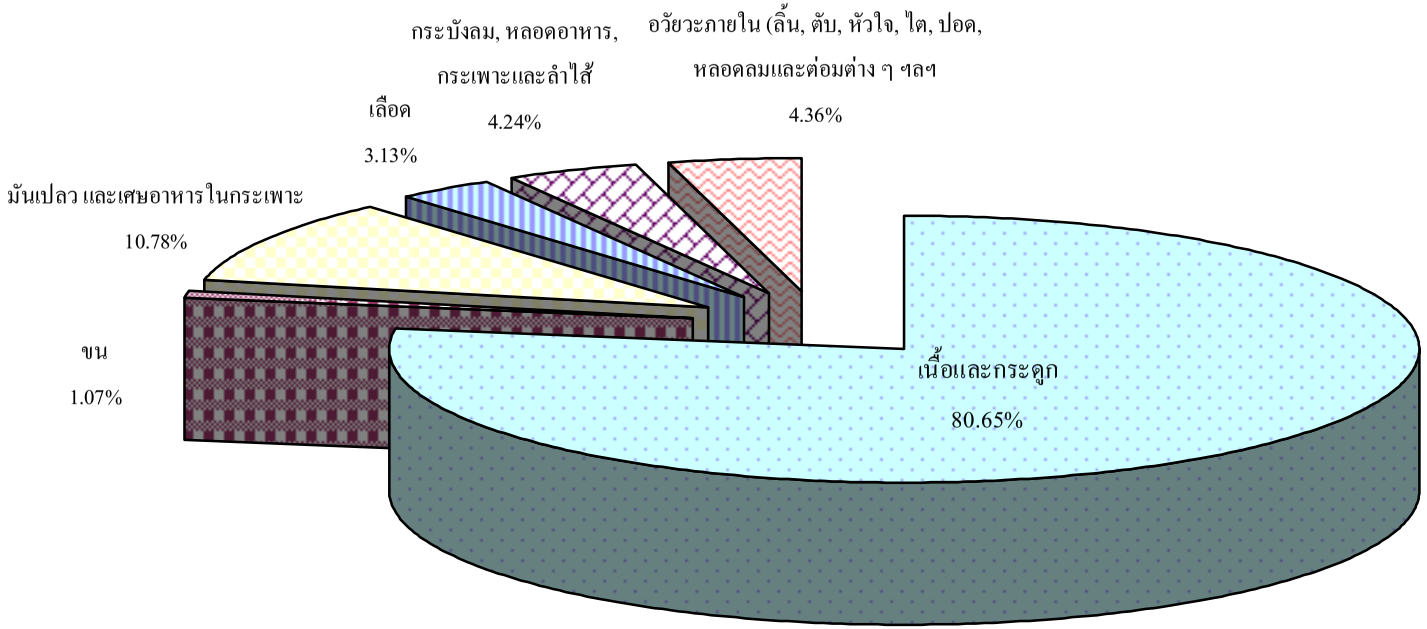
สุกรนับว่าเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่มีความสำคัญชนิดหนึ่ง เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมเลี้ยงสุกรไว้ในไร่นาจำนวนครอบครัวละเล็กละน้อยในลักษณะสุกรออมสิน เพราะสุกรเป็นสัตว์ที่เลี้ยงง่ายและขายได้ง่าย ตลาดมีความต้องการสูง โดยนำไปบริโภคเป็นอาหารสดหรืออาหารแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ ทั้งในลักษณะอาหารพื้นเมือง เช่น แหนม หมูยอ หมูหยอง หมูแผ่น และอาหารสากล เช่น แฮม เบคอน ไส้กรอก เป็นต้น สำหรับส่วนประกอบของสุกรแสดงดังรูปที่ 2-1

การผลิตสุกรส่วนใหญ่จะเป็นการผลิตเพื่อการบริโภคภายในประเทศ มีการส่งสุกรไปต่างประเทศบ้างในปริมาณเล็กน้อยไม่ค่อยสม่ำเสมอ โดยมักส่งออกเมื่อมีการผลิตในปริมาณมากจนล้นตลาด ประกอบกับในปัจจุบันการผลิตสุกรเพื่อการค้ามีความทันสมัยมากขึ้นกว่าการผลิตแบบตามมีตามเกิดของเกษตรกรโดยทั่วไป โดยการผลิตเพื่อการค้าสามารถผลิตสุกรได้อย่างเป็นอุตสาหกรรมสามารถกำหนดจำนวนและคุณภาพของสุกรในระยะเวลาที่ต้องการได้ จนอาจกล่าวได้ว่า อุตสาหกรรมการผลิตสุกรมีความสำคัญและศักยภาพในการผลิตเพื่อการบริโภคภายในประเทศและส่งเป็นสินค้าออกได้สูงไม่แพ้ต่างประเทศ แต่ยังติดปัญหาบางประการที่จะต้องเร่งแก้ไข เช่น โรคระบาดในสุกร วัฏจักรของการผลิตสุกร ต้นทุนการผลิตสูง การขาดแคลนโรงฆ่าสัตว์ที่ได้มาตรฐาน เป็นต้น นอกจากนั้น อุตสาหกรรมการผลิตสุกรยังมีลักษณะเกี่ยวเนื่องกับอุตสาหกรรมอื่นอีกหลายชนิด เช่น อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ อุตสาหกรรมเวชภัณฑ์สัตว์ อุตสาหกรรมอาหารสดและอาหารแปรรูป

2.1 โครงสร้างการผลิตและการตลาด

2.1.1 ภาวะการผลิตในประเทศไทย

สุกรมีชีวิตของไทยในระยะเวลาที่ผ่านมาเพิ่มขึ้นในอัตราไม่มากนัก ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2522-2536 มีอัตราการขยายตัวเฉลี่ยร้อยละ 3.97 ต่อปี และในปี 2539 ผลิตสุกรได้ประมาณ 11.0ล้านตัว (ตารางที่ 2-1) แหล่งที่สามารถผลิตสุกรได้เป็นจำนวนมากแยกเป็นรายภาคได้แก่ ภาคกลางผลิตได้ประมาณร้อยละ 32 ของผลผลิตทั้งประเทศ เลี้ยงมากในจังหวัดนครปฐม ราชบุรี ฉะเชิงเทรา ชลบุรี สุพรรณบุรี ลพบุรี ภาคเหนือผลิตได้ประมาณร้อยละ 26 ของผลผลิตทั้งประเทศ เลี้ยงมากที่จังหวัดเชียงใหม่ นครสวรรค์ ลำพูน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือผลิตได้ประมาณร้อยละ 26 ของผลผลิตทั้งประเทศ เลี้ยงมากที่จังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ อุบลราชธานีธานี อุดรธานี ศรีสะเกษ และร้อยเอ็ด



ที่มา : ปรับปรุงจากฝ่ายสัตวแพทย์สาธารณสุข กรมปศุสัตว์ (สุกรสาส์น ปีที่ 17 ฉบับที่ 75-77, เมษายน 2534)

<u>รูปที่ 2-4</u> ส่วนประกอบโดยเฉลี่ยของสุกร 1 ตัว (น้ำหนัก 100 กิโลกรัม)

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

ตัว : Head

ปีพ.ศ. YEAR	ไก่ CHICKEN	เป็ด DUCK	สุกร SWINE	โค CATTLE	กระบือ 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

ส่วนภาคใต้ผลิตสุกรได้ประมาณร้อยละ 15 ของผลผลิตทั้งประเทศ โดยเลี้ยงมากในจังหวัดนครศรีธรรม-ราช สงขลา สุราษฎร์ธานี และพัทลุง ซึ่งภาคใต้เป็นภาคที่ไม่สามารถผลิตสุกรได้เพียงพอต่อการบริโภค ต้องนำเข้าจากภาคกลางเป็นส่วนใหญ่

2.1.2 ลักษณะการผลิตสุกร

จากการสำรวจของศูนย์สถิติการเกษตรร่วมกับกรมปศุสัตว์ในปี 2536 พบว่ากว่าร้อยละ 90 ของผู้เลี้ยงทั้งหมดเป็นผู้เลี้ยงรายย่อยโดยเลี้ยงสุกรรายละไม่เกิน 10 ตัว ผู้เลี้ยงส่วนที่เหลืออีกประมาณร้อยละ 10 เป็นฟาร์มทางการค้าโดยมีการเลี้ยงสุกรตั้งแต่ 10 ตัวขึ้นไป ลักษณะการผลิตสุกรของผู้เลี้ยงรายย่อยส่วนใหญ่จะทำการผลิตเป็นช่วง ๆ โดยใช้ราคาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ กล่าวคือจะมีการเลี้ยงสุกรมากขึ้นในช่วงที่สุกรมีราคาสูงและจะเลิกเลี้ยงเมื่อราคาสุกรตกต่ำหรือขาดทุน โดยจำนวนสุกรที่ผลิตจากผู้เลี้ยงรายย่อยเหล่านี้มีสัดส่วนประมาณร้อยละ 20 ของจำนวนสุกรที่ผลิตได้ทั้งประเทศเท่านั้นเอง ส่วนผู้เลี้ยงสุกรเพื่อการค้าซึ่งมีการเลี้ยงสุกรตั้งแต่ 10 ตัวขึ้นไปมีจำนวน 3,652 ฟาร์ม ผู้ประกอบการในระดับนี้มักเป็นผู้มีประสบการณ์และความสามารถเพียงพอในการวางแผนการผลิตและการตลาดสุกร จำนวนสุกรที่ผลิตได้จากฟาร์มที่เลี้ยงเป็นการค้านี้ มีสัดส่วนประมาณร้อยละ 80 ของสุกรทั้งหมดที่ผลิตได้ในประเทศ

นอกจากนั้น ยังสามารถจำแนกประเภทฟาร์มเลี้ยงสุกรได้อีกเป็น 3 ลักษณะ คือ

1) การเลี้ยงเพื่อผลิตลูกสุกรขาย ผู้เลี้ยงจะทำการเลี้ยงสุกรพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ เพื่อผลิตลูกสุกรหย่านมให้แก่ผู้เลี้ยงสุกรขุนนำไปเลี้ยงอีกทอดหนึ่งโดยมีรอบระยะเวลาการผลิตคราวละประมาณ 6 เดือน โดยแบ่งเป็นช่วงสุกรอุ้มท้องนาน 114 วัน และช่วงอนุบาลลูกสุกรอีกประมาณ 2 เดือน ซึ่งการผลิตลูกสุกรนั้นมีความยุ่งยากและต้องใช้ทักษะความชำนาญสูง จึงจะได้ลูกสุกรจำนวนมากมีสุขภาพแข็งแรงและมีอัตราการตายต่ำ เกษตรกรโดยทั่วไปจึงไม่นิยมทำฟาร์มประเภทนี้

2) การเลี้ยงสุกรขุนส่งชำแหละ ผู้เลี้ยงซื้อสุกรหย่านมอายุประมาณ 2 เดือน โดยมีน้ำหนักประมาณ 18-20 กิโลกรัมมาเลี้ยงเพื่อขุนให้ได้น้ำหนักประมาณ 100 กิโลกรัม จึงจับส่งขายเพื่อไปชำแหละต่อไป โดยมีรอบระยะเวลาการผลิตคราวละประมาณ 6 เดือน การเลี้ยงสุกรขุนสามารถทำได้ง่ายและมีความสะดวก เกษตรกรจึงมักนิยมทำฟาร์มประเภทนี้เป็นส่วนมาก

3) การเลี้ยงสุกรครบวงจร ผู้ประกอบการมักดำเนินการเป็นฟาร์มขนาดใหญ่โดยเลี้ยงทั้งสุกรพ่อ-แม่พันธุ์เพื่อผลิตลูกสุกรหย่านม เลี้ยงและขุนสุกรจนได้ขนาดเพื่อส่งชำแหละ อย่างเบ็ดเสร็จภายในฟาร์ม ทั้งนี้เพื่อความสะดวกและป้องกันปัญหาโรคระบาดที่ติดมาจากลูกสุกรภายนอก ผู้ประกอบการสามารถทำกำไรได้หลายช่วงการผลิตสามารถกำหนดขนาดการผลิต นอกจากนั้นผู้ประกอบการบางรายยังสามารถแปรรูปเนื้อสุกรเพื่อส่งไปจำหน่ายต่อไปได้อีกด้วย ซึ่งการทำฟาร์มแบบครบวงจรมักจะได้กำไรดีกว่าการทำฟาร์มชนิดอื่น แต่ต้องใช้ความสามารถในการจัดการและเงินทุนเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

สำหรับผู้ประกอบการเลี้ยงสุกรมีทั้งเกษตรกรผู้เลี้ยงเป็นอาชีพอิสระและในรูปบริษัททางการค้า และเกษตรกรรับจ้าง โดยเกษตรกรรับจ้างมักรวมกับบริษัทเอกชนเลี้ยงสุกรแบบมีสัญญาผูกพัน (Contract Farms) ซึ่งอาจมีฐานะเป็นลูกจ้างบริษัทหรือเป็นผู้รับจ้างเลี้ยงก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อสัญญาที่ทำไว้ต่อกัน

2.1.3 ต้นทุนการผลิต

การผลิตลูกสุกรจนถึงระยะหย่านมใช้ต้นทุนประมาณร้อยละ 30 ส่วนอีกประมาณร้อยละ 70 เป็นต้นทุนในการผลิตสุกรขุนจากระยะหย่านมจนถึงได้น้ำหนักส่งตลาด (ประมาณ 100 กิโลกรัม) ซึ่งการผลิตสุกรขุนจะต้องใช้เงินทุนมากกว่าการผลิตลูกสุกรหย่านมถึงกว่า 2 เท่า และยังเป็นระยะที่สำคัญที่มีผลกระทบต่อกำไรและต้นทุนเพราะการเลี้ยงสุกรขุนต้องใช้อาหารมากกว่าการเลี้ยงสุกรในระยะอื่น โดยต้นทุนในการผลิตสุกรขุนอาจจำแนกได้ 2 ลักษณะ คือ ต้นทุนผันแปร และต้นทุนคงที่

1. ต้นทุนผันแปร คือ ต้นทุนที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการเลี้ยงสุกร เช่น ค่าพันธุ์ ค่าอาหาร ค่ายาและค่าวัคซีนสัตว์ เป็นต้น โดยต้นทุนผันแปรในการผลิตสุกรแต่ละตัวในภาวะปกติประมาณว่า ต้นทุนส่วนใหญ่ร้อยละ 60-65 เป็นค่าอาหารสัตว์ รองลงมาร้อยละ 25-31 เป็นค่าพันธุ์หรือค่าลูกสุกรหย่านมที่ซื้อเข้ามาเลี้ยง และค่าจัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์อื่น ๆ เป็นต้น โดยต้นทุนผันแปรนี้มีสัดส่วนประมาณร้อยละ 97 ของต้นทุนการผลิตทั้งหมดของสุกรแต่ละตัว

2. ต้นทุนคงที่ คือ ต้นทุนที่เกิดจากการลงทุนครั้งแรกเพียงครั้งเดียว ได้แก่ ค่าที่ดิน ค่าโรงเรือน ค่าเสียโอกาสและค่าเสื่อมราคา เป็นต้น โดยต้นทุนคงที่ดังกล่าวมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 3 ของต้นทุนการผลิตทั้งหมดของสุกรแต่ละตัว

จากการวิเคราะห์ปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อต้นทุนในการผลิตช่วงระยะเวลา 10 ปี (พ.ศ. 2527-2536) ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรพบว่า ค่าพันธุ์สัตว์จะมีผลกระทบมากกว่าค่าอาหาร โดยค่าพันธุ์สัตว์มีอัตราเพิ่มเฉลี่ยร้อยละ 4.032 ต่อปี และมีความผันผวนด้านราคาสูง ส่วนค่าอาหารสัตว์มีอัตราเพิ่มเฉลี่ยร้อยละ 3.546 ต่อปี โดยมีความผันผวนด้านราคาน้อยกว่าค่าพันธุ์สัตว์ ทั้งนี้แม้ว่าบางช่วงราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิดเพิ่มขึ้นเช่น ถั่วเหลือง ปลาป่น ขณะเดียวกันราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงไม่แน่นอนแล้วแต่ฤดูกาลทำให้การผลิตอาหารสัตว์สามารถใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ตัวอื่น ๆ ที่มีราคาต่ำทดแทนได้ ทำให้ความผันผวนด้านราคาของอาหารสัตว์มีน้อยกว่าด้านพันธุ์

2.1.4 การบริโภคเนื้อสุกร

ในการบริโภคเนื้อสุกร จำนวนการบริโภครวม และบริโภคเฉลี่ยต่อคนของแต่ละประเทศมีปัจจัยหลายอย่างเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น จำนวนประชากร รายได้ ความนิยมบริโภคของประชากร ราคาเนื้อสัตว์ชนิดอื่นที่เป็นสินค้าทดแทนกันได้ เป็นต้น ซึ่งปริมาณการผลิตสุกรได้ในประเทศไม่

สามารถชี้ได้ว่าประเทศนั้นบริโภคสุกรมากหรือน้อยเพียงใด ในปีพ.ศ. 2537 จีนเป็นประเทศที่ผลิตและบริโภคสุกรมากที่สุดแต่บริโภคเฉลี่ยเพียงคนละ 24.8 กิโลกรัมต่อปี เดนมาร์คบริโภคเฉลี่ยคนละ 66.8 กิโลกรัมต่อปีซึ่งมากที่สุดในโลก ออสเตรเลียและสเปนบริโภคมากเป็นอันดับ 2 และ 3 โดยบริโภคเฉลี่ยคนละ 50.7 และ 50.6 กิโลกรัมต่อปี ในทวีปเอเชีย ฮ่องกงและไต้หวันบริโภคเฉลี่ยต่อคนมากที่สุดคนละ 40.5 และ 39.4 กิโลกรัมต่อปี เป็นลำดับที่ 7 และ 8 ส่วนประชากรของไทยคาดว่าบริโภคเฉลี่ยประมาณคนละ 12 กิโลกรัมต่อปี โดยปริมาณการบริโภคเนื้อสุกรภายในประเทศเพิ่มขึ้นในอัตราที่ไม่มากนัก ปีพ.ศ. 2537 มีการบริโภคทั้งสิ้นประมาณ 9.16 ล้านตัว เพิ่มขึ้นร้อยละ 6.88 เมื่อเทียบกับ 8.57 ล้านตัวในปีพ.ศ. 2536 ส่วนในปีพ.ศ. 2538 คาดว่ามีการบริโภคทั้งสิ้นประมาณ 9.43 ล้านตัว เพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 2.95

รูปแบบในการบริโภคสุกร อาจจำแนกได้ 2 รูปแบบ คือ

1. บริโภคในรูปของเนื้อสุกร โดยใช้ทำอาหารสดในแต่ละมื้อ แต่ละวัน
2. บริโภคในรูปของผลิตภัณฑ์แปรรูปทั้งในแบบอาหารพื้นเมือง เช่น แหนม หมูยอ หมูหยอง หมูแผ่น และแบบอาหารสากล เช่น แฮม เบคอน ไส้กรอก เป็นต้น

2.1.5 ลักษณะการตลาด

พ่อค้าที่มีบทบาททางการตลาดสุกรสามารถจำแนกได้ 3 ประเภท คือ

1) พ่อค้าขายส่งสุกรมีชีวิต เป็นพ่อค้าคนกลางที่ทำหน้าที่รวบรวมสุกรมีชีวิตจากผู้เลี้ยงแล้วจำหน่ายให้แก่พ่อค้าระดับอื่นต่อไป

2) พ่อค้าขายส่งสุกรชำแหละ เป็นคนกลางรับซื้อสุกรมีชีวิตจากพ่อค้าขายส่งสุกรมีชีวิตหรืออาจหาซื้อสุกรมีชีวิตเอง จากนั้นนำสุกรมีชีวิตมาทำการฆ่าชำแหละแล้วขายซากชำแหละส่งให้แก่พ่อค้าขายปลีกเนื้อสุกรหรือพ่อค้าเขียงอีกทีหนึ่ง การขายส่งซากสุกรชำแหละอาจจำหน่ายในรูปของซากสุกรผ่าซีก หรือจำหน่ายของส่งแยกเป็นชิ้นส่วนตามความต้องการของลูกค้า

3) พ่อค้าขายปลีกเนื้อสุกรชำแหละหรือพ่อค้าเขียง เป็นพ่อค้าซึ่งนำซากสุกรชำแหละมาทำการขายปลีกให้แก่ผู้บริโภครายย่อย พ่อค้าขายปลีกเนื้อสุกรชำแหละตามท้องถิ่นอำเภอหรือจังหวัดเล็ก ๆ ส่วนมากจะซื้อสุกรจากผู้เลี้ยงรายย่อยตามท้องถิ่นฆ่าขายเอง แต่ในจังหวัดใหญ่ ๆ และในกรุงเทพฯ ส่วนมากจะรับซื้อซากสุกรชำแหละมาขายปลีก หรือบางรายเป็นทั้งผู้ขายส่งซากสุกรและขายปลีกเนื้อสุกรชำแหละเองด้วย

เป็นที่น่าสังเกตว่า พ่อค้าขายส่งซากสุกรชำแหละและพ่อค้าขายปลีกเนื้อสุกรชำแหละส่วนมากทำการฆ่าสุกรในโรงฆ่าสัตว์ของเทศบาลหรือสุขาภิบาล แต่มีจำนวนไม่น้อยที่ทำการฆ่าชำแหละภายในบริเวณบ้านของตนเองหรือสถานที่ที่ไม่ใช่โรงฆ่าสัตว์ ซึ่งไม่ถูกสุขลักษณะ ทำให้เนื้อสุกรจาก

ประเทศไทยยังไม่เป็นที่ยอมรับจากบางประเทศและเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้การส่งออกเนื้อสุกรไปต่างประเทศมีจำนวนไม่มาก

2.1.6 การส่งออก

ในอดีตที่ผ่านมาการส่งออกสุกรของไทยมีปริมาณไม่ค่อยแน่นอน บางปีส่งออกมาก บางปีส่งออกน้อย ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณและราคาสุกรภายในประเทศเป็นปัจจัยสำคัญ เมื่อใดที่สุกรล้นตลาดโดยปริมาณสุกรมีมาก ราคาสุกรตกต่ำ การส่งออกจะมีปริมาณที่มาก ปีใดสุกรมีน้อยราคาสุกรสูง การส่งออกจะมีน้อยตามไปด้วย แต่เมื่อเทียบกับปริมาณการผลิตและการบริโภคภายในประเทศแล้วพบว่าในแต่ละปีการส่งออกสุกรได้จำนวนน้อยไม่ถึงร้อยละ 0.1 ของสุกรที่ผลิตได้ การส่งออกสุกรในรูปเนื้อสุกรแช่เย็นแช่แข็งและผลิตภัณฑ์สุกร ตลาดส่วนใหญ่จะอยู่ในแถบเอเชีย ได้แก่ ฮ่องกง สิงคโปร์ ญี่ปุ่น คูเวต และศรีลังกา โดยในปี พ.ศ. 2537 ส่งออกเนื้อสุกรแช่เย็นแช่แข็งรวม 205 ตัน คิดเป็นมูลค่า 11.5 ล้านบาท โดยมีฮ่องกงเป็นตลาดหลักคิดเป็นร้อยละ 96.47 ของปริมาณส่งออกเนื้อสุกรแช่เย็นแช่แข็งทั้งหมด ส่วนตลาดญี่ปุ่นเพียงร้อยละ 0.68 ของปริมาณส่งออกเนื้อสุกรแช่เย็นแช่แข็งทั้งหมดของไทยเท่านั้น นอกจากนั้นในปี พ.ศ. 2537 ไทยส่งออกผลิตภัณฑ์จากสุกรรวมทั้งสิ้น 665.2 ตัน มูลค่า 92.8 ล้านบาท โดยมีตลาดหลักคือ ญี่ปุ่นและฮ่องกง มีปริมาณส่งออก 557.3 และ 96.06 ตัน และมีมูลค่าการส่งออก 70.3 และ 20.6 ล้านบาท ตามลำดับ ทั้งนี้การส่งออกสุกรทุกประเภทดังที่กล่าวมาแล้วไม่เสียภาษี ผู้ส่งออกสามารถส่งออกได้อย่างเสรีโดยมีหนังสือรับรองสุขภาพจากกรมปศุสัตว์ประกอบการตรวจปล่อยของกรมศุลกากร

2.1.7 แนวโน้มการผลิตและการส่งออก

จากการวิเคราะห์ของธนาคารกรุงศรีอยุธยา ในปีพ.ศ. 2537 พบว่าปริมาณการผลิตสุกรขึ้นอยู่กับราคาสุกรมีชีวิตและต้นทุนการผลิตสุกรขุน ส่วนความต้องการบริโภคสุกรขึ้นอยู่กับราคาขายปลีกเนื้อสุกร รายได้เฉลี่ยต่อคนและราคาขายปลีกเนื้อโคซึ่งเป็นสินค้าทดแทน โดยคาดว่าในปี พ.ศ. 2538 จะมีปริมาณการผลิตสุกรระหว่างปีประมาณ 9.52 ล้านตัว และความต้องการบริโภคสุกรประมาณ 9.43 ล้านตัว ส่วนในปี พ.ศ. 2544 คาดว่าจะมีการผลิตสุกรประมาณเพิ่มขึ้นเป็น 11.28 ล้านตัว และความต้องการบริโภคสุกรประมาณ 11.17 ล้านตัว โดยปริมาณการผลิตสุกรมีอัตราเพิ่มเฉลี่ยร้อยละ 2.87 ต่อปี ซึ่งตัวเลขการคาดคะเนปริมาณการผลิตและการบริโภคที่ใกล้เคียงกันนี้ แสดงให้เห็นว่าสุกรที่ผลิตได้ส่วนใหญ่ยังใช้เพื่อการบริโภคภายในประเทศ มีส่วนเหลือสามารถส่งออกได้เพียงเล็กน้อย แต่ทั้งนี้จะต้องดูแลเรื่องพันธุ์ การผลิตลูกสุกรหย่านม ภาวะอาหารสัตว์ การผลิตวัคซีนป้องกันและรักษาโรคของสุกรอย่างทั่วถึงจึงจะสามารถผลิตได้ตามเป้าหมาย

ในส่วนของแนวโน้มการส่งออกนั้น ธนาคารกรุงศรีอยุธยาระบุว่าโดยทั่วไปไม่ค่อยแจ่มใสนัก ทั้งนี้เนื่องมาจากปัญหาเกี่ยวกับโรคระบาดของสุกร และกระบวนการฆ่าชำแหละของไทยส่วนใหญ่ยังไม่ได้มาตรฐานเทียบเท่าต่างประเทศ จึงทำให้เนื้อสุกรจากประเทศไทยยังไม่เป็นที่ยอมรับ และไม่สามารถแข่งขันกับต่างประเทศได้เท่าที่ควร แต่อย่างไรก็ตามการส่งออกผลิตภัณฑ์สุกรของไทยก็ยังพอมีลู่ทางในบางตลาด เช่น ญี่ปุ่น ฮ่องกง สิงคโปร์ และประเทศในแถบอินโดจีน เช่น ลาว เวียดนาม และกัมพูชา

เนื่องจากในปัจจุบันการผลิตสุกรเพื่อการค้าได้ดำเนินก้าวหน้ามาโดยลำดับ สามารถกำหนดจำนวนและคุณภาพของสุกรในระยะเวลาที่ต้องการได้ การผลิตสุกรในลักษณะอุตสาหกรรมเช่นนี้มีความสำคัญและศักยภาพเพื่อการบริโภคและการส่งออกสูง ปัญหาและอุปสรรคบางประการที่จำเป็นต้องเร่งแก้ไข ได้แก่

1. ปัญหาโรคระบาดในสุกร เป็นปัญหาที่ผู้เลี้ยงต้องเผชิญเกือบทุกปี โรคระบาดของสุกรที่สำคัญ ได้แก่ โรคปากและเท้าเปื่อย โรคอหิวาต์และโรคพิษสุนัขบ้าเทียม โดยเฉพาะโรคปากและเท้าเปื่อยเป็นโรคที่เป็นอุปสรรคต่อการส่งออกเนื้อสุกรไปต่างประเทศเป็นอย่างมาก

2. ปัญหาวัฏจักรสุกร เป็นปัญหาที่เกิดจากเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรมองราคาเฉพาะหน้าเป็นตัวกำหนดในการตัดสินใจเพิ่มหรือลดปริมาณการผลิตสุกร ทำให้ไม่สามารถวางแผนการผลิตให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดได้ สุกรจึงออกสู่ตลาดจนไม่สม่ำเสมอทำให้ราคาสุกรขึ้นลงไม่แน่นอน สร้างความเสียหายให้แก่เกษตรกรและผู้บริโภคเสมอมา นอกจากนี้ปัญหาวัฏจักรสุกรยังมีผลกระทบทำให้ราคาอาหารสัตว์ไม่สอดคล้องกับปริมาณการผลิตสุกรได้นั่นเอง หากคราวใดมีการผลิตสุกรจำนวนมาก ทำให้มีความต้องการอาหารสัตว์สูงแต่ปริมาณอาหารสัตว์ผลิตเท่าเดิม ทำให้ราคาอาหารสัตว์จะมีราคาสูงตามไปด้วย ผู้บริโภคจะบริโภคเนื้อสุกรราคาแพงและเกษตรกรผู้ผลิตมักจะขาดทุน

3. ปัญหาต้นทุนการผลิตสูง นอกจากปัญหาวัฏจักรสุกรที่มีผลทำให้อาหารสัตว์สูงแล้วราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์โดยทั่วไปยังมีแนวโน้มสูงขึ้น ส่งผลกระทบโดยตรงต่อผู้เลี้ยงสุกร โดยเฉพาะวัตถุดิบอาหารสัตว์จำพวกข้าวโพด กากถั่วเหลือง และปลาป่น ซึ่งไทยไม่สามารถผลิตได้อย่างเพียงพอต้องมีการนำเข้า ประกอบกับนโยบายปกป้องเกษตรผู้ผลิตวัตถุดิบอาหารสัตว์ภายในประเทศ ทำให้การนำเข้าถูกเก็บภาษีรวมกัน ค่าเซอร์ชาร์จมีผลทำให้วัตถุดิบอาหารสัตว์ดังกล่าวมีราคาแพงกว่าความเป็นจริงมาก ทั้งนี้ต้นทุนการผลิตสูงในลักษณะนี้จึงมีผลทำให้สุกรจากไทยไม่สามารถแข่งขันกับสุกรต่างประเทศซึ่งมีต้นทุนอาหารสัตว์ถูกกว่าได้

4. ปัญหาการขาดแคลนโรงชำแหละสุกรที่ได้มาตรฐาน ปัจจุบันไทยมีโรง-ชำแหละ ที่ทันสมัยและได้มาตรฐานเพียงไม่กี่แห่ง โรงชำแหละของรัฐกว่า 700 แห่งทั่วประเทศ เป็นโรงชำแหละที่ล้าสมัย ประกอบกับมีโรงฆ่าสัตว์เถื่อนทั่วประเทศอีกเป็นจำนวนมาก ทำให้ตลาดต่างประเทศไม่ค่อยยอมรับเนื้อสุกรจากไทย ด้วยอ้างเหตุผลว่าขาดการชำแหละที่ถูกสุขอนามัย

5. ปัญหาสารตกค้างในเนื้อสุกร ได้แก่ สารแคลนบลูเทอรอล และสารเลนตอลที่เกษตรกรได้นิยมนำมาใช้กับสุกร ทำให้เนื้อสุกรแดง กระตุ้นให้สุกรมีอัตราการแลกเปลี่ยนเนื้อสูงขึ้น เพื่อให้ขายสุกรได้ราคา แต่สารดังกล่าวนับเป็นอันตรายต่อสุขภาพผู้บริโภคมาก จากการตรวจพบสารดังกล่าวในเนื้อสุกรทำให้ต่างประเทศสั่งซื้อสุกรจากไทยน้อยลง

2.2 โรงงานฆ่าสุกร

จากข้อมูลของกรมปศุสัตว์ในปี พ.ศ. 2539 ประเทศไทยมีโรงฆ่าสัตว์ประเภทสุกร 667 แห่ง ในขณะที่มีโรงงานฆ่าสุกรที่ขึ้นทะเบียนกรมโรงงานอุตสาหกรรมเพียง 9 แห่ง ซึ่งในจำนวนโรงงานฆ่าสุกรที่ขึ้นทะเบียนกับกรมโรงงานอุตสาหกรรมทั้งหมดนั้นเป็นโรงงานของเอกชน 3 แห่ง ส่วนอีก 6 แห่งเป็นโรงฆ่าสัตว์ของหน่วยราชการส่วนท้องถิ่นซึ่งจะฆ่าทั้งสุกร และโค รวมถึงกระบือด้วยในบางครั้ง

2.3 มลภาวะจากโรงงานฆ่าสุกร

โดยทั่วไปน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์จะมีความสกปรกทั้งในรูปของไขมัน น้ำมันและสารอินทรีย์ปนเปื้อนอยู่ในปริมาณสูง ถ้าหากมีการระบายน้ำเสียที่ยังมิได้ทำการบำบัดความสกปรกเหล่านี้ก่อนลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะโดยตรง ก็จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำและประชาชนที่ใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำนั้น ๆ อย่างมาก หรือหากโรงงานมีการบำบัดน้ำเสียที่ไม่เหมาะสม ก็ยังจะทำให้เกิดกลิ่นเหม็นจากระบบบำบัดส่งผลกระทบต่อชุมชนข้างเคียง ขณะเดียวกันปัญหากลิ่นเหม็นอีกส่วนหนึ่ง มักเกิดจากการตกค้างของของเสียที่เป็นของแข็ง เช่น ขน เศษหนัง และเศษกระดูก เป็นต้น หรือมีการกำจัดอย่างไม่ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล

จากจำนวนโรงฆ่าสุกรทั่วประเทศประมาณ 667 แห่งนั้น มากกว่าร้อยละ 95 เป็นโรงงานที่มีขนาดเล็กที่ยังขาดการจัดการด้านของเสียและน้ำเสียอย่างถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล โรงฆ่าสัตว์เหล่านี้จึงมักก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ผลการสำรวจโรงงานฆ่าสุกรที่ขึ้นทะเบียนกับกรมโรงงานอุตสาหกรรมจำนวน 3 โรงงาน พบว่า โรงงานทั้งหมดดำเนินกิจการฆ่าสุกร มีกำลังการผลิตระหว่าง 300-400 ตัว/วัน ของเสียที่เกิดขึ้นในโรงงานมีทั้งของเสียที่เป็นของแข็ง เช่น มูลสุกร เศษเล็บ เศษอาหารในกระเพาะ ขน และเศษหนัง และของเสียที่เป็นของเหลว ซึ่งเป็นน้ำเสียจากกระบวนการผลิตทั้งหมด ตั้งแต่ขั้นตอนการรับและฆ่า การลวกและถอนขน การแยกเครื่องในและการตัดแต่ง รวมทั้งน้ำทิ้งจากการล้างพื้นโรงงานอันเป็นขั้นตอนที่กำเนิดน้ำเสียมากที่สุด โดยเฉลี่ยการฆ่าสุกรกำเนิดน้ำเสียระหว่าง 300-500 ลิตร/ตัว

ในส่วนของการจัดการของเสียที่เป็นของแข็ง ทางโรงงานยังคงมีปัญหาด้านการกำจัดขนและเล็บสุกร ซึ่งปัจจุบันไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆ ได้ ในด้านการจัดการน้ำเสียจะใช้วิธีบำบัดที่ประกอบด้วยการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นก่อน โดยใช้ตะแกรงกรองแล้วจึงติดตามด้วยการบำบัดน้ำเสียขั้น-ทุติยภูมิ ส่วนใหญ่จะเป็นระบบบ่อหมักติดตามด้วยบ่อเติมอากาศและบ่อผึ่ง สำหรับการจัดการน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว โรงงานส่วนใหญ่จะนำกลับมารดน้ำต้นไม้ภายในโรงงาน

บทที่ 3

กระบวนการผลิต แหล่งของวัสดุเศษเหลือและสมดุลย์มวลสาร

3.1 กระบวนการผลิต

เมื่อพิจารณากระบวนการผลิตของโรงงานฆ่าสุกรทั้งหมด พบว่า แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

ประเภทที่ 1 : เป็นกระบวนการฆ่าสุกรที่มีกระบวนการชำแหละและตัดแต่งร่วมด้วย โดยจะเรียกว่าเป็นแบบมาตรฐาน (เป็นกระบวนการผลิตของโรงงานขนาดใหญ่และกลาง)

ประเภทที่ 2 : เป็นกระบวนการฆ่าและชำแหละสุกรแต่ไม่ตัดแต่ง (เป็นกระบวนการผลิตของโรงงานขนาดเล็กซึ่งส่วนใหญ่เป็นโรงงานของหน่วยราชการส่วนท้องถิ่นและจะฆ่าทั้งสุกรและโค รวมทั้งกระบือด้วยในบางครั้ง)

ดังนั้น ในบทนี้จะกล่าวถึงกระบวนการฆ่าสุกรเป็น 2 ประเภท คือ กระบวนการฆ่าและชำแหละสุกรแบบมาตรฐาน และกระบวนการฆ่าสุกรของโรงงานขนาดเล็ก โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.1.1 <u>กระบวนการฆ่าและชำแหละสุกรแบบมาตรฐาน</u>

3.1.1.1 <u>การรับสุกร</u>

โดยทั่วไปสุกรที่จะส่งไปฆ่าจะมีน้ำหนักตั้งแต่ 90-130 กิโลกรัม อายุ 20-30 สัปดาห์ การขนส่งสุกรมักใส่ในกระชุซึ่งอาจทำจากหวายหรือเหล็กและขนส่งทางรถยนต์ หรืออาจใช้รถเข็นในกรณีฟาร์มหรือแหล่งที่เลี้ยงสุกรอยู่ใกล้โรงฆ่าสัตว์ ในขณะขนส่งสัตว์มักจะเกิดความเครียดที่เกิดจากการถูกไล่ต้อนจับ อากาศที่ร้อน การอดอาหารและน้ำขณะขนส่ง ดังนั้น โรงฆ่าสัตว์จะต้องมีคอกพักสัตว์ก่อนทำการฆ่าอย่างน้อย 24 ชั่วโมง เพื่อให้เลือดสุกรออกได้เร็วเมื่อแทงคอและอาหารตกค้างในกระเพาะน้อย และในระหว่างนี้สุกรจะต้องงดอาหารแต่ให้ดื่มกินน้ำ พร้อมทั้งสัตวแพทย์จะได้ตรวจสุกรก่อนที่จะนำไปฆ่า ถ้าหากสุกรอยู่ในสภาพไม่สมบูรณ์พอก็จะทำการรักษาเสียก่อน หรือกรณีเป็นโรคระบาด และมีโรคติดต่อก็จะทำลายเสีย ส่วนสุกรที่สุขภาพสมบูรณ์ก็จะส่งต่อไปยังขั้นตอนการฆ่าต่อไป

กระบวนการรับสุกร ประกอบด้วย

น้ำใช้ปริมาณ 0.5 ลูกบาศก์เมตร/ตันสุกร

วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง : มูลสุกร 15.0 กิโลกรัม/ตันสุกร

วัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลว : น้ำเสียจากการฉีดล้างสุกร 0.5 ลูกบาศก์เมตร/ตันสุกร

3.1.1.2 <u>การทำให้สุกรหมดความรู้สึก การฆ่าและการรวบรวมเลือด</u>

ตามมาตรฐานสากลวิธีการทำให้สลบก่อนการฆ่ามี 3 วิธี คือ การใช้ปืนยิง (Captive Bolt) การใช้วิธีช็อคด้วยไฟฟ้า (Electrical Stunning) และการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide Immobilization)

สำหรับโรงงานฆ่าสุกรในประเทศไทยนิยมใช้วิธีการช็อคด้วยไฟฟ้า สุกรจะสลบได้เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าสมองถึงระดับหนึ่ง และจะมีผลทำให้กล้ามเนื้อหดตัวอย่างแรงด้วย โดยทั่วไปแรงดันไฟฟ้าของเครื่องช็อคสุกรที่นิยมใช้กันคือ 290-300 โวลต์ ซึ่งจะทำให้สุกรสลบได้ภายใน 2-3 วินาที ดังนั้น เมื่อสุกรสลบแล้วจึงต้องรีบแทงคอเพื่อเอาเลือดออกโดยเร็วที่สุด การแทงคอในตำแหน่งที่จะทำให้สุกรตายโดยเร็วและเลือดออกจากตัวได้มากที่สุด คือ การแทงมีดเข้าไปตัดเส้นโลหิตดำและแดงที่ขั้วหัวใจพอดี เมื่อแทงคอแล้วจะนำเลือดออกจากตัวสุกรทันทีโดยใช้ท่อสายยางนำเลือดออกจากแผลที่คอบรรจุลงภาชนะที่บรรจุเกลือไว้เพื่อป้องกันการแข็งตัวของเลือด หรืออาจทิ้งระยะไว้หลังแทงคอเพื่อให้เลือดหมูไหลลงสู่ภาชนะโดยตรง สำหรับเลือดที่รวบรวมไว้จะส่งขายต่อไป

กระบวนการทำให้สลบ การฆ่า และการรวบรวมเลือด ประกอบด้วย

เลือด ประมาณ 30 กิโลกรัม/ตันสุกร

3.1.1.3 <u>การลวกและถอนขน</u>

ซากสุกรที่นำเลือดออกแล้วจะถูกแขวนไว้บนราว โดยใช้ตะขอเกี่ยวขาหลังทั้งสองข้างตรงบริเวณเอ็นร้อยหวาย และราวที่แขวนสุกรนี้จะถูกนำไปยังถังลวกซากซึ่งภายในบรรจุน้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 53.3-62.8°ซ องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 2-3 นาที การลวกซากจะทำให้การกำจัดขนง่ายขึ้น จากนั้นซากสุกรจะถูกนำเข้าสู่เครื่องขูดขน ซากสุกรที่ถูกขูดขนแล้วจะถูกขัดทำความสะอาดผิวด้วยเครื่องจักรอีกครั้งหนึ่ง ก่อนจะส่งเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

สำหรับขั้นตอนการลวกและถอนขน ประกอบด้วย

น้ำร้อนอุณหภูมิ 53.3-62.8°ซ ปริมาณ 0.02 ลูกบาศก์เมตร/ตันสุกร

วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง : ขนสุกร 4 กิโลกรัม/ตันสุกร
เล็บสุกร 0.25 กิโลกรัม/ตันสุกร
เศษหนัง 5 กิโลกรัม/ตันสุกร

วัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลว : น้ำเสียจากการลวกและถอนขน 0.02 ลูกบาศก์เมตร/ตันสุกร

3.1.1.4 <u>การชำแหละ</u>

สุกรที่ผ่านการถอนขนและขัดทำความสะอาดแล้วจะถูกนำเข้าสู่ห้องชำแหละ ซึ่งเริ่มจากการผ่าเอาเครื่องในและไส้ออก แต่ละส่วนจะถูกแยกออกจากกันนำมาทำความสะอาดและรวบรวมใส่ภาชนะเพื่อเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสก่อนส่งจำหน่าย หลังจากซาก

สุกรถูกแยกเอาเครื่องในออกแล้ว จะเป็นการผ่าซากสุกรตามความยาวซากด้วยเลื่อยไฟฟ้าและทำความสะอาดสุกรผ่าซีก ในขั้นตอนนี้จะทำการตรวจเช็คซากและคัดออกโดยสัตวแพทย์ ซากสุกรที่มีคุณภาพดีไม่เป็นโรคจะถูกส่งเข้าสู่กระบวนการต่อไป คือ ตัดแยกส่วนหัวออก ชั่งน้ำหนักสุกรผ่าซีก และนำเข้าสู่ห้องเย็นที่มีอุณหภูมิ 2-3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อลดอุณหภูมิซาก แล้วจึงนำมาตัดแต่งแยกเนื้อส่วนต่าง ๆ บรรจุลงภาชนะและเก็บเข้าห้องแช่เข็งอุณหภูมิ -24 ถึง -40 องศาเซลเซียส เพื่อรอจำหน่ายต่อไป

ขั้นตอนการชำแหละ ประกอบด้วย

น้ำที่มี residual chlorine 5.0 ppm ปริมาณ 1.0 ลูกบาศก์เมตร/ตันสุกร

น้ำใช้ ปริมาณ 1.0 ลูกบาศก์เมตร/ตันสุกร

วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง : เครื่องในและอวัยวะต่าง ๆ140 กิโลกรัม/ตันสุกร
เศษอาหารในกระเพาะ 45 กิโลกรัม/ตันสุกร
กะบังลม ต่อมต่าง ๆ และเศษเลือด
10 กิโลกรัม/ตันสุกร

วัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลว : น้ำเสียจากการล้างเครื่องใน
1.0 ลูกบาศก์เมตร/ตันสุกร
: น้ำเสียจากการล้างสุกรผ่าซีก
1.0 ลูกบาศก์เมตร/ตันสุกร

3.1.1.5 <u>บทสรุปของการทำสมดุลย์มวลสาร</u>

แผนผังแสดงกรรมวิธีการฆ่าและชำแหละสุกรแบบมาตรฐานและข้อมูลสมดุลย์มวลสารประเภทของแข็ง แสดงดังรูปที่ 3-1 และตารางที่ 3-1

3.1.2 <u>กระบวนการฆ่าสุกรของโรงงานขนาดเล็ก</u>

โรงงานฆ่าสุกรขนาดเล็กในประเทศไทย จะอยู่ในรูปของโรงฆ่าสัตว์สุขาภิบาลและโรงฆ่าสัตว์ของเทศบาล ซึ่งโรงฆ่าสัตว์เหล่านี้จะฆ่าทั้งสุกรและโค (บางแห่งจะฆ่ากระบือด้วย) โดยมีกำลังการผลิตตั้งแต่ 5 ตัว/วัน จนถึง 200 ตัว/วัน ทั้งนี้จะใช้แรงงานคนเป็นส่วนใหญ่และสัตว์จะอยู่บนพื้นตลอดเวลาในขณะฆ่า การดำเนินกิจการโรงฆ่าสัตว์เหล่านี้ สุขาภิบาลและเทศบาลจะเป็นเพียงผู้รับจ้างจากพ่อค้าคนกลางในการฆ่าเท่านั้น ส่วนการชำแหละนั้นพ่อค้าคนกลางจะเป็นผู้ดำเนินการเอง

สำหรับสุกรที่จะถูกนำมาฆ่ามักถูกขนส่งมาทางรถยนต์ และจะนำเข้าสู่คอกพักก่อนทำการฆ่าอย่างน้อย 6 ชั่วโมง วิธีการฆ่าสุกรในโรงงานประเภทนี้จะใช้มีดแทงคอสุกรทันที โดยไม่ทำให้สุกรสลบก่อน แผลที่คอจะเป็นแผลใหญ่เพื่อให้เลือดออกจากตัวได้มากที่สุด เลือดสุกรจะถูกรวบรวมลงสู่ภาชนะได้เพียงบางส่วน ในขณะที่อีกส่วนหนึ่งจะตกลงสู่พื้น เมื่อเลือดไหลออกจากตัวสุกรจนหมดแล้ว

จะนำซากสุกรขึ้นสู่กะทะใบบัวที่มีน้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 60 - 70 องศาเซลเซียส และอาจสูงถึง 80 องศาเซลเซียส เพื่อลวกซากโดยใช้เวลา 2-3 นาที ขั้นต่อไป ซากสุกรจะถูกนำมากำจัดขนออกโดยใช้การใช้มีดขูดออก ซากสุกรที่กำจัดขนแล้วจะถูกตัดหัวและเอาอวัยวะภายในออกนำมาล้างให้สะอาด ส่วนซากสุกรจะใช้เลื่อยผ่าครึ่งตามความยาวของซากแบ่งเป็น 2 ส่วนด้านซ้ายเท่ากับด้านขวา ล้างทำความสะอาดแล้วส่งจำหน่ายต่อไป

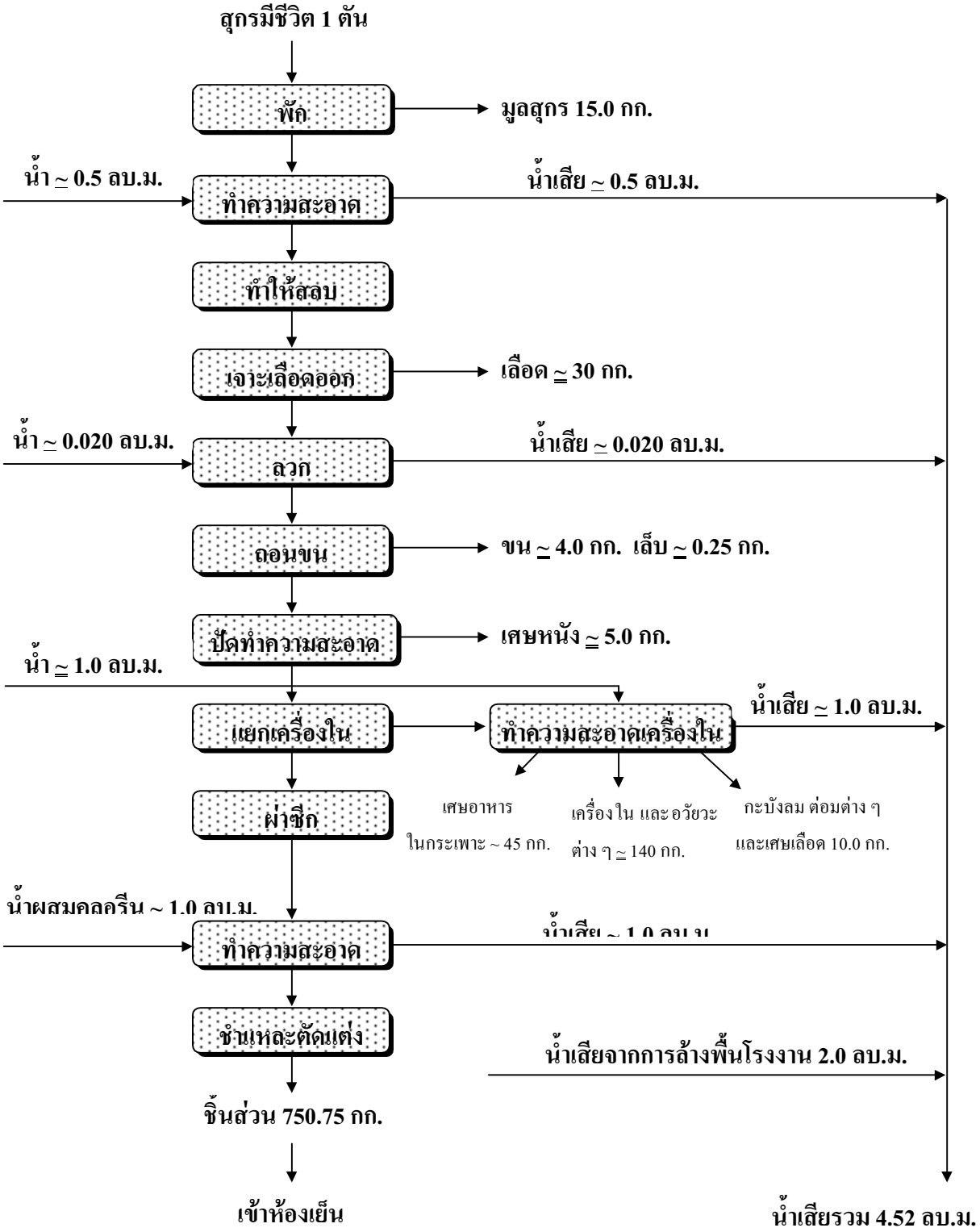
3.2 ลักษณะสมบัติของวัสดุเศษเหลือจากการฆ่าและชำแหละสุกร

<u>มวลสารที่นำเข้า</u>
- สุกรมีชีวิต
- น้ำใช้ในกระบวนการผลิต (รวมทั้งน้ำร้อนและน้ำเย็น) และน้ำคลอรีน

<u>มวลสารที่เกิดขึ้น</u>
- ชิ้นส่วนของสุกรที่แบ่งเป็น เนื้อสุกร เครื่องใน ขน โครงกระดูก เศษหนัง เล็บ ฯลฯ
- น้ำเสียจากกระบวนการผลิต
- ตะกอนส่วนเกินจากระบบบำบัดน้ำเสีย

สำหรับลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากกระบวนการฆ่าและชำแหละสุกรแบบมาตรฐาน และน้ำทิ้งหลังผ่านการบำบัดแล้ว แสดงดังตารางที่ 3-2 ส่วนลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากกระบวนการฆ่าสุกรของโรงงานขนาดเล็กและน้ำทิ้งหลังผ่านการบำบัดแล้วแสดงดังตารางที่ 3-3 โดยลักษณะสมบัติของน้ำเสียและน้ำทิ้งที่นำมาพิจารณาประกอบด้วย

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



<u>รูปที่ 3-1</u> แผนผังแสดงขั้นตอนการฆ่าและชำแหละสุกรแบบมาตรฐาน

ประเภท	ชนิดของวัสดุ	มวล (กก./ตันสุกรมีชีวิต)
ผลผลิต	เครื่องในและอวัยวะต่าง ๆ ของสุกร	140.0
	ชิ้นส่วนสุกร	750.75
	รวม	**890.75**
วัสดุเศษเหลือ	ขนสุกร	4.0
	มูลสุกร	15.0
	เศษอาหารในกระเพาะ	45.0
	เศษหนัง	5.0
	เล็บ	0.25
	กะบังลม ต่อมต่าง ๆ และเศษเลือด	10.0
	รวม	**79.25**
รวมปริมาณของแข็งทั้งหมด		**970.0***

หมายเหตุ : * เป็นปริมาณของแข็งจากกระบวนการฆ่าสุกร เมื่อรวมกับปริมาณเลือด ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่เป็นของเหลวอีก 30 กิโลกรัม จะรวมเป็น 1,000 กิโลกรัม

ตารางที่ 3-2 ปริมาณและลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากกระบวนการฆ่าและชำแหละสุกรแบบมาตรฐาน

ตารางที่ 3-2 ปริมาณและลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากการฆ่าและชำแหละสุกรแบบมาตรฐาน

แหล่งกำเนิดน้ำเสีย	ปริมาณน้ำเสีย	บีโอดี		ซีโอดี		ของแข็งแขวนลอย		ไนโตรเจน		ฟอสฟอรัส		ไขมันและน้ำมัน	
	(ลบ.ม./ตันสุกรมีชีวิต)	ก/ล.	กก./ตัน	ก/ล.	กก./ตัน	ก/ล.	กก./ตัน	ก/ล.	กก./ตัน	ก/ล.	กก./ตัน	ก/ล.	กก./ตัน
การล้างตัวสุกร	0.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
การลวก*	0.02	-	-	1.494	0.030	0.310	0.006	0.128	0.002	0.017	0.000	-	-
การล้างเครื่องใน	1.00	1.350	1.350	3.200	3.200	0.890	0.890	0.210	0.210	0.031	0.031	0.030	0.030
การล้างซาก*	1.00	-	-	9.994	9.994	1.577	1.577	0.435	0.435	0.100	0.100	-	-
การล้างพื้นโรงงาน*	2.00	-	-	0.796	1.529	0.310	0.620	0.064	0.128	0.029	0.058	-	-
น้ำเสียรวม	4.52	2.500	11.300	3.480	15.730	0.700	3.164	0.520	2.350	0.034	0.154	0.020	0.090
น้ำทิ้งหลังผ่านระบบบำบัด	4.52	0.100	0.452	0.350	1.582	0.045	0.203	0.140	0.633	0.010	0.045	0.002	0.009

หมายเหตุ: * ลักษณะสมบัติเป็นผลจากการรวบรวมข้อมูลจาก Oanh, N.T.K.(199

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

ข้อเสนอในการจัดการควบคุมมลภาวะในกระบวนการผลิตของโรงงานฆ่าสุกรต่อไปนี้ เป็นเทคโนโลยีที่ได้มีการนำมาใช้แล้วในต่างประเทศและในบางส่วนก็มีการนำมาใช้แล้วในประเทศไทยด้วย

4.1 เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการผลิต

4.1.1 <u>การจัดการในฟาร์ม</u>

การคัดเลือกพันธุ์สัตว์ อาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์ การจัดการเลี้ยงดู และสภาพของโรงเรือนที่ดี นอกจากจะช่วยให้ได้ซากสัตว์ที่มีคุณภาพดี ซึ่งหมายถึงซากที่ปริมาณเนื้อสูงและไขมันต่ำ รวมถึงคุณภาพเนื้อและไขมันดีแล้ว ยังเป็นการช่วยลดปริมาณวัสดุเศษเหลือที่ต้องกำจัด และลดปริมาณน้ำใช้ในโรงงานฆ่าสัตว์ด้วย

- **การคัดเลือกพันธุ์สัตว์**

ปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อสัตว์ จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอิทธิพลทางพันธุกรรมของสัตว์เป็นอย่างมาก เช่น สุกรพันธุ์ลาร์จไวท์ เป็นสายพันธุ์ที่มีการสะสมกล้ามเนื้อสูงจะมีปริมาณไขมันแทรกน้อยกว่าสุกรพันธุ์เบลเยี่ยมแลนเรซ

- **อาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์**

สูตรอาหารที่ขาดความสมดุลย์ทางโภชนะ การใช้ยาปฏิชีวนะ สารเร่งการเจริญเติบโต ฮอร์โมนสังเคราะห์ วัสดุอาหารสัตว์ที่มีการปนเปื้อนสารเคมี เช่น ยาฆ่าแมลง ยาฆ่าเชื้อราจะมีผลต่อการตกค้างของสารดังกล่าวในเนื้อสัตว์

สูตรอาหารที่มีส่วนผสมของปลาป่นที่มีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูง ทำให้เนื้อสัตว์มีกลิ่นคาวปลา (fishy meat) การนิ่มของไขมันสุกรก็มีผลต่อเนื่องมาจากชนิดของไขมันที่ใช้ในการผสมสูตรอาหาร

- **การจัดการเลี้ยงดูและสภาพของโรงเรือน**

คอกหรือโรงเรือนต้องสะอาด ไม่ควรให้มีการหมักหมมของปฏิกูล มูลสัตว์จะมีเชื้อโรคที่เป็นสาเหตุทำให้คุณภาพของเนื้อด้อยลง ได้แก่ เชื้อ Salmonella และ Clostridium ซึ่งเชื้อโรคดังกล่าวจะเจริญเติบโตในมูลสัตว์ และติดไปกับผิวหนังสัตว์ การจัดการไม่ดีจะทำให้เกิดการติดเชื้อที่บริเวณแผลบนผิวหนังสัตว์ที่เกิดจากแมลงเจาะดูดเลือดแทงทะลุผ่านผิวหนังเข้าสู่เนื้อสัตว์ การตอนสุกรในขณะที่ยังเล็กอยู่ ก็เป็นการช่วยป้องกันการเกิดกลิ่นเหม็นในเนื้อสุกร

- **การให้ยาสัตว์**

สัตว์จะต้องได้รับการฉีดวัคซีนที่จำเป็น เพื่อป้องกันโรคระบาดที่จะเกิดขึ้น การรักษาสัตว์ด้วยการให้กินยาหรือฉีดยาป้องกันต้องคำนึงถึงพิษตกค้างของยาที่ยังเหลืออยู่ในเนื้อเยื่อ การใช้เข็มฉีดยาสัตว์ในระหว่างการรักษาต้องใช้เข็มที่สะอาด เพื่อป้องกันการทำให้เนื้อบริเวณที่เข็มฉีด-ยาลงไปแข็งเป็นไต หรือบางครั้งอาจติดเชื้อวัณโรคโดยเริ่มจากบริเวณแผลที่เกิดจากเข็มฉีดยา

ในการคัดเลือกสัตว์เข้าสู่โรงงานฆ่าสัตว์ สิ่งที่ต้องควรคำนึงถึง ได้แก่

- อายุและน้ำหนักของสัตว์ที่จะนำไปฆ่า นอกจากจะส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์ซากหรือปริมาณผลิตภัณฑ์ ยังส่งผลต่อคุณภาพเนื้อด้วย โดยสุกรควรมีอายุประมาณ 6-7 เดือน น้ำหนัก 80-100 กิโลกรัม และโคควรมีอายุไม่เกิน 3 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 380-420 กิโลกรัม
- คัดเลือกเฉพาะสัตว์ที่สุขภาพสมบูรณ์แข็งแรง
- ควรทำความสะอาดสัตว์ที่จะถูกนำไปฆ่า เพื่อให้มีเศษดินโคลนปนเปื้อนมาด้วยน้อยที่สุดโดยเฉพาะในฤดูฝน

4.1.2 การจับและขนส่งสัตว์เข้าสู่โรงงาน

การขนย้ายหรือขนส่งสัตว์เป็นต้นเหตุสำคัญของความเครียดที่เกิดขึ้นกับสัตว์อันเป็นสภาวะที่ระบบต่าง ๆ ภายในร่างกายเกิดการเปลี่ยนแปลงซึ่งเกิดขึ้นโดยอาศัยการกระตุ้นของฮอร์โมนต่าง ๆ หลายชนิด การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้แก่ การเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ การพยายามระบายความร้อนออกจากร่างกาย เป็นต้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะก่อให้เกิดกระบวนการย่อยสลายในระดับของเซลอย่างกะทันหัน เพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงานโดยผ่านกระบวนการไกลโคไลซีส หรือ กระบวนการย่อยสลายไกลโคเจนโดยไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic metabolism) เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งผลที่ได้นอกจากจะได้พลังงานแล้วยังเกิดกรดแลคติคและความร้อน ทำให้เกิดผลเสียต่อคุณภาพเนื้อในเวลาต่อมา

ดังนั้น ข้อควรระวังในการจับและขนส่งสัตว์เข้าสู่โรงงาน ได้แก่

- ต้องไม่กระทำการทารุณหรือทำให้สัตว์บาดเจ็บ การเฆี่ยนตีสัตว์ การเตะ ถีบสุกรลงจากรถ มีผลให้เกิดรอยแผลฟกช้ำ และเกิดจุดเลือดในกล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อไขมันขึ้น นอกจากนี้ การขนย้ายด้วยวิธีทารุณจะทำให้เกิดรอยฟกช้ำบริเวณสะโพกด้านใน จำเป็นต้องตัดเนื้อที่ฟกช้ำนี้ออกซึ่งเป็นการสูญเสียผลิตภัณฑ์ด้วย การบรรทุกสัตว์ต้องไม่แออัดจนเป็นการทรมานสัตว์ ถ้าหากเป็นการเดินทางที่นานกว่า 12 ชั่วโมง จะต้องมีระยะพักระหว่างทางให้สัตว์ได้กินน้ำ และการเคลื่อนย้ายสัตว์จะต้องกระทำเฉพาะในสัตว์ที่มีสุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์
- เขื่อนเทียบสำหรับขนสุกรขึ้นหรือลงจากรถบรรทุกควรเอียงทำมุมกับพื้นดินไม่เกิน 30 องศา เนื่องจากเขื่อนเทียบที่มีความชันมากจะยิ่งเร่งอัตราการเต้นของหัวใจ และวัสดุที่ใช้ทำพื้นเขื่อนเทียบจะต้องไม่ง่ายต่อการลื่นไถล
- สภาพถนนจากฟาร์มไปยังโรงงานไม่ควรขรุขระและมีความคดเคี้ยวหรือเป็นทางขึ้นลงเขา นอกจากนี้คนขับรถควรใช้ความเร็วที่สม่ำเสมอและขับรถด้วยความระมัดระวัง
- การขนส่งโดยใช้รถยนต์ควรมีระยะเวลาการเดินทางที่เหมาะสมคือประมาณ 3 ชั่วโมง เนื่องจากสัตว์จะสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่ก่อนที่จะถึงโรงงาน
- พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการบรรทุกสุกรคือ 0.4-0.5 ตารางเมตร/ตัว
- การขนย้ายสุกรควรกระทำในเวลาเย็นหรือเดินทางตอนกลางคืน การใช้น้ำเย็นฉีดพ่นลงบนตัวหรือใช้น้ำแข็งโปรยให้ทั่วรถจะช่วยลดความร้อนในตัวสัตว์ลงได้
- การอดอาหารสุกรก่อนส่งฆ่าเป็นสิ่งจำเป็น เพราะนอกจากจะช่วยลดความเครียดเนื่องจากความร้อนที่เกิดจากกระบวนการย่อยอาหารแล้ว ยังช่วยลดปริมาณการติดเชื้อจุลินทรีย์ที่มาจากเศษอาหารและอุจจาระในกระเพาะและลำไส้ในขณะทำการผ่าท้องเพื่อเอาเครื่องในออกจากตัว และลดปริมาณวัสดุเศษเหลือที่ต้องกำจัดที่เป็นเศษอาหารในกระเพาะและลำไส้ และอุจจาระในคอกพักสัตว์ นอกจากนี้การอดอาหารสุกรก่อนฆ่าจะช่วยทำให้เลือดออกจากตัวสัตว์ได้มาก

ระยะเวลาที่เหมาะสมในการอดอาหารสุกรและโคจะอยู่ในช่วงระหว่าง 12-16 ชั่วโมง ก่อนการขนส่งสัตว์

4.1.3 การป้องกันการสูญเสียผลิตภัณฑ์ในระหว่างการผลิตและการลดปริมาณของเสีย

ดังได้กล่าวแล้วว่า โรงงานฆ่าสุกร สามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่มตามกระบวนการผลิต คือ กลุ่มที่ 1 เป็นกระบวนการผลิตแบบมาตรฐาน ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตของโรงงานขนาดใหญ่และขนาดกลาง ส่วนกลุ่มที่ 2 เป็นโรงงานที่ฆ่าและชำแหละสุกรในโรงงานขนาดเล็ก และแทบทั้งหมดเป็นโรงงานของหน่วยราชการส่วนท้องถิ่นซึ่งจะฆ่าทั้งสุกร และโค รวมทั้งกระบือด้วยในบางครั้ง การนำเสนอแนวทางการป้องกันการสูญเสียผลิตภัณฑ์ระหว่างการผลิต และการลดปริมาณของเสียจึงแบ่งเป็น 2 ส่วนตามประเภทของกระบวนการผลิต ทั้งนี้แนวทางที่นำเสนอสำหรับแต่ละกลุ่มได้พิจารณาถึงประเด็นความเป็นไปได้สูงสุด เพราะมาตรฐานทั้งด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์และสุขอนามัยในกระบวนการผลิตของโรงงานทั้ง 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 :

- การช็อคด้วยไฟฟ้าเป็นวิธีทำให้สัตว์เกิดความเครียดได้น้อยที่สุด และสะดวกในการปฏิบัติงานเหมาะสำหรับการฆ่าสุกร

- ตรวจสอบให้สัตว์สลบก่อนเชือด เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ (ดิ้น) ของสัตว์ซึ่งทำให้เลือดหกในบริเวณอื่น และติดอยู่ตามขนมาก เป็นการเพิ่มความสกปรกในน้ำเสีย ขณะเดียวกันการที่สัตว์สลบก่อนเชือด ยังทำให้สามารถรวบรวมเลือดที่เป็นวัสดุเศษเหลือที่บริโภคได้มากขึ้นด้วย

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

- การแทงคอในตำแหน่งที่จะทำให้สุกรตายโดยเร็วและเลือดออกจากตัวได้มากที่สุด คือ การแทงมีดเข้าไปตัดเส้นโลหิตดำและแดงที่ขั้วหัวใจพอดี และต้องระมัดระวังไม่ให้บาดแผลที่เกิดกว้างมาก เพราะจะทำให้จุลินทรีย์ที่ติดอยู่ตามผิวหนังและน้ำที่ใช้ลวกซากเข้าสู่เนื้อเยื่อต่าง ๆ ทำให้เนื้อสัตว์เน่าเสียเร็ว
- การนำเลือดออกจากตัวสุกรควรใช้ท่อสายยางนำเลือดออกจากแผลที่คอบรรจุลงภาชนะ แทนการให้เลือดสุกรไหลลงสู่ภาชนะโดยตรง และทิ้งระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อให้เลือดไหลออกจนหมด เลือดที่รวบรวมได้เป็นวัสดุเศษเหลือที่บริโภคได้หรือจำหน่ายสู่โรงงานผลิตอาหาร-สัตว์

4) *<u>การลวกซากสุกร</u>* :

- ควบคุมอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้ลวกซาก ให้อยู่ในช่วงระหว่าง 53.3-62.8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1.5-2 นาที ซึ่งจะช่วยหยุดยั้งการเจริญ-เติบโตของแบคทีเรีย
- หลีกเลี่ยงการใช้อุณหภูมิน้ำที่ลวกซากสูงเกินไปเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงมากจะเร่งให้เกิดปฏิกิริยาการใช้ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ

5) *<u>การถอนขนสุกร</u>* :

- ตรวจสอบความสมบูรณ์ของใบมีดในเครื่องถอนขนสุกร เพื่อให้การถอนขนมีประสิทธิภาพสูงสุด

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

- การแยก การล้าง และการผลิตที่เกี่ยวกับเครื่องใน ควรแยกบริเวณออกจากการล้างและการผลิตซากเพื่อป้องกันการปนเปื้อน
- การใช้มีดกรีด และการล้วงเอาเครื่องในออกจากซากต้องทำด้วยความระมัดระวังไม่ให้เครื่องใน เช่น กระเพาะและลำไส้แตกเพราะจุลินทรีย์จะแพร่กระจายเข้าสู่เนื้อเยื่อส่วนอื่น ๆ

- ควรใช้เครื่องฉีดพ่นน้ำแบบฝอย (spray) ที่มีแรงดันสูง (ประมาณ 4-5 บาร์) สำหรับล้างทำความสะอาดซาก

7) *<u>การลดอุณหภูมิซาก</u>* :

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

8) *<u>การชำแหละ</u>* :

- ทำความสะอาดอุปกรณ์ที่ใช้ในการชำแหละ เช่น มีด และเขียงอย่างสม่ำเสมอ
- ควบคุมความสะอาดของพนักงานในส่วนที่ต้องสัมผัสกับตัวสัตว์

9) *<u>ตรวจสอบคุณภาพของผลผลิตอย่างสม่ำเสมอ</u>*

2) <u>โรงงานขนาดเล็ก</u>

1) *<u>การจัดการวัตถุดิบ</u>* :

- จัดให้สัตว์ได้พักอย่างน้อย 2 ชั่วโมงก่อนเข้าสู่กระบวนการฆ่า เพื่อลดปริมาณกรดแลคติคในกล้ามเนื้อสัตว์
- คอกพักสัตว์จะต้องสะอาดและจัดน้ำให้สัตว์ได้ดื่มตลอดเวลาเพื่อลดความเครียด
- ทำความสะอาดสัตว์โดยการใช้น้ำฉีดล้าง เพื่อลดปริมาณสิ่งสกปรกและเชื้อจุลินทรีย์ที่ติดมากับสัตว์

2. *<u>การทำให้สัตว์สลบ</u>* :

- ควรจะมีการทำให้สุกรสลบก่อนการฆ่า เพื่อทำให้คุณภาพของเนื้อสัตว์ดีขึ้น

3) *<u>การเชือดคอหรือแทงคอ</u>* :

- การแทงคอในตำแหน่งที่จะทำให้สุกรตายโดยเร็วและเลือดออกจากตัวได้มากที่สุด คือ การแทงมีดเข้าไปตัดเส้นโลหิตดำและแดงที่ขั้วหัวใจ พอดี และต้องระมัดระวังไม่ให้บาดแผลที่เกิดกว้างมาก เพราะจะทำให้จุลินทรีย์ที่ติดอยู่ตามผิวหนังและน้ำที่ใช้ลวกซากเข้าสู่เนื้อเยื่อต่าง ๆ ทำให้เนื้อสัตว์เน่าเสียเร็ว
- การนำเลือดออกจากตัวสุกรควรใช้ท่อสายยางนำเลือดออกจากแผลที่คอบรรจุลงภาชนะ แทนการให้เลือดสุกรไหลลงสู่ภาชนะโดยตรง และ

ทิ้งระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อให้เลือดไหลออกจนหมด เลือดที่รวบรวมได้เป็นวัสดุเศษเหลือที่บริโภคได้หรือจำหน่ายสู่โรงงานผลิตอาหารสัตว์

- ในกรณีที่ปล่อยให้เลือดไหลลงสู่ภาชนะรองรับโดยตรงบริเวณรองรับเลือดที่ไหลออกจากตัวสัตว์ควรจัดให้มีผนังที่สูงและส่วนที่เป็นพื้นควรแคบและจำกัด
- สัตว์ที่ฆ่าแล้วไม่ควรให้สัมผัสกับพื้นอีกต่อไป เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกและเชื้อจุลินทรีย์จากพื้น

4) <u>*การลวกซากสุกร*</u> :

- หลีกเลี่ยงการใช้อุณหภูมิน้ำที่ลวกซากสูงเกินกว่า 62.8 องศาเซลเซียส เนื่องจากคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะลดลง

5) <u>*การถอนขนสุกร*</u> :

- ใบมีดที่ใช้ขูดขนสุกรจะต้องสะอาดและคม

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

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

7) <u>*การลดอุณหภูมิซาก*</u> :

- ควรจัดให้มีการลดอุณหภูมิซากก่อนส่งจำหน่าย

8) <u>*การชำแหละ*</u> :

- บริเวณชำแหละควรแยกส่วนออกจากกระบวนการผลิตอื่น ๆ เช่น จัดให้มีผนังกั้น

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

- อย่างน้อยควรตรวจสอบลักษณะของผลิตภัณฑ์ภายนอกที่สังเกตเห็น เช่น ไม่มีบาดแผล เนื้อที่ช้ำหรือมีจุดเลือดที่เนื้อหรือไขมัน

สำหรับข้อสรุปของแนวทางการควบคุมกระบวนการผลิต เพื่อป้องกันการสูญเสียผลิตภัณฑ์และการลดปริมาณของเสียสำหรับโรงงานขนาดใหญ่ กลางและเล็กแสดงดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 แนวทางการควบคุมกระบวนการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อลดปริมาณของเสีย

ขั้นตอนการผลิต	โรงงานขนาดกลางและขนาดใหญ่	โรงงานขนาดเล็ก
1. การจัดการวัตถุดิบ	- สัตว์จะต้องผ่านการตรวจรับรองจากสัตว์แพทย์ - ทางเข้า-ออกของรถบรรทุกขนส่งสัตว์จะต้องไม่เป็นเส้นทางเดียวกัน เพื่อลด cross-contamination - บริเวณพักสัตว์ควรมีพัดลมระบายอากาศและควบคุมความชื้นสัมพันธ์ในอากาศไม่ให้มากกว่า 70% - จัดทำตารางเวลาขนส่งสัตว์เข้าโรงงานให้สอดคล้องกับ production line เพื่อลดปริมาณมูลสัตว์ในบริเวณพักสัตว์	- บริเวณพักสัตว์ต้องแยกออกจากบริเวณฆ่าและชำแหละและมีหลังคาคลุม รวมทั้งพัดลมช่วยระบายอากาศ - สัตว์จะต้องถูกอดอาหารตลอดเวลาที่อยู่ในบริเวณพักสัตว์
2. การทำให้สัตว์สลบ	- การช็อคด้วยไฟฟ้าเป็นวิธีที่เหมาะสมในการทำให้สุกรสลบ - ตรวจสอบให้สัตว์สลบก่อนเชือด เพื่อป้องกันการดิ้นของสัตว์ ซึ่งจะทำให้เลือดหกในบริเวณอื่น หรือติดอยู่ตามขนมาก	- ควรมีขั้นตอนที่ทำให้สัตว์สลบก่อนฆ่า เพื่อลดปริมาณเลือดที่หกลงพื้น และทำให้คุณภาพเนื้อดีขึ้น
3. การเชือดคอหรือแทงคอเพื่อเอาเลือดออก	- บริเวณรองรับเลือดที่ไหลออกจากตัวสัตว์ควรทำเป็นผนังสูงและพื้นแคบ - การเชือดคอหรือแทงคอ ต้องไม่ให้บาดแผลกว้างมาก เพื่อลดโอกาสที่จุลินทรีย์เข้าสู่เนื้อเยื่อต่าง ๆ - ทิ้งระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อให้เลือดไหลออกหมด	- บริเวณรองรับเลือดที่ไหลออกจากตัวสัตว์ควรทำเป็นผนังสูงและพื้นแคบ - สัตว์ที่ฆ่าแล้วไม่ควรให้สัมผัสพื้นอีกต่อไป เพื่อป้องกันการปนเปื้อน
4. การลวกซาก	- ควบคุมอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้ลวกซากให้อยู่ระหว่าง 53.3-62.8 ^{O}C เป็นเวลา 1.5-2.0 นาที	- หลีกเลี่ยงการใช้อุณหภูมิน้ำที่ลวกซากสูงกว่า 62.8 ^{O}C
5. การถอนขน	- ตรวจสอบความสมบูรณ์ของใบมีดในเครื่องถอนขนสุกร	- ใบมีดที่ใช้ขูดขนสุกรต้องสะอาดและคม

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

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

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
- การปรับปรุงรูปแบบของถังลวกจะช่วยลดการสูญเสียพลังงานได้ถึง 40% (Schipper, 1981) เช่น บริเวณสองข้าง ของหม้อลวกสัตว์ควรจะแคบลงหรือเป็นภาชนะปิดเพื่อลดการสูญเสียความร้อนและไอน้ำที่เมื่อกระจายออกจะทำให้บริเวณที่ทำงานส่วนนี้ร้อนด้วยในอนาคตรูปแบบของการลวกสัตว์ด้วยน้ำร้อนอาจเปลี่ยนเป็นการใช้พลังงานความร้อนจาก microwave เพื่อช่วยให้ขนหลุดร่วง (Miller et al., 1982) ซึ่งหากวิธีนี้เป็นไปได้จะเกิดประโยชน์ถึง 3 ด้าน คือ ป้องกันการติดเชื้อ ประหยัดพลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติคือน้ำ
- ควรปรับปรุงหม้อลวกสุกรให้มีรูพรุนที่สูงจากพื้นประมาณ 6 นิ้ว เพื่อระบายน้ำออกส่วนตะกอนจะถูกนำออกโดยประตูน้ำสี่เหลี่ยมขนาด 12″ × 12″ ที่อยู่พื้นอ่างเพื่อนำไปกำจัดในรูปของแข็ง

- 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
- ควรจัดให้มีการฝึกอบรมพนักงานที่ปฏิบัติหน้าที่ในโรงฆ่าสัตว์ขนาดเล็กเกี่ยวกับหลักปฏิบัติและเทคนิคที่ถูกต้องในกระบวนการผลิตเพื่อลดการสูญเสียในการผลิต และเป็นการเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้อาจมีการแนะนำเกี่ยวกับเทคนิคที่ทันสมัย ซึ่งอาจจะนำมาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วย (ดูจากกรณีโรงงานขนาดใหญ่และขนาดกลาง)

- ควรจัดให้มีการตรวจสุขภาพพนักงานที่ปฏิบัติหน้าที่ในกระบวนการ-ผลิตและจัดให้มีการฝึกอบรมเกี่ยวกับเรื่องสุขอนามัยของกระบวนการผลิตอาหาร
- ควรจัดให้มีการจัดเก็บวัสดุเศษเหลือ ผลิตภัณฑ์ที่ปนเปื้อนและของเสียต่าง ๆ ที่ไม่สามารถนำมาใช้เป็นอาหารได้ลงในภาชนะที่มีฝาปิดมิดชิดซึ่งจัดเตรียมไว้โดยเฉพาะแยกออกจากกระบวนการผลิต เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์
- ควรจัดให้มีการเก็บและถนอมรักษาผลิตภัณฑ์อย่างถูกต้องเช่น จัดให้มีการแช่เย็นผลิตภัณฑ์ในห้อง/ตู้เย็นหรือในน้ำแข็ง เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เน่าเสียเร็วก่อนถึงผู้บริโภค

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

+ เพิ่มการสะสมของสารละลายหรือเกลือในน้ำใช้มากขึ้น
+ เพิ่มการกัดกร่อนของระบบท่อส่งน้ำในกระบวนการผลิต
+ เป็นการสะสมของสารต่าง ๆ ที่อาจเป็นอันตรายต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีววิธี
+ เป็นการเพิ่มโอกาสที่จุลินทรีย์และสิ่งสกปรกจะเข้าไปปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งประเด็นนี้เป็นข้อจำกัดที่สำคัญที่สุดที่ทำให้การลดปริมาณน้ำเสียด้วยการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

ตารางที่ 4-2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อการปรับปรุงกระบวนการผลิต

ขั้นตอนการผลิต	โรงงานขนาดกลางและขนาดใหญ่	โรงงานขนาดเล็ก
1. การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์	-บริเวณสองข้างของหม้อลวกสัตว์ควรจะแคบลงหรือเป็นภาชนะปิด เพื่อลดการสูญเสียความร้อนและไอน้ำที่เมื่อกระจายออกจะทำให้บริเวณที่ทำงานส่วนนี้ร้อนด้วย - ควรปรับปรุงหม้อลวกสุกรให้มีรูพรุนที่สูงจากพื้นประมาณ 6 นิ้ว เพื่อระบายน้ำออก ส่วนตะกอนจะถูกนำออกโดยประตูน้ำสี่เหลี่ยมขนาด 12"x 12" ที่อยู่พื้นอ่าง เพื่อนำไปกำจัดในรูปของแข็ง - เปลี่ยนอุปกรณ์ที่ฉีดล้างซาก การล้างทำความสะอาดพื้นโรงงานและอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมทั้งการล้างมือพนักงานจากก๊อกน้ำธรรมดาเป็นการเพิ่มแรงดันน้ำและใช้หัวฉีดแบบพ่นเป็นฝอย (spray) เพื่อลดปริมาณน้ำใช้	-บริเวณสองข้างของหม้อลวกสัตว์ควรจะแคบลงหรือเป็นภาชนะปิด เพื่อลดการสูญเสียความร้อนและไอน้ำที่เมื่อกระจายออกจะทำให้บริเวณที่ทำงานส่วนนี้ร้อนด้วย - ควรปรับปรุงหม้อลวกสุกรให้มีรูพรุนที่สูงจากพื้นประมาณ 6 นิ้ว เพื่อระบายน้ำออก ส่วนตะกอนจะถูกนำออกโดยประตูน้ำสี่เหลี่ยมขนาด 12"x 12" ที่อยู่พื้นอ่าง เพื่อนำไปกำจัดในรูปของแข็ง
2. การปรับปรุงวิธีการดำเนินงาน	- การเคลื่อนย้ายของวัตถุดิบผ่านเข้าสู่กระบวนการผลิตขั้นตอนต่าง ๆ จนเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย ควรเป็นไปในทิศทางเดียว เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ เช่น วัตถุดิบจะถูกขนส่งเข้าโรงงานทางประตูด้านหนึ่ง ส่วนผลิตภัณฑ์จะถูกขนส่งออกทางประตูอีกด้านหนึ่งของโรงงาน เป็นต้น	- ควรจัดแบ่งพื้นที่ที่ใช้ในกระบวนการผลิตให้ชัดเจน เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์จากขั้นตอนหนึ่งไปยังอีกขั้นตอนหนึ่งโดยจัดทำผนังกั้นแบ่งพื้นที่เป็นบริเวณต่าง ๆ ได้แก่ บริเวณรับวัตถุดิบ บริเวณที่ใช้ในการฆ่า และบริเวณที่เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ก่อนส่งจำหน่าย
	- ในแต่ละขั้นตอนของการผลิตควรมีการจัดแบ่งบริเวณที่ชัดเจน เช่น มีผนังกั้นเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์จากขั้นตอนหนึ่งไปยังอีกขั้นตอนหนึ่งไปยังอีกขั้นตอนหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการชำแหละซาก ควรแยกออกจากบริเวณที่เป็นการฆ่าและบริเวณรับวัตถุดิบ	- จัดให้มีการทำความสะอาดหรือฆ่าเชื้อบริเวณต่าง ๆ พร้อมทั้งอุปกรณ์เครื่องใช้อย่างสม่ำเสมอ อาจจะจัดทำตามระยะเวลาหรือปริมาณการผลิตและเมื่อสิ้นสุดการปฏิบัติงานในแต่ละวัน - ควรจัดแยกอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ที่ใช้เฉพาะพื้นที่ปฏิบัติงานหนึ่ง ๆ

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

ขั้นตอนการผลิต	โรงงานขนาดกลางและขนาดใหญ่	โรงงานขนาดเล็ก
	- สัตว์ที่ฆ่าแล้วควรแขวนชากไว้บนรางแขวน และไม่ควรให้สัมผัสกับพื้นอีกต่อไป เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรก และเชื้อจุลินทรีย์จากพื้น - ควรมีการตรวจสุขภาพพนักงานที่ปฏิบัติหน้าที่ในกระบวนการผลิตและจัดให้มีการฝึกอบรมเกี่ยวกับสุขอนามัยของกระบวนการผลิตอาหาร - ปรับปรุงตัวอาคารของโรงงานที่ใช้เป็นพื้นที่การผลิตให้สามารถป้องกันหนู แมลง และสัตว์ต่าง ๆ ไม่ให้เข้าไปในกระบวนการผลิตได้ - หาแนวทางในการนำวัสดุเศษเหลือไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และลดปัญหาทางด้านมลภาวะ ตลอดจนปรับปรุงหรือหาวิธีการบำบัดน้ำเสียและวัสดุเศษเหลือที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ	- ชากของสัตว์ที่ฆ่าแล้วจะต้องเข้าสู่กระบวนการผลิตที่มีความระมัดระวังในเรื่องความสะอาด โดยชากจะต้องสัมผัสกับพื้นหรือภาชนะที่สะอาดเท่านั้น พื้นที่ใช้ควรจะยกสูงจากพื้นปกติ หรืออาจเป็นโต๊ะที่จัดไว้โดยเฉพาะ ตลอดจนน้ำที่ใช้ล้างชากจะต้องเป็นน้ำที่สะอาด - จัดให้มีการฝึกอบรมพนักงานที่ปฏิบัติหน้าที่ในโรงงานเกี่ยวกับหลักปฏิบัติและเทคนิคที่ถูกต้องในกระบวนการผลิต เพื่อลดการสูญเสียในการผลิต และเป็นการเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้อาจมีการแนะนำเกี่ยวกับเทคนิคที่ทันสมัย ซึ่งอาจจะนำมาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วย (ดูจากกรณีโรงงานขนาดใหญ่และขนาดกลาง) - จัดให้มีการตรวจสุขภาพพนักงานที่ปฏิบัติหน้าที่ในกระบวนการผลิตและจัดให้มีการฝึกอบรมเกี่ยวกับเรื่องสุขอนามัยของกระบวนการผลิตอาหาร - จัดให้มีการจัดเก็บวัสดุเศษเหนือ ผลิตภัณฑ์ที่ปนเปื้อนและของเสียต่าง ๆ ที่ไม่สามารถนำมาใช้เป็นอาหารได้ ลงในภาชนะที่มีฝาปิดมิดชิด ซึ่งจัดเตรียมไว้โดยเฉพาะ แยกออกจากกระบวนการผลิต เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ - ควรจัดให้มีการเก็บและถนอมรักษาผลิตภัณฑ์ในห้อง/ตู้เย็นหรือในน้ำแข็ง เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เน่าเสียเร็วก่อนถึงมือผู้บริโภค

ในโรงงานฆ่าสัตว์มีความเป็นไปได้น้อยมาก 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
- การล้างรถบรรทุกสัตว์ภายหลังนำสัตว์ออกแล้ว ควรแบ่งการทำความสะอาดเป็น 3 ขั้นตอน โดยขั้นแรกล้างโดยใช้น้ำทิ้งจากการผลิต เช่น น้ำล้างซาก ขั้นสองล้างภายใต้แรงดันด้วยน้ำยาทำความสะอาดที่หมุนเวียนกลับมาใช้ และขั้นตอนสุดท้ายล้างด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ

2) *<u>การฆ่าและการรองรับเลือด</u>* :

- ควรใช้อุปกรณ์ที่สามารถแทงคอและนำเลือดออกจากตัวสุกรโดยให้ไหลผ่านท่อที่ติดกันเพื่อป้องกันเลือดหกเลอะเทอะพื้นจึงทำให้น้ำใช้ทำความสะอาดลดลง
- ในกรณีที่ให้เลือดไหลลงสู่ภาชนะโดยตรงพื้นและผนังของบริเวณรองรับเลือดที่แคบและจำกัดจะทำให้ปริมาณน้ำใช้ทำความสะอาดลดลงกว่าพื้นและผนังที่กว้าง

3) *<u>การลวกและถอนขน</u>* :

- น้ำที่ใช้ในการลวกสัตว์ถือเป็นน้ำล้างครั้งแรกซึ่งตัวสุกรมีความสกปรกสูง ดังนั้นน้ำใช้ในถังลวกจึงไม่จำเป็นต้องเป็นน้ำที่สะอาดมาก จึงมี

ความเป็นไปได้ในการนำน้ำทิ้งจากการล้างซาก ทั้งนี้การใช้ heat exchanger เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำที่จะนำมาใช้ในถังลวกและน้ำจากการล้างซาก จะช่วยลดเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทำให้น้ำร้อน

- การกวาดและนำขนออกจากบริเวณถอนขน จะทำให้ปริมาณน้ำใช้ในการพาขนและล้างพื้นลดลง

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

- การพาเครื่องในและอวัยวะของสัตว์ไปยังบริเวณทำความสะอาดเครื่องในและอวัยวะ โดยใช้วิธีแห้ง เช่น ระบบ vacuum อัตโนมัติจะช่วยลดทั้งปริมาณและความสกปรกในน้ำเสีย
- น้ำทิ้งจากการล้างกระเพาะอาหารและจากการล้างอวัยวะ รวมทั้งน้ำทิ้งจากการล้างมือพนักงานในส่วนนี้จะมีแบคทีเรียมากจึงไม่เหมาะสมที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตในขั้นตอนที่สัมผัสกับสัตว์
- การปรับปรุงรูปแบบของหัวฉีดน้ำแบบพ่นฝอยและการใช้น้ำที่มีแรงดันที่เหมาะสมสามารถลดปริมาณน้ำใช้ในการล้างซาก (inside-outside washing) ได้ถึง 33% และ ลดน้ำใช้ล้างมือพนักงานในห้องแยกเครื่องในได้ 65% (Harold R.Jones,1974)
- การติดตั้งหัวฉีดน้ำแบบพ่นเป็นฝอย (spray) และเครื่องควบคุมการปิด-เปิดน้ำอัตโนมัติ เช่น Solenoid Valves สามารถลดปริมาณน้ำใช้ในการล้างเครื่องในสุกรเหลือ 19 ลิตร/นาที ซึ่งเป็นปริมาณที่เพียงพอสำหรับการทำความสะอาด
- น้ำใช้ในการล้างซากต้องเป็นน้ำสะอาดและน้ำทิ้งจากส่วนนี้สามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตส่วนอื่นได้เช่น ในถังลวก

5) <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

ตารางที่ 4-3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อการลดปริมาณน้ำเสีย

ขั้นตอนการผลิต	วิธีการผลิต
1. บริเวณรับสัตว์หรือคอกพักสัตว์	- ทำความสะอาดโดยวิธีแห้ง เช่น ตัก ขัดถู ขูดหรือกวาดก่อน แล้วใช้น้ำล้างเป็นครั้งสุดท้าย - ใช้น้ำที่มีแรงดันสูงและเป็นแบบ spray ในการล้างทำความสะอาด - การล้างภาชนะที่บรรจุสัตว์ภายหลังนำสัตว์ออกแล้ว ควรแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ขั้นแรกใช้น้ำทิ้งจากการผลิต เช่น น้ำล้างซาก หรือน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว ขั้นสองล้างภายใต้แรงดันด้วยน้ำยาทำความสะอาดที่หมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ ขั้นตอนสุดท้ายล้างด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ
2. การฆ่าและการรองรับเลือด	- พื้นและผนังของบริเวณรองรับเลือดที่แคบและจำกัด จะทำให้ปริมาณน้ำใช้ทำความสะอาดลดลง
3. การลวกและถอนขน	- น้ำใช้ในการลวกสัตว์ถือเป็นน้ำล้างครั้งแรก ซึ่งตัวสัตว์มีความสกปรกสูง ดังนั้นน้ำที่ใช้ในถังลวกจึงไม่จำเป็นต้องเป็นน้ำที่สะอาดมาก จึงมีความเป็นไปได้ในการนำน้ำทิ้งจากการล้างซาก (ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติ พบว่าน้ำทิ้งส่วนนี้มีความสกปรกน้อยที่สุด) มาใช้ในขั้นตอนนี้ - การกวาดและนำขนออกจากบริเวณถอนขน หรือการใช้ระบบสูญญากาศแบบอัตโนมัตินำขนไปบริเวณอื่น เพื่อส่งไปแปรรูปต่อ จะทำให้ปริมาณน้ำใช้ในการพาขนและล้างพื้นลดลง - โรงงานบางแห่งจะมีการใช้น้ำอย่างต่อเนื่อง เพื่อกำจัดขนและไล่ขนออกจากบริเวณถอนขน ซึ่งสามารถลดปริมาณน้ำเสียในส่วนนี้ลงได้ โดยนำน้ำส่วนนี้ไปผ่านตะแกรง เพื่อแยกขนออกแล้วนำกลับมาใช้ใหม่อีกครั้งในขั้นตอนเดียวกันนี้ แต่ต้องระมัดระวังไม่ให้ปนเปื้อนกับผลิตภัณฑ์ส่วนอื่น ๆ หรืออาจนำน้ำทิ้งจาก chiller กลับมาใช้ในการพาขนได้
4. การแยกเครื่องในและการล้างซาก	- ควรนำน้ำทิ้งจากการแยกเครื่องในไปผ่านตะแกรงกรอง เพื่อแยกของแข็งแขวนลอยออกแล้วนำกลับไปใช้ในการพาเครื่องในอีกครั้ง - การพาเครื่องในและอวัยวะของสัตว์ไปยังบริเวณทำความสะอาดเครื่องในและอวัยวะโดยใช้วิธีแห้ง เช่น ระบบ vacuum อัตโนมัติ จะช่วยลดทั้งปริมาณน้ำใช้และความสกปรกในน้ำเสีย - น้ำทิ้งจากการล้างกระเพาะอาหารและจากการล้างอวัยวะ รวมทั้งน้ำทิ้งจากการล้างมือพนักงาน ในส่วนนี้จะมีแบคทีเรียมากจึงไม่เหมาะสมที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตในขั้นตอนที่สัมผัสกับสัตว์

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

ขั้นตอนการผลิต	วิธีการผลิต
	- การปรับปรุงรูปแบบของหัวฉีดน้ำแบบพ่นฝอยและการใช้น้ำที่มีแรงดันที่เหมาะสม สามารถลดปริมาณน้ำใช้ในการล้างซาก (inside-outside washing) ได้ถึง 33% และลดน้ำใช้ล้างมือพนักงานในห้องแยกเครื่องในได้ 65% (Harold R.Jones, 1974) - ติดตั้งสวิทช์ปิด-เปิดอัตโนมัติ เพื่อควบคุมการปิดน้ำที่ต้องการตามความเหมาะสมของงาน - น้ำใช้ในการล้างซากต้องเป็นน้ำสะอาด และน้ำทิ้งจากส่วนนี้สามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตส่วนอื่นได้ เช่น ในถังลวก
5. การทำความสะอาดโรงงาน	- ก่อนการทำความสะอาดโดยใช้น้ำล้าง ควรเก็บกวาดวัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็งแบบแห้งโต๊ะและพื้น เพื่อรวบรวมน้ำไปแปรรูปต่อ หรือส่งขายโรงงานผลิตอาหารสัตว์ได้

4.2 การใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือของโรงงานฆ่าสุกร

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

4) การเก็บขนและการขนย้ายโดยปกติจะใช้รถบรรทุก ซึ่งจะต้องจัดให้มีมาตรการป้องกันการตกหล่นของวัสดุเศษเหลือ หรือการไหลหยดของของเหลวจากวัสดุเศษเหลือในระหว่างการขนส่ง ดังนี้

- มูลสัตว์และตะกอนจากการบำบัดน้ำเสีย ควรบรรจุลงในถุงพลาสติกและมัดปากถุงให้แน่น
- อวัยวะสัตว์ที่ไม่สามารถบริโภคได้รวมถึงเศษเลือดต้มสุก ให้บรรจุใส่ถังพลาสติกที่มีฝาปิดมิดชิด

5) การจัดการวัสดุเศษเหลือ สำหรับวัสดุเศษเหลือจากอุตสาหกรรมฆ่าสัตว์นั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เกือบทุกชนิดดังจะได้กล่าวต่อไป แต่วัสดุเศษเหลือที่มีการปนเปื้อนสูงอยู่ในเกณฑ์ที่อาจจะก่อให้เกิดอันตรายได้ เช่น มีสารพิษตกค้างสูงหรือมีเชื้อโรคที่เป็นอันตราย จะต้องถูกทำลายโดยเผาในเตาเผา อุณหภูมิสูงหรือฝังกลบอย่างถูกวิธี

4.2.2 การใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือที่เกิดจากกระบวนการฆ่าสุกร

ตารางที่ 4-4 การจัดการวัสดุเศษเหลือของโรงงานฆ่าสุกรเพื่อนำไปใช้ประโยชน์

วัสดุเศษเหลือ	ปริมาณ	การจัดการในปัจจุบันและสภาพปัญหา	การปรับปรุง
1. ขน	10.0 กก./ตัน	โรงงานยังประสบปัญหาการกำจัดขน ส่วนใหญ่จะใช้วิธีฝังหรือเผา	หากใช้วิธีการฝังควรปฏิบัติตามข้อกำหนดของกรมปศุสัตว์ และหากใช้วิธีเผาต้องถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล
2. มูล	15 กก./ตัน	ใช้น้ำฉีดล้างเข้าสู่ระบบรวบรวมและบำบัดน้ำเสีย ทำให้น้ำเสียมีความสกปรกเพิ่มขึ้น จึงเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียเพิ่มขึ้น	ควรเก็บกวาดรวบรวมโดยวิธีแห้งเพื่อนำไปทำปุ๋ย
3. เศษอาหารในกระเพาะ กะบังลม และต่อมต่าง ๆ	55 กก./ตัน	รวบรวมนำไปเป็นอาหารในบ่อปลา	- ในการขนส่งเพื่อจำหน่ายเป็นอาหารปลา ควรรวบรวมใส่ถังพลาสติกที่มีฝาที่ปิดมิดชิด - ต่อมต่าง ๆ สามารถนำไปผลิตเวชภัณฑ์
4. เลือด	30 กก./ตัน	ต้มสุกและจำหน่ายเป็นอาหารมนุษย์ แต่เศษเหลือต้มสุกจะรวบรวมนำไปเป็นอาหารปลา	เศษเลือดต้มสุกสามารถนำไปผลิตเป็นอาหารสัตว์ได้
5. น้ำเสียรวม	4.52 ลบ.ม./ตัน	รวบรวมเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย	นำมาแยกโปรตีนกลับซึ่งสามารถนำไปผสมเป็นอาหารสัตว์ได้
6. น้ำทิ้งหลังผ่านการบำบัด	4.52 ลบ.ม./ตัน	ระบายออกสู่นอกโรงงานหรือโรงงานบางแห่งนำบางส่วนมาใช้ในการรดน้ำต้นไม้ภายในโรงงาน	- นำกลับมาใช้ในการล้างทำความสะอาดบริเวณพักสัตว์ หรือรถบรรทุกสัตว์ - ใช้ในพื้นที่เกษตรกรรม

สำหรับแนวทางการใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือประเภทต่าง ๆ ที่เกิดจากกระบวนการฆ่าสุกร ประกอบด้วย

4.2.2.1 <u>วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง</u>

- **มูลสุกร**

ในระหว่างการให้สุกรพักอยู่ในคอกพักที่จัดให้ก่อนจะนำเข้าสู่กระบวนการฆ่านั้น สุกร 1 ตัน จะกำเนิดมูลประมาณ 15 กิโลกรัม ซึ่งโรงงานส่วนใหญ่จะใช้น้ำล้างทำความสะอาดพื้นคอก ภายหลังเสร็จสิ้นกระบวนการและก่อนที่จะนำสุกรชุดใหม่มาพัก จึงเป็นการเพิ่มความสกปรกของน้ำเสียที่โรงงานจะต้องบำบัด

สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของมูลสุกรเป็นเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งประกอบด้วย (สุริยะ สะวานนท์ และคณะ, 2540)

โปรตีน	9.67%
ไขมัน	7.48%
เส้นใย	8.62%
เถ้า	35.90%
ไนโตรเจน	1.76%
ฟอสฟอรัส	5.77%
โพแทสเซียม	1.23%
แคลเซียม	2.70%
แมกนีเซียม	0.90%

ในปัจจุบัน ฟาร์มสุกรส่วนใหญ่จะนำมูลสุกรที่เกิดขึ้นไปใช้ประโยชน์ในการเป็นอาหารปลา ทั้งโดยการใช้มูลสุกรเป็นอาหารปลาโดยตรง นอกจากนี้มูลสัตว์ยังช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพวกแพลงตอนและอาหารธรรมชาติในบ่อปลา ซึ่งจะเป็นอาหารของปลาอีกต่อหนึ่ง สำหรับชนิดปลาที่นิยมเลี้ยงและสามารถเลี้ยงได้ในบ่อที่ใส่มูลสุกร แสดงดังตารางที่ 4-5 นอกจากนี้ มูลสุกรที่แห้งแล้วสามารถนำกลับไปใช้เลี้ยงสุกรขุนและพ่อแม่พันธุ์ได้ โดยจากการทดลองในต่างประเทศพบว่ามูลสุกรแห้งสามารถใช้เป็นอาหารสุกรระยะขุนได้ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร โดยไม่มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตและอัตราแลกเนื้อเสียไปแต่ประการใด ดังแสดงผลการทดลองในตารางที่ 4-6 และเนื่องจากมูลสุกรเป็นส่วนที่มีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชในปริมาณสูงจึงสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ย (fertilizer) และสารบำรุงดิน (soil conditioner) ได้ด้วย

<u>ตารางที่ 4-5</u> ชนิดปลาที่นิยมเลี้ยงและสามารถเลี้ยงได้ในบ่อใส่มูลสุกร

ชื่อไทย	ชื่ออังกฤษ
ปลานิล	Nile tilapia
ปลาหมอเทศ	Tilapia
ปลาไน	Common Carp
ปลาเฉา	Grass Crap
ปลาซ่ง	Bighead Carp
ปลาเล่ง	Silver Carp
ปลาตะเพียนขาว	Puntius
ปลายี่สกเทศ	Rohu
ปลาสลิด	Sepat Siam
ปลาสวาย	Catfish
ปลากระบอก	Mugil
ปลานวลจันทร์ทะเล	Milk fish
ปลาแรด	Giant gouramy
ปลาหมอตาล	Kissing gouramy

ที่มา : วิทย์ ธารชลานุกิจ (2527)

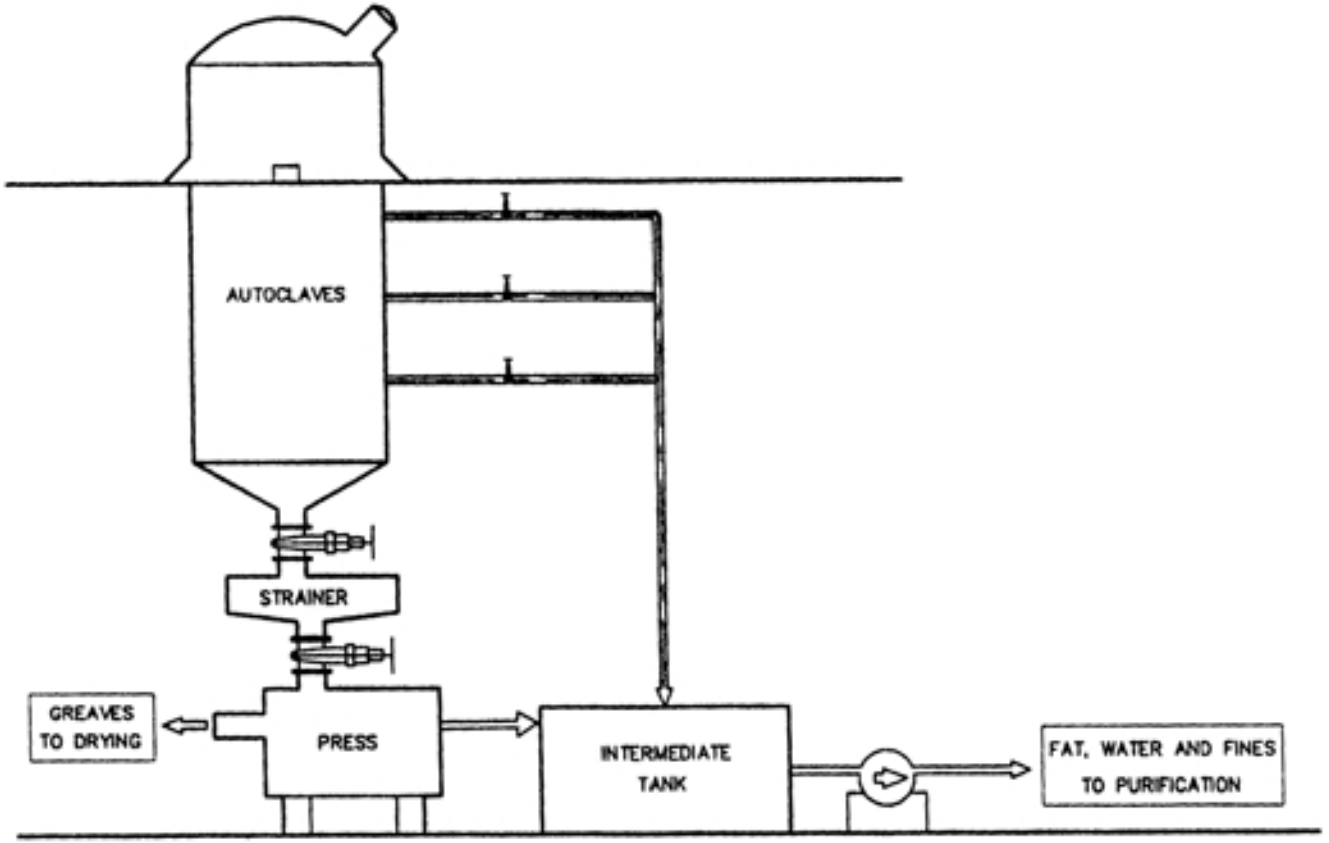
ตารางที่ 4-6 ผลการใช้มูลสุกรแห้งเป็นอาหารสุกรขุน (ระยะเวลาการทดลอง 63 วัน)

สมรรถภาพการผลิต	ระดับมูลสุกรแห้งในอาหาร* (%)		
	0	**15**	**30**
นน. เริ่มต้นการทดลอง (กก.)	47.8	47.8	47.8
อัตราการเจริญเติบโต (กก./วัน)	0.70	0.76	0.68
อาหาร/นน.เพิ่ม	3.63	3.62	4.65

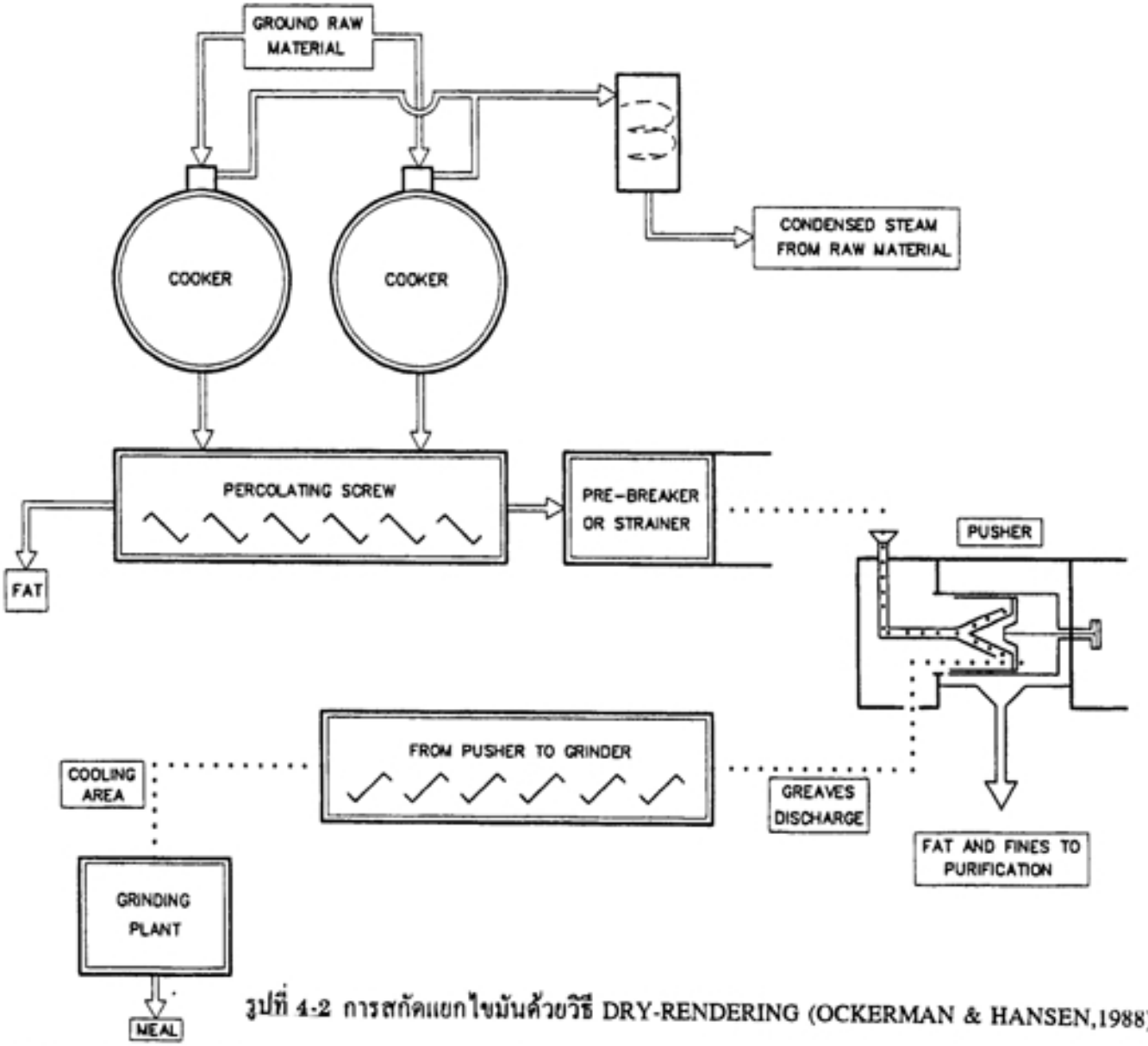
หมายเหตุ: * ใช้อาหารข้าวโพด-กากถั่วเหลือง เป็นหลัก

ที่มา : Diggs,et.al. (1965)

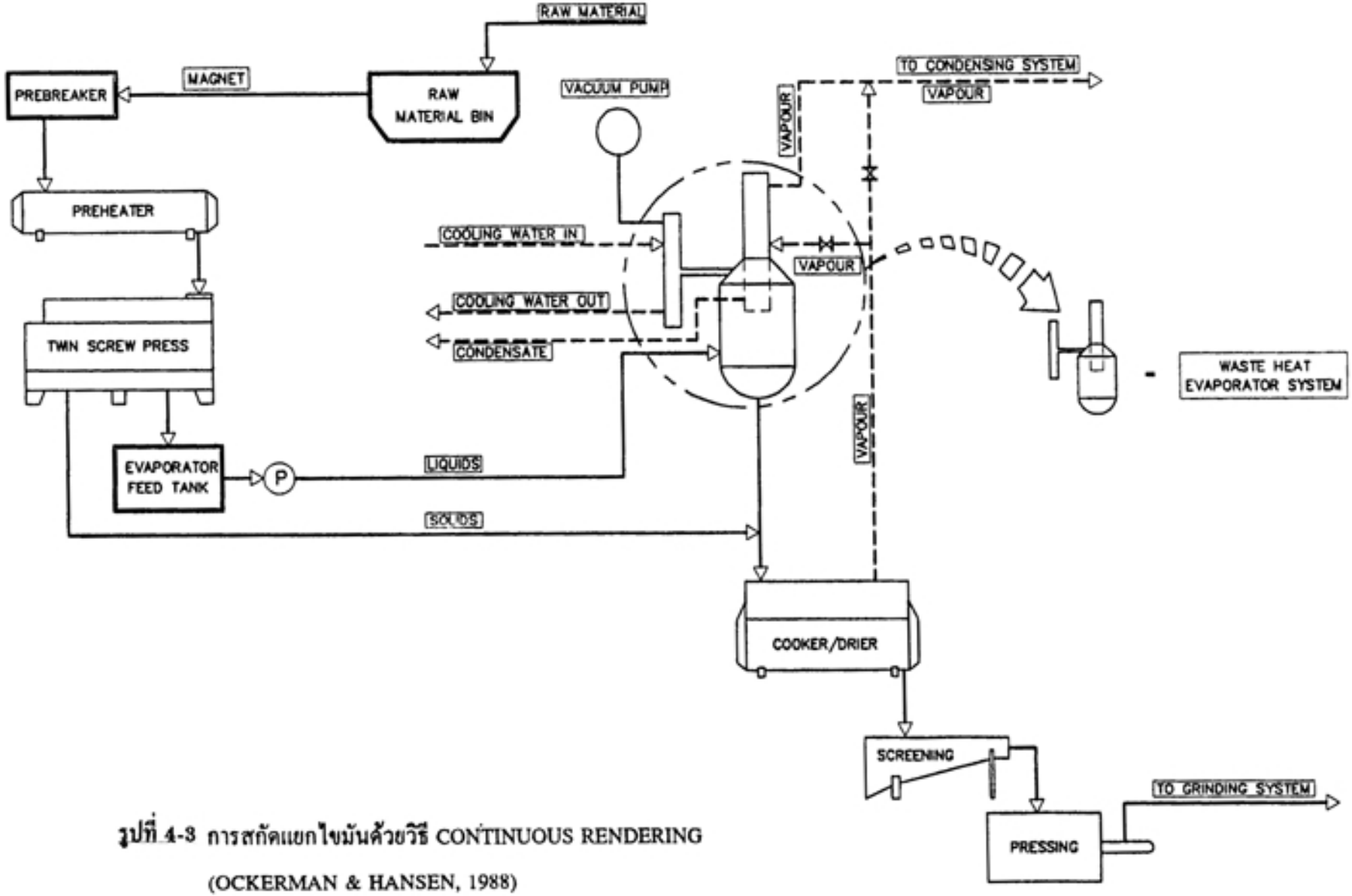
- **ขน เศษหนัง และเล็บสุกร**



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)

ในกระบวนการฆ่าสุกรที่มีชีวิต 1 ตัน จะมีขนสุกรเป็นวัสดุเศษเหลือประมาณ 4 กิโลกรัม เศษหนังและเล็บสุกร 5 กิโลกรัม และ 0.25 กิโลกรัม ตามลำดับ (สุกร 1 ตัว มีขนเป็นส่วนประกอบประมาณ 0.4%) วัสดุเศษเหลือเหล่านี้มีส่วนประกอบที่สำคัญเป็นพวกไขมันและเส้นใย ซึ่งย่อยสลายยากอันเป็นข้อจำกัดที่สำคัญในการจะนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ในปัจจุบันวัสดุเศษเหลือที่เกิดขึ้นเหล่านี้จึงเป็นสิ่งที่โรงงานจะต้องหาหนทางในการกำจัด เช่น ใช้วิธีการฝังกลบอย่างถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล หรือใช้วิธีการเผาในเตาเผาอุณหภูมิสูง เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม วัสดุเศษเหลือต่าง ๆ เหล่านี้สามารถนำมาผ่านกรรมวิธีการสกัดแยกไขมันด้วยความร้อน เรียกว่า rendering ผลิตภัณฑ์หลักที่ได้จากกระบวนการดังกล่าว คือ ไขมัน และกระดูกป่น 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 และไขมันที่รับประทานไม่ได้ (inedible fat) ผลิตจากวัตถุดิบคุณภาพต่ำเช่นไม่สด หรือมีสิ่งปนเปื้อน หรือได้จากซากของสัตว์ที่ไม่แข็งแรงสมบูรณ์ ไขมันประเภทนี้ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น ใช้ในอาหารสัตว์โดยเป็นแหล่งของอาหารประเภทให้พลังงาน และใช้ในการผลิตสบู่ (soap), grease, fatty acids, และ glycerine เป็นต้น

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

- **เศษอาหารในกระเพาะ กะบังลม ต่อมต่าง ๆ และเศษเลือด**

วัสดุเศษเหลือเหล่านี้จะเกิดขึ้นจากกระบวนการฆ่าสุกรที่มีน้ำหนัก 1 ตัน ประมาณ 55 กิโลกรัม วัสดุเศษเหลือเหล่านี้มีส่วนประกอบที่เป็นโปรตีนสูง ดังนั้น การนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอาหารสัตว์จึงมีความเหมาะสมมาก ในปัจจุบันวัสดุเศษเหลือเหล่านี้จะถูกรวบรวมนำไปใช้เป็นอาหารปลาในบ่อปลา อย่างไรก็ตาม น่าจะได้มีการวิจัยศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไปผสมในสูตรอาหารสำหรับสุกรและพ่อแม่พันธุ์เช่นเดียวกับมูลสุกร

- **ต่อมต่าง ๆ**

ต่อม (gland) ต่าง ๆ ที่ได้จากสัตว์มีสารประกอบที่มีคุณค่าทางด้านเภสัชกรรม เช่น ฮอร์โมน (hormone) และเอ็นไซม์ (enzyme) บางชนิดสามารถใช้บำบัดรักษาโรค หรือความผิดปกติในร่างกายมนุษย์ได้ ต่อมที่จะนำมาใช้ประโยชน์จะต้องได้มาจากสัตว์ที่มีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรงปราศจากโรคและจะต้องแยกออกจากซากสัตว์ทันทีภายหลังจากการฆ่า ต้องระมัดระวังไม่ให้สัมผัสกับน้ำหรืออากาศเป็นเวลานานเพราะจะทำให้สารประกอบเหล่านี้สูญเสีย หรือถูกทำลายไปได้ วิธีการถนอมรักษาที่ใช้ส่วนใหญ่ คือ การแช่แข็งอย่างรวดเร็ว (quick freezing) และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิไม่เกิน -18°C ต่อมบางชนิดต้องเก็บรักษาไว้ในสารเคมี เช่น acetone, phenol หรือ formalin เป็นต้น สำหรับองค์ประกอบที่มีคุณค่าทางด้านเภสัชกรรมที่ผลิตได้จากต่อมต่าง ๆ สรุปได้ดังตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 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
Gall bladder	bile
Intestines	Heparin

4.2.2.2 <u>วัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลว</u>

- **เลือด**

เลือดเป็นวัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลวที่ได้จากกระบวนการฆ่าสัตว์ ซึ่งโดยปกติเลือดที่เก็บได้ในช่วงของการ bleeding จะมีประมาณ 50% ของเลือดทั้งหมดในร่างกาย ส่วนอีก 50% ค้างอยู่ในระบบเส้นเลือดฝอยทั่วร่างกาย

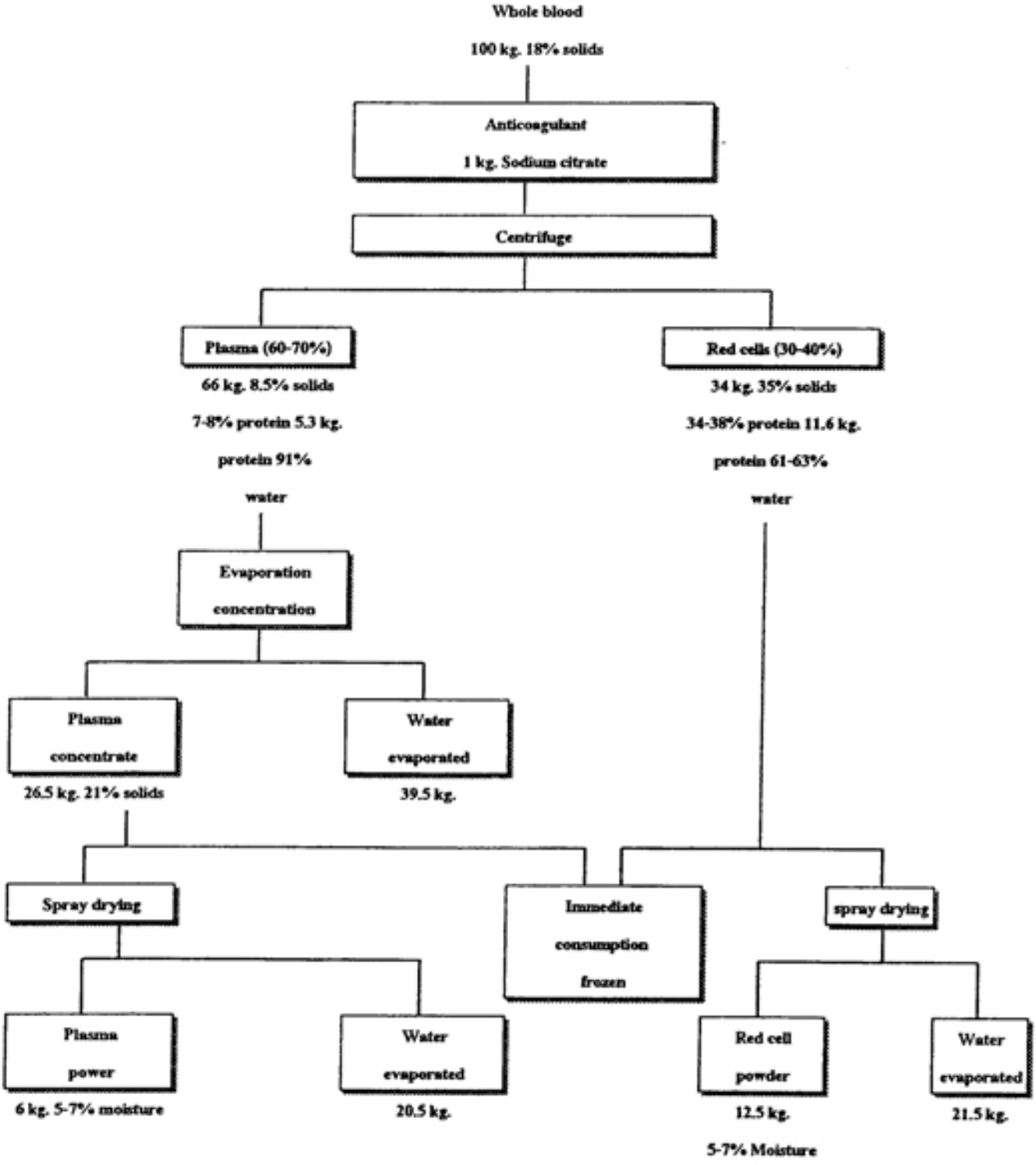
เลือดสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในลักษณะต่าง ๆ เช่น ใช้เป็นอาหาร/อาหารสัตว์, ใช้ในห้องปฏิบัติการ, ใช้ในทางการแพทย์/อุตสาหกรรม และใช้เป็นปุ๋ยบำรุงดิน ซึ่งลักษณะของการใช้สรุปได้ดังตารางที่ 4-8

สำหรับเลือดจากสัตว์ที่จะนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารจะต้องเป็นเลือดที่ได้จากสัตว์ที่ผ่านการตรวจแล้วว่ามีสุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์ปราศจากโรค พร้อมวิธีการฆ่าและขั้นตอนต่าง ๆ ในการผลิตต้องสะอาดถูกสุขอนามัย เลือดที่ได้สามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้โดยตรง หรืออาจจะนำมาแยกองค์ประกอบออกเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 4-4 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

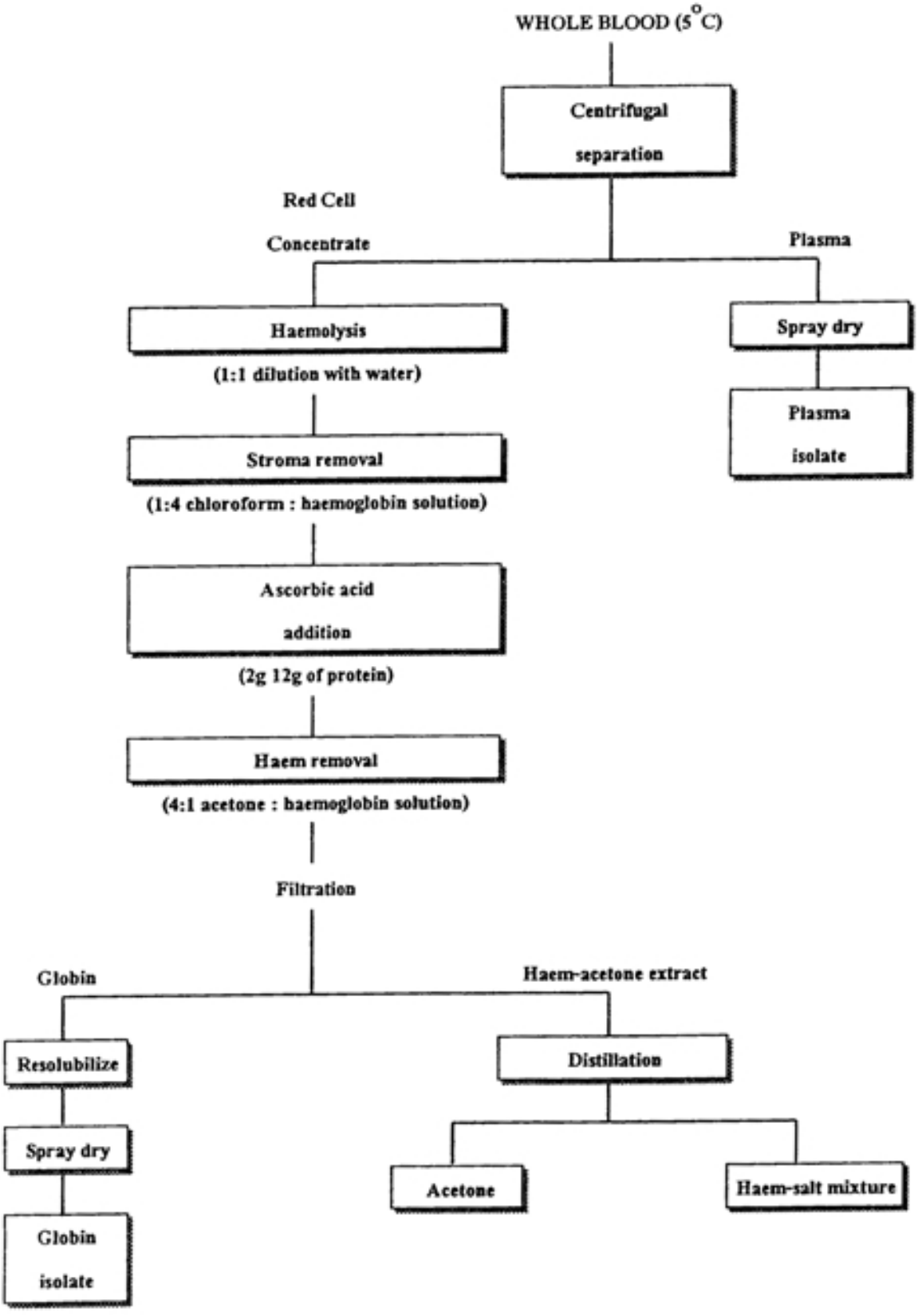
พลาสม่าจากเลือด (blood plasma) มีองค์ประกอบเป็นโปรตีนที่สำคัญ ได้แก่ globulins, allbumins และ fibrinogen พลาสม่ามีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับส่วนของไข่ขาว ดังนั้นจึงอาจใช้ทดแทนกันได้ พลาสม่ามีลักษณะเป็น emulsifier ที่ดี เหมาะที่จะใช้กับผลิตภัณฑ์ประเภทไส้กรอกชนิดต่าง ๆ การใช้พลาสม่าในผลิตภัณฑ์ประเภท bakery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

ส่วนของเม็ดเลือดแดงนั้น มีโปรตีนอยู่ในส่วนที่เรียกว่าฮีโมโกลบิน (haemoglobin) ที่มีสีแดงเข้มซึ่งเป็นข้อจำกัดที่สำคัญของการนำไปใช้ประโยชน์ (รูปที่ 4-5) ผลิตภัณฑ์ที่โดยปกติจะมีสีเข้มอยู่แล้ว ดังนั้นจึงได้มีความพยายามในการกำจัดสีออกจากโปรตีนในส่วนนี้ โดยวิธีที่นิยมใช้กัน คือ การแยกเอาส่วนนี้ โดยวิธีที่นิยมใช้กันคือการแยกเอาส่วนที่เรียกว่าฮีม (heam group) ออกจากฮีโมโลบิน ดังแสดงในรูปที่ 4-6 เม็ดเลือดแดงที่ได้จากการปั่นแยกจะถูกทำให้แตกออกโดยการเจือจางด้วยน้ำ ปรับ pH เป็น 2 ส่วนของ haem จะแยกออกจากส่วนที่เรียกว่า globin หลังจากนั้นเติม acetone ลงไป globin จะตกตะกอน กรองแยกเอาตะกอนออกแล้วนำมาละลายในน้ำ นำไปอบแห้งแบบพ่นฝอย จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแห้งเป็นผง

ตารางที่ 4-8 การใช้ประโยชน์จากเลือดสัตว์ (Ockerman และ Hansen, 1988)



รูปที่ 4-4 การแยกองค์ประกอบของเลือดเป็นผลิตภัณฑ์แห้งชนิดต่าง ๆ (Ockerman และ Hansen, 1988)



รูปที่ 4-5 แผนผังแสดงกระบวนการเตรียมกลอบบิน (globin) โดยวิธีการแยกฮีม (Heam)

(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.

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

- **น้ำเสียจากกระบวนการผลิต**

จากตารางที่ 3-6 น้ำเสียรวมจากโรงงานฆ่าสุกรซึ่งมีปริมาณ 4.52 ลูกบาศก์เมตร/ตันสุกรมีชีวิต จะยังคงมีปริมาณโปรตีนปนเปื้อนอยู่สูง ดังนั้น จึงสามารถนำโปรตีนกลับไปใช้ประโยชน์ในด้านเป็นอาหารสัตว์ ด้วยการผ่านวิธีการทำให้โปรตีนรวมตัวกันใน Concentrator tank โดยมีสารจำพวก Polyelectrolyte เป็น Flocculant แล้วทำให้ตะกอนโปรตีนลอยตัวด้วยเครื่องเป่าอากาศ จากนั้นจึงรวบรวมตะกอนโปรตีนมาปรับสภาพด้วยการเติมเลือดสัตว์ซึ่งทำหน้าที่เป็น Coagulant ใน Conditioning tank ตะกอนที่ได้จะมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบประมาณ 40-45% (40% dry) สำหรับรายละเอียดเรื่องนี้ได้นำเสนอเพิ่มเติมในบทที่ 5 และสำหรับน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วซึ่งยังคงมีปริมาณของธาตุอาหารประเภทไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงคือ 0.140 และ 0.010 กรัม/ลิตร จึงมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในพื้นที่เกษตรกรรม อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่โรงงานอยู่ห่างไกลจากพื้นที่เกษตรกรรม อาจนำน้ำทิ้งนี้กลับมาใช้ในการล้างทำความสะอาดพื้นคอกสุกรและล้างรถบรรทุกสุกรก่อนจะล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง

บทที่ 5

วิธีการที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

5.1 การรวบรวมน้ำเสีย

อุตสาหกรรมฆ่าสุกร ควรจะแยกน้ำทิ้งที่เกิดจากการล้างและถอนขนเพื่อนำมาทำการบำบัดขั้นต้นด้วยการผ่านตะแกรงกรองแยกขนและของแข็งอื่น 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

สภาพปัญหาในด้านการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นกับอุตสาหกรรมฆ่าสุกรในปัจจุบันสามารถแบ่งเป็น 2 ประเด็น ดังนี้

1) โรงงานส่วนใหญ่ซึ่งเป็นโรงฆ่าสัตว์ขนาดเล็กของเทศบาลและสุขาภิบาลต่าง ๆ ยังไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียที่สามารถบำบัดให้ได้น้ำทิ้งที่มีลักษณะสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานของทางราชการ (ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้งานอยู่ส่วนใหญ่เป็นเพียงบ่อเกรอะและบ่อซึม หรือเป็นบ่อเก็บกัก)

2) มีระบบบำบัดน้ำเสียที่ถูกต้อง แต่ก็ยังไม่สามารถบำบัดน้ำเสียให้ลักษณะสมบัติน้ำทิ้งเป็นไปตามมาตรฐานน้ำทิ้งของราชการได้

ปัญหาดังกล่าวนี้ส่วนหนึ่งเกิดจากการใช้เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียที่ไม่เหมาะสมกับลักษณะ-สมบัติของน้ำเสียที่เกิดขึ้น และอีกส่วนหนึ่งเกิดจากการขาดการดูแลรักษาระบบบำบัดน้ำเสียหรือการเดินระบบบำบัดน้ำเสียไม่ถูกต้อง แม้ว่าในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเปิดจะไม่มีความจำเป็นต้อง

ใช้ผู้ที่มีความรู้และความเชี่ยวชาญสูง แต่ประสิทธิภาพในการบำบัดความสกปรกในน้ำเสียของระบบบำบัดประเภทนี้จะสูงขึ้นหากมีการควบคุมการทำงานของระบบอย่างถูกต้อง ในขณะเดียวกันหากใช้ระบบบำบัดชั้นสูงที่สามารถกำจัดปริมาณความสกปรกในน้ำเสียได้มาก แต่ขาดผู้ควบคุมระบบที่มีความรู้ความชำนาญก็ไม่สามารถที่จะบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นกัน ดังนั้นการเปลี่ยนชนิดของระบบบำบัดน้ำเสียจากระบบบ่อเปิดเป็นระบบที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงก็ไม่ได้หมายความว่าจะสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียได้เสมอไป ความเข้าใจในหลักการบำบัดเป็นหัวใจสำคัญของการบำบัดที่มีประสิทธิภาพอย่างแท้จริงไม่ใช่ระดับของเทคโนโลยี

ดังนั้น ในบทนี้ที่ปรึกษาจึงได้นำเสนอหลักวิชาการที่เกี่ยวข้องกับวิธีการบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมและมีความเป็นได้มากที่สุดสำหรับโรงงานฆ่าสุกร รวมทั้งการเสนอแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน และข้อเสนอแนะวิธีการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียด้วย ส่วนรายละเอียดของวิธีการบำบัดและวิธีการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับโรงงานแต่ละแห่งจะต้องเป็นความรับผิดชอบของแต่ละโรงงานโดยจะขึ้นกับลักษณะสมบัติของน้ำเสีย เช่น อัตราการไหลและปริมาณความสกปรกในน้ำเสีย วัตถุประสงค์ในการบำบัดน้ำเสีย ค่าใช้จ่ายคงที่ และค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ รวมทั้งวิธีการบำบัดและประสบการณ์ของผู้ควบคุมระบบประกอบกัน

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

น้ำเสียจากกระบวนการฆ่าสุกรโดยเฉพาะน้ำเสียจากขั้นตอนการล้างตัวสัตว์ การลวกและถอนขน และล้างเครื่องในจะมีปริมาณของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids) สูง ซึ่งหากน้ำเสียส่วนนี้ไหลรวมกับน้ำเสียจากส่วนอื่น ๆ ลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียจะทำให้ถังหรือบ่อปฏิกิริยาตื้นเขินอย่างรวดเร็ว เช่น ในส่วนที่เป็นระบบบ่อหมัก ของแข็งเหล่านี้จะตกตะกอนในบ่อหมักบ่อแรกทำให้บ่อหมักนี้ตื้นเขินอย่างรวดเร็ว อีกทั้งการขุดลอกบ่อไม่สามารถกระทำได้ทั่วถึงโดยตลอดเป็นสาเหตุให้ประสิทธิ-ภาพในการบำบัดของบ่อลดลง ทั้งนี้เพราะระยะเวลาเก็บกักน้ำในบ่อลดลง ในขณะเดียวกันน้ำเสียจากกระบวนการฆ่าสุกรก็ยังมีปริมาณน้ำมันและไขมันสูงด้วย ซึ่งเมื่ออยู่ในระบบบำบัดน้ำเสียนอกจากจะจับเป็นคราบคลุมผิวน้ำซึ่งจะมีผลในการขัดขวางการถ่ายเทอากาศจากบรรยากาศลงสู่ผิวน้ำแล้ว ไขมันและน้ำมันยังจะจับกับกากตะกอน (Sludge) ซึ่งเป็นของแข็งแขวนลอยที่เกิดขึ้นในระหว่างการบำบัดและสามารถส่งผลกระทบต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบได้

ในอีกด้านหนึ่ง การบำบัดน้ำเสียขั้นต้นยังเป็นการกำจัดกากตะกอนซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่จะเกิดการย่อยสลายโดยง่าย ดังนั้น ระบบบำบัดขั้นต้นที่มีประสิทธิภาพสูงและกำจัดกากตะกอนออกโดยง่าย จึงเป็นทางเลือกที่สำคัญในการจัดการน้ำเสียจากโรงงานฆ่าสุกร

นอกจากนี้ ผลประโยชน์อื่น ๆ ที่จะได้รับจากการมีระบบบำบัดน้ำเสียขั้นต้น ได้แก่

- การลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและค่าดำเนินการระบบบำบัดน้ำเสียขั้นทุติยภูมิ
- การนำวัสดุเศษเหลือจากระบวนการผลิตกลับมาใช้ประโยชน์

สำหรับขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นในอุตสาหกรรมฆ่าสุกรโดยทั่วไป ได้แก่

5.2.1.1 <u>การกำจัดของแข็งด้วยการกรองหรือตกตะกอน</u>

เนื่องจากของแข็งที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสียจากกระบวนการฆ่าสุกร มีทั้งที่มีขนาดใหญ่ เช่น เศษอวัยวะและชิ้นส่วนกระดูกสัตว์ และที่มีขนาดเล็ก เช่น ขนสุกร 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

วิธีนี้ไม่นิยมนำมาใช้ในการกำจัดน้ำมันและไขมันจากน้ำเสียโรงงานฆ่าสุกร เนื่องจากการเติมคลอรีนจะทำให้น้ำเสียที่ส่งต่อไปบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพมีปริมาณคลอรีนหลงเหลือ (Residual Chlorine) อยู่ในปริมาณมากจนส่งผลกระทบต่อจุลชีพในระบบได้

- การเติมคลอรีนร่วมกับการเป่าอากาศ

เนื่องจากมีการใช้คลอรีน ซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียขั้นทุติยภูมิ ทำให้วิธีนี้ไม่เหมาะสมในการกำจัดน้ำมันและไขมันจากน้ำเสียโรงงานฆ่าสุกรเช่นกัน

- การเพิ่มอุณหภูมิ

เป็นการใช้อุณหภูมิสูงเพื่อลดค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันหรือไขมัน ทำให้ลอยขึ้นมาได้ แต่วิธีนี้ไม่เหมาะสมในการกำจัดไขมันและน้ำมันจากน้ำเสียของโรงงานฆ่าสุกรเนื่องจากน้ำเสียมีปริมาณมาก 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

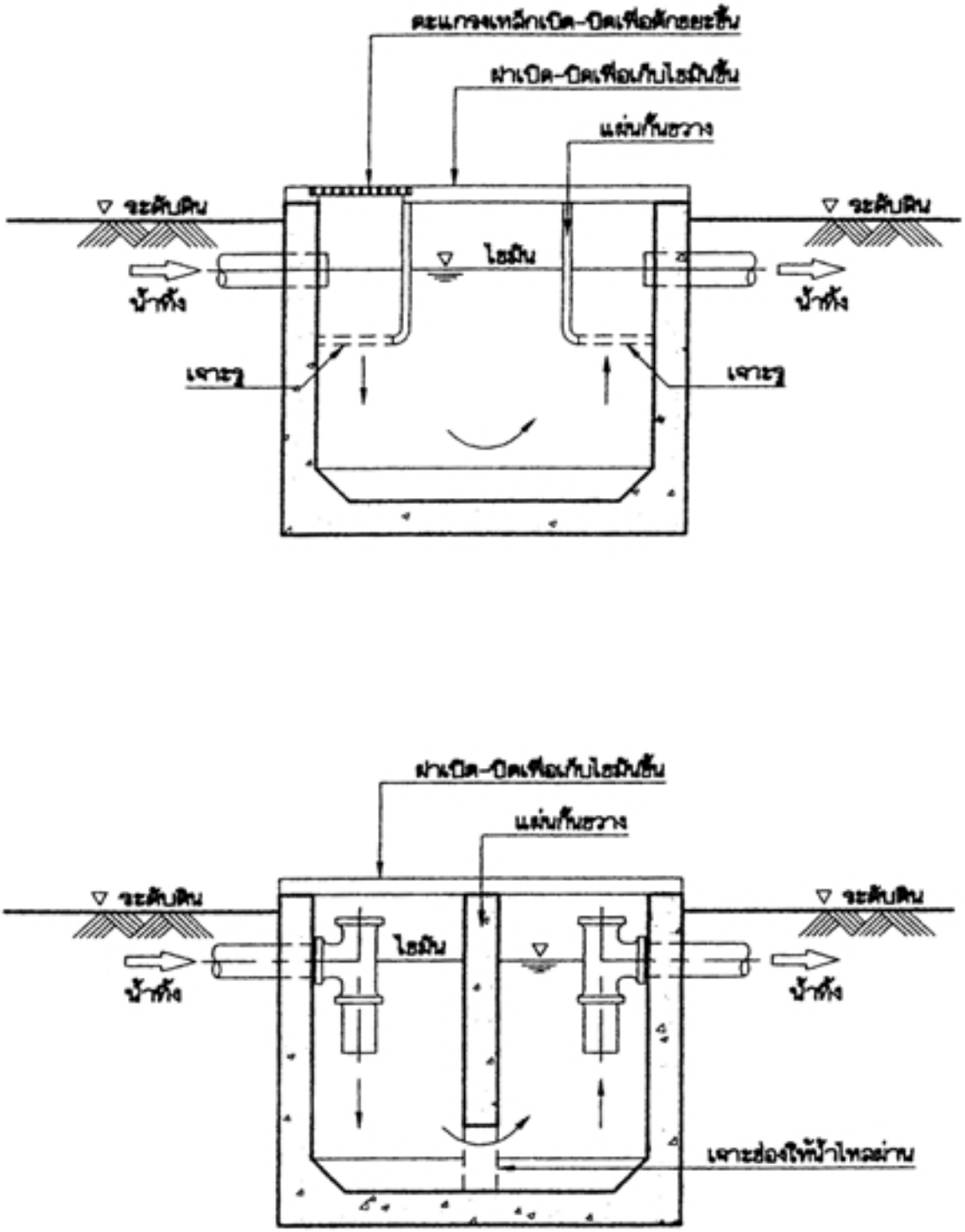
Dissolved Air Floatation (DAF) เป็นวิธีที่เป่าอากาศลงในน้ำเสีย ภายใต้ความดันบรรยากาศจากนั้นจึงปล่อยความดันให้เข้าสู่สภาวะความดันบรรยากาศปกติ ฟองอากาศจำนวนมากจะนำไขมันและน้ำมันรวมทั้งตะกอนต่าง ๆ ลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ จากนั้นตะกอนที่ลอยขึ้นมาจะถูกกวาดทิ้งไป รูปแบบของระบบกำจัดไขมันและน้ำมันแบบ Dissolved Air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

เนื่องจากน้ำเสียจากกระบวนการฆ่าสุกรมักจะปนเปื้อนด้วยไขมันและน้ำมันรวมถึงของแข็งทั้งที่มีขนาดใหญ่และขนาดเล็ก ระบบบำบัดน้ำเสียขั้นต้นที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมประเภทนี้จึงประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้

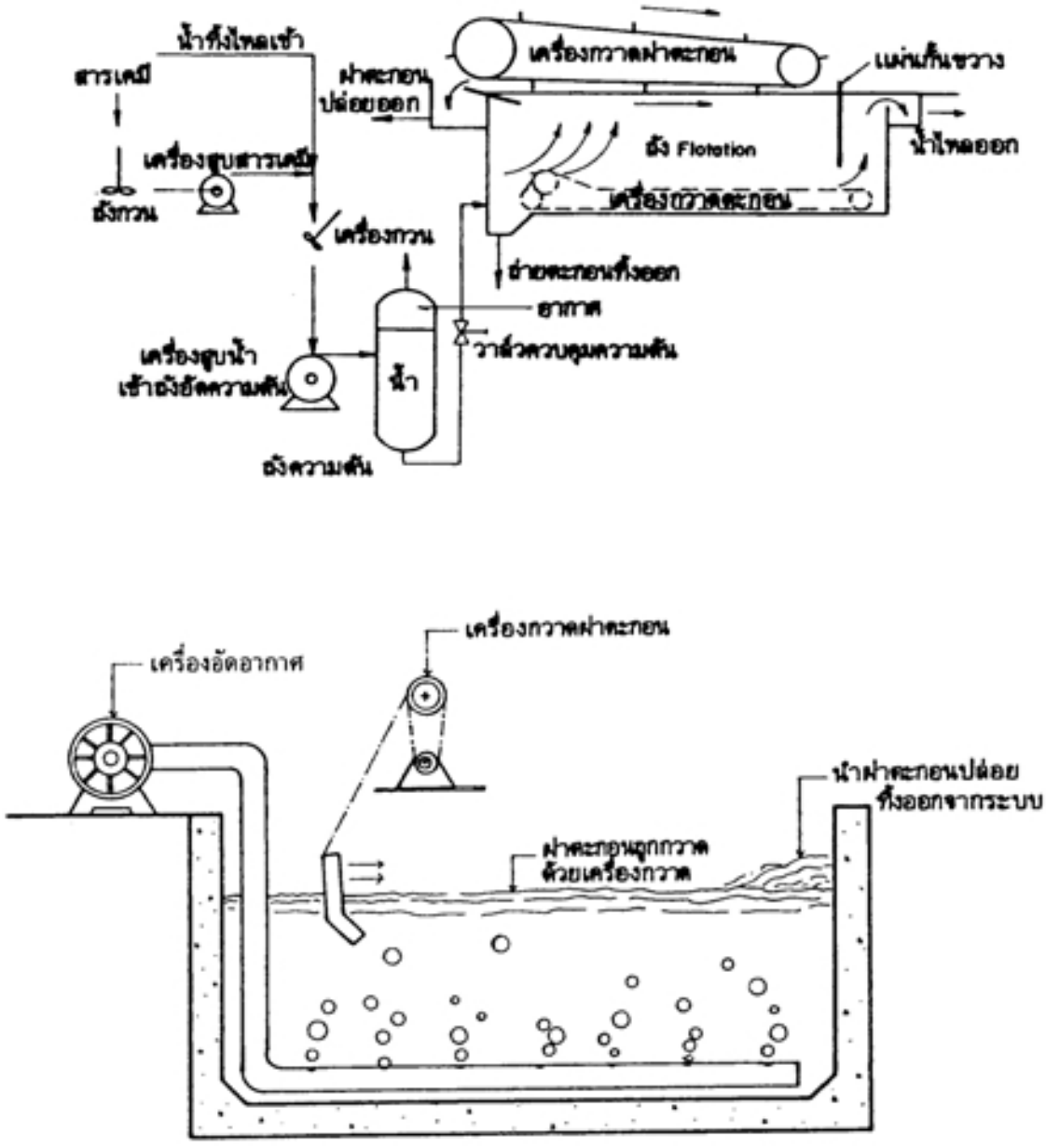
- ขั้นตอนแรก เป็นการกำจัดของแข็งที่มีขนาดใหญ่ (Coarse Solids) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดในขั้นตอนต่อไป โดยโรงงานส่วนใหญ่จะใช้ตะแกรง (screen) ซึ่งอาจอยู่ในรูปของ Static screens, Vibrating screen หรือ Rotary drum screen และในบางแห่งอาจใช้วิธีการตกตะกอนในถังตกตะกอนที่อาจใช้วิธีตกด้วยแรงโน้มถ่วง หรือวิธีที่ใช้เครื่องจักรช่วย
- ขั้นตอนสอง เป็นการกำจัดไขมันและน้ำมัน รวมทั้งของแข็งแขวนลอยที่มีขนาดเล็ก โรงงานฆ่าสัตว์ส่วนใหญ่ใช้ Grease Trap ที่ใช้แรงงานคนคอยตักไขมันที่อยู่ผิวน้ำออกไปกำจัดต่อในขณะที่มีโรงงานเพียงจำนวนน้อยที่ใช้ระบบ Dissolved Air Floatation (DAF)

สำหรับข้อพิจารณาในการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นของโรงงานฆ่าสุกร มีดังนี้

- เนื่องจากน้ำเสียจากโรงงานฆ่าสุกรมีปริมาณสูงมาก การใช้วิธีตกตะกอนในถังตกตะกอน จึงไม่เหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์
- ในกรณีที่ใช้ตะแกรงแยกของแข็งออกจากน้ำเสียโรงงานฆ่าสุกร อาจดำเนินการ 2 ขั้นตอน คือตะแกรงหยาบและตะแกรงละเอียด อย่างไรก็ตามการใช้ตะแกรงละเอียดและเครื่องสูบน้ำจะทำให้ไขมันที่ปนเปื้อนในน้ำเสียแตกตัวมากขึ้น เป็นผลให้การกำจัดไขมันและน้ำมันในขั้นตอนที่สองยากขึ้น
- ปริมาณไขมันและน้ำมันที่มีอยู่จำนวนมากในน้ำเสีย ทำให้มีความจำเป็นที่ต้องล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ที่ใช้บำบัดน้ำเสียขั้นต้น ในกรณีที่ใช้ตะแกรงควรทำความสะอาดโดยการใช้แปรงขัดถู และกรณีที่ใช้ Rotary drum screen ควรใช้น้ำร้อนเป็นน้ำล้างทำความสะอาด



รูปที่ 5-1 รูปแบบทั่วไปของบ่อดักไขมันหรือน้ำมัน



รูปที่ 5-2 รูปแบบทั่วไปของระบบกำจัดไขมันและน้ำมันแบบ Dissolved Air Floatation

- 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)

5.2.2 <u>การบำบัดน้ำเสียขั้นทุติยภูมิ</u>

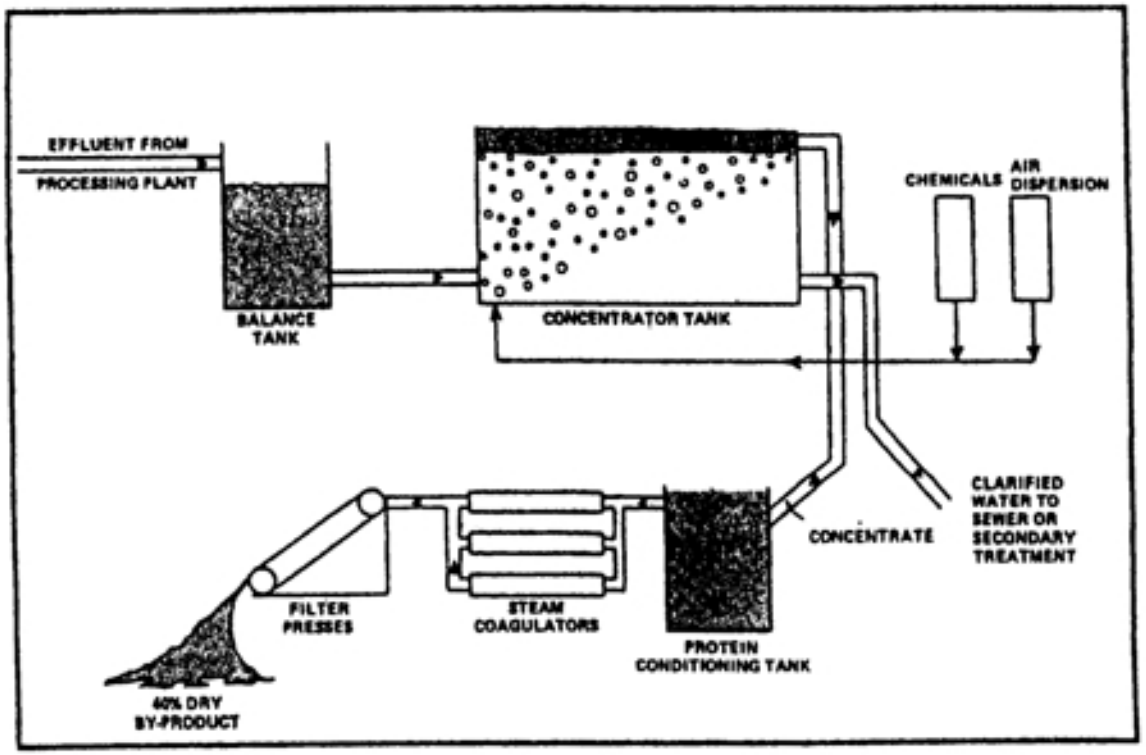
น้ำเสียจากโรงงานฆ่าสัตว์จำเป็นจะต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียขั้นทุติยภูมิซึ่งเป็นระบบบำบัดแบบชีวภาพ ผลการสำรวจโรงงานฆ่าสุกรพบว่าระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้งานโดยทั่วไป ได้แก่

- ระบบบ่อหมักที่ติดตามด้วยบ่อกึ่งหมักและบ่อผึ่ง
- ระบบบ่อหมักที่ติดตามด้วยบ่อเติมอากาศและบ่อผึ่ง
- ระบบบ่อหมักที่ติดตามด้วยบ่อเติมอากาศและระบบตะกอนเร่ง

น้ำเสียจากโรงงานฆ่าสุกรเหมาะสมกับวิธีการบำบัดทางชีวภาพ ด้วยเหตุผลดังนี้

- ลักษณะสมบัติของน้ำเสียประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายง่าย เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรท ฟอสฟอรัส และสารอาหารที่จำเป็นต่าง ๆ
- ในน้ำเสียไม่มีการปนเปื้อนของสารที่เป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ที่ทำงานในระบบ

รูปที่ 5-8 แสดงการแยกตะกอนโปรตีนออกจากน้ำเสียของโรงงานชำแหละสัตว์



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

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 กิโลกรัม ของแข็งทั้งหมดต่อกิโลกรัมบีโอดีที่ถูกกำจัด)

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

5) อุณหภูมิ : ❑ อุณหภูมิ ที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 35-40^{o}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

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

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

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

5.2.2.2 <u>ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ</u> (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 โดยกระบวนการ 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 และมีปริมาณออกซิเจนน้อยหรือไม่มีจะอยู่ในสภาวะแบบไร้ออกซิเจนซึ่งจุลินทรีย์จะย่อยสลายสารอินทรีย์และแปรสภาพเป็นก๊าซต่าง 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 ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในอัตราส่วน 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°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 ความต้องการออกซิเจนของแบคทีเรียจึงมีค่าสุงสุดที่ตรงหัวถัง 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 ออกแบบให้น้ำทิ้งและตะกอนจุลินทรีย์ไหลเข้าถังเติมอากาศสม่ำเสมอตลอดถัง 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 เมตรแทนถังเติมอากาศ เพื่อต้องการให้การก่อสร้างง่าย ดังนั้น Oxidation Ditch จึงใช้พื้นที่มากกว่าระบบ AS แบบอื่น ๆ เหมาะสำหรับกำจัดน้ำทิ้งปริมาณไม่มากนัก 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 และระบบนี้ยังสามารถกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้ระดับหนึ่งและยังพบว่าระบบนี้จะป้องกันการเกิดปัญหาตกตะกอนไม่ดี คือ ปัญหาสลัดจ์อืด (Bulking Sludge) และป้องกันการเกิดฟอง (Foam) ขึ้นจนล้นถังออกมาได้อีกด้วย

4. ระบบโปรยกรอง (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 รูปทรงกระบอกประกอบด้วยแผ่นตัวกลางเป็นลอนจัดเรียงติดต่อกันเป็นรูพรุนเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวยึดเกาะแก่เมือกจุลินทรีย 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. การเปรียบเทียบระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ

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

5.3 การกำจัดตะกอนส่วนเกินจากระบบบำบัดน้ำเสีย

จากรายละเอียดเรื่องวิธีการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการฆ่าสุกรในหัวข้อ 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

ตารางที่ 5-2 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของระบบบำบัดแบบใช้อากาศประเภทต่าง ๆ

ประเภทของระบบบำบัดน้ำเสีย / ข้อดี-ข้อเสีย	ระบบบ่อธรรมชาติ (OP)	ระบบบ่อเติมอากาศ	ระบบตะกอนเร่ง (AS)	ระบบโปรยกรอง (TF)	ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ (RBC)
ข้อดี	1. ไม่ต้องใช้ผู้ควบคุมที่มีความรู้สูง (น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับระบบอื่นๆ) 2. สิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่าระบบอื่น 3. สิ้นเปลืองค่าก่อสร้างน้อย 4. ค่าดำเนินการต่ำที่สุด 5. รับภาระแปรปรวนของความเข้มข้นของบีโอดีได้สูง	1. ไม่ต้องใช้ผู้ควบคุมที่มีความรู้สูง เพราะไม่ต้องควบคุมตะกอนจุลินทรีย์ 2. สิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่าระบบบำบัดอื่นที่ใช้เครื่องจักรกล 3. ก่อสร้างง่ายไม่ต้องสูบตะกอนกลับ 4. มีตะกอนส่วนเกินที่ต้องกำจัดน้อย	1. ระบบมีประสิทธิภาพสูงมากกว่า 90% 2. ใช้พื้นที่น้อยกว่าระบบบ่อเติมอากาศ 3. ไม่มีปัญหาเรื่องกลิ่น 4. คุณภาพน้ำทิ้งได้ตามมาตรฐาน	1. ระบบมีประสิทธิภาพสูงมากกว่า 90% 2. ไม่มีปัญหาเรื่องการตกตะกอนจุลินทรีย์ 3. ไม่ต้องใช้ผู้ควบคุมที่มีความรู้ความชำนาญสูงมาก 4. ประหยัดพลังงานกว่าระบบตะกอนเร่ง เนื่องจากใช้ออกซิเจนจากอากาศที่อยู่ในช่องระหว่างตัวกลาง 5. ทนทานต่อ shock load และการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำเสียได้ดี	1. ระบบมีประสิทธิภาพสูงใกล้เคียงกับระบบตะกอนเร่ง 2. ใช้พลังงานน้อยกว่าประมาณครึ่งหนึ่งของระบบตะกอนเร่ง 3. ไม่มีปัญหาเรื่องตะกอนลอย 4. ไม่ต้องใช้ผู้ควบคุมดูแลระบบที่มีความรู้ความชำนาญสูงมาก
ข้อเสีย	1. ใช้พื้นที่มากกว่าระบบอื่น ๆ 2. ประสิทธิภาพการบำบัดต่ำกว่าระบบระบบอื่น ๆ 3. ปรับปรุงเปลี่ยนแปลงได้ยากกว่า	1. มีตะกอนหลุดออกไปกับน้ำทิ้ง 2. ประสิทธิภาพการบำบัดต่ำ 3. ใช้พื้นที่มาก 4. การบำบัดไม่เท่ากันทุกจุด เพราะออกซิเจนกระจายไม่ทั่วถึง 5. อาจเกิดฟองจากการกวนของเครื่องเติมอากาศ 6. ขอบบ่อและก้นบ่อชำรุดง่ายหากเป็นบ่อดิน	1. เป็นระบบที่ใช้พลังงานสูงกว่าระบบบ่อเติมอากาศ 2. มีตะกอนส่วนเกินที่ต้องกำจัดเป็นประจำ 3. ต้องใช้ผู้ควบคุมระบบที่มีความรู้ความชำนาญ 4. มักมีปัญหาเรื่องการตกตะกอนในถังตกตะกอนสุดท้าย 5. ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและดำเนินการสูงกว่าระบบบ่อเติมอากาศ	1. ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสูงกว่าระบบตะกอนเร่ง 2. ในบางครั้งจะมีกลิ่น 3. เป็นที่เพาะยุงและแมลงซึ่งยังทำให้เกิดการอุดตันของตัวกรองและท่อกระจายน้ำเสียได้ง่าย 4. ตะกอนจุลินทรีย์หนาตากแห้งได้ช้า 5. อากาศและอาหารเป็นข้อกำจัดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เกาะอยู่กับตัวกลางบริเวณด้านใน	1. ค่าก่อสร้างสูงกว่าระบบอื่น ๆ 2. หากระบบไม่มีหลังคาคลุมจะเกิดสาหร่ายคลุมผิวหน้าจานทำให้ประสิทธิภาพลดลง 3. ออกซิเจนเป็นปัจจัยจำกัดที่สำคัญของการทำงานของระบบนี้

5.4 ตัวอย่างการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฆ่าสุกร

บริษัทที่ปรึกษาได้ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงงานฆ่าสุกร 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 ที่ใช้สำหรับออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงงานฆ่าสุกรแสดงดังตารางที่ 5-3 สำหรับรายละเอียดของระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละชนิด มีดังนี้

5.4.1 <u>ระบบบำบัดแบบบ่อไร้อากาศติดตามด้วยบ่อกึ่งไร้อากาศและบ่อบ่ม</u>

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.)

ตารางที่ 5-3 การเปรียบเทียบค่าคงที่เพื่อใช้ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงงานฆ่าสุกร

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
				บ่อสอง 300
Aerated Lagoon	K (d^{-1})	0.5-3.0 [3]	2.3	บ่อแรก 2.0
				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.

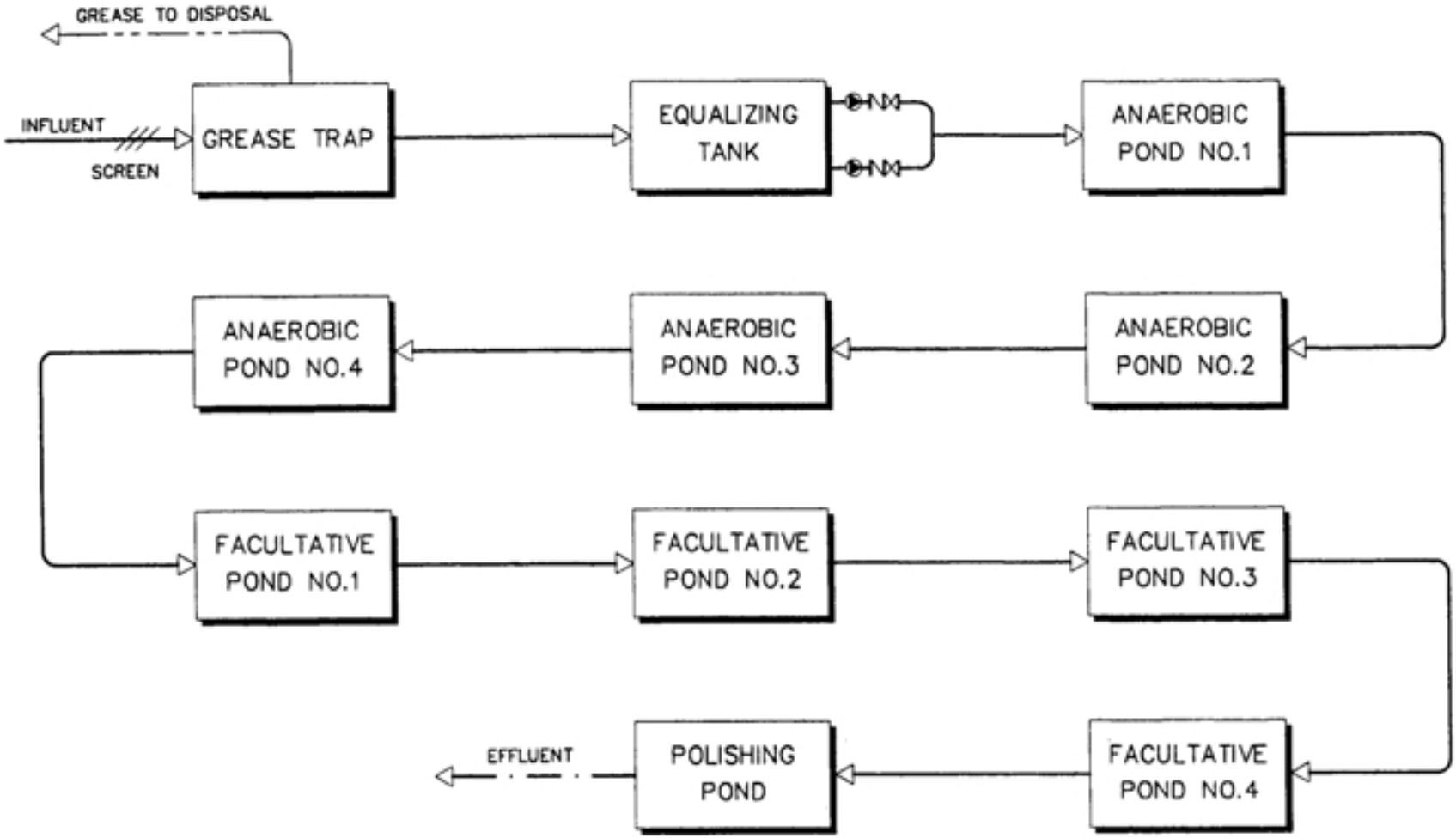
5.4.2 ระบบบำบัดแบบบ่อไร้อากาศติดตามด้วยบ่อเติมอากาศและบ่อผึ่ง

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

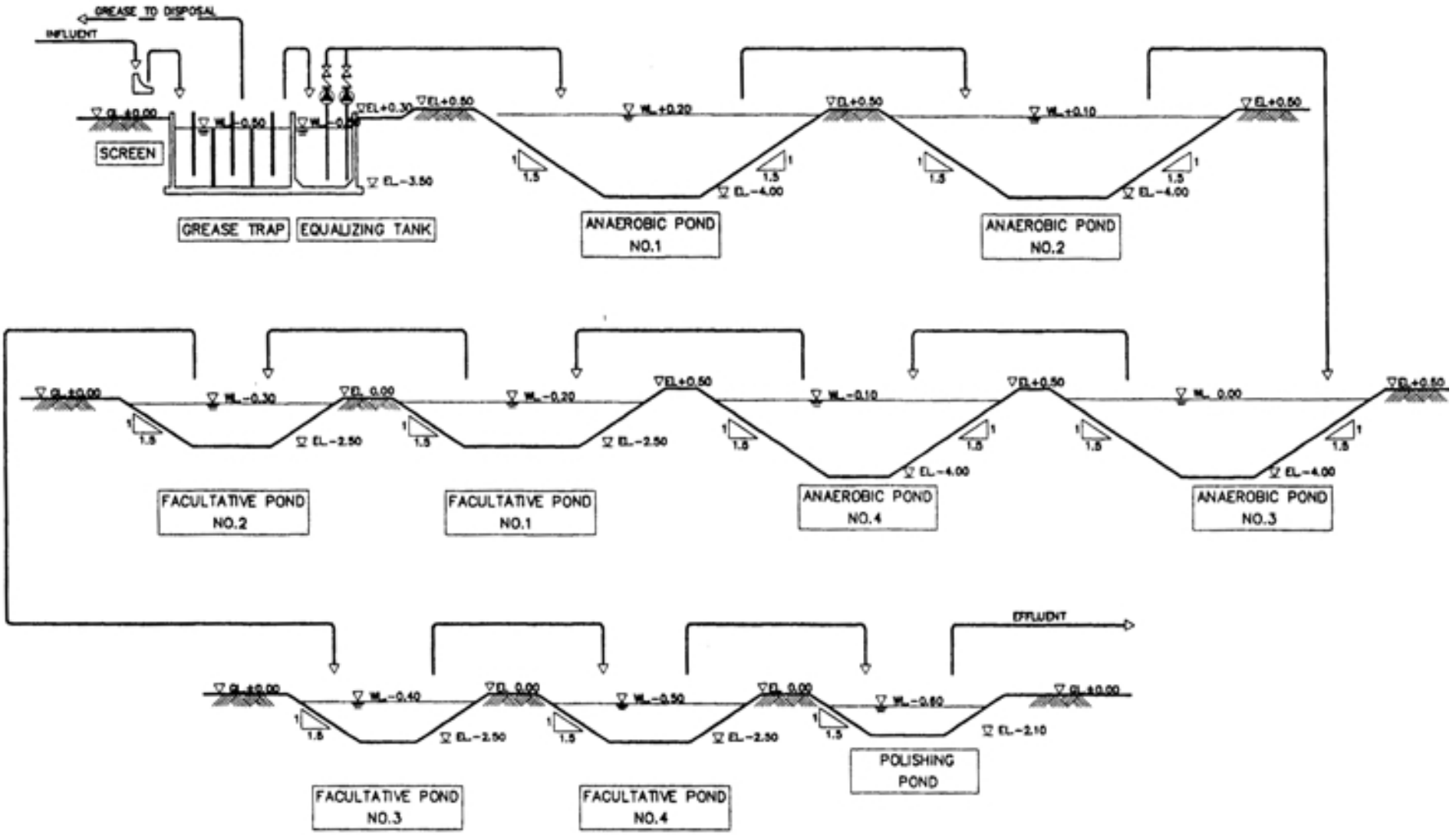
5.4.3 ระบบบำบัดแบบบ่อไร้อากาศติดตามด้วยระบบตะกอนเร่ง

รูปแบบขั้นตอนการทำงานของระบบบำบัดชนิดนี้แสดงดังรูปที่ 5-6 ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ ภายหลังจากน้ำเสียไหลผ่านตะแกรงกรอง บ่อดักไขมัน และบ่อสูบแล้ว น้ำเสียจะถูกสูบส่งเข้าสู่บ่อไร้อากาศ จากบ่อนี้น้ำเสียจะถูกสูบเข้าสู่ระบบตะกอนเร่ง ซึ่งประกอบด้วยถังเติมอากาศ (Aeration Tank) และถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) น้ำเสียจะถูกจุลินทรีย์ในถังเติมอากาศย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียทำให้น้ำมีความสกปรกลดลง แล้วน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลเข้าสู่ถังตกตะกอนเพื่อแยกตะกอนออกจากน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว ผลการคำนวณองค์ประกอบของระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 กรณี แสดงดังตารางที่ 5-6 (รายการคำนวณโดยละเอียดนำเสนอในภาคผนวก ง.)

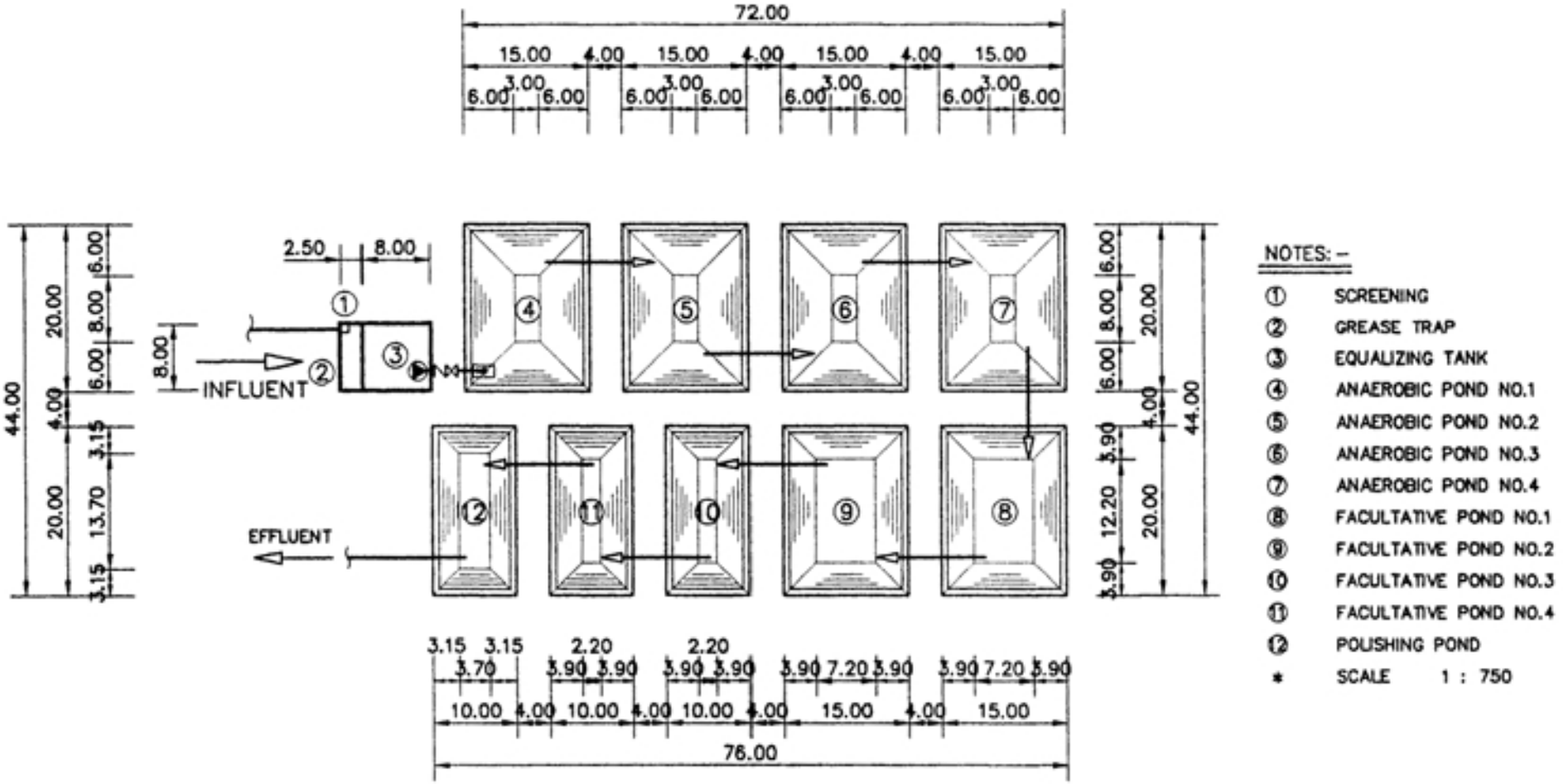
สำหรับค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฆ่าสุกร โค และกระบือ โดยเฉพาะค่าอุปกรณ์เครื่องจักร และค่าเดินระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 ระบบและ 3 กรณี สรุปได้ดังตารางที่ 5-7 ถึง 5-9



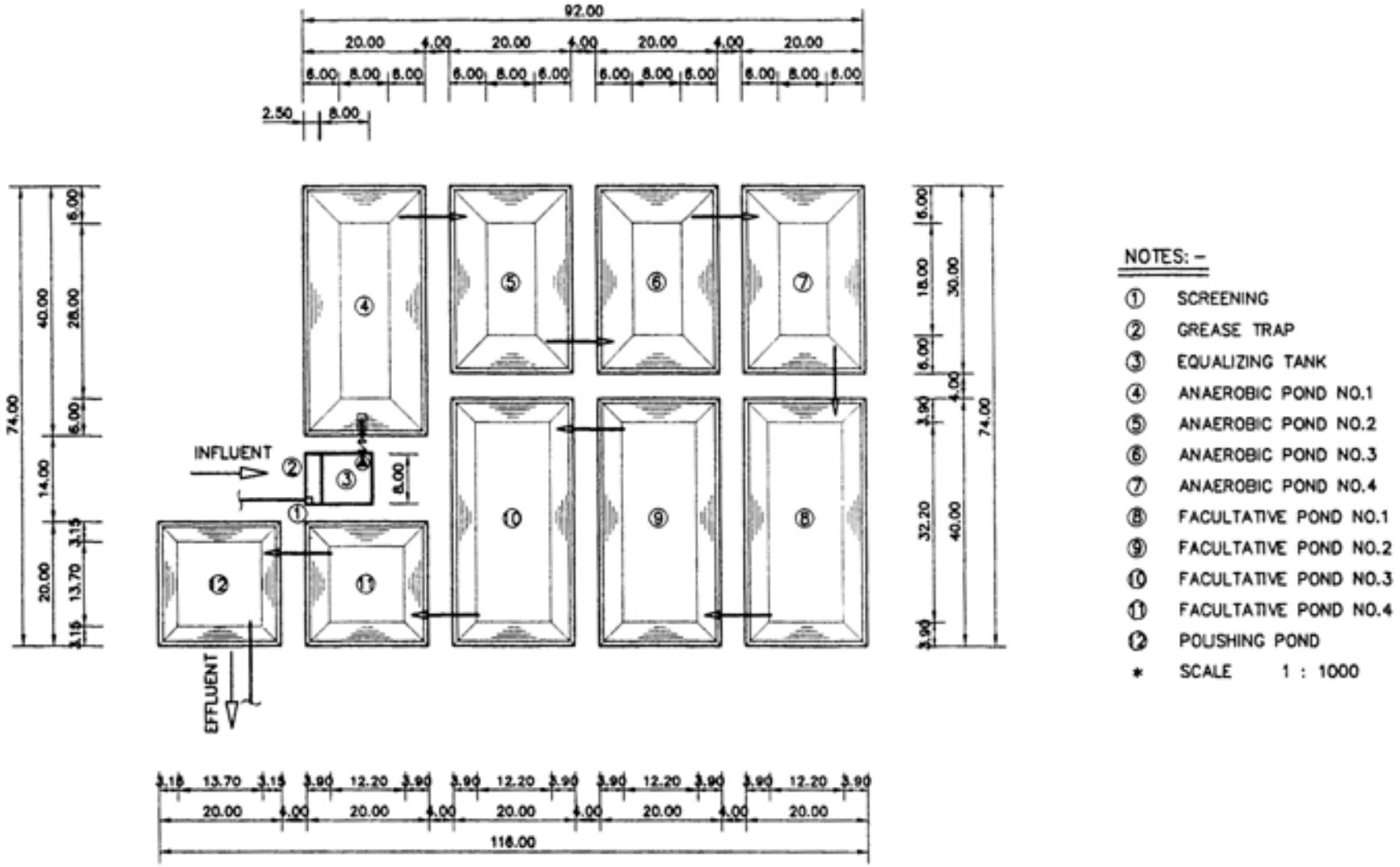
รูปที่ 5-4 (ก) Flow Diagram ระบบบำบัดน้ำเสีย (ขนาดพื้นที่มาก)
ของโรงงานฆ่าสุกร โค และกระบือ (100 และ 300 ตัว/วัน)



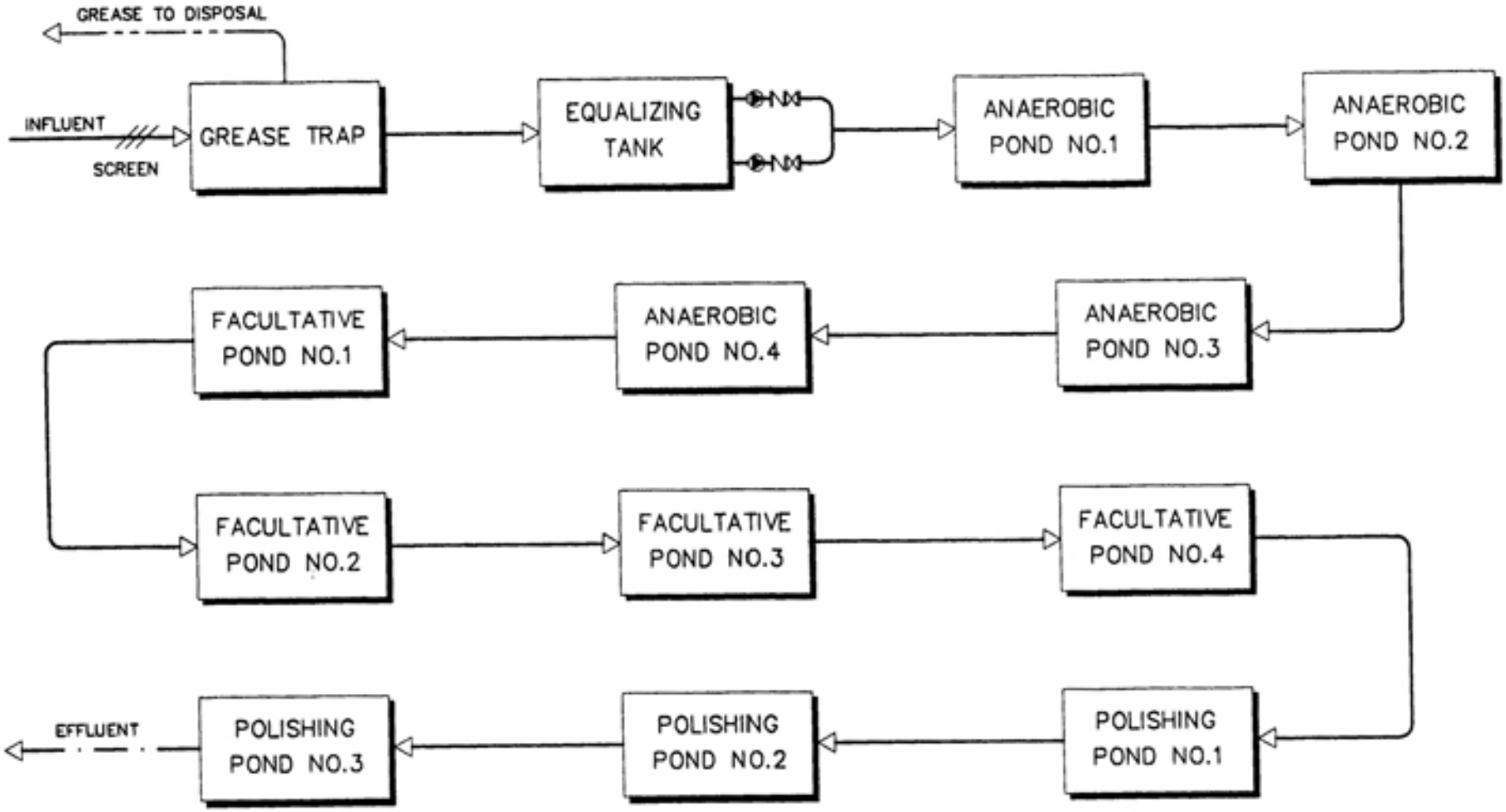
รูปที่ 5-4 (ข) Hydraulic Profile ระบบบำบัดน้ำเสีย (ขนาดพื้นที่มาก)
ของโรงงานฆ่าสุกร โค และกระบือ (100 และ 300 ตัว/วัน)



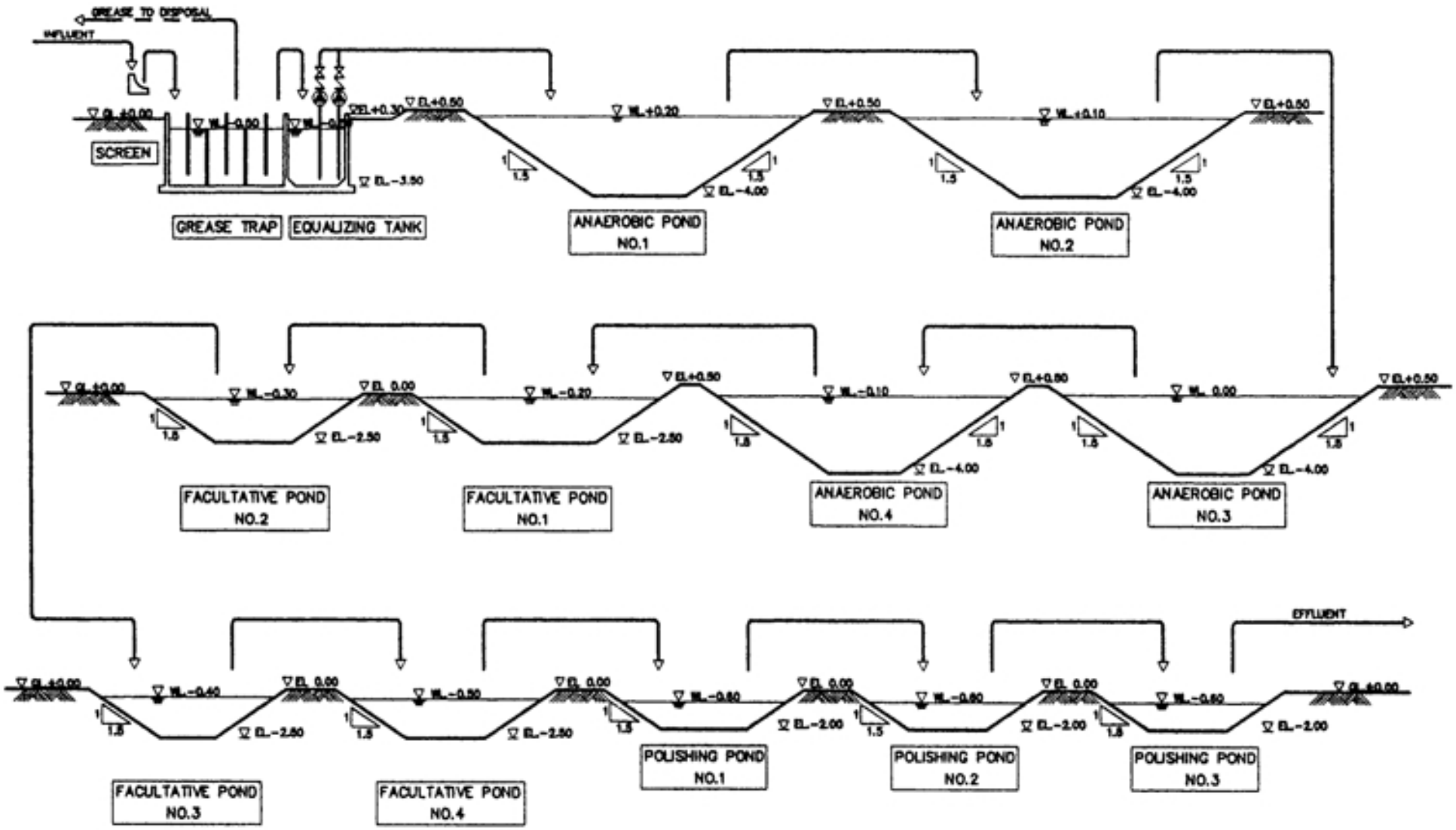
รูปที่ 5-4 (ก) Plant Lay-out ระบบบำบัดน้ำเสีย (ขนาดพื้นที่มาก)
ของโรงงานฆ่าสุกร โค และกระบือ (100 ตัว/วัน)



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

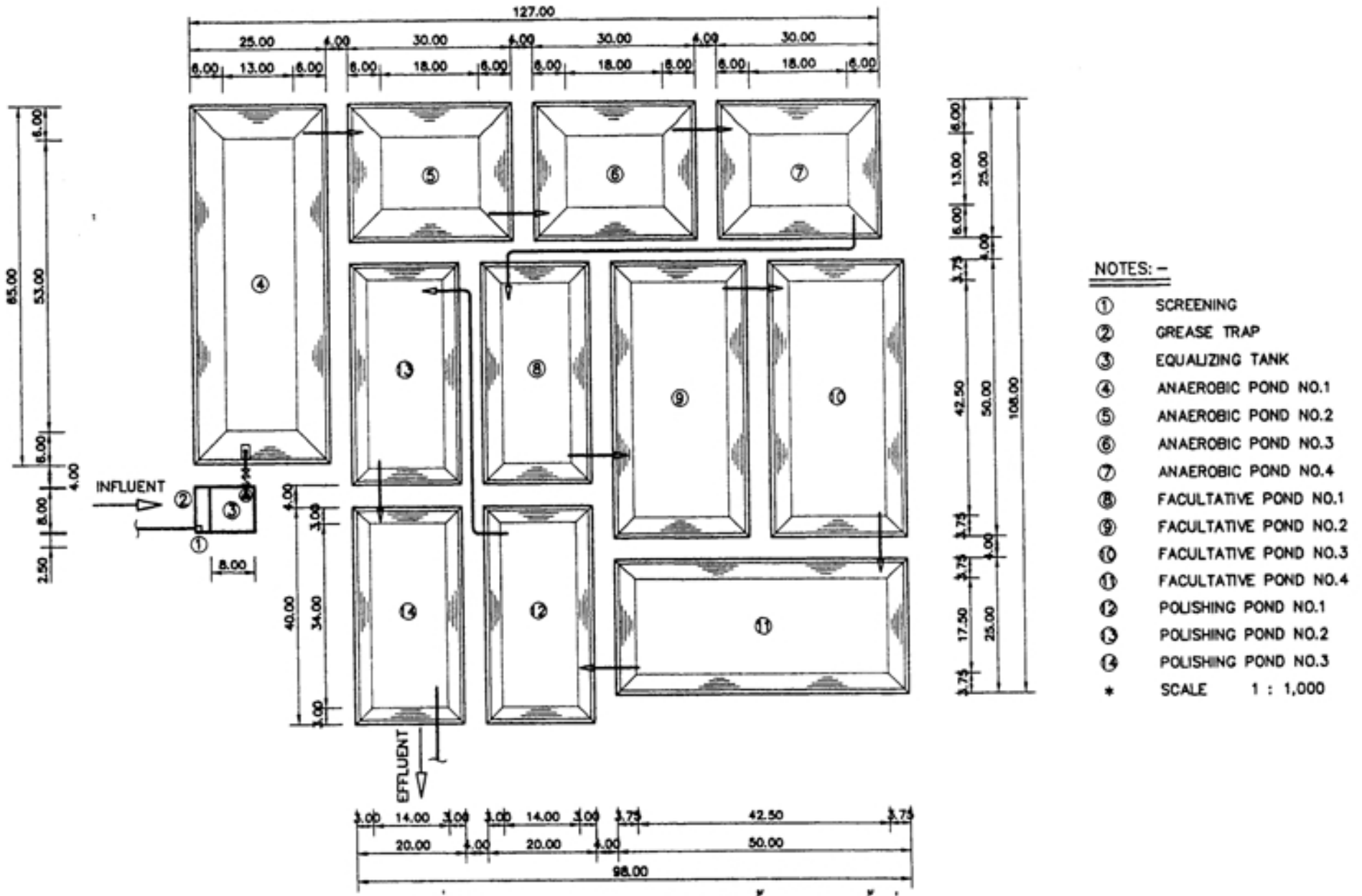


รูปที่ 5-4 (ข) Flow Diagram ระบบบำบัดน้ำเสีย (ขนาดพื้นที่มาก)
ของโรงงานฆ่าสุกร โค และกระบือ (500 ตัว/วัน)



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

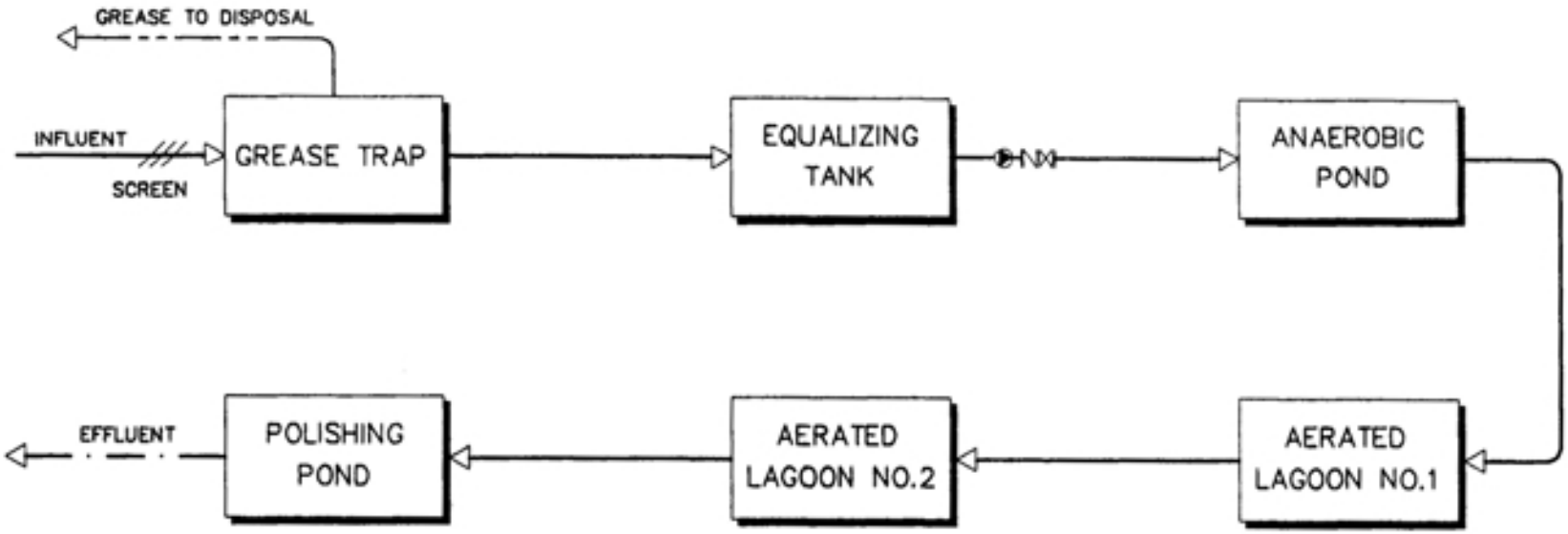
SCALE V = 1 : 300
H = NOT TO SCALE



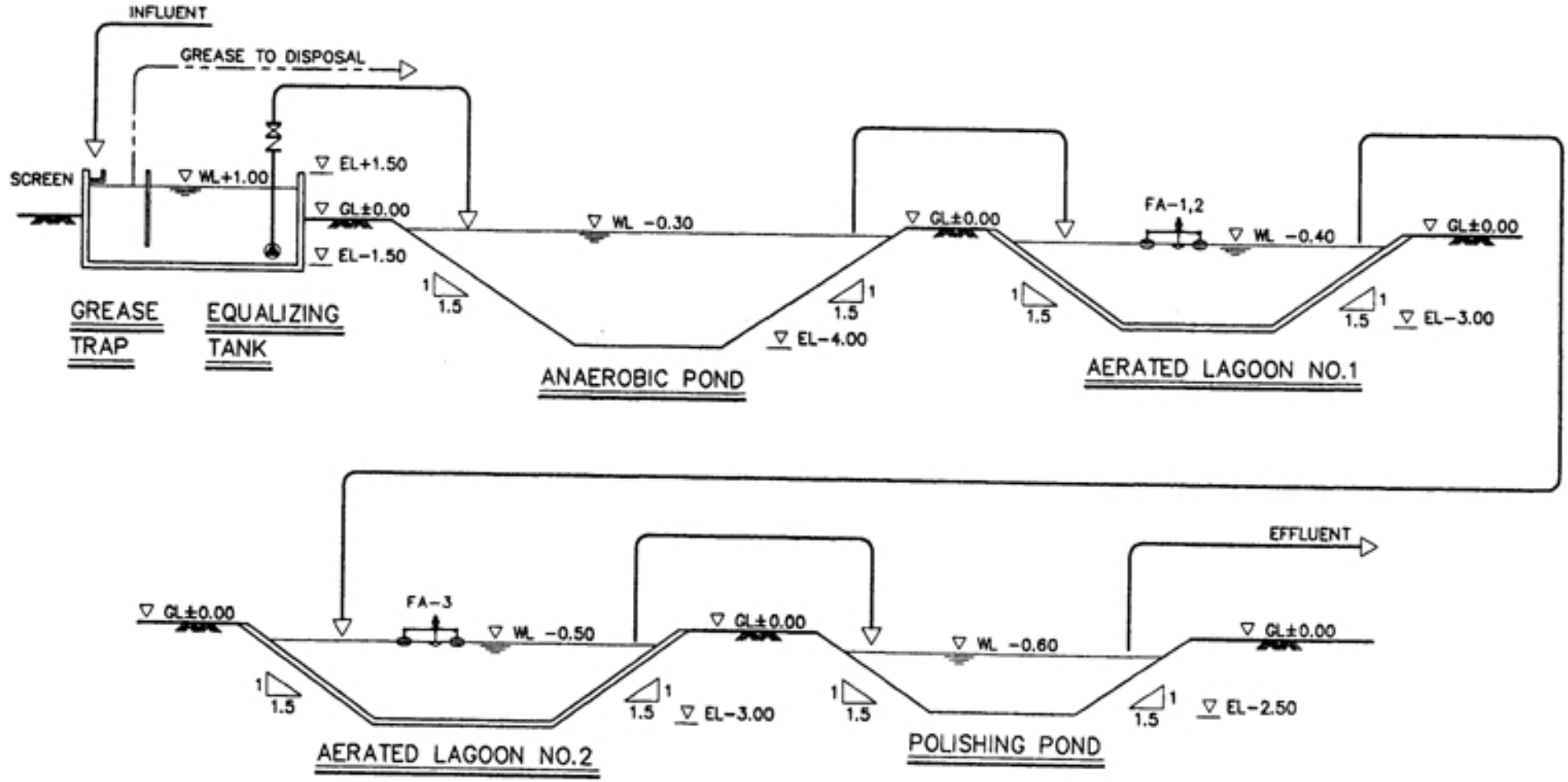
รูปที่ 5-4 (ข) Plant Lay-out ระบบบำบัดน้ำเสีย (ขนาดพื้นที่มาก)
ของโรงงานฆ่าสุกร โค และกระบือ (500 ตัว/วัน)

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				

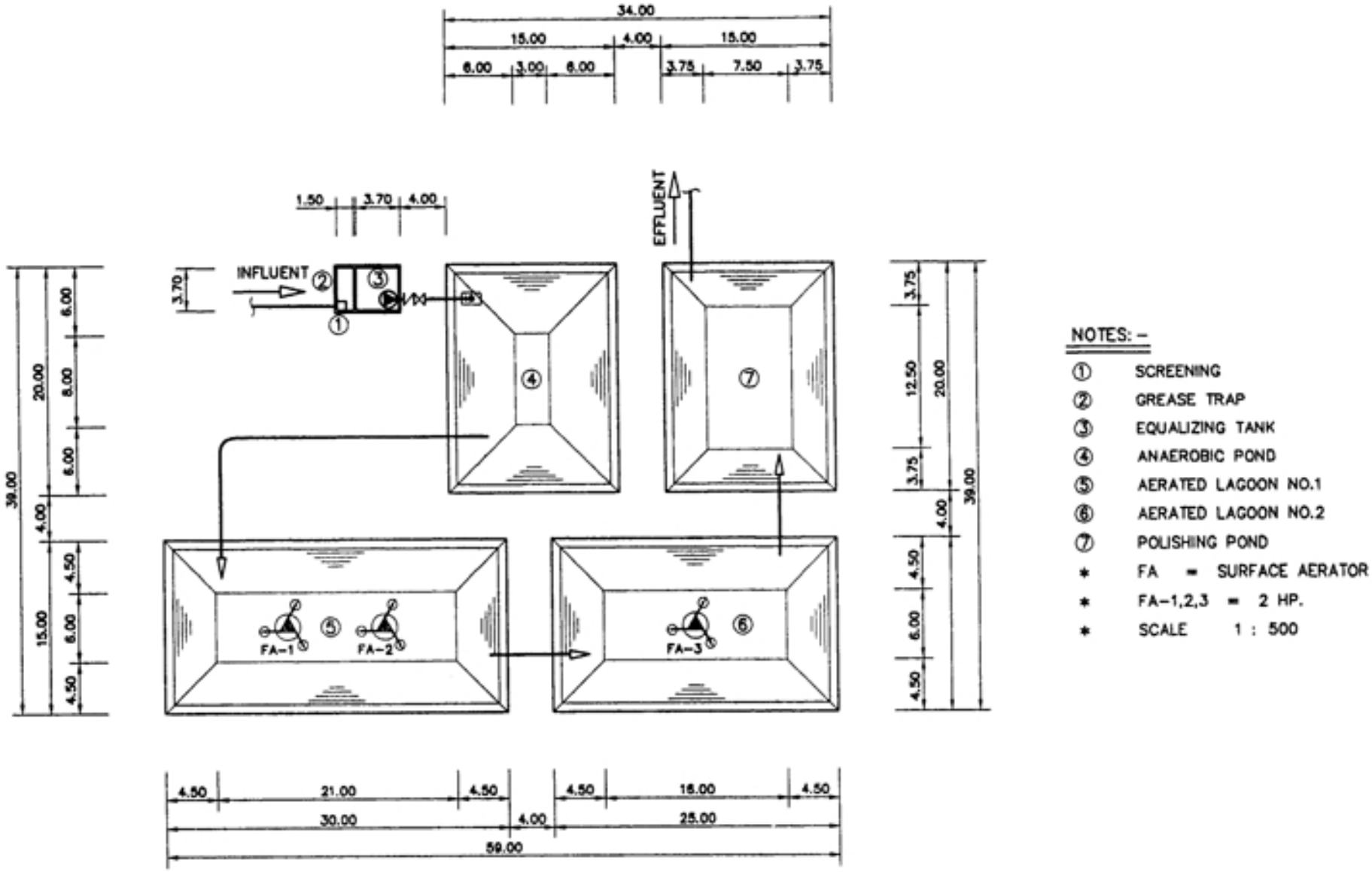


รูปที่ 5-5 (ก) Flow Diagram ระบบบำบัดน้ำเสีย (ขนาดพื้นที่ปานกลาง)
ของโรงงานฆ่าสุกร โค และกระบือ



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

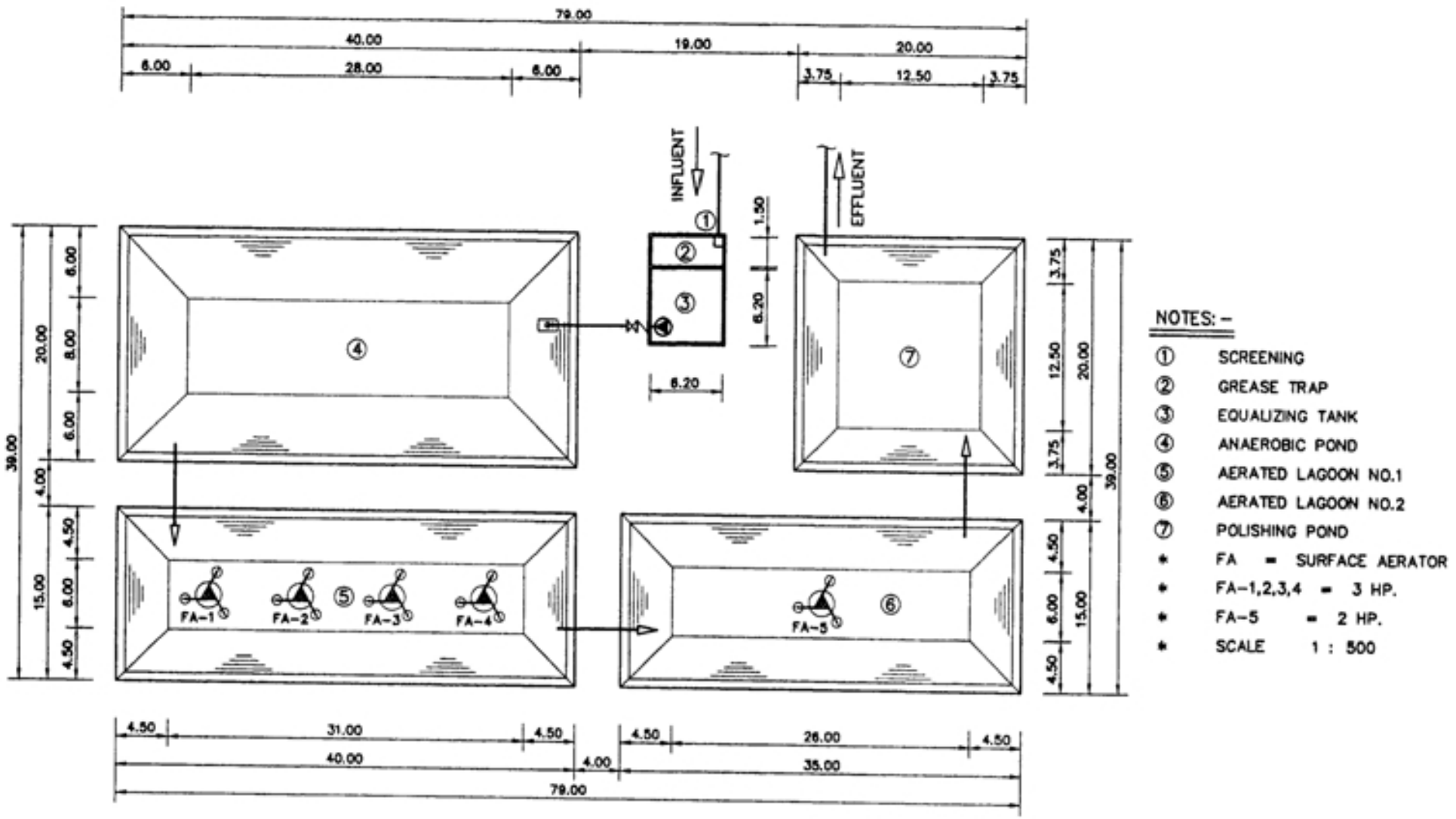
SCALE V. = 1:200
H. = NOT TO SCALE



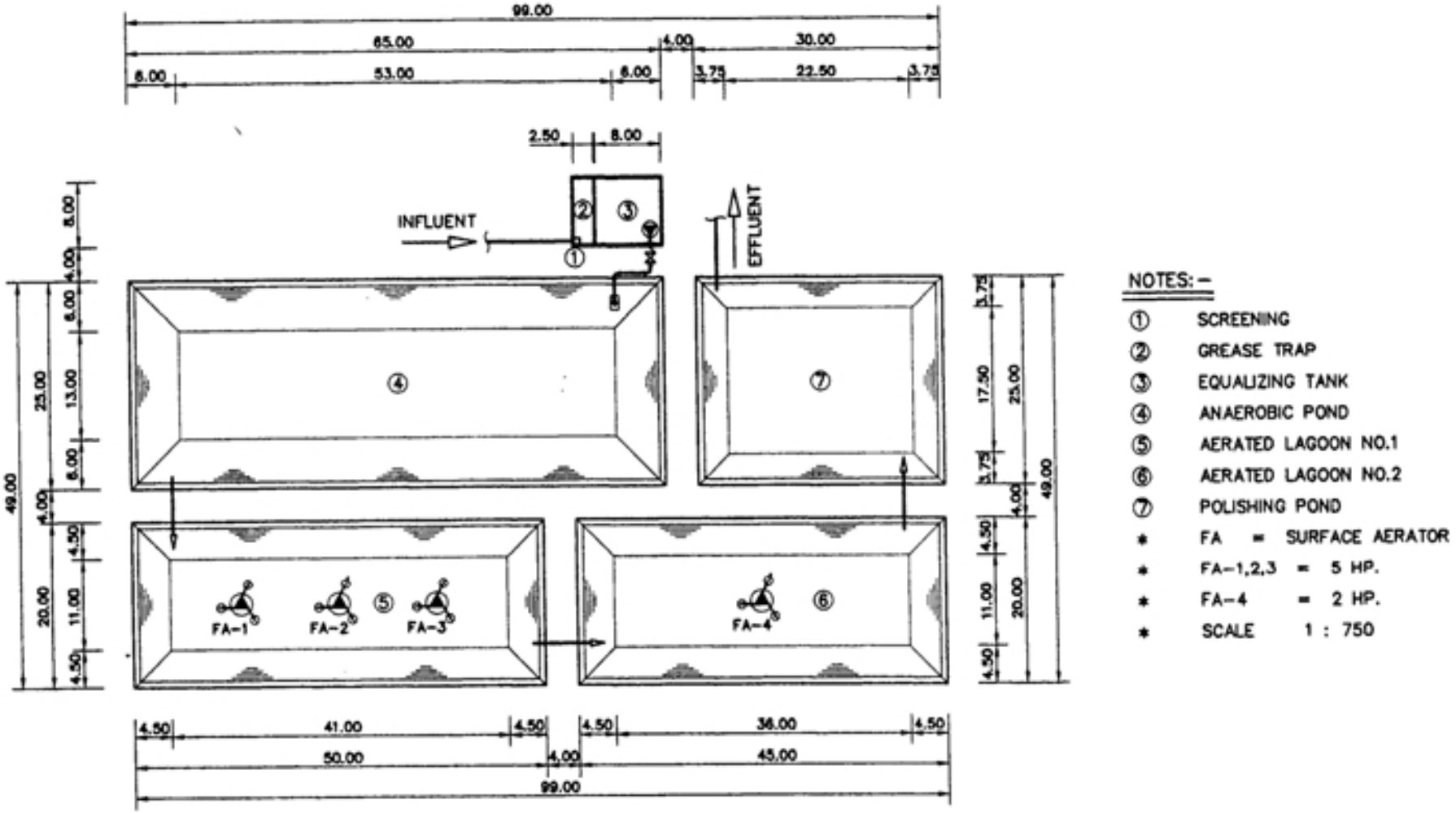
NOTES: –

① SCREENING
② GREASE TRAP
③ EQUALIZING TANK
④ ANAEROBIC POND
⑤ AERATED LAGOON NO.1
⑥ AERATED LAGOON NO.2
⑦ POLISHING POND
* FA = SURFACE AERATOR
* FA-1,2,3 = 2 HP.
* SCALE 1 : 500

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



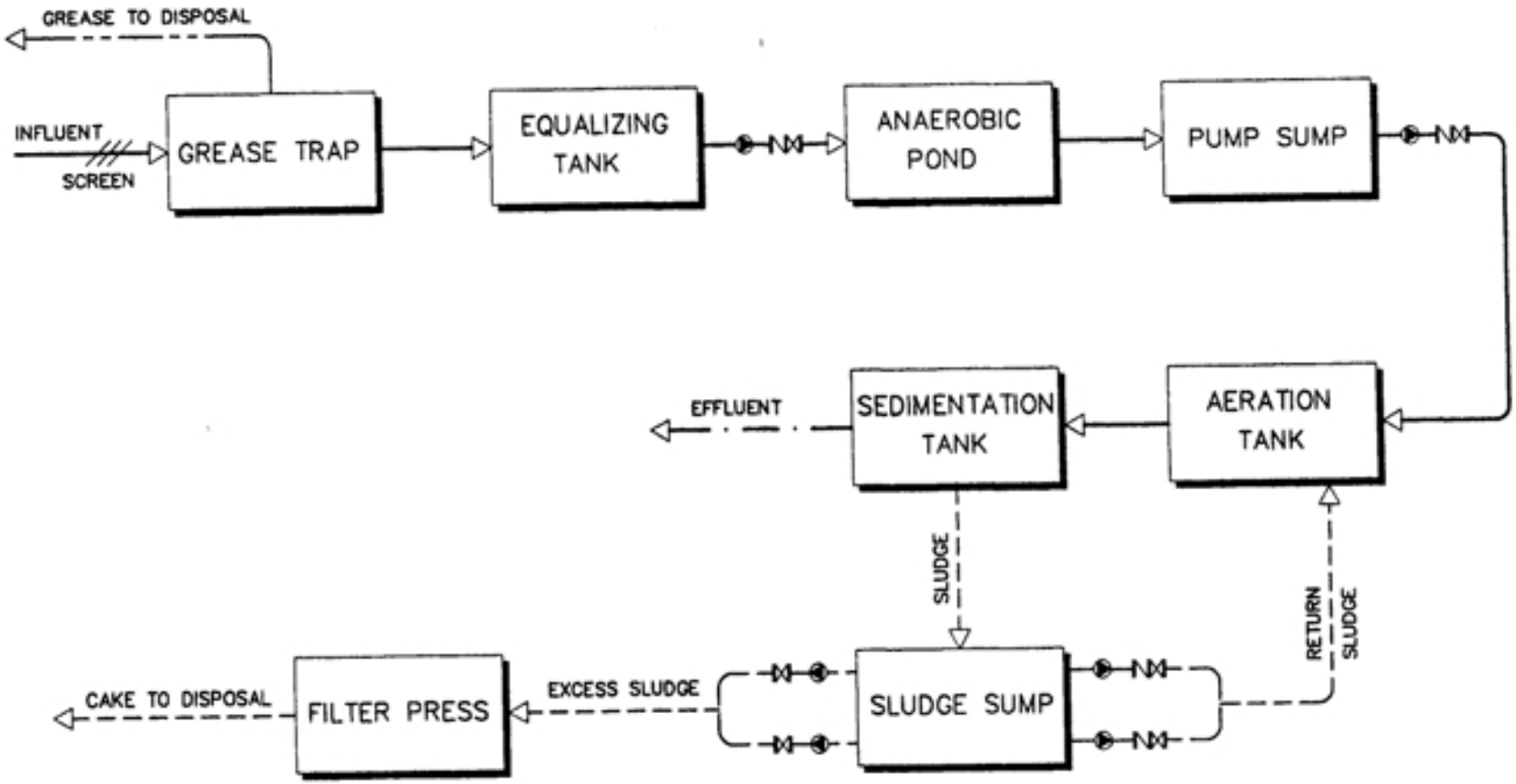
รูปที่ 5-5 (ง) Plant Lay-out ระบบบำบัดน้ำเสีย (ขนาดพื้นที่ปานกลาง)
ของโรงงานฆ่าสุกร โค และกระบือ (300 ตัว/วัน)



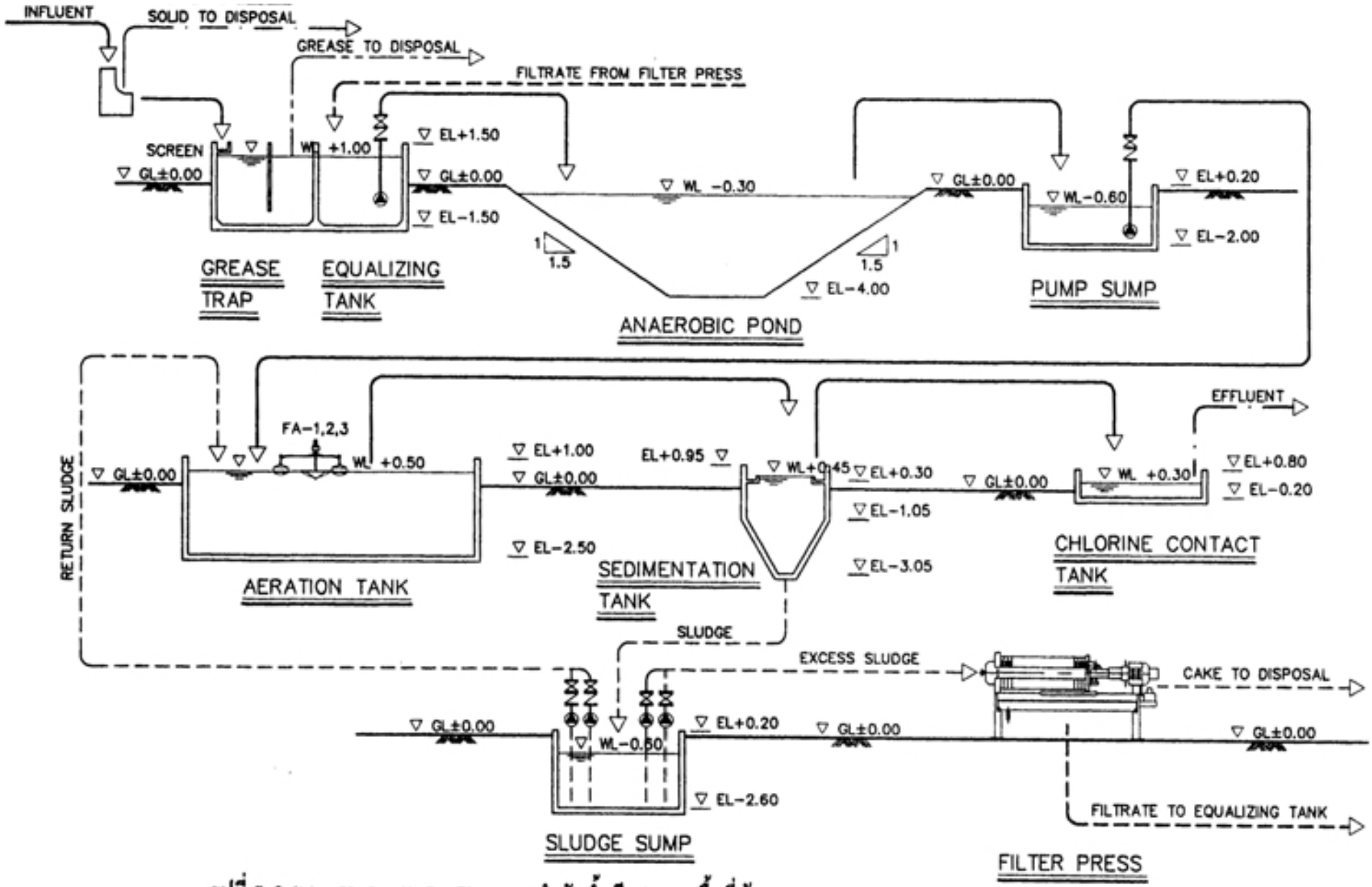
รูปที่ 5-5 (ข) Plant Lay-out ระบบบำบัดน้ำเสีย (ขนาดพื้นที่ปานกลาง)
ของโรงงานฆ่าสุกร โค และกระบือ (500 ตัว/วัน)

ตารางที่ 5-5 สรุปผลการคำนวณระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้พื้นที่มากของโรงงานฆ่าสุกร โคและกระบือที่มีกำลังการผลิต 100 , 300 และ 500 ตัว/วัน

องค์ประกอบของระบบบำบัด	โรงงานที่มีกำลังผลิต 100 ตัว/วัน					โรงงานที่มีกำลังผลิต 300 ตัว/วัน					โรงงานที่มีกำลังผลิต 500 ตัว/วัน				
อัตราไหล (ลบ.ม./วัน)	50					150					250				
ปริมาณความสกปรกในรูปบีโอดี (กก./วัน)	150					450					750				
	UNIT	WIDTH (m.)	LENGTH (m.)	DEPTH (m.)	F. AREA (m^2)	UNIT	WIDTH (m)	LENGTH (m)	DEPTH (m)	F. AREA (m^2)	UNIT	WIDTH (m)	LENGTH (m)	DEPTH (m)	F. AREA (m^2)
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
บ่อไร้อากาศ	1	15	20	3.7	300	1	20	40	3.7	800	1	25	50	3.7	1,250
บ่อไร้อากาศ บ่อที่ 1	1	30	15	2.5	450	1	40	15	2.5	600	1	50	20	2.5	1,000
บ่อไร้อากาศ บ่อที่ 2	1	25	15	2.5	375	1	35	15	2.5	525	1	45	20	2.0	900
บ่อผึ่ง	1	20	15	2.0	300	1	20	20	2.0	400	1	29	25	2.0	725
พื้นที่การบำบัด (ตร.ม.)	1,425					2,325					3,875				
พื้นที่การบำบัด (ไร่)	0.89					1.45					2.42				
พื้นที่ระบบบำบัด (ไร่)	1.44					1.92					3.03				
อัตราไหล : พื้นที่ (ลบ.ม./วัน:ไร่)	34.72					78.12					82.51				
ปริมาณความสกปรกในรูปบีโอดี : พื้นที่ (กก./วัน:ไร่)	104.17					####					#####				

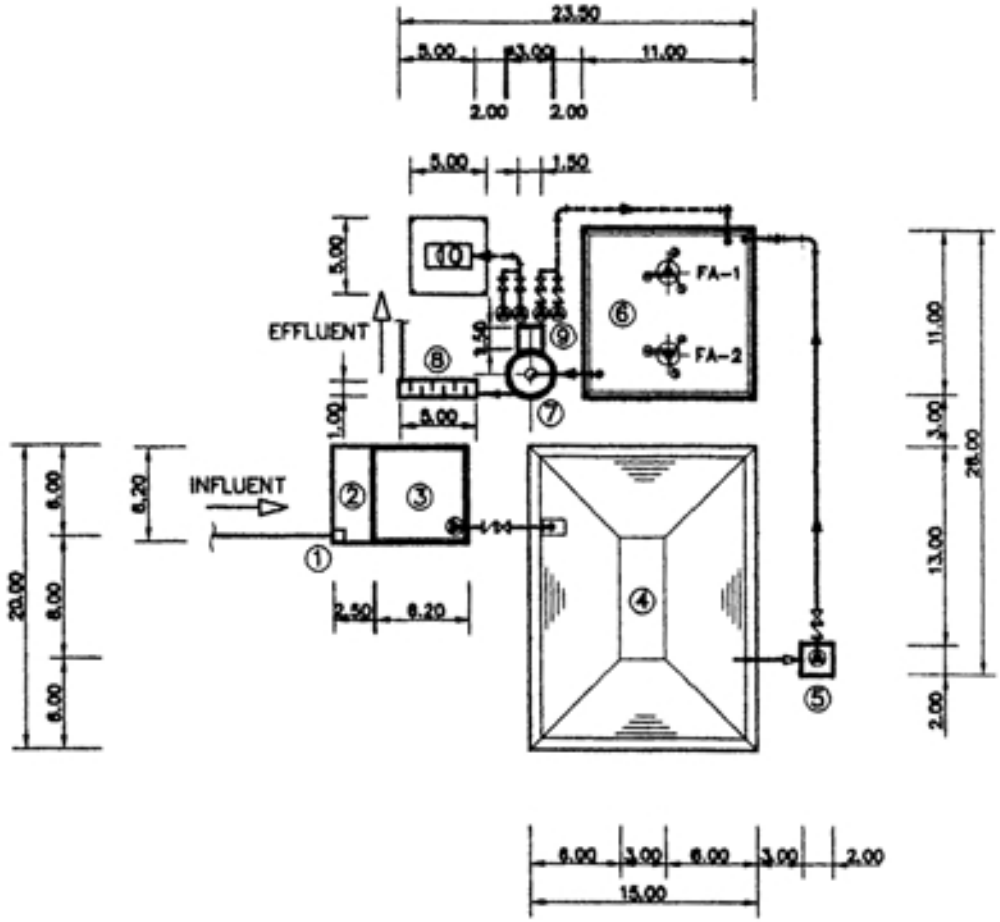


รูปที่ 5-6 (ก) Flow Diagram ระบบบำบัดน้ำเสีย (ขนาดพื้นที่น้อย)
ของโรงงานฆ่าสุกร โค และกระบือ



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

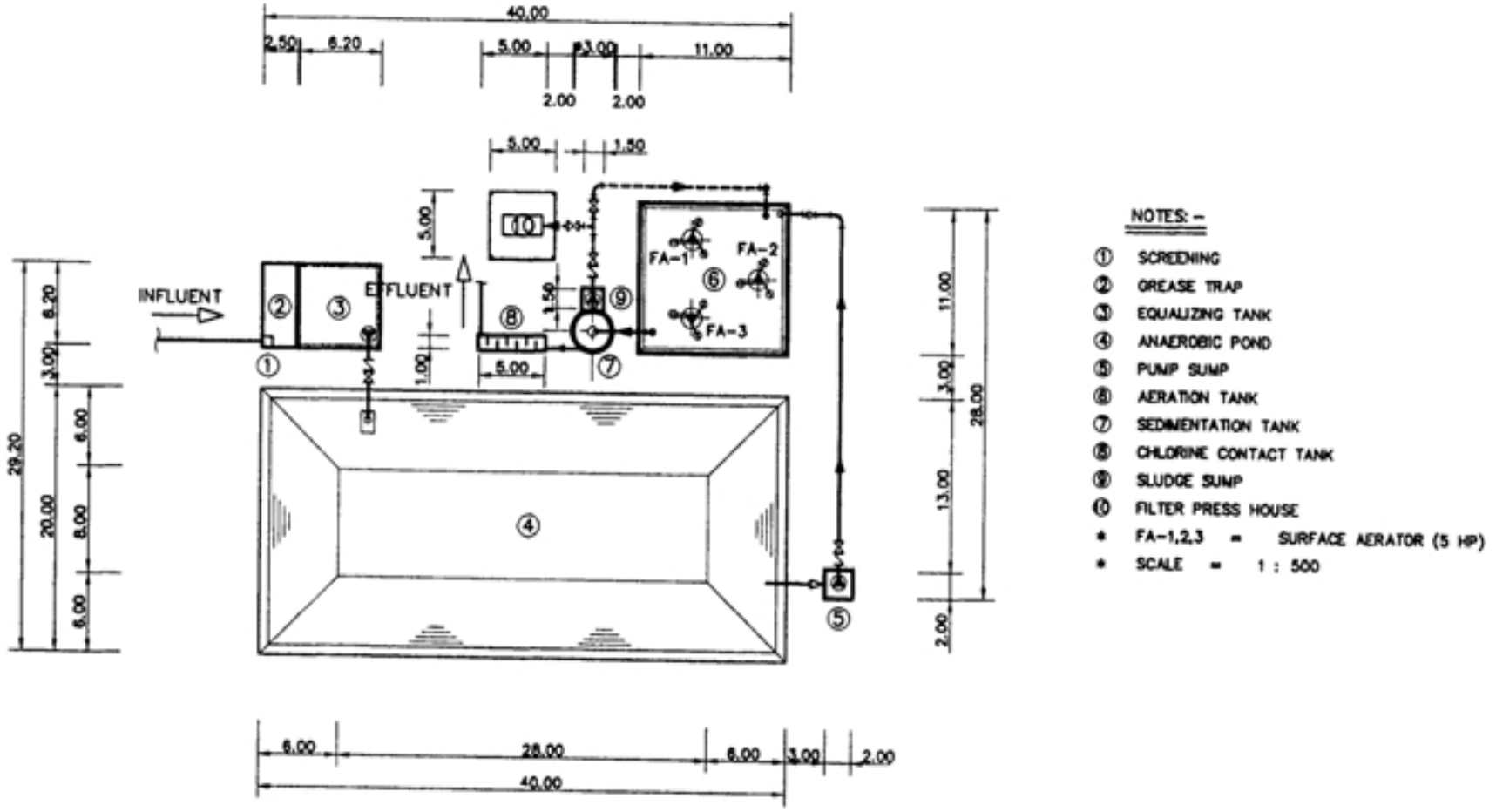
SCALE V. = 1:200
H. = NOT TO SCALE



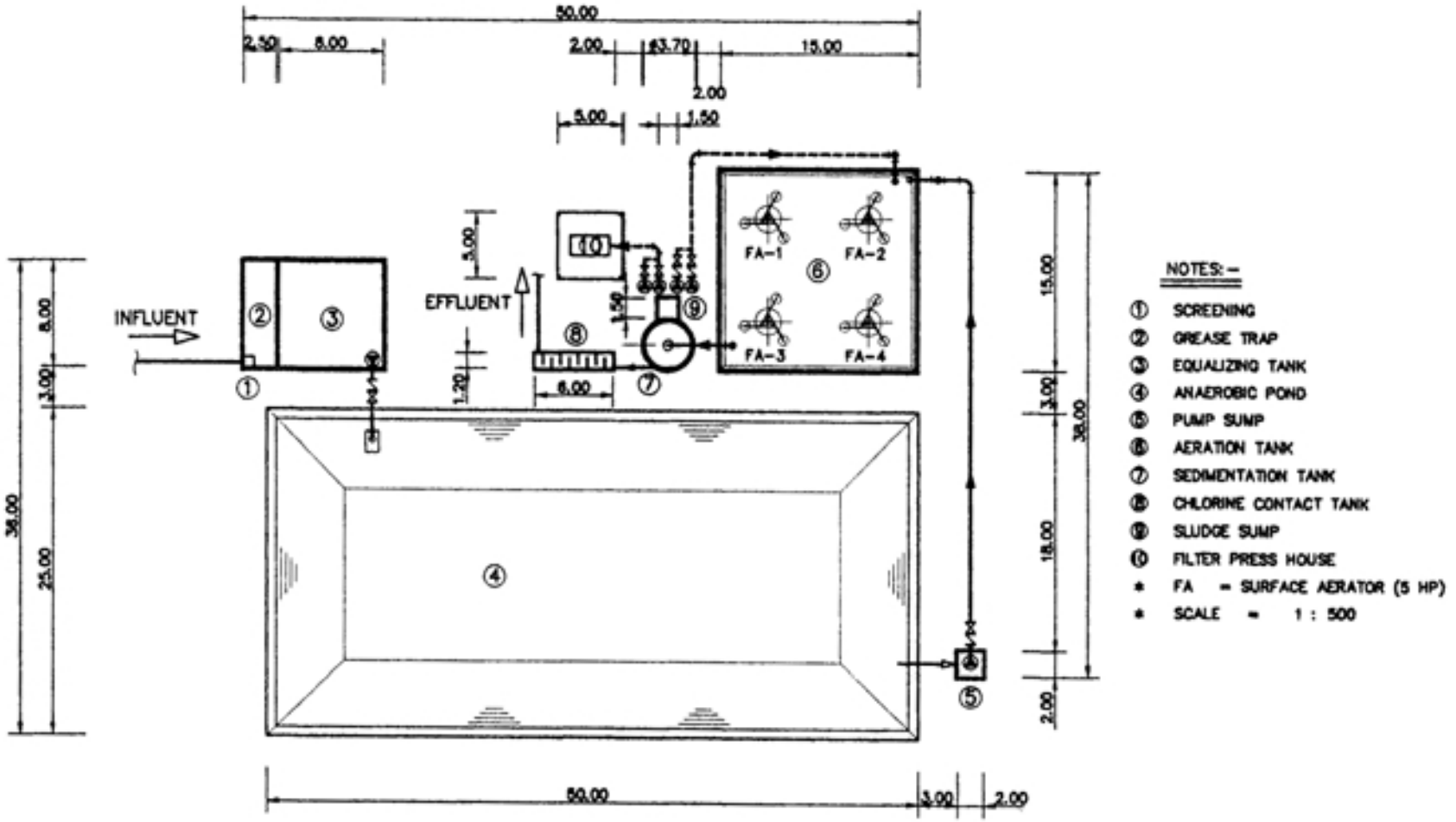
NOTES:-

① SCREENING
② GREASE TRAP
③ EQUALIZING TANK
④ ANAEROBIC POND
⑤ PUMP SUMP
⑥ AERATION TANK
⑦ SEDIMENTATION TANK
⑧ CHLORINE CONTACT TANK
⑨ SLUDGE SUMP
⑩ FILTER PRESS HOUSE
• FA-1,2 = SURFACE AERATOR (3 HP)
• SCALE = 1 : 500

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 5-6 ผลการคำนวณระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้พื้นที่น้อยของโรงงานฆ่าและชำแหละสุกร โค และกระบือที่มีกำลังการผลิต 100, 300 และ 500 ตัว/วัน

องค์ประกอบของระบบบำบัด	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.)	S.F. AREA (m^2)	UNIT	WIDTH (m.)	LENGTH (m.)	DEPTH (m.)	S.F. AREA (m^2)
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
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)	0.41					0.73					1.54				
อัตราไหล : พื้นที่ (ลบ.ม./วัน:ไร่)	121.95					205.48					162.34				
ปริมาณความสกปรกในรูปบีโอดี : พื้นที่ (กก./วัน:ไร่)	292.68					616.44					487.01				

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)	0.636	0.793	0.850
งานอุปกรณ์เครื่องกล (b)	0.770	1.250	2.290
งานไฟฟ้าและท่อ (c)	0.123	0.192	0.297
ราคาเบื้องต้น (a+b+c)	1.529	2.235	3.437
OVERHEAD+PROFIT 10%	0.153	0.224	0.344
ค่าเผื่อขาดเหลือ 10%	0.618	0.246	0.378
รวมค่าก่อสร้างทั้งหมด	1.850	2.705	4.159
ราคาค่าก่อสร้าง (บาท/ลบ.ม.)	37,000.000	54,100.000	83,180.000
ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (O&M) : ล้านบาท			
ค่าบำรุงรักษา/เดือน*	1,000	3,000	6,000
ค่าไฟฟ้า/เดือน**	1,000	3,000	5,200
ค่าสารเคมี/เดือน	1,500	1,500	2,400
ค่าบุคลากร/เดือน	7,000	17,000	24,000
รวมค่า O&M/เดือน	10,500	24,500	37,600
ค่า O&M/ปี	126,000	294,000	451,200
ค่า O&M บาท/ลบ.ม.	7.00	16.33	25.07
NPV (i = 12%) ล้านบาท	**2.36**	**4.08**	**6.26**

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

** ค่าไฟฟ้า 3.00 บาท/กิโลวัตต์-ชม.

ระยะเวลาโครงการ 10 ปี

ตารางที่ 5-8 สรุปค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียและค่าใช้จ่ายในการเดินระบบของโรงงานฆ่าและชำแหละสุกร 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)	1.800	1.390	3.080
งานอุปกรณ์เครื่องกล (b)	0.780	1.500	2.510
งานไฟฟ้าและท่อ (c)	0.214	0.238	0.433
ราคาเบื้องต้น (a+b+c)	2.794	3.128	6.023
OVERHEAD+PROFIT 10%	0.279	0.313	0.602
ค่าเผื่อขาดเหลือ 10%	0.307	0.344	0.663
รวมค่าก่อสร้างทั้งหมด	3.380	3.785	7.288
ราคาค่าก่อสร้าง (บาท/ลบ.ม.)	22,500	25,200	48,600
ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (O&M) : ล้านบาท			
ค่าบำรุงรักษา/เดือน*	2,000	3,000	10,000
ค่าไฟฟ้า/เดือน**	2,300	9,000	14,000
ค่าสารเคมี/เดือน	4,500	4,500	7,200
ค่าบุคลากร/เดือน	7,000	17,000	24,000
รวมค่า O&M/เดือน	15,800	33,500	55,200
ค่า O&M/ปี	189,600	402,000	662,400
ค่า O&M บาท/ลบ.ม.	3.51	7.44	12.27
NPV (ล้านบาท)	**4.09**	**5.65**	**10.25**

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

** ค่าไฟฟ้า 3.00 บาท/กิโลวัตต์-ชม.

ระยะเวลาโครงการ 10 ปี

ตารางที่ 5-9 สรุปค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียและค่าใช้จ่ายในการเดินระบบของโรงงานฆ่าและชำแหละสุกร 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)	2.500	2.045	4.500
งานอุปกรณ์เครื่องกล (b)	0.790	1.510	3.534
งานไฟฟ้าและท่อ (c)	0.273	0.313	0.591
ราคาเบื้องต้น (a+b+c)	3.563	3.868	8.625
OVERHEAD+PROFIT 10%	0.356	0.387	0.863
ค่าเผื่อขาดเหลือ 10%	0.392	0.425	0.949
รวมค่าก่อสร้างทั้งหมด	4.311	4.680	10.437
ราคาค่าก่อสร้าง (บาท/ลบ.ม.)	17,200	18,721	41,700
ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (O&M) : ล้านบาท			
ค่าบำรุงรักษา/เดือน*	3,000	5,600	16,000
ค่าไฟฟ้า/เดือน**	5,000	15,000	30,000
ค่าสารเคมี/เดือน	7,500	7,500	12,000
ค่าบุคลากร/เดือน	7,000	17,000	24,000
รวมค่า O&M/เดือน	22,500	45,100	82,000
ค่า O&M/ปี	270,000	541,200	984,000
ค่า O&M บาท/ลบ.ม.	3.00	6.01	11
NPV (i = 12%) ล้านบาท	**5.37**	**7.24**	**14.88**

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

** ค่าไฟฟ้า 3.00 บาท/กิโลวัตต์-ชม.

ระยะเวลาโครงการ 10 ปี

บทที่ 6

การบริหารจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อม สำหรับโรงงานฆ่าสุกรในประเทศไทย

การจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงงานฆ่าสุกรตามข้อเสนอแนะต่าง 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

แผนป้องกันและควบคุมวัสดุเศษเหลือจากกระบวนการผลิตของโรงงานฆ่าสุกร แสดงดังตารางที่ 6-1

6.2 การควบคุมและติดตามตรวจสอบระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานฆ่าสุกร

เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการจัดการน้ำเสียที่เกิดขึ้นในโรงงานฆ่าสุกร ดังนั้น จึงเป็นความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องควบคุมและติดตามตรวจสอบระบบบำบัดเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

6.2.1 ระบบบำบัดแบบไร้อากาศ

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศที่มีการใช้งานอยู่ในโรงงานฆ่าสุกรหลายแห่ง เป็นระบบบ่อไร้อากาศแบบเปิด 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 ปริมาณผลผลิต ปริมาณน้ำใช้ กระบวนการผลิต
2. ตรวจสอบการจัดการเศษวัสดุของแข็ง	ทุกวัน	ปริมาณเศษวัสดุแต่ละชนิด ปริมาณเศษวัสดุทั้งหมด
3. ตรวจสอบการจัดการเศษวัสดุของเหลว	ทุกวัน	ปริมาณเศษวัสดุแต่ละชนิด ปริมาณเศษวัสดุทั้งหมด ปริมาณที่เข้าระบบบำบัดน้ำเสีย
4. ตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย	สัปดาห์ละครั้ง	ลักษณะน้ำเสียก่อนเข้าและออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย (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$\pm$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

<u>การติดตามตรวจสอบระบบบำบัดน้ำเสีย</u> ได้แก่

- ตรวจสอบ Lay-out เปรียบเทียบกับโครงสร้างจริงว่ามีการก่อสร้างตรงตามที่มีในแนบหรือไม่ 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) และชนิดของจุลินทรีย์ที่ทำงานอยู่ในระบบก็สามารถบอกปัญหาที่กำลังจะเกิดขึ้นและวิเคราะห์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง

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 การติดตามและควบคุมมลภาวะจากโรงงานฆ่าสุกรโดยเจ้าหน้าที่ของรัฐ

เจ้าหน้าที่ของรัฐที่ควบคุมในเรื่องการจัดการสิ่งแวดล้อมในโรงงานฆ่าสุกร ต้องมีความรู้ความเข้าใจเทคโนโลยีของกระบวนการผลิต และระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานเป็นอย่างดี เพื่อที่จะได้สามารถให้คำแนะนำแก่ผู้ประกอบการได้เมื่อกระบวนการผลิตมีปัญหาหรือระบบบำบัดน้ำเสียผิดปกติ

ในการติดตามและควบคุมให้ผู้ประกอบการปฏิบัติตามแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงงานฆ่าสุกร โดยเฉพาะในด้านการจัดการวัสดุเศษเหลือที่เกิดจากกระบวนการผลิตทั้งในรูปของแข็งและของเหลวนั้น เจ้าหน้าที่ของรัฐควรทำรายละเอียดของกิจกรรมที่จะต้องติดตามและควบคุมสำหรับแต่ละโรงงาน ซึ่งอย่างน้อยควรประกอบไปด้วย

- สภาพการทำงานโดยทั่วไปของโรงงาน
- กระบวนการผลิตที่ใช้ รวมถึงวิธีการป้องกันและควบคุมมลภาวะในกระบวนการผลิต
- การจัดการวัสดุเศษเหลือที่เกิดจากการผลิต
- ข้อมูลเกี่ยวกับความถี่และสภาวะการเก็บตัวอย่างและผลการวิเคราะห์

สำหรับความถี่การเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานฆ่าสุกร ควรอยู่ระหว่าง 3-4 ครั้ง/ปี ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงานแต่ละแห่งด้วย

ตารางที่ 6-2 พารามิเตอร์ที่ต้องวิเคราะห์เพื่อติดตามตรวจสอบการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย

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

3) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids, SS)

ตารางที่ 7-2 เปรียบเทียบมาตรฐานน้ำทิ้งที่เสนอแนะสำหรับโรงงานฆ่าและชำแหละสัตว์ที่ระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะกับมาตรฐานน้ำทิ้งของต่างประเทศ

ดัชนีวิเคราะห์	หน่วย	มาตรฐานน้ำทิ้งที่เสนอแนะสำหรับโรงงานฆ่าสัตว์	มาตรฐานน้ำทิ้งจากต่างประเทศ						
			เกาหลี	ญี่ปุ่น	เยอรมัน	อินเดีย	สิงคโปร์		
							1	2	3
บีโอดี	(มก./ล.)	> 30	> 80-100	> 160 (เฉลี่ยต่อวัน > 120)	> 25	>20	>600	>100	>60
ซีโอดี	(มก./ล.)	> 120	> 50-100	> 160 (เฉลี่ยต่อวัน > 120)	> 110	>20	>400	>50	>20
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

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

4) <u>ทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen)</u>

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

5) <u>ไขมันและน้ำมัน</u> (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 แต่เนื่องจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเลือกค่าทีเค

เอ็นที่มีโอกาสที่จะยอมรับ 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**	**2412**	**111.82**	**653**	**44**	**1.86**	**7.06**	**30.7**	**76.3**	**200.64**	**0.84**