

รายงานปฏิบัติการสหกิจศึกษา

ณ สถานประกอบการ

บริษัท General Starch จำกัด

99 หมู่ 6 ต. อรพิมพ์

อ. ครบุรี

จ. นครราชสีมา

จัดทำโดย

นางสาวเดือน เทิกสงบ รหัสประจำตัว B4051077

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชา 305499 สหกิจศึกษา

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จดหมายนำส่ง

วันที่ 22 ธันวาคม 2543

เรื่อง ขอส่งรายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

ตามที่ข้าพเจ้า นางสาวเดือน เต็กสงบ นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ระหว่างวันที่ 5 กันยายน 2543 ถึงวันที่ 22 ธันวาคม 2543 ในตำแหน่งนักวิชาการเทคโนโลยีอาหาร และได้รับมอบหมายจาก Job Supervisor ให้ทำโครงการนักศึกษาทั้งหมด 4 โครงการ

บัดนี้การปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ได้สิ้นสุดลงแล้ว ข้าพเจ้าจึงขอส่งรายงานดังกล่าวมาพร้อมนี้ จำนวน 1 เล่ม เพื่อรับคำปรึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อ โปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

เดือน เต็กสงบ

(นางสาวเดือน เต็กสงบ)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำนำ

รายงานนี้จัดทำขึ้นระหว่างการปฏิบัติงานในสถานประกอบการ คือ บริษัท เอนเนิร์ล สตาร์ช จำกัด ของนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในโครงการสหกิจศึกษาและพัฒนาอาชีพ ระหว่างวันที่ 5 กันยายน 2543 ถึงวันที่ 22 ธันวาคม 2543 โดยได้รับมอบหมายงานจาก Job Supervisor ทั้งหมด 4 โครงการ ได้แก่ การปฏิบัติงานในตำแหน่งพนักงานควบคุมคุณภาพ, การลดปริมาณไซยาไนด์ในแป้งมันสำปะหลัง, การบำบัดน้ำเสียแบบระบบเติมอากาศ และการรวบรวมข้อมูลทางสถิติ

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อท่านผู้อ่านไม่มากนักน้อย หากมีข้อผิดพลาดประการใด ทางผู้จัดทำขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ผู้จัดทำ

22 ธันวาคม 2543

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กิตติกรรมประกาศ

การที่ข้าพเจ้าได้มาปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ บริษัท เยนเนรัล สตาร์ช จำกัด ตั้งแต่วันที่ 5 กันยายน 2543 ถึง วันที่ 22 ธันวาคม 2543 ส่งผลให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ต่าง ๆ ที่มีคุณค่ามากมาย สำหรับรายงานวิชาการสหกิจศึกษาฉบับนี้ ถ้าเสร็จลงได้ด้วยดีจากความร่วมมือและสนับสนุนหลายฝ่าย ดังนี้

1. คุณสุเทพ พระทอง กรรมการผู้จัดการ บริษัท เยนเนรัล สตาร์ช จำกัด ที่เห็นความสำคัญ ของระบบการศึกษา และได้ให้โอกาสที่มีคุณค่าต่อข้าพเจ้า
2. คุณสุชัย ไตรประคอง ผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการ
3. คุณเพชร สุขใจ ผู้จัดการโรงงาน
4. คุณจิราวุฒิ อินตะ หัวหน้างานบรรจุ ซึ่งเป็น Co-op Supervisor
5. คุณนิพนธ์ ไล่สมบุรณ์ หัวหน้างานโมดิฟายด์
6. คุณประภาพร ถิ่นสุข หัวหน้า QC

รวมถึงพนักงานควบคุมคุณภาพทุกท่าน, พนักงานโมดิฟายด์ ได้แก่

1. คุณละเอียด ไชยโชติ
2. คุณมะลิ ภูศศศรี
3. คุณคณินิจ มานพ
4. คุณรัตติรส ยางราชย์
5. คุณไวพจน์ รุ่งวิจิตร
6. คุณนงนุช เขียวสูงเนิน
7. คุณพิเชษฐ แหยมกระโทก
8. คุณอ โนชา มาลาจันทร์
9. คุณประพนธ์ พรพิริยะจินดา
10. คุณจิรพันธุ์ ดอกกระโทก ที่ช่วยโครงการเรื่องสถิติ (Special Thanks)

ข้าพเจ้าใคร่ขอกราบขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่มีส่วนสนับสนุนให้รายงานวิชาการฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เสียน เสิดสงบ
(นางสาวเสียน เสิดสงบ)

ผู้จัดทำ

22 ธันวาคม 2543

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
จดหมายนำส่ง	ก
คำนำ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
บทคัดย่อ	ช
บทนำ	1
งานที่ได้รับมอบหมาย	
● โครงการศึกษาที่ 1	3
● โครงการศึกษาที่ 2	6
● โครงการศึกษาที่ 3	21
● โครงการศึกษาที่ 4	37
สรุปผลการปฏิบัติงานตลอดช่วงเวลาทั้งหมด	46
ปัญหา/ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไขในการออกปฏิบัติงานสหกิจศึกษา	46
ภาคผนวก	47

สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
โครงการการศึกษาที่ 2	
ตารางที่ 1 ค่า pH, Titratable acidity และ Cyanide content ในระหว่างกระบวนการหมักมันสำปะหลังที่ไม่ปกเปลือก (Treatment 1)	12
ตารางที่ 2 ค่า pH, Titratable acidity และ Cyanide content ในระหว่างกระบวนการหมักมันสำปะหลังที่ปกเปลือก (Treatment 2)	13
ตารางที่ 3 ค่า pH, Titratable acidity และ Cyanide content ของมันสำปะหลัง ชนิดขมและชนิดหวานที่บด แล้วเก็บไว้ให้เกิดการหมัก (Treatment 3)	14
ตารางที่ 4 ปริมาณ Cyanide ของมันสำปะหลังสด, มันสำปะหลังที่ผ่านการ ให้ความร้อน และมันสำปะหลังที่ทำแห้ง โดยแสงอาทิตย์	16
 โครงการการศึกษาที่ 4	
ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของกระบวนการ ไม่หั่วมัน ในระยะเวลา 5 เดือน โดยวิธี Duncan's New Mutiple Rank Test (DMRT)	38
ตารางที่ 2 ค่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเฉลี่ยของกระบวนการ ไม่หั่วมัน และกระบวนการ อบแห้ง โดยวิธี Duncan's New Mutiple Rank Test (DMRT)	40
ตารางที่ 3 ค่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเฉลี่ยของกระบวนการอบแห้งเมื่อพิจารณาหั่วมัน และปริมาณน้ำแข็งในถังเป็นน้ำหนักเริ่มต้น โดยวิธี Duncan's New Mutiple Rank Test (DMRT)	41

สารบัญรูปลภาพ

เรื่อง	หน้า
โครงการนักศึกษาที่ 2	
รูปที่ 1 โครงสร้างของสารประกอบ Cyanogenic glycosides	8
รูปที่ 2 โครงสร้างของสารประกอบลินามาริน (Linamarin)	9
รูปที่ 3 โครงสร้างของสารประกอบโลทอสตราลิน (Lotaustralin)	9
รูปที่ 4 การแตกตัวให้สารพิษไซยาไนด์ของ Cyanogenic glycosides	10
รูปที่ 5 กระบวนการ Metabolism ของสารพิษไซยาไนด์	11
รูปที่ 6 ปริมาณ Total cyanide ในมันสำปะหลังสด, มันสำปะหลังที่ทำแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์ และมันสำปะหลังที่ทำแห้งโดยใช้ตู้อบ ของมันสำปะหลัง 4 ชนิด ที่อายุการเก็บเกี่ยวต่าง ๆ	18
โครงการนักศึกษาที่ 3	
รูปที่ 1 รายละเอียดของตะแกรงทั่วไป	23
รูปที่ 2 ถังตกตะกอนแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า	26
รูปที่ 3 ถังตกตะกอนแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส	27
รูปที่ 4 ถังตกตะกอนแบบทรงกลม	28
รูปที่ 5 ถังตกตะกอนแบบมีแผ่นเอียงติดตั้ง	29
รูปที่ 6 หัวกระจายแบบพองเล็ก	31
รูปที่ 7 หัวกระจายอากาศแบบพองใหญ่	31
รูปที่ 8 ระบบเติมอากาศผิวน้ำ (Surface Aerators)	33
รูปที่ 9 เครื่องกลเติมอากาศแบบเพลตติน้ำในแนวตั้ง	34
รูปที่ 10 เครื่องกลเติมอากาศแบบเพลตติน้ำในแนวนอน	34
รูปที่ 11 เครื่องกลเติมอากาศแบบเทอร์ไบได้น้ำ	35
รูปที่ 12 เครื่องกลเติมอากาศใต้น้ำ	36

บทคัดย่อ

การออกปฏิบัติงานสหกิจศึกษาในครั้งนี้ ได้รับมอบหมายงานจาก Job Supervisor ทั้งหมด 4 โครงการ ได้แก่ การปฏิบัติงานในตำแหน่งพนักงานควบคุมคุณภาพ, การลดปริมาณไซยาไนด์ในแป้งมันสำปะหลัง, การบำบัดน้ำเสียแบบระบบเดิมอากาศ และการรวบรวมข้อมูลทางสถิติ โดยโครงการศึกษาที่ 1 เรื่องการปฏิบัติงานในตำแหน่งพนักงานควบคุมคุณภาพนั้น หัวข้อหลักที่ต้องปฏิบัติประจำ คือ การตรวจเช็คผลิตภัณฑ์สุดท้าย (แป้ง) ที่ผลิตได้ โดยจะมีข้อกำหนดของแต่ละชนิดเป็นตัวบ่งบอกว่าแป้งชนิดนั้น ๆ สามารถส่งจำหน่ายให้ลูกค้าได้หรือไม่ โครงการศึกษาที่ 2 เรื่อง การลดปริมาณไซยาไนด์ในแป้งมันสำปะหลัง พบว่า การลดปริมาณไซยาไนด์ในแป้งมันสำปะหลัง สามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งในโครงการศึกษาที่ 2 นี้ได้นำเสนอวิธีการลดปริมาณไซยาไนด์ 2 วิธี คือ การหมักเพื่อให้เกิดกรดแลกติกขึ้นในมันสำปะหลัง โดยกรดแลกติกที่เกิดขึ้นเกิดจาก bacteria ชนิด Lactic acid bacteria ได้แก่ *Lactobacillus sp.* และ *Streptococcus sp.* อีกวิธีหนึ่งคือ การทำแห้งมันสำปะหลังโดยใช้แสงอาทิตย์ ความร้อนที่ได้จากแสงอาทิตย์นั้น เป็นตัวช่วยในการยับยั้งเอนไซม์ linamarase ซึ่งเอนไซม์นี้เป็นตัวเร่งให้เกิดการแตกตัวของสารประกอบ linamarin ให้สารพิษไซยาไนด์ขึ้น พบว่า ทั้ง 2 วิธีนี้ สามารถลดปริมาณไซยาไนด์ได้ เมื่อเพิ่มระยะเวลาให้มากขึ้น โครงการศึกษาที่ 3 เรื่อง การบำบัดน้ำเสียแบบระบบเดิมอากาศ ซึ่งโครงการการศึกษานี้เป็นการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับเครื่องมือ, อุปกรณ์ที่ใช้ในการเติมอากาศที่สามารถใช้ได้ในการบำบัดน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง โดยการเติมอากาศหรือการให้ออกซิเจนแก่น้ำนั้น เป็นวิธีที่อาศัยจุลินทรีย์ที่แขวนลอยในน้ำเสีย ทำการย่อยสลายแปรเปลี่ยนสภาพสารอินทรีย์ไปเป็นก๊าซ CO₂ ส่วนโครงการศึกษาที่ 4 เป็นการรวบรวมข้อมูลทางสถิติ ซึ่งแบ่งเป็น 3 โครงการศึกษาย่อย คือ โครงการศึกษาย่อยที่ 1 เป็นการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของกระบวนการไม่หว่ามมันในระยะเวลา 5 เดือน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม ถึงเดือนพฤศจิกายน พบว่า เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้จากการไม่หว่ามมันในเดือนพฤศจิกายน มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ 95% เมื่อเปรียบเทียบกับเดือนอื่น ๆ โครงการศึกษาย่อยที่ 2 เรื่องการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ผลผลิตระหว่างกระบวนการไม่หว่ามมันและกระบวนการอบแห้งของแป้งแต่ละ batch ทั้งหมด 11 batch พบว่า เปอร์เซ็นต์ผลผลิตในกระบวนการไม่หว่ามมันมีค่าต่ำกว่าในกระบวนการอบแห้ง นั้นเป็นเพราะว่าในกระบวนการไม่หว่ามมันเกิดการสูญเสียวัตถุดิบไปในระบบค่อนข้างมาก สำหรับโครงการศึกษาย่อยที่ 3 เป็นการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้จากการอบเมื่อพิจารณาหว่ามมันเป็นน้ำหนักเริ่มต้น พบว่า เปอร์เซ็นต์ผลผลิตเฉลี่ยของน้ำแป้ง และเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเมื่อคิดจากน้ำหนักหว่ามมันจนถึงกระบวนการอบแห้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติ

บทนำ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเรียนรู้ประสบการณ์การปฏิบัติงานในสถานประกอบการ
2. เพื่อเป็นการเสริมทักษะการเรียนรู้ทางวิชาการในเชิงปฏิบัติ
3. เพื่อเป็นการเตรียมตัวสู่การเป็นบัณฑิตที่ดี มีคุณภาพ
4. เพื่อเป็นการแนะนำมหาวิทยาลัยให้เป็นที่รู้จักของสถานประกอบการ
5. เพื่อทำการศึกษาและเก็บข้อมูล ที่เป็นประโยชน์ต่อสถานประกอบการในการลดปริมาณ
ไซยาไนด์ในมันสำปะหลัง, การรวบรวมข้อมูลในการบำบัดน้ำเสีย และการรวบรวมข้อมูลทาง
สถิติ

สถานประกอบการ

ชื่อสถานประกอบการ บริษัท เยนเนรัล สตาร์ช จำกัด

ที่ตั้ง เลขที่ 99 หมู่ 6 ต.อรพิมพิ์ อ.ครบุรี จ.นครราชสีมา 30250

โทรศัพท์ (044) 444654-8

ประวัติการก่อตั้งบริษัท

บริษัท เยนเนรัล สตาร์ช จำกัด เป็นบริษัทที่ผลิตแป้งมันสำปะหลังดัดแปร (Modified Starch) โดยบริษัทเริ่มก่อตั้งโรงงานเมื่อ พ.ศ. 2535 เริ่มเดินเครื่องจักรในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2536 โดยในระยะแรกทางบริษัทรับซื้อแป้งมันสำปะหลังมาเป็นวัตถุดิบในการผลิต ต่อมาในปี พ.ศ. 2541 ทางบริษัทได้ติดตั้งเครื่องโม่มัน และรับซื้อหัวมันสำปะหลังเพื่อเป็นวัตถุดิบมาโม่เป็นน้ำแป้ง และนำไปเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตแป้งมันสำปะหลังดัดแปรต่อไป

ทางบริษัทได้ทำการผลิตแป้งมันสำปะหลังดัดแปรหลายชนิด ส่วนใหญ่เป็นแป้งที่นำไปใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ, กระเบื้อง, กังทอ และอุตสาหกรรมอาหาร เป็นต้น บริษัทมีกำลังการผลิต 30,000 ตัน/ปี มีพนักงานทั้งหมดประมาณ 250 คน มีสำนักงานใหญ่ตั้งอยู่เลขที่ 3539 ถนนพระราม 9 เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250

ตำแหน่งและลักษณะงาน

ตำแหน่ง นักวิชาการเทคโนโลยีอาหาร

ลักษณะงาน

เป็นการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ เพื่อสังเกตและเรียนรู้การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพแป้งมันดัดแปร ในระหว่างการผลิต และผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย โดยได้รับมอบหมายให้ทำการศึกษาโครงการทั้งหมด 4 โครงการ

CO-OP Supervisor

คุณจิราวุฒิ อินต๊ะ

ตำแหน่ง หัวหน้างานบรรจุ

ระยะเวลาการปฏิบัติงาน ตั้งแต่วันที่ 5 กันยายน 2543 ถึง วันที่ 22 ธันวาคม 2543





โครงการศึกษาที่ 1

ปฏิบัติงานในตำแหน่งพนักงานควบคุมคุณภาพ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปฏิบัติงานในตำแหน่งพนักงานควบคุมคุณภาพ

แป้งดัดแปร (Modified Starch) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำแป้ง (สตาร์ช/starch/St-OH) เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง และแป้งสาลี เป็นต้น มาเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี และ/หรือทางกายภาพจากเดิม ด้วยความร้อน และ/หรือเอนไซม์ และ/หรือสารเคมี ชนิดต่าง ๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ (กล้าณรงค์ ศรีรอด และคณะ, 2538)

ประเภทแป้งดัดแปรที่ทางบริษัท เชนเนรัล สตาร์ช จำกัด ได้ทำการผลิตมีหลายชนิด ดังแสดงได้ดังนี้

1. แป้งที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่นอุตสาหกรรมกระดาษ, อุตสาหกรรมสิ่งทอ, อุตสาหกรรมกระเบื้อง เป็นต้น ได้แก่

- Amphoteric Starch
- Cationic Starch
- Cationic and Oxidized Starch
- Intermediate
- Oxidized Starch
- Micellancous

2. แป้งอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่

- Acetylated Starch
- Crosslinked Starch
- Hydroxy Propylated and Crosslinked
- Hydroxy Propylated
- Native Starch
- Crosslinked and Acetylated Starch

จากการที่ได้ปฏิบัติงานในตำแหน่งพนักงานควบคุมคุณภาพ โดยเริ่มงานตั้งแต่วันที่ 8.00 น.-17.00 น. หน้าที่ที่ต้องทำประจำ คือตรวจสอบเช็คผลิตภัณฑ์สุดท้าย (แป้ง) ที่ผลิตได้ในแต่ละ Batch โดยเก็บตัวอย่างแป้งเป็นชั่วโมง หรือทุกถุง ขึ้นอยู่กับชนิดของแป้งที่ผลิต จากนั้นทำการบันทึกผลที่

ตรวจวัดได้ พบว่า แป้งแต่ละชนิดมีการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีไม่เหมือนกัน โดยคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีหลัก ๆ ที่ได้ทำการตรวจวัด มีดังนี้

1. Appearance
2. Filth (สิ่งปลอมปน)
3. Moisture
4. pH
5. Whiteness
6. Viscosity

ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของแป้งที่ทำการผลิต และความต้องการของลูกค้า โดยจะมีข้อกำหนดของแป้งแต่ละชนิดเป็นตัวบ่งบอกว่า แป้งชนิดนั้น ๆ สามารถจำหน่ายให้ลูกค้าได้หรือไม่

เมื่อทำการตรวจเช็คคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีต่างๆ ของแป้งแต่ละชนิดครบแล้ว จะทำการเก็บตัวอย่างแป้งในกระป๋องพลาสติกที่มีฝาปิด พร้อมปิดฉลากที่ระบุชื่อแป้ง, Batch Number และวันที่ผลิต

สรุปผลการปฏิบัติงาน

จากการที่ได้ปฏิบัติงานในตำแหน่งพนักงานควบคุมคุณภาพ ทำให้ข้าพเจ้าได้รับประสบการณ์ใหม่ ๆ ในการทำงานจริง รู้จักปรับตัวให้เข้ากับผู้อื่น เสริมสร้างทักษะในการมีมนุษยสัมพันธ์กับผู้อื่น สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ และมีความรับผิดชอบมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ทางบริษัทควรจะจัดการองค์กรให้แน่ชัด ระบุหน้าที่และตำแหน่งของบุคคลให้ชัดเจน อาจทำเป็นแผนภูมิต้นไม้ เพื่อให้แขกที่มาเยี่ยมชมได้รู้จัก
2. ควรมีเครื่องตอกบัตรสำรอง เพราะเครื่องตอกบัตรเสียบ่อยมาก
3. ควรมีห้องเก็บแป้งตัวอย่าง และทำป้ายระบุชื่อแป้งต่าง ๆ ไว้ด้วย เพื่อสะดวกในการค้นหา
4. ควรมีการนำถุงพลาสติกที่ใช้เก็บแป้งชั่วคราว กลับมาใช้ใหม่ เพื่อเป็นการประหยัดทรัพยากร และทรัพย์สินของโรงงาน

โครงการศึกษาที่ 2
การลดปริมาณไซยาไนด์ในแป้งมันสำปะหลัง
(Reduction of Cyanide Content in Tapioca Starch)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การลดปริมาณไซยาไนด์ในแป้งมันสำปะหลัง (Reduction of Cyanide Content in Tapioca Starch)

บทนำ

มันสำปะหลังมีชื่อภาษาอังกฤษว่า Cassava, Manioc หรือ Tapioca เป็นพืชอยู่ในตระกูล Euphorbiaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Manihot esculenta* Crantz เป็นไม้พุ่มยืนต้น สูงประมาณ 1-4 เมตร ส่วนของมันสำปะหลังที่ถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการนำมาสกัดเพื่อเอาแป้งออกจากเซลล์ของพืช คือ ส่วนของรากของมันสำปะหลัง มันสำปะหลังที่พบทั้งหมดมีประมาณ 150 พันธุ์ โดยแต่ละพันธุ์มีลักษณะแตกต่างกันไปทั้งลักษณะภายนอกและปริมาณของกรดไฮโดรไซยานิก หรือสารพิษไซยาไนด์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบทางสรีระอยู่แล้ว จากการที่มันสำปะหลังมีปริมาณของกรดไฮโดรไซยานิกไม่เท่ากันนั่นเอง จึงแบ่งมันสำปะหลังออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ชนิดขม (Bitter type) และชนิดหวาน (Sweet type) โดยกรดไฮโดรไซยานิกนี้จะมีปริมาณลดลงเมื่อคั้นมันสำปะหลังมีอายุมากขึ้น และจะสลายตัวไปหากได้รับความร้อน ดังนั้น กรดไฮโดรไซยานิกจึงสามารถสลายตัวไปได้ในระหว่างกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง จึงได้มีการคิดค้นวิธีในการที่จะลดปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกหรือไซยาไนด์ในมันสำปะหลังลง เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค เนื่องจากกรดไฮโดรไซยานิกหรือไซยาไนด์นี้เป็นสารพิษที่เมื่อมีการสะสมในร่างกายเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ แล้ว อาจมีอันตรายถึงแก่ชีวิตได้ ในการลดปริมาณไซยาไนด์ในมันสำปะหลัง พบว่า มีหลายวิธีที่สามารถลดปริมาณไซยาไนด์ลงได้ โดยการศึกษาครั้งนี้ได้นำเสนอวิธีลดปริมาณไซยาไนด์ในมันสำปะหลัง 2 วิธี ได้แก่ การหมักมันสำปะหลังเพื่อให้เกิดกรดแลกติกขึ้น และการทำแห้งมันสำปะหลังโดยใช้แสงแดด

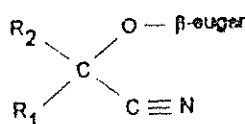
ความหมายของไซยาไนด์

ไซยาไนด์ (Cyanide) หรือกรดไฮโดรไซยานิก (Hydrocyanic acid หรือ HCN) เป็นสารพิษที่พบในพืชกว่า 3,000 ชนิด รวมทั้งมันสำปะหลังด้วย ไซยาไนด์ในมันสำปะหลังจะถูกสร้างขึ้นจากกรดอะมิโน 2 ตัว คือ แวลีน (valine) และไอโซลิวซีน (isoleucine) การสังเคราะห์จากแวลีนจะได้ไกลโคไซด์ (glycoside) ของแอซีโตนไซยาโนไฮไดริน (acetone cyanohydrin) เรียกว่า ลินามาริน (linamarin หรือ 2-hydroxy isobutyronitrile- β -D-glycoside) ถ้าสังเคราะห์จากไอโซลิวซีน จะได้ไลทอสตราลีน (lotaustralin หรือ 2-hydroxy-2-methylbutyronitrile- β -D-glycoside) ซึ่งเป็นไกลโคไซด์ของเมทิลเอทิลคีโตนไซยาโนไฮไดริน (methyl ethyl ketone cyanohydrin) ในมันสำปะหลังส่วนใหญ่ พบว่า มีสารลินามารินอยู่เป็นส่วนใหญ่ถึง 96 ส่วน และสารไลทอสตราลีนเพียง 4 ส่วนเท่านั้น (Saka, 1993)

สารลินามารินและสารไลทอสตราลีน เป็นสารประเภทไซยาโนเจนิกไกลโคไซด์ อาจเรียกว่า ไซยาโนติกไกลโคไซด์ (Cyanotic glycoside) หรือไซยาโนพอร์ไกลโคไซด์ (Cyanophore glycoside) เป็นไกลโคไซด์ซึ่งเมื่อถูกย่อยแล้วจะให้กรดไฮโดรไซยานิก หรือไซยาไนด์ ในที่นี้จึงจะขอกล่าวถึง โครงสร้างของสารประกอบไซยาโนเจนิกไกลโคไซด์ ซึ่งเป็นโครงสร้างหลักด้วย

โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบลินามารินและสารประกอบไลทอสตราลีน

Cyanogenic glycosides เป็นสารประเภทไกลโคไซด์ ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของ 2-hydroxynitriles (cyanohydrin) สูตรโครงสร้างทั่วไปดังแสดงในรูปที่ 1

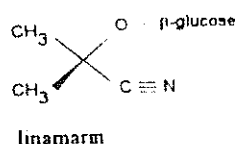


รูปที่ 1 โครงสร้างของสารประกอบ Cyanogenic glycosides

ที่มา : Davidck, 1995

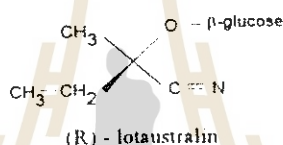
โดย R₁ และ R₂ เป็นสารประเภท alkyl หรือ aromatic group

สำหรับสารประกอบลินามารินและสารประกอบไลทอสตราลิน มีสูตรโครงสร้างคล้ายสารประกอบ Cyanogenic glycosides ดังแสดงในรูปที่ 2 และรูปที่ 3



รูปที่ 2 โครงสร้างของสารประกอบลินามาริน (Linamarin)

ที่มา : Davidek, 1995



รูปที่ 3 โครงสร้างของสารประกอบไลทอสตราลิน (Lotaustralin)

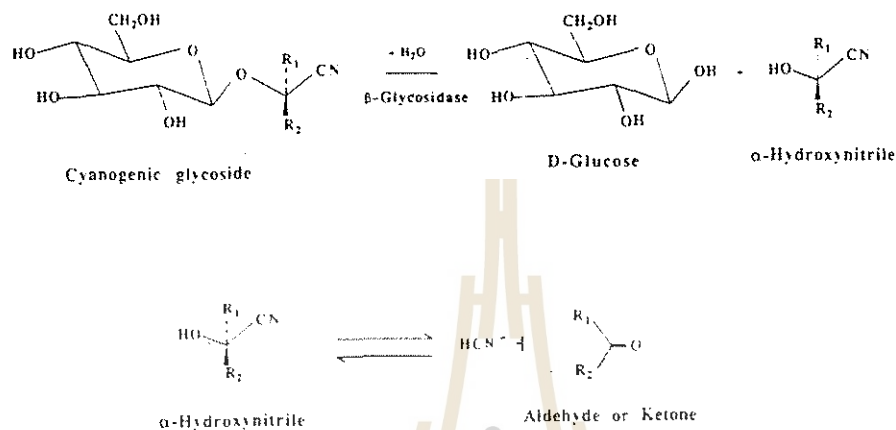
ที่มา : Davidek, 1995

โครงสร้างของสารประกอบลินามารินและสารประกอบไลทอสตราลินมีความแตกต่างกัน โดย สารประกอบลินามาริน กลุ่มสาร R_1 และ R_2 เป็นสารชนิดเดียวกัน คือ สาร methyl สำหรับสารประกอบไลทอสตราลิน กลุ่มสาร R_1 และ R_2 เป็นสารคนละตัวกัน นั่นคือ กลุ่มสาร methyl และกลุ่มสาร ethyl

การแตกตัวให้สารพิษไซยาไนด์ของสารประกอบ Cyanogenic glycosides

Cyanogenic glycosides จะถูกย่อยโดยเอนไซม์ที่มีอยู่พืชเอง เมื่อเซลล์ของพืชแตกหรือถูกทำลาย ไม่ว่าจะเป็นการเคี้ยว การสับ หรือการบดพืช ทำให้ได้กรดไฮโดรไซยานิกเกิดขึ้น ขั้นตอนการแตกตัวของ Cyanogenic glycosides สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4 โดยเอนไซม์ที่มีบทบาทในการย่อยมี 2 ชนิด คือ เอนไซม์ β -glucosidase (EC 3.2.1.21) และเอนไซม์ hydroxynitrile lyase (EC

4.1.2.10) ในขั้นแรก เอนไซม์ β -glucosidase จะไปทำลาย glycosidic bonds แล้วแตกตัวให้น้ำตาล และ cyanohydrin (α -hydroxynitrile) ในขั้นที่สอง เอนไซม์ hydroxynitrile lyase จะไปเร่งให้ cyanohydrin เกิดการแตกตัวเร็วขึ้น ได้เป็นสารประกอบ aldehyde หรือ ketone และ สารพิษ ไฮยาไนต์



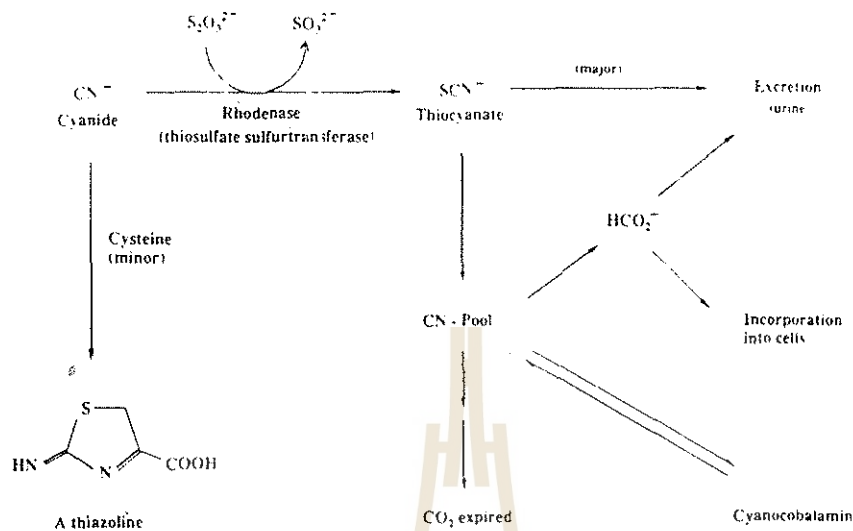
รูปที่ 4 การแตกตัวให้สารพิษไฮยาไนต์ของ Cyanogenic glycosides

ที่มา : Shibamoto et al, 1993

ความเป็นพิษของสารพิษไฮยาไนต์

ไฮยาไนต์เป็นสารประกอบที่มีความเป็นพิษสูง อาการขั้นรุนแรงเมื่อมีการสะสมของสารพิษไฮยาไนต์ในระดับเกินกำหนด จะทำให้เกิดอาการหน้าเขียว เล็บเขียว จุกกะตุก หัวใจเต้นแรง กล้ามเนื้อเป็นอัมพาต และหายใจขัดเพราะขาดออกซิเจน (Cyanosis) ทมดสติทำให้ถึงแก่ความตายได้ (พนิดา กาญจนภิ, 2542) ระดับของสารพิษไฮยาไนต์ที่สามารถสะสมอยู่ในร่างกายมนุษย์จะอยู่ในระดับ 0.5-3.5 mg/kg น้ำหนักตัว (Shibamoto et al, 1993) เช่น น้ำหนักตัว 70 กิโลกรัม สามารถมีสารพิษไฮยาไนต์สะสมในร่างกายได้ 35-245 mg ไฮยาไนต์สามารถแสดงฤทธิ์ได้โดยการจับกับกลุ่ม ferric ion ของเอนไซม์ cytochrome oxidase ใน mitochondria ซึ่งกระบวนการ metabolism ของ cyanide ion สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5 ผลิตภัณฑ์หลักที่ได้จากการแตกตัวของไฮยาไนต์ ได้แก่ thiocyanate การแตกตัวดังกล่าวนี้จะถูกเร่งโดยเอนไซม์ rhodenase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่พบได้ในเนื้อเยื่อของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สาร thiocyanate ที่เกิดขึ้นนี้ เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดโรคคอพอก โดยจะไปยับยั้งการขนส่งสาร iodine และเพิ่มระดับของ thyroidstimulating hormone อีก

อาการหนึ่ง ในกรณีที่มีการบริโภคมันสำปะหลังสดเป็นเวลานาน จะมีผลทำให้เกิดการตายของประสาทตา และตาบอดได้ในที่สุด



รูปที่ 5 กระบวนการ Metabolism ของสารพิษไซยาไนด์

ที่มา : Shibamoto et al, 1993

การลดปริมาณไซยาไนด์ในแป้งมันสำปะหลัง

1. การหมักมันสำปะหลังเพื่อให้เกิดกรดแลกติก

วิธีนี้เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมสูง เนื่องจากเป็นวิธีที่ใช้ต้นทุนต่ำ แต่ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไซยาไนด์ค่อนข้างสูง โดยปกติในระหว่างกระบวนการแปรรูปมันสำปะหลัง ไม่ว่าจะเป็นการล้าง หรือการปอกเปลือกนั้น กระบวนการหมักเพื่อให้เกิดกรดแลกติกขึ้นในมันสำปะหลังสามารถเกิดขึ้นได้เอง Ngaba และ Lcc (1979) ได้ทำการศึกษาพบว่า ในระหว่างกระบวนการหมักนี้ กระบวนการสามารถถูกเร่งเพื่อให้เกิดกรดแลกติกเร็วขึ้น โดยเอนไซม์ β -glucosidases ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่พบในแบคทีเรียชนิด lactic acid bacteria ได้แก่ *Lactobacillus sp.* และ *Streptococcus sp.*

Tinay et al (1984) ได้ทำการศึกษาถึงปริมาณ hydrocyanic acid หรือไซยาไนด์ในมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการหมักแล้ว โดยทำการสุ่มตัวอย่างมันสำปะหลังที่ทำการเก็บเกี่ยวเมื่ออายุได้ 1 ปี ประมาณ 30 กิโลกรัม ล้างน้ำเพื่อทำความสะอาด มันสำปะหลังที่สุ่มมาส่วนหนึ่งจะถูกนำมาปอกเปลือกโดยใช้มีด และหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ จากนั้นแบ่งเป็น 6 ส่วน แต่ละส่วนจะถูกผสมให้

เข้ากัน โดยใช้เครื่องผสม (kitchen mixer) เป็นเวลา 1 นาที และเก็บไว้ใน screw cap jar เพื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณไซยาไนด์ และค่า Titratable acidity ต่อไป สำหรับมันสำปะหลังที่เหลือจะถูกแบ่งเป็น 3 ส่วน โดยในส่วนที่ 1 (Treatment 1) มันสำปะหลังทั้งหมด (ไม่ปอกเปลือก) จะถูกแช่ในน้ำในถังพลาสติกที่มีฝาปิดและเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25-28 °C) เป็นเวลา 8 วัน, ส่วนที่ 2 (Treatment 2) มันสำปะหลังจะถูกปอกเปลือกและทำการทดลองเช่นเดียวกับส่วนที่ 1 และส่วนที่ 3 (Treatment 3) มันสำปะหลังจะถูกปอกเปลือกและบดโดยใช้ meat mincer เป็นเวลา 2-3 นาที ที่อุณหภูมิห้อง มันสำปะหลังที่บดได้นี้จะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน โดยในส่วนแรก จะเก็บไว้ในถังพลาสติกที่มีฝาปิดเป็นเวลา 8 วัน สำหรับส่วนที่ 2 จะเติมน้ำในอัตราส่วนมันสำปะหลังที่บด : น้ำเท่ากับ 4 : 1 จากนั้นผสมให้เข้ากันและเก็บไว้เพื่อให้เกิดการหมักขึ้น ตัวอย่างทุก Treatment จะนำมาวิเคราะห์ทางเคมี (pH, Titratable acidity และ Cyanide content) ทุก ๆ 24 ชั่วโมง พบว่าได้ผลดังตารางที่ 1,2 และ 3

ตารางที่ 1 ค่า pH, Titratable acidity และ Cyanide content ในระหว่างกระบวนการการหมักมันสำปะหลังที่ไม่ปอกเปลือก (Treatment 1)

Treatment	Time (days)	pH	Titratable acidity (%)	Mg. kg fresh basis		
				Total cyanide	Free cyanide	Bound cyanide
<i>Ruber variety</i>						
Whole tuber:	0	6.0	0.111	69.9 ± 0.99 ^{1a}	35.0 ± 0.30	34.9 ± 0.57
Pulp	1	5.9	0.142	65.9 ± 0.57 ^{1a}	31.9 ± 0.48	31.0 ± 0.28
	2	5.85	0.132	49.3 ± 0.60 ^{1a}	26.1 ± 0.60	23.2 ± 0.12
	3	5.8	0.171	40.8 ± 0.67 ^{1a}	23.7 ± 0.40	17.1 ± 0.28
	4	5.35	0.250	33.7 ± 0.60 ^{1b}	21.4 ± 0.57	12.3 ± 0.31
	5	4.4	0.413	30.0 ± 0.60 ^{1b}	18.1 ± 0.50	11.9 ± 0.12
	6	4.2	0.560	27.0 ± 1.30 ^{1b}	14.7 ± 1.07	12.3 ± 0.35
	7	4.1	0.600	19.8 ± 1.30 ¹	12.1 ± 0.50	7.6 ± 0.83
	8	3.95	0.712	14.7 ± 0.80 ¹	9.5 ± 0.50	5.2 ± 0.45
Peel	0	6.1	0.101	208.6 ± 0.67 ¹	103.3 ± 0.40	105.3 ± 0.28
	1	5.7	0.113	186.3 ± 0.60 ¹	94.2 ± 0.57	92.1 ± 0.31
	2	5.6	0.242	156.0 ± 0.50 ¹	84.0 ± 0.35	72.0 ± 0.17
	3	4.8	0.261	139.0 ± 0.66 ¹	76.0 ± 0.40	63.0 ± 0.26
	4	4.7	0.350	117.0 ± 0.44 ^{1b}	63.0 ± 0.25	54.0 ± 0.28
	5	4.4	0.452	106.6 ± 0.53 ^{1b}	56.8 ± 0.47	49.8 ± 0.05
	6	4.1	0.612	92.9 ± 0.51 ¹	53.5 ± 0.50	39.4 ± 0.11
	7	3.9	0.740	81.3 ± 0.60 ¹	43.9 ± 0.36	37.8 ± 0.26
	8	3.85	0.801	72.0 ± 0.76 ¹	36.2 ± 0.67	35.8 ± 0.28
Soaking water	1	4.8	0.102	10.6 ± 0.40	5.8 ± 0.45	4.8 ± 0.06
	2	4.35	0.191	15.7 ± 0.45	7.66 ± 0.36	8.1 ± 0.15
	3	4.1	0.262	25.7 ± 0.41	15.7 ± 0.36	10.0 ± 0.05
	4	3.8	0.500	35.8 ± 0.53	20.5 ± 0.51	15.3 ± 0.17
	5	3.8	0.693	40.9 ± 0.67	22.4 ± 0.45	18.5 ± 0.23
	6	3.8	0.760	52.7 ± 0.55	25.5 ± 0.62	27.2 ± 0.32
	7	3.8	0.792	60.7 ± 0.55	29.6 ± 0.35	31.1 ± 0.42
	8	3.8	0.890	66.2 ± 0.50	32.8 ± 0.59	33.4 ± 0.20

* อักษร a, b, c, d, e และ f ในคอลัมน์เดียวกันเหมือนกันอย่างน้อย 1 ตัวอักษร แสดงว่า
ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.99 %

+ มีหน่วยเป็น mg/l

ที่มา : Tinay et al, 1984

จากตารางที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า pH, Titratable acidity และ Cyanide content ในระหว่างกระบวนการหมักมันสำปะหลัง (bitter cassava) ทั้งหมดที่ไม่ได้ปอกเปลือก (Treatment 1) พบว่า เมื่อทำการหมักครบ 8 วัน ค่า pH ของมันสำปะหลังที่นำมาบดจนละเอียด (Pulp) มีค่าลดลงจาก 6.0 ไปเป็น 3.95 และค่าความเป็นกรด (acidity) เพิ่มขึ้นจาก 0.111% ไปเป็น 0.712 % ปริมาณ total cyanide ลดลง 80 % ปริมาณ free และ bound cyanide ลดลงเหลือ 9.5 ± 0.50 และ 5.2 ± 0.45 mg/kg fresh basis ตามลำดับ

เมื่อนำเปลือกที่เหลือทิ้งจากการปอกเปลือก (Peeled) มาวิเคราะห์หาปริมาณไซยาไนด์ พบว่ามีปริมาณไซยาไนด์สูงกว่ามันสำปะหลังที่บดจนละเอียด (Pulp) ดังแสดงในตารางที่ 1 สำหรับน้ำที่ใช้แช่มันสำปะหลังนั้น เมื่อนำมาวิเคราะห์จะพบว่า ปริมาณ total cyanide จะเพิ่มขึ้นจาก 0.6 ± 0.40 mg/l ในวันแรกไปเป็น 66.2 ± 0.50 mg/l ในวันสุดท้าย

ตารางที่ 2 ค่า pH, Titratable acidity และ Cyanide content ในระหว่างกระบวนการหมักมันสำปะหลังที่ปอกเปลือก (Treatment 2)

Treatment	Time (days)	pH	Titratable acidity (%)	Mg/kg fresh basis		
				Total cyanide	Free cyanide	Bound cyanide
<i>Bitter variety</i>	0	6.0	0.111	69.99 ± 0.85^1	35.0 ± 0.30	34.9 ± 0.57
Peeled tuber: Pulp	1	5.8	0.121	55.6 ± 0.40^c	24.7 ± 0.30	30.9 ± 0.11
	2	5.7	0.222	42.2 ± 0.55^d	21.9 ± 0.50	20.3 ± 0.05
	3	5.3	0.226	34.1 ± 0.61^e	17.3 ± 0.55	16.8 ± 0.10
	4	4.8	0.320	26.8 ± 0.39^b	14.2 ± 0.35	12.6 ± 0.06
	5	4.2	0.451	21.8 ± 0.42^f	11.8 ± 0.35	10.0 ± 0.15
	6	4.1	0.582	19.9 ± 0.35^g	10.6 ± 0.35	9.3 ± 0.06
	7	4.0	0.690	16.5 ± 0.40^h	9.0 ± 0.35	7.5 ± 0.06
	8	3.9	0.781	12.7 ± 0.37^i	7.4 ± 0.21	5.3 ± 0.26
Soaking water	1	4.5	0.131	4.3 ± 0.57	2.3 ± 0.20	2.0 ± 0.36
	2	4.1	0.262	6.3 ± 0.65	3.8 ± 0.26	2.5 ± 0.40
	3	4.0	0.440	7.3 ± 0.42	5.2 ± 0.36	2.1 ± 0.21
	4	3.95	0.521	9.8 ± 0.25	6.7 ± 0.32	3.1 ± 0.15
	5	3.95	0.643	11.8 ± 0.55	6.9 ± 0.40	4.9 ± 0.15
	6	3.6	0.832	14.1 ± 0.66	9.1 ± 0.40	5.0 ± 0.26
	7	3.8	0.790	16.7 ± 0.30	11.7 ± 0.35	5.0 ± 0.05
	8	3.85	0.792	19.7 ± 0.45	12.5 ± 0.35	7.4 ± 0.10

ที่มา : Tinay et al, 1984

จากตารางที่ 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า pH, Titratable acidity และ Cyanide content ในระหว่างกระบวนการหมักมันสำปะหลัง (bitter cassava) ที่ปอกเปลือก (Treatment 2) พบว่า เมื่อทำการหมักครบ 8 วัน ค่า pH ของมันสำปะหลังที่นำมาบดจนละเอียด (Pulp) มีค่าลดลงจาก 6.0 ไปเป็น 3.9 และค่า Titratable acidity เพิ่มขึ้นเป็น 0.781 % ปริมาณ total cyanide ลดลง 81.8 % และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณ free cyanide ของมันสำปะหลังที่ไม่ได้ปอกเปลือก (ตารางที่ 1) และที่ปอกเปลือกแล้ว (ตารางที่ 2) พบว่า เมื่อทำการหมักได้ 1 วัน ปริมาณ free cyanide ของมันสำปะหลังที่ปอกเปลือกจะลดลงมากกว่ามันสำปะหลังที่ไม่ได้ปอกเปลือก นั้นแสดงให้เห็นว่า การปอกเปลือกมันสำปะหลัง สามารถลดปริมาณไซยาไนด์ได้เป็นจำนวนมาก สำหรับน้ำที่ใช้แช่ (Soaking water) พบว่า ปริมาณ total cyanide ของน้ำที่ใช้แช่มันสำปะหลังที่ปอกเปลือกแล้ว (ตารางที่ 2) มีค่าต่ำกว่าน้ำที่ใช้แช่มันสำปะหลังที่ยังไม่ได้ปอกเปลือก (ตารางที่ 1) โดยปริมาณ total cyanide จะเพิ่มขึ้นจาก 4.3 ± 0.57 mg/l ไปเป็น 19.7 ± 0.45 mg/l ส่วนปริมาณ free และ bound cyanide มีแนวโน้มเช่นเดียวกับปริมาณ total cyanide นั่นคือ ปริมาณ free และ bound cyanide ของน้ำที่ใช้แช่มันสำปะหลังที่ปอกเปลือกแล้วมีค่าต่ำกว่าน้ำที่ใช้แช่มันสำปะหลังที่ยังไม่ได้ปอกเปลือก

ตารางที่ 3 ค่า pH, Titratable acidity และ Cyanide content ของมันสำปะหลังชนิดขมและชนิดหวาน ที่บด แล้วเก็บไว้ให้เกิดการหมัก (Treatment 3)

Treatment	Time (days)	pH	Titratable acidity (%)	Mg/kg fresh basis		
				Total cyanide	Free cyanide	Bound cyanide
<i>Bitter variety</i> Crushed pulp	0	6.0	0.111	69.9 ± 0.99^d	35.0 ± 0.30	34.9 ± 0.57
	1	5.6	0.220	39.4 ± 0.65^c	23.0 ± 0.36	16.4 ± 0.32
	2	5.25	0.321	33.1 ± 0.75^b	21.6 ± 0.20	11.5 ± 0.55
	3	5.0	0.361	29.4 ± 0.70^b	20.2 ± 0.45	9.2 ± 0.25
	4	4.75	0.422	27.4 ± 0.50^a	19.7 ± 0.46	7.7 ± 0.19
	5	4.3	0.522	25.9 ± 0.57^a	18.6 ± 0.35	7.3 ± 0.21
	6	4.2	0.671	24.9 ± 0.80^a	15.8 ± 0.40	9.1 ± 0.49
	7	4.0	0.718	24.1 ± 0.78^a	13.4 ± 0.61	10.7 ± 0.17
	8	3.8	0.802	21.1 ± 0.55^a	12.4 ± 0.41	8.7 ± 0.15
Crushed pulp + water (4:1)	0	6.0	0.111	69.9 ± 0.99^d	35.0 ± 0.30	34.9 ± 0.57
	1	5.0	0.311	22.6 ± 0.36^c	14.9 ± 0.26	7.7 ± 0.21
	2	4.8	0.390	16.9 ± 0.25^b	12.7 ± 0.21	4.2 ± 0.10
	3	4.6	0.402	15.4 ± 0.26^b	11.2 ± 0.24	4.2 ± 0.10
	4	4.3	0.542	13.8 ± 0.36^b	9.9 ± 0.30	3.9 ± 0.19
	5	4.0	0.660	11.9 ± 0.25^b	8.3 ± 0.10	3.6 ± 0.15
	6	3.9	0.741	9.4 ± 0.36^a	6.3 ± 0.20	3.1 ± 0.17
	7	3.8	0.750	7.5 ± 0.41^a	5.5 ± 0.21	2.0 ± 0.21
	8	3.8	0.820	5.8 ± 0.40^a	3.8 ± 0.30	2.0 ± 0.12

<i>Sweet variety</i>	0	6.2	0.152	50.6 ± 0.96 ^d	31.2 ± 0.42	19.4 ± 0.43
Crushed pulp	1	4.9	0.352	37.6 ± 0.41 ^c	29.4 ± 0.28	8.2 ± 0.13
	2	4.6	0.420	36.5 ± 0.36 ^c	29.4 ± 0.28	7.1 ± 0.08
	3	5.2	0.303	31.1 ± 0.56 ^c	27.2 ± 0.28	6.9 ± 0.28
	4	6.0	0.222	33.6 ± 1.30 ^c	26.8 ± 0.57	6.8 ± 0.73
	5	6.2	0.160	32.3 ± 0.41 ^c	26.0 ± 0.27	6.3 ± 0.14
	6	6.4	0.122	29.7 ± 0.49 ^c	23.6 ± 0.21	6.1 ± 0.28
	7	6.6	0.111	24.0 ± 0.41 ^b	18.6 ± 0.14	5.4 ± 0.27
	8	6.7	0.101	17.9 ± 0.57 ^a	12.9 ± 0.42	5.0 ± 0.15
Crushed pulp + water (4:1)	0	6.2	0.152	50.6 ± 0.96 ^d	31.2 ± 0.42	19.4 ± 0.43
	1	4.6	0.442	22.4 ± 0.42 ^c	14.9 ± 0.28	7.5 ± 0.14
	2	4.3	0.682	17.1 ± 0.28 ^b	13.2 ± 0.14	3.9 ± 0.14
	3	4.3	0.680	15.1 ± 0.23 ^b	12.0 ± 0.14	3.1 ± 0.09
	4	4.25	0.781	11.9 ± 0.42 ^a	9.2 ± 0.28	2.7 ± 0.14
	5	4.2	0.811	10.4 ± 0.28 ^a	7.9 ± 0.14	2.5 ± 0.14
	6	4.1	0.830	9.4 ± 0.21 ^a	7.0 ± 0.14	2.4 ± 0.07
	7	4.1	0.860	8.9 ± 0.14 ^a	6.4 ± 0.07	2.4 ± 0.07
	8	3.8	0.860	8.6 ± 0.28 ^a	6.3 ± 0.21	2.3 ± 0.08

ที่มา : Tinay et al, 1984

จากตารางที่ 3 พบว่ามันสำปะหลังชนิดขมที่ปอกเปลือกแล้วนำมาบดก่อนทำการหมัก (Crushed pulp) เมื่อหมักครบ 8 วัน ค่า pH จะลดลงจาก 6.0 เป็น 3.8 และค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้นเป็น 0.802 % ปริมาณ total cyanide ลดลง 69.8 % สำหรับมันสำปะหลังชนิดหวาน พบว่า ค่า pH จะลดลงกลายเป็น 4.6 ในวันที่ 3 ของการหมัก และหลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้นเป็น 6.7 เมื่อหมักครบ 8 วัน เหตุที่เป็นเช่นนี้ เพราะว่ามีกรป่นเนื่องจากจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่ไม่ได้ผลิตกรดแลกติก ทำให้ค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 3 คือ 0.420 % และลดลงเรื่อย ๆ เมื่อหมักครบ 8 วัน และปริมาณ total cyanide จะลดลง 64.6 %

เมื่อพิจารณามันสำปะหลังที่บดแล้วเติมน้ำในอัตราส่วนมันสำปะหลังบดค่อนน้ำ เท่ากับ 4:1 (Crushed pulp+ water) แล้ว พบว่า เมื่อหมักครบ 8 วัน มันสำปะหลังชนิดขม ค่า pH จะลดลงเป็น 3.8, ค่า Titratable acidity เพิ่มขึ้นเป็น 0.82 % และปริมาณ total cyanide ลดลงถึง 91.7 % โดยเฉพาะปริมาณ bound cyanide เมื่อหมักได้ 1 วัน พบว่า มีปริมาณลดลงถึง 77.9 % ส่วนมันสำปะหลังชนิดหวาน เมื่อหมักครบ 8 วัน พบว่า ค่า pH ลดลงเป็น 3.8 และค่า Titratable acidity เพิ่มขึ้นเป็น 0.86 % ปริมาณ total cyanide ลดลง 83.0 %

ดังนั้น การหมักมันสำปะหลังเพื่อให้เกิดกรดแลกคิขึ้นในมันสำปะหลัง สามารถลดปริมาณไซยาไนด์ได้

2. การทำแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์ (Sun Drying)

การทำแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์นั้น เป็นวิธีที่ง่าย และมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณไซยาไนด์ในมันสำปะหลัง แต่วิธีนี้ต้องใช้พื้นที่มาก และขึ้นอยู่กับฤดูกาล โดยความร้อนจากแสงอาทิตย์จะมีผลไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ linamarase ไม่ให้ไปย่อยสารประกอบ linamarin ทำให้สารประกอบไซยาไนด์ไม่ถูกปลดปล่อยออกมา

Saka (1993) ได้ทำการศึกษาผลของการทำแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์ ในการลดปริมาณไซยาไนด์ในมันสำปะหลัง โดยทำการทดลองกับมันสำปะหลังที่มีอายุ 8 เดือน หลังจากทำความสะอาดและบดมันสำปะหลังให้ละเอียดแล้ว มันสำปะหลังที่บดได้จะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 (A) นำมาทำแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์ เป็นเวลา 7 วัน (อุณหภูมิ 25-30 °C) ส่วนที่ 2 นำมาแบ่งเป็น 3 ส่วนย่อย (B, C และ D) โดยนำแต่ละส่วนย่อย 30 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 ml จากนั้นเติมน้ำเย็นอุณหภูมิ 25 °C ปริมาณ 150 ml ในตัวอย่าง B และ C และให้ความร้อนจนอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 98 °C เป็นเวลา 47 นาที และ 17 นาที ตามลำดับ ส่วนตัวอย่าง D เติมน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 98 °C ปริมาณ 150 ml ในระหว่างการทดลองตัวอย่างจะถูกกวนตลอดเวลา และเติมน้ำเพื่อทดแทนน้ำที่ระเหยไป หลังจากการให้ความร้อนตัวอย่างทั้งหมดจะถูกทำให้เย็นลงโดยน้ำประปา จากนั้นนำไปกรองโดยใช้เครื่องดูดสุญญากาศ ถังส่วนที่อยู่บนกระดาษกรอง (filtrate) ด้วยน้ำเย็นปริมาตร 100 ml และนำตัวอย่าง B, C และ D ไปทำแห้งโดยแสงอาทิตย์เป็นเวลา 7 วัน ซึ่งสัญลักษณ์ตัวอย่างจะแทนด้วย E, F และ G ตามลำดับ จากนั้นนำตัวอย่างทั้งหมดมาวิเคราะห์หาปริมาณ cyanide ด้วยวิธีการใช้เอนไซม์ linamarase ในการย่อยสลายสารประกอบ linamarin ซึ่งผลของการย่อยจะได้ไซยาไนด์เกิดขึ้น ปริมาณไซยาไนด์ที่วิเคราะห์ได้นี้ จะถูกวัดออกมาในรูปของค่าการดูดกลืนคลื่นแสง (Cooke, 1978) พบว่าได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณ Cyanide ของมันสำปะหลังสด, มันสำปะหลังที่ผ่านการให้ความร้อน และมันสำปะหลังที่ทำแห้งโดยแสงอาทิตย์

Sample	Total cyanide reduction (%)
Fresh leaves	0
A	97.4
B	96.6
C	93.3

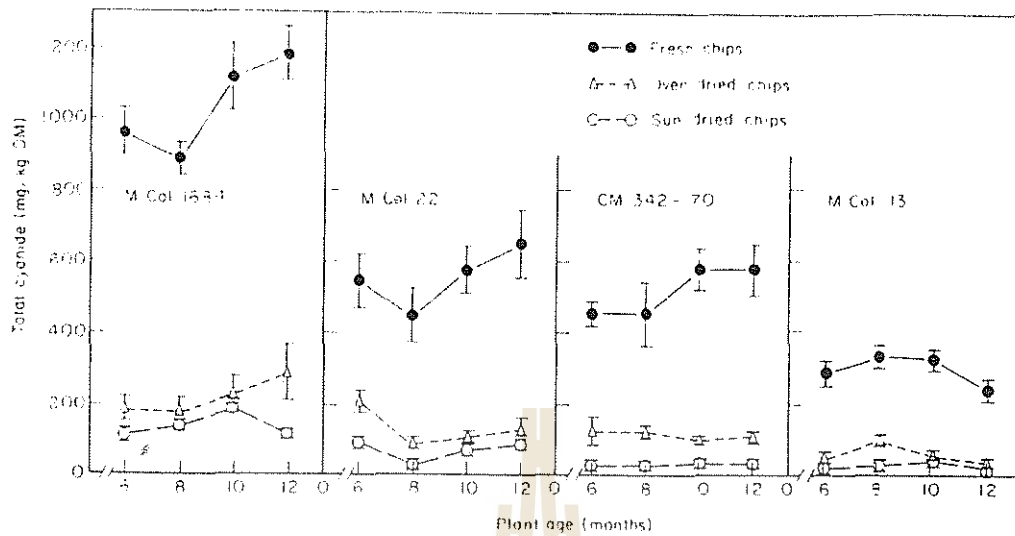
Sample	Total cyanide reduction (%)
D	95.8
E	99.6
F	99.4
G	99.6

ที่มา : Saka, 1993

จากตารางที่ 4 เมื่อพิจารณาตัวอย่าง A ซึ่งผ่านการทำแห้งโดยแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว พบว่า ปริมาณ total cyanide ลดลง 97.4 % ในขณะที่ตัวอย่าง B, C และ D ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ผ่านการให้ความร้อนเพียงอย่างเดียว และระยะเวลาในการให้ความร้อนแตกต่างกัน พบว่า ปริมาณ total cyanide ลดลง 96.6 %, 93.3% และ 95.8% ตามลำดับ สำหรับตัวอย่าง E, F และ G ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ผ่านการให้ความร้อนแล้วได้นำไปทำแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์ต่อ พบว่า ปริมาณ total cyanide ลดลงมากกว่า 99 %

ดังนั้น การให้ความร้อนแก่มันสำปะหลัง สามารถลดปริมาณไซยาไนด์ได้มากขึ้น ถ้าเพิ่มเวลาในการให้ความร้อนมากขึ้น และมันสำปะหลังที่ผ่านการให้ความร้อน แล้วนำไปทำแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์ต่อ พบว่า สามารถลดปริมาณไซยาไนด์ได้เกือบ 100 %

Gomez et al (1984) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์และการทำแห้งโดยใช้เตาอบ ในการลดปริมาณไซยาไนด์ในมันสำปะหลัง 4 ชนิด คือ ชนิด M Col 1684, M Col 22, CM 342-170 และ M Col 113 โดยทำการศึกษาเมื่อมันสำปะหลังมีอายุได้ 6, 8, 10 และ 12 เดือน มันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวได้นี้จะนำมาลดขนาดโดยใช้เครื่อง Thai-type chipping machine จากนั้น นำมันสำปะหลังแต่ละชนิดที่มีอายุต่างๆ กัน มาแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 นำไปทำแห้งโดยใช้แสงแดด และส่วนที่ 2 นำไปทำแห้งโดยใช้เตาอบที่อุณหภูมิ 60°C โดยใช้เวลาในการทำแห้งทั้ง 2 ส่วน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาวิเคราะห์หาปริมาณไซยาไนด์ พบว่าได้ผลดังรูปที่ 1



รูปที่ 6 ปริมาณ Total cyanide ในมันสำปะหลังสด, มันสำปะหลังที่ทำแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์ และ มันสำปะหลังที่ทำแห้งโดยใช้ตู้อบ ของมันสำปะหลัง 4 ชนิด ที่อายุการเก็บเกี่ยวต่าง ๆ
ที่มา : Gomez et al, 1984

จากรูปที่ 1 เมื่อพิจารณามันสำปะหลังชนิดเดียวกัน จะพบว่าการทำแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์สามารถลดปริมาณ Total cyanide ได้มากกว่าการทำแห้งโดยใช้ตู้อบ ซึ่งจะสังเกตได้จากปริมาณ total cyanide ที่มีปริมาณน้อยลง เมื่อพิจารณามันสำปะหลังต่างชนิดกัน จะพบว่า ปริมาณ total cyanide ลดลงไม่เท่ากัน เนื่องจากอิทธิพลของชนิดของมันสำปะหลัง และปริมาณไซยาไนด์เริ่มต้น แต่ในมันสำปะหลังทั้ง 4 ชนิด มีแนวโน้มเช่นเดียวกัน คือ การทำแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์สามารถลดปริมาณ total cyanide ได้มากกว่าการทำแห้งแบบใช้ตู้อบ

ดังนั้น การทำแห้งแบบใช้แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณไซยาไนด์ได้มากกว่าการทำแห้งแบบใช้ตู้อบ

สรุป

จากการศึกษาการลดปริมาณไซยาไนด์ในแป้งมันสำปะหลัง 2 วิธี คือ การหมักเพื่อให้เกิดกรดแลกติกขึ้นในมันสำปะหลัง และการทำแห้งมันสำปะหลังโดยใช้แสงอาทิตย์ พบว่า ทั้ง 2 วิธี สามารถลดปริมาณไซยาไนด์ในแป้งมันสำปะหลังลงได้ โดยวิธีการหมักเพื่อให้เกิดกรดแลกติกขึ้นในมันสำปะหลังนั้น กรดแลกติกที่เกิดขึ้น เกิดจาก bacteria ชนิด Lactic acid bacteria ได้แก่ *Lactobacillus sp.* และ *Streptococcus sp.* สำหรับวิธีการทำแห้งมันสำปะหลังโดยใช้แสงอาทิตย์นั้น เป็นการไล่ความร้อนจากธรรมชาติ ในการยับยั้งเอนไซม์ linamarase ทำให้สารประกอบ linamarin ไม่สามารถแตกตัวให้สารพิษไซยาไนด์ได้

ข้อเสนอแนะ

มันสำปะหลังที่รับซื้อมาแล้ว ก่อนจะนำสู่กระบวนการไม่หิวมัน จะวางไว้เป็นกอง ๆ ในพื้นที่ที่เป็นบริเวณโล่งกว้าง โดยหิวมันสำปะหลังจะได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรง ซึ่งขั้นตอนนี้สามารถช่วยลดปริมาณไซยาไนด์ในมันสำปะหลังไปได้บ้าง แต่ลักษณะการกองหิวมันสำปะหลังไว้เป็นกอง ๆ ซึ่งจะกองทับถมกัน ทำให้หิวมันสำปะหลังได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ไม่ทั่วถึงกัน ดังนั้น เมื่อรับซื้อหิวมันแล้ว ควรเกลี่ยหิวมันให้มีลักษณะเป็นแนวราบไปกับพื้นซีเมนต์เพื่อช่วยเพิ่มพื้นที่ในการได้รับความร้อนของหิวมันอย่างทั่วถึงกัน จะพบว่า ระยะเวลาในการทำแห้งด้วยแสงอาทิตย์ จะมีผลต่อปริมาณไซยาไนด์ในหิวมัน โดยเมื่อระยะเวลาที่ใช้ในการทำแห้งเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ปริมาณไซยาไนด์ในหิวมันลดลง แต่ในทางปฏิบัติจริง ถ้าปล่อยให้หิวมันได้รับแสงอาทิตย์เป็นเวลานาน จะมีผลต่อปริมาณน้ำในหิวมัน ทำให้น้ำในหิวมันน้อยลง หิวมันสำปะหลังจะมีลักษณะเหี่ยว ส่งผลให้ยากต่อการร่อนเปลือกออก และวิธีการนี้จะมีข้อจำกัดเมื่อฤดูกาลเปลี่ยนไป ดังนั้น เมื่อฤดูกาลเปลี่ยนไป อาจใช้วิธีการหมักเพื่อให้เกิดกรดแลกติกขึ้นในหิวมัน ซึ่งวิธีนี้สามารถใช้ได้ทุกฤดูกาล และไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายมากมาย แต่ระยะเวลาที่ใช้ในการหมักค่อนข้างมาก ถ้าต้องการปริมาณไซยาไนด์ในหิวมันเหลือน้อยที่สุด

ทางบริษัทควรมีการ set lab ขึ้นมา เพื่อตรวจเช็คปริมาณไซยาไนด์ในแป้งมันสำปะหลัง เพราะทางโรงงานได้ทำการผลิตแป้งอาหารหลายชนิด ซึ่งแป้งอาหารเหล่านี้ต้องมีปริมาณไซยาไนด์อยู่ในระดับที่ไม่เกินข้อกำหนด ซึ่งถ้ามีการ set lab ขึ้นเพื่อตรวจสอบแล้ว ทางบริษัทสามารถอ้างถึงได้ในกรณีที่ลูกค้ามีข้อกำหนดเข้ามา

เอกสารอ้างอิง

- Cooke, R.D. (1978). Enzymatic assay for determining the cyanide content of cassava and cassava products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 29, 345-352.
- Davidck J. (1995). **Natural Toxic Compounds of Foods: Formation and change during processing and storage**. Florida: CRC Press, Inc.
- Gomez G., Valdivieso M., de la Cuesta D. and Kawano K. (1984). Cyanide content in whole-root chips of ten cassava cultivars and its reduction by oven-drying or sun-drying on trays. *Journal of Food Technology*. 19, 97-102.
- Ngaba, P.R. & Lee, J.S. (1979). Cassava fermentation. *Journal of Food Science*, 44, 1570-1571.
- Tinay, A.M. E., Bureng, P.L., and Yas, E.A.E., (1984). Hydrocyanic acid levels in fermented cassava, *Journal of Food Technology*., 19, 197.
- Shibamoto T., Bjeldanes L.F. (1993). **Introduction to Food Toxicology**. London: Academic Press, Inc.





โครงการศึกษาที่ 3
การบำบัดน้ำเสียแบบระบบเติมอากาศ
(Wastewater Treatment by Aeration System)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การบำบัดน้ำเสียแบบระบบเติมอากาศ (Wastewater Treatment by Aeration System)

บทนำ

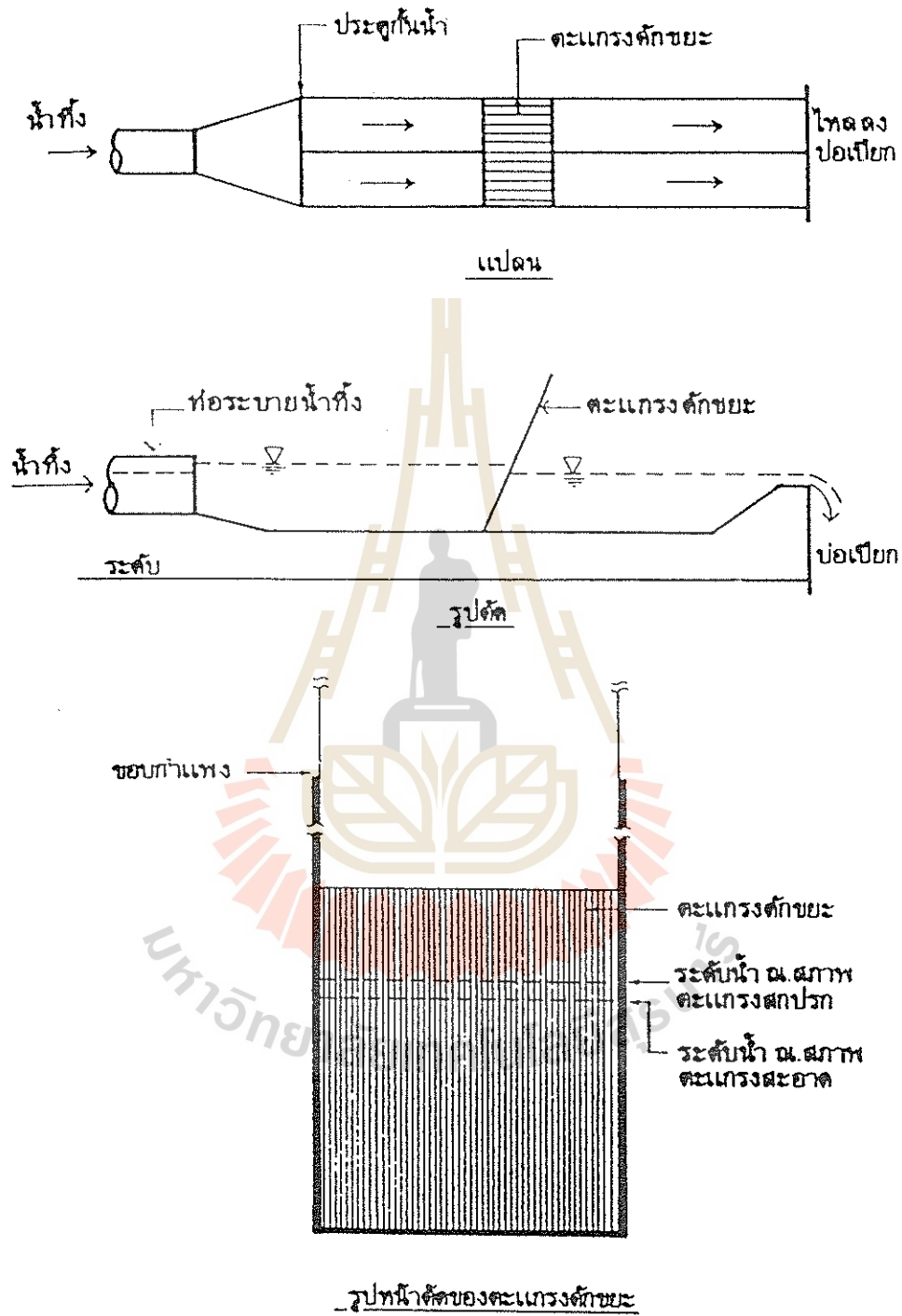
ลักษณะน้ำเสียจากโรงงานการผลิตแป้งมันสำปะหลัง, แป้งมันคัคนแปร หรือแป้งมันแปรรูป พบว่าจะมีความสกปรกในรูปของบีเอสไอดีและซีไอดีสูง โดยก่อนที่จะทิ้งน้ำเสียลงสู่แม่น้ำลำคลอง จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการบำบัดน้ำเสียเพื่อที่จะลดค่า BOD และค่า COD ให้อยู่ในระดับที่สามารถปล่อยสู่แม่น้ำลำคลองได้ ในการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นนั้น จำเป็นที่จะต้องแยกน้ำทิ้งที่เกิดจากการล้างและปอกเปลือกครากมันสำปะหลังก่อน เพราะน้ำทิ้งส่วนนี้จะมีปริมาณของตะกอนหนัก (scuttleable solids) และของแข็งแขวนลอย (suspended solids) สูง หากน้ำทิ้งส่วนนี้ไหลรวมกับน้ำทิ้งจากส่วนอื่น ๆ ลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียจะทำให้ถังหรือบ่อบำบัดน้ำเสียต้นทุนเงินอย่างรวดเร็ว เป็นสาเหตุให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของบ่อลดลง

การบำบัดน้ำเสียขั้นต้นนั้นเป็นการแยกตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสีย วิธีการบำบัด ได้แก่ การดักด้วยตะแกรง, การตกตะกอน, การบดคัด, การทำให้ตะกอนลอย, การกรอง เป็นต้น ในที่นี้จะขอนำเสนอ 2 วิธี คือ การดักด้วยตะแกรง และการตกตะกอน ซึ่งทั้ง 2 วิธีนี้สามารถใช้ได้ดีในโรงงานอุตสาหกรรมมันสำปะหลัง

1. การดักด้วยตะแกรง (Screen) (รูปที่ 1)

ตะแกรงมีไว้ใช้ในการดักสิ่งเจือปนต่างๆ ออกจากน้ำเสีย ในที่นี้คือ เศษเปลือกของครากมันสำปะหลัง ในขั้นนี้มีประโยชน์ต่อการช่วยเสริมประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของระบบบำบัด และป้องกันการเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเครื่องจักรต่างๆ เช่น เครื่องสูบน้ำ, เครื่องเติมอากาศ เป็นต้น ตะแกรงสามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ

- ตะแกรงหยาบ มีช่องว่างระหว่างแท่งเหล็กตั้งแต่ 25 มิลลิเมตรขึ้นไป ใช้ดักสิ่งของที่ลอยน้ำ เช่น เศษเปลือกของครากมันสำปะหลังที่มีขนาดใหญ่, เศษขยะ, ใบไม้ เป็นต้น
- ตะแกรงละเอียด มีช่องว่างระหว่างแท่งเหล็ก 2-6 มิลลิเมตร ใช้ดักสิ่งของที่มีขนาดเล็ก



รูปที่ 1 รายละเอียดของตะแกรงทั่วไป

2. การตกตะกอน (Sedimentation)

การตกตะกอนเป็นวิธีการแยกตะกอนแขวนลอยออกจากน้ำเสีย โดยอาศัยการจมตัวของตะกอนแขวนลอยที่มีค่าความถ่วงจำเพาะของตะกอนสูงกว่าน้ำ ของแข็งหรือตะกอนแขวนลอยที่ลอดผ่านตะแกรงมาได้ จะถูกบำบัดออกจากน้ำเสียด้วยถังตกตะกอน ซึ่งลักษณะของถังตกตะกอนจะเป็นถังขนาดใหญ่ ใช้สำหรับเป็นที่พักน้ำเสีย เมื่อน้ำเสียไหลเข้ามาในถังตกตะกอน จะใช้เวลาประมาณ 2-4 ชั่วโมงอย่างสงบ ทำให้ตะกอนแขวนลอยมีเวลาดตกตะกอนลงสู่ก้นถัง น้ำเสียที่ไหลออกไปจึงมีตะกอนแขวนลอยเหลือน้อย ประเภทของถังตกตะกอน สามารถแบ่งได้เป็นประเภทต่าง ๆ ดังนี้

- ถังสี่เหลี่ยมผืนผ้า (รูปที่ 2)
- ถังสี่เหลี่ยมจัตุรัส (รูปที่ 3)
- ถังทรงกลม (รูปที่ 4)
- ถังแบบมีแผ่นเอียงติดตั้ง (รูปที่ 5)

สำหรับน้ำทิ้งที่ได้ทำการแยกสิ่งเจือปนต่าง ๆ ออกแล้วนี้ สามารถรวมกับน้ำทิ้งจากส่วนต่าง ๆ ของโรงงาน เพื่อทำการบำบัดต่อไป

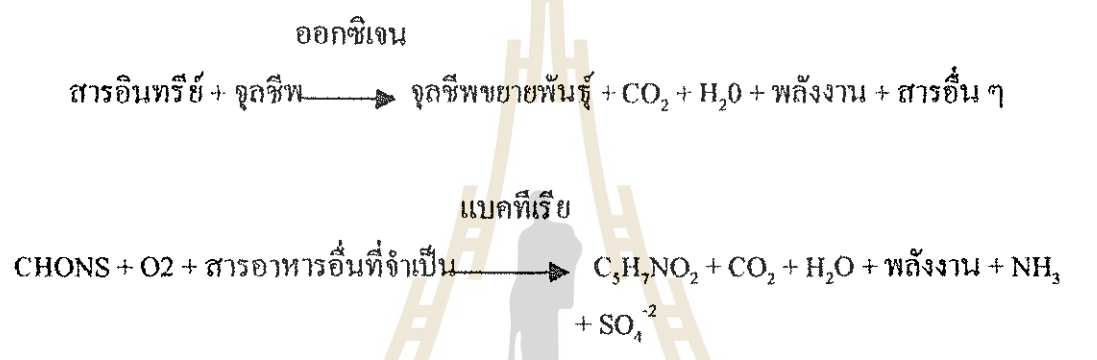
กระบวนการบำบัดน้ำเสียนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายกระบวนการ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กระบวนการใหญ่ ๆ ดังต่อไปนี้

1. กระบวนการทางเคมี (Chemical Unit Processes) คือ วิธีการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยสารเคมีผสมกับน้ำเสียเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อแยกเอามลสารต่าง ๆ ออกจากน้ำเสีย ได้แก่ การทำให้เกิดการตกตะกอน (Precipitation), การทำให้เป็นกลาง (Neutralization), การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) เป็นต้น ตัวอย่างสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย เช่น ปูนขาวหรือโซดาไฟ หรือ โซดาแอส ใช้ในการทำให้น้ำเสียที่มีค่า pH ต่ำ (เป็นกรด) มีความเป็นกลาง นอกจากนั้น ปูนขาวยังมีส่วนทำให้โลหะหนักตกผลึกได้ เนื่องจาก pH ของน้ำเสียที่เพิ่มขึ้นจนถึงระดับที่เหมาะสม และกรดกำมะถัน, กรดเกลือ หรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ใช้ในการทำให้น้ำเสียที่มีค่า pH สูง (เป็นด่าง) มีความเป็นกลาง

2. กระบวนการทางชีววิทยา (Biological Unit Processes) คือ วิธีการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยจุลินทรีย์ที่จะทำการย่อยสลายและเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์ต่าง ๆ ไปเป็นก๊าซลอยขึ้นสู่อากาศและจะได้จุลินทรีย์เพิ่มจำนวนขึ้น ได้แก่ Activated Sludge, Trickling Filter, Anaerobic Pond เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธี สามารถแสดงรายละเอียดคร่าว ๆ ได้ดังนี้

2.1 ระบบ Activated Sludge เป็นระบบที่อาศัยจุลชีพที่มีปริมาณมากพอสำหรับการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย จุลชีพเหล่านี้จะลอยผสมกับน้ำเสียในถังเติมอากาศ ซึ่งจุลชีพจะขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณขึ้น ภายในถังเติมอากาศนั้น มักจะใช้เครื่องจักรกลในการทำน้ำที่ให้ออกซิเจนหรือน้ำสลัดจ์แขวนลอยอยู่ภายในถังเติมอากาศตลอดเวลา เพื่อให้สามารถควบคุมจำนวนจุลชีพได้ตามที่ต้องการ ระบบนี้จำเป็นต้องมีระบบแยกน้ำสลัดจ์ออกจากน้ำทิ้ง ซึ่งนิยมใช้ถังคกตะกอนทำหน้าที่แยกน้ำทิ้งออกจากน้ำสลัดจ์ ส่วนบริเวณก้นถังคกตะกอนจะมีปริมาณน้ำสลัดจ์มาก ซึ่งมักจะนำกลับสู่ถังเติมอากาศ เพื่อช่วยในการควบคุมจำนวนจุลชีพในถังเติมอากาศได้

ปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นในขณะที่ตัวจุลชีพ ได้ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียจนได้ผลของปฏิกิริยา ซึ่งจะมีสารที่เกิดลงแต่ละตัวจะได้จำนวนจุลชีพเพิ่มขึ้น และมีพลังงานเพิ่มขึ้น แสดงได้ดังนี้

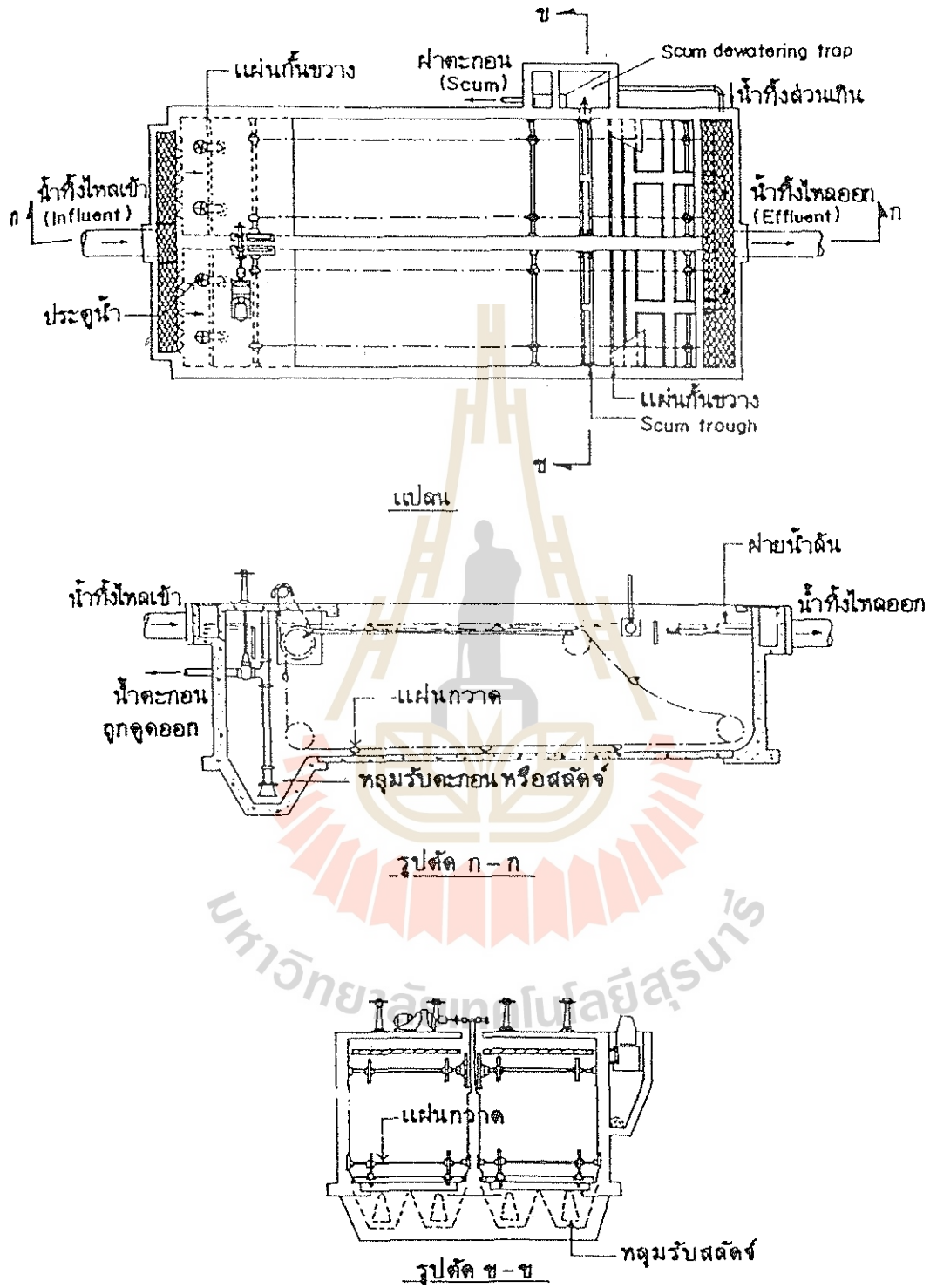


2.2 ระบบโปรยกรอง หรือระบบ Trickling Filters ระบบนี้ประกอบด้วยตัวกลางบรรจุอยู่ในถัง เพื่อให้จุลชีพเกาะอยู่ตามผิวตัวกลางมาก ๆ โดยอาศัยออกซิเจนจากอากาศผสมกับน้ำเสียก่อนที่จะไหลผ่านผิวตัวกลางที่มีจุลชีพเกาะอยู่ ซึ่งมีลักษณะเป็นเมือกหนาพอเพียงที่จะให้ออกซิเจนแทรกซึมเข้าไปได้

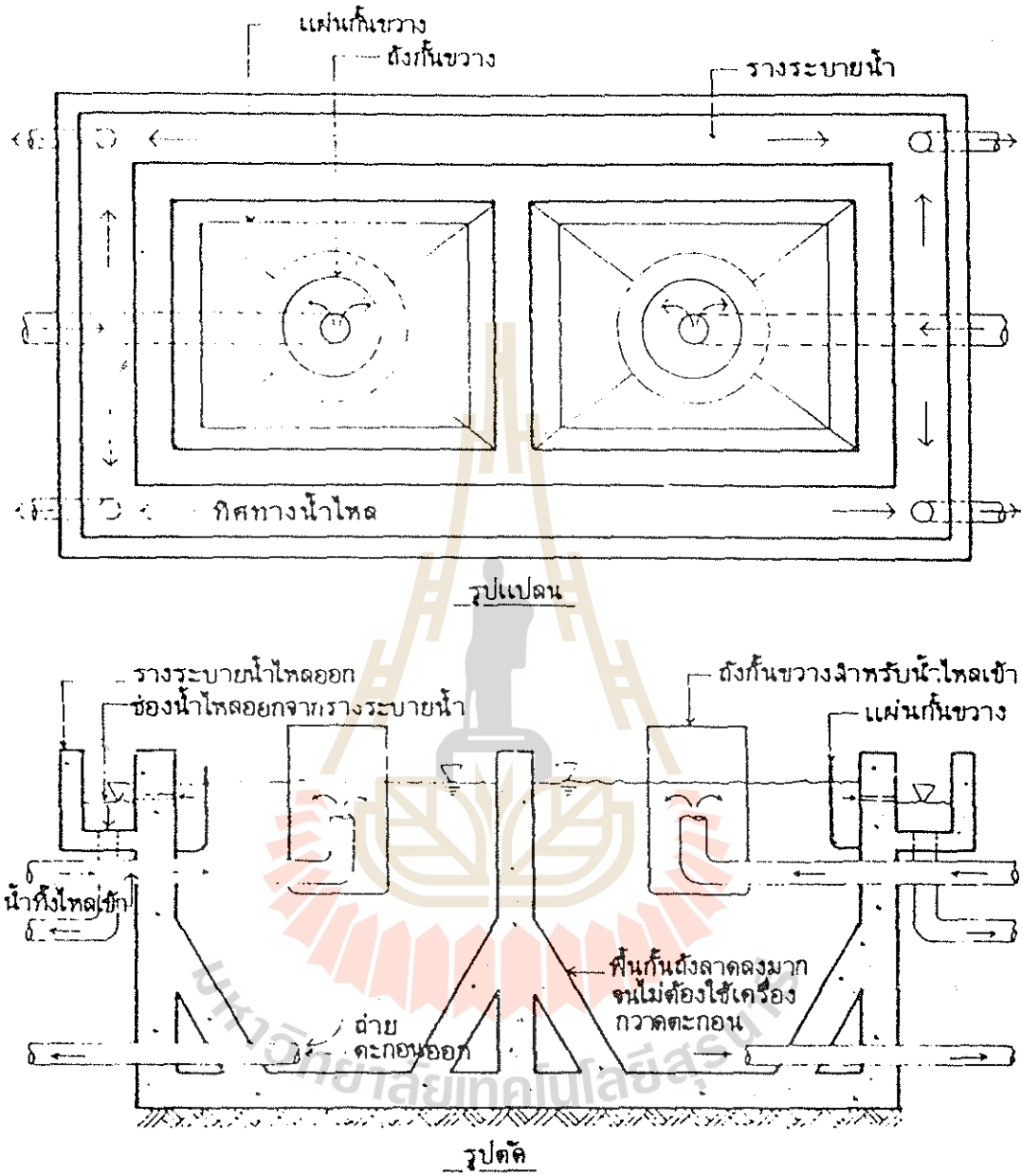
2.3 ระบบบ่อหมัก หรือAnaerobic Ponds มีลักษณะเป็นบ่อดินหรือบ่อคอนกรีต โดยอาจมีขนาดความลึกของบ่อตั้งแต่ 1.0 ถึง 8-9 เมตร บ่อประเภทนี้จะเป็นบ่อที่รับน้ำเสียที่มีปริมาณ BOD (กิโกรัมต่อวัน) มาก ๆ จนทำให้บ่อไม่สามารถผลิตออกซิเจน เนื่องจากกระบวนการสังเคราะห์แสงได้ โดยทั่วไปบ่อประเภทนี้จะมีสีดำเกิดขึ้นภายในบ่อหมัก และมีเวลาเก็บกักน้ำเสียในบ่อตั้งแต่ 1-200 วัน ซึ่งจะลดหรือกำจัด BOD ลงไปได้ส่วนหนึ่ง ประสิทธิภาพในการกำจัด BOD ของบ่อหมักจะอยู่ในช่วง 20-95 %

3. กระบวนการทางกายภาพ-เคมี (Physicochemical Unit Processes) คือ วิธีการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยทั้งทางกายภาพและทางเคมีมารวมกัน จะใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์และสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย ได้แก่ Ion Exchange, Carbon Adsorption, Reverse Osmosis, Electrodialysis เป็นต้น

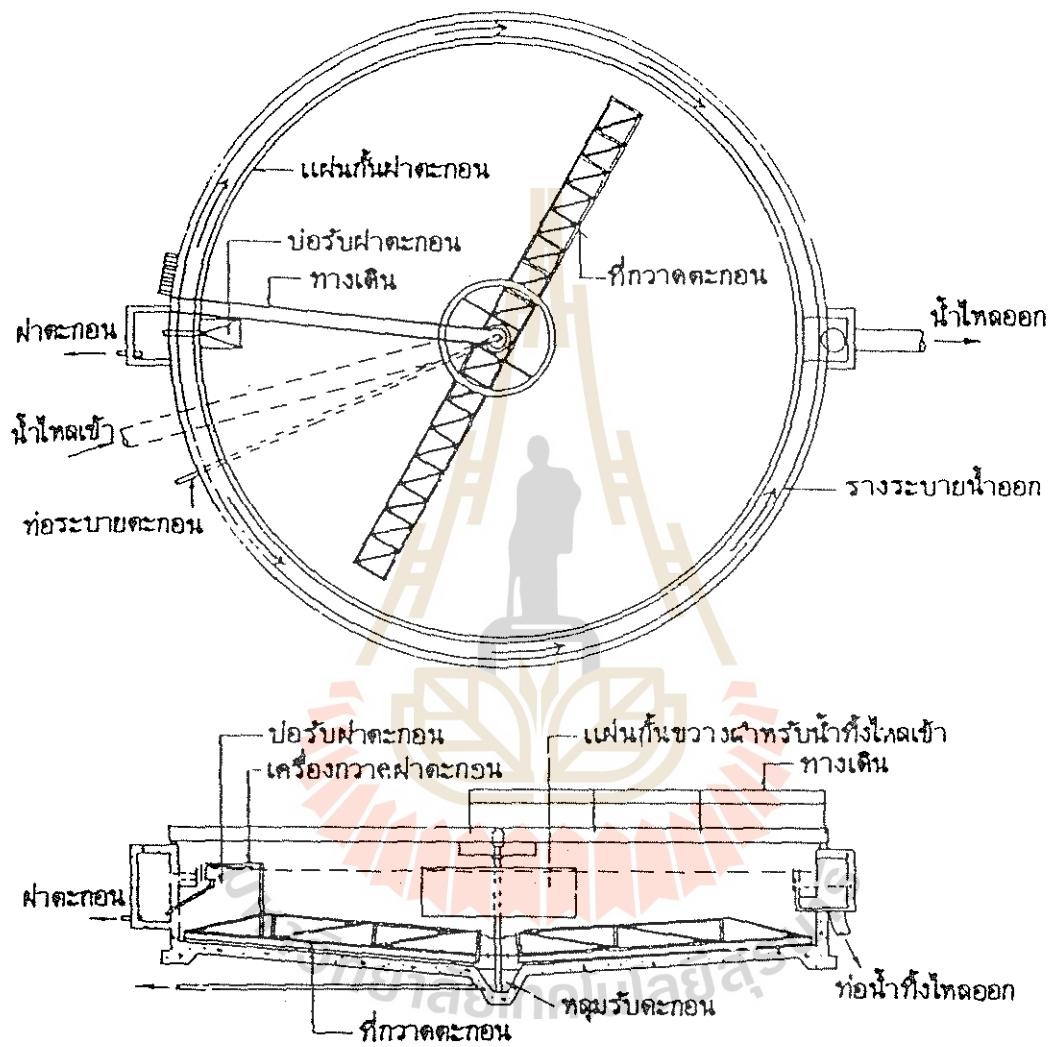
ในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาที่มีการเติมอากาศ



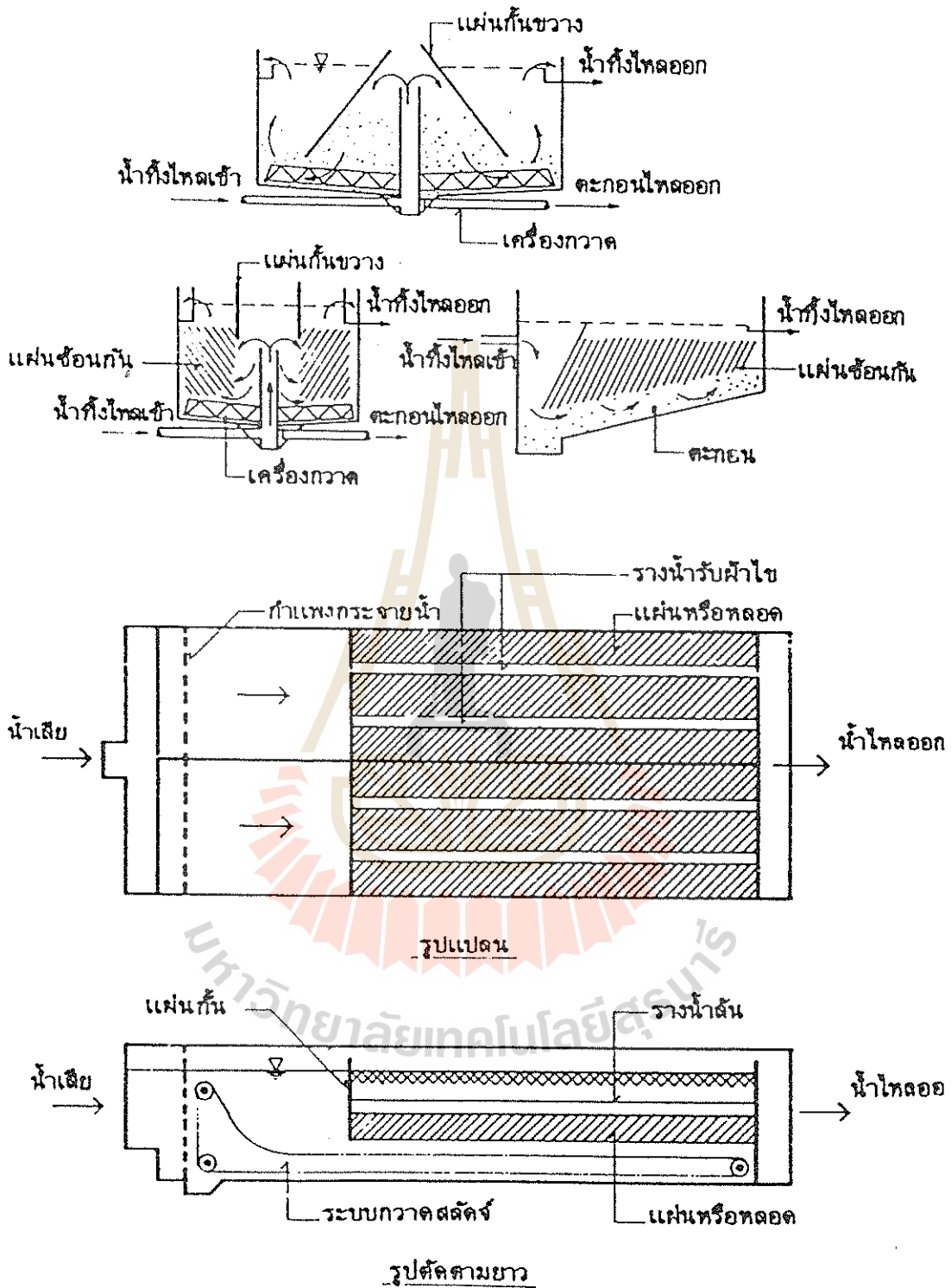
รูปที่ 2 ถังคกตะกอนแบบถ้ำเหลี่ยมพื้นผ้า



รูปที่ 3 ถังตกตะกอนแบบสี่เหลี่ยมจตุรัส



รูปที่ 4 ถังตกตะกอนแบบทรงกลม



รูปที่ 5 ถังตกตะกอนแบบมีแผ่นเอียงติดตั้ง

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศ (Aeration System)

การเติมอากาศ มีวัตถุประสงค์อยู่ 2 อย่าง คือ เพื่อให้ออกซิเจนแก่น้ำและกวนน้ำตะกอนในถังเติมอากาศให้มีความเร็วสูงพอที่จะไม่เกิดการตกตะกอนที่ก้นถัง วิธีการเติมอากาศทำได้ทั้งแบบใช้เครื่องเป่าอากาศลงไปใต้น้ำ (Diffuse Air) หรือแบบใช้เครื่องกลในการเติมอากาศ (Mechanical Aeration) เพื่อค้ำน้ำให้มาสัมผัสกับอากาศ จุลชีพต่าง ๆ ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำเสียจะทำการย่อยสลายแปรเปลี่ยนสภาพของสารอินทรีย์ต่าง ๆ ไปเป็นก๊าซ CO_2 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขณะที่ตัวจุลชีพได้ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย สามารถแสดงได้ ดังนี้

ออกซิเจน



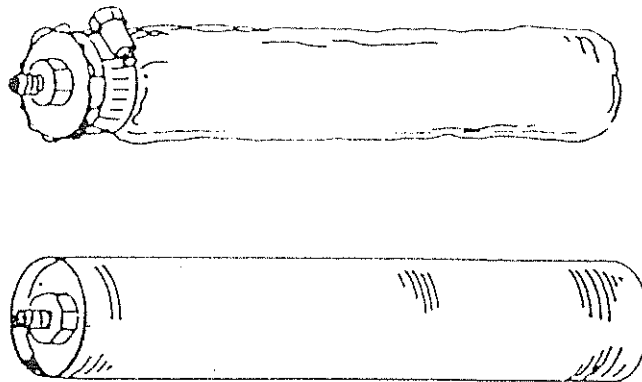
ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศ สามารถจำแนกได้ดังนี้

1. ระบบเป่าอากาศ (Diffused Air System)

ระบบเติมอากาศแบบเป่าอากาศนี้ เป็นการใช้เครื่องเป่าอากาศ (Air Blower) อัดอากาศส่งตามท่อ ไปยังหัวจ่ายอากาศ (Air Diffuser) ซึ่งติดตั้งที่ก้นถังเติมอากาศ เพื่อให้อากาศมีเวลาสัมผัสกับน้ำตะกอนให้นานที่สุด

หัวกระจายอากาศ (Air Diffuser) ทำหน้าที่สำคัญในการสร้างฟองอากาศ เพื่อถ่ายเทออกซิเจนลงไปใต้น้ำตะกอน แบ่งอย่างกว้าง ๆ สามารถแบ่งได้ 2 ชนิด คือ

- หัวกระจายอากาศแบบฟองเล็ก (Fine Bubble Diffuser) ส่วนใหญ่ทำด้วยถุงไนลอน หรือ ดาครอน (Nylon or Dacron Socks) และห่อหุ้มด้วยซาแรน (Saran Wrapped Tubes) ดังแสดงในรูปที่ 6 มีประสิทธิภาพในการถ่ายเทออกซิเจนประมาณสูงกว่าร้อยละ 8 การใช้หัวกระจายอากาศแบบฟองเล็กนี้ มีข้อจำกัดเนื่องจากการอุดตัน ซึ่งอาจเกิดจากเศษฝุ่นละอองที่มากับอากาศ และ/หรือจากการอุดตัน เนื่องจากการเกาะของจุลชีพ ดังนั้น การใช้หัวกระจายอากาศแบบนี้จะต้องทำการกรองอากาศที่ดูดเข้าไปเป็นอย่างดี และต้องบำรุงรักษาอย่างใกล้ชิด



รูปที่ 6 หัวกระจายแบบฟองเล็ก

● หัวกระจายอากาศแบบฟองใหญ่ (Coarse Bubble Diffuser) มักทำด้วยท่อเจาะรู หรือใช้แผ่นประกบ หรืองานประกบกันอย่างหลวม ๆ ดังแสดงในรูปที่ 7 หัวกระจายแบบนี้มีประสิทธิภาพในการถ่ายเทออกซิเจนต่ำเพียงร้อยละ 5 แต่ได้รับความนิยมใช้กันมากขึ้นในระยะหลังนี้ เนื่องจากมีราคาถูก และไม่ต้องการการบำรุงรักษามากนัก



รูปที่ 7 หัวกระจายอากาศแบบฟองใหญ่

2. ระบบเครื่องกลเติมอากาศ (Mechanical Aeration System)

2.1 เครื่องเติมอากาศที่ผิวหน้า (Surface Aerators)

เครื่องเติมอากาศที่ผิวหน้า ทำหน้าที่ คีน้ำที่ระดับผิวน้ำให้กระจายเป็นเม็ดเล็ก ๆ ขึ้นมาสัมผัสกับอากาศเพื่อรับออกซิเจน ในขณะที่เดียวกันก็จะเป็นการกวนน้ำให้ผสมกัน เพื่อกระจายออกซิเจนและมลสารในน้ำเสียให้ทั่วทั้งบ่อ ระบบนี้ประกอบด้วย เครื่องมอเตอร์ที่ทำการหมุนเพื่อตี

น้ำด้วยแผ่นเหล็ก โดยตัวเครื่องเติมอากาศจะติดตั้งอยู่บนผิวน้ำ ซึ่งอาจยึดติดกับโครงสร้างของถังเติมอากาศ หรือลอยอยู่บนผิวน้ำด้วยตัวลอย ดังแสดงในรูปที่ 8

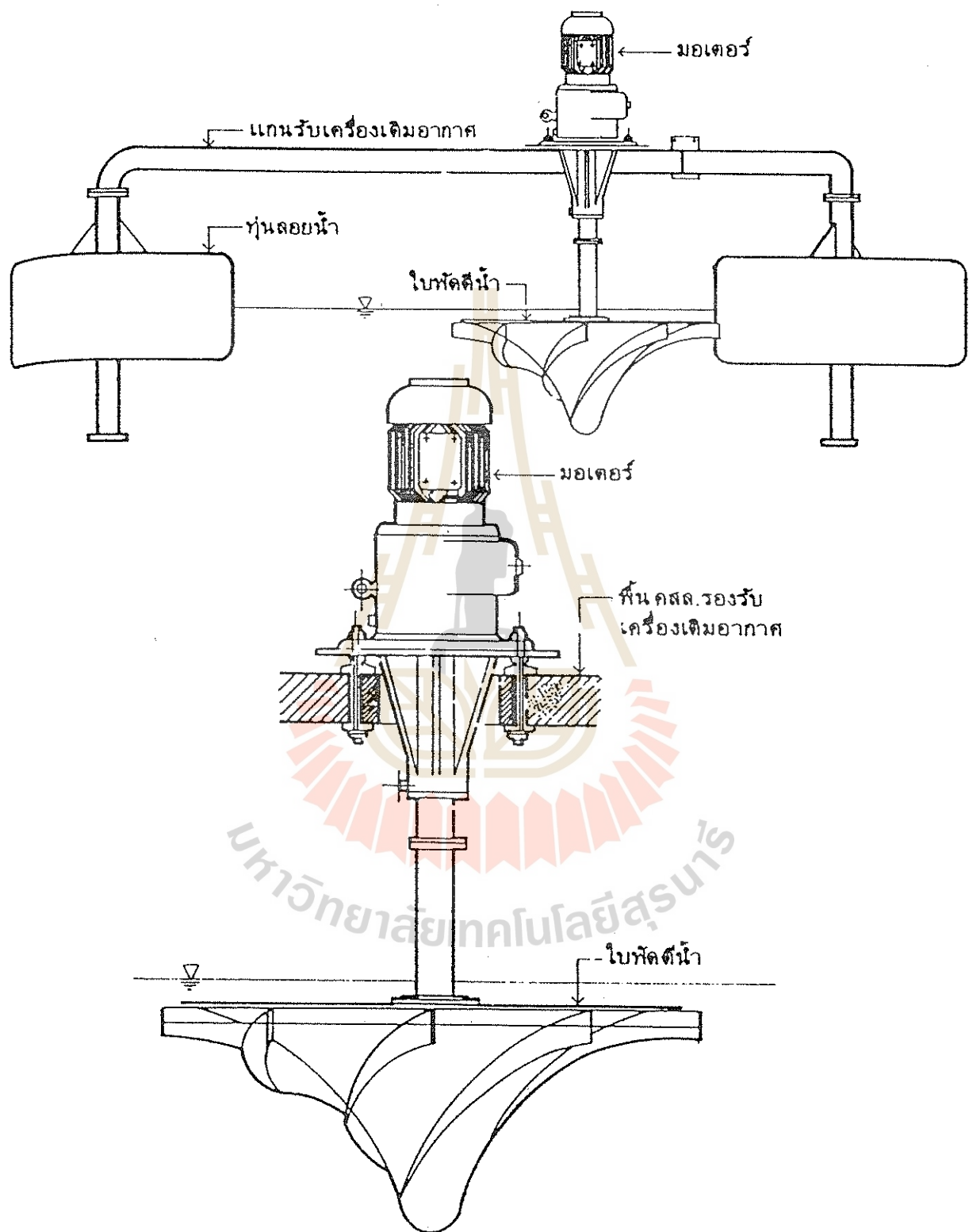
เครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำ แบ่งออกตามลักษณะของการตีน้ำได้ 2 แบบ คือ

1. แบบเพลตตีน้ำอยู่ในแนวตั้ง (Vertical Shaft) ซึ่งจะตีน้ำออกตามแนวรัศมีของใบพัดตีน้ำ มีลักษณะเหมือนกับการสูบลูกบอลให้น้ำทะลวงไหลหมุนเวียนในแนวตั้ง เครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำแบบเพลตตีน้ำในแนวตั้งนี้ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

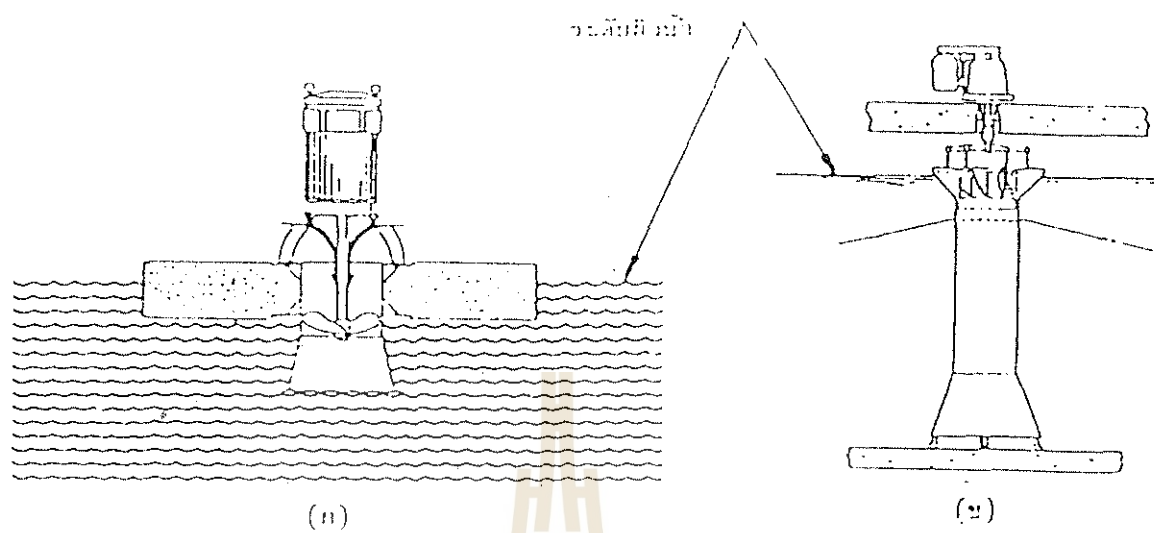
- ชนิดความเร็วสูง (High Speed) ซึ่งมีการหมุนรอบประมาณ 900-1,800 รอบ/นาที โดยต่อใบพัดตีน้ำตรงจากมอเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 9 ก. เครื่องเติมอากาศแบบความเร็วสูงนี้ จะมีความสามารถในการให้ออกซิเจนได้ประมาณ 0.9-1.6 กิโลกรัม-ออกซิเจนต่อแรงม้า-ชั่วโมง

- ชนิดความเร็วต่ำ (Low Speed) ซึ่งมีการหมุนรอบประมาณ 40-50 รอบ/นาที โดยจะมีเกียร์ทดรอบให้ช้าลง ดังแสดงในรูปที่ 9 ข. เครื่องเติมอากาศแบบความเร็วต่ำ มีความสามารถในการให้ออกซิเจนประมาณ 1.5-2.0 กิโลกรัม-ออกซิเจนต่อแรงม้า-ชั่วโมง

2. แบบเพลตตีน้ำอยู่ในแนวนอน (Horizontal Shaft) จะตีน้ำไหลไปในทิศทางการหมุนของใบพัดตีน้ำ ซึ่งวางอยู่ในแนวนอน ดังแสดงในรูปที่ 10



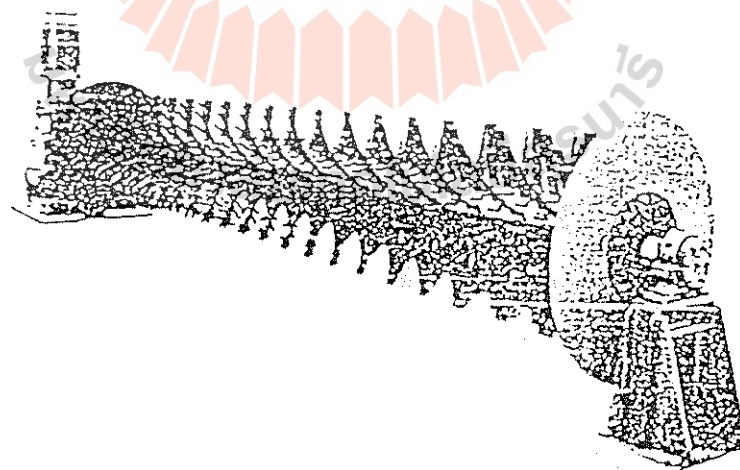
รูปที่ 8 ระบบเติมอากาศผิวน้ำ (Surface Aerators)



รูปที่ 9 เครื่องกลเติมอากาศแบบเพลตติน้ำในแนวตั้ง

(ก) ชนิดความเร็วสูง

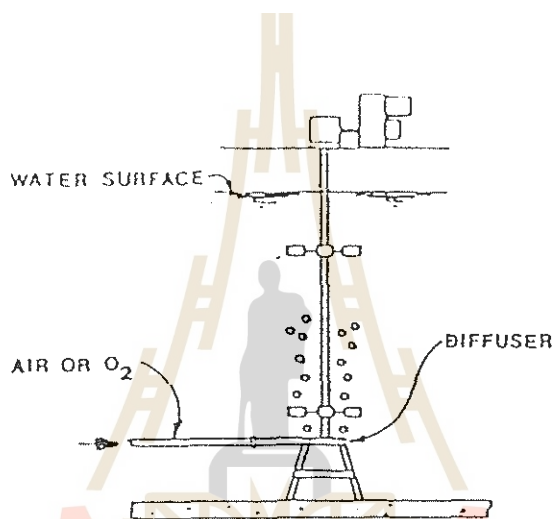
(ข) ชนิดความเร็วต่ำ



รูปที่ 10 เครื่องกลเติมอากาศแบบเพลตติน้ำในแนวนอน

2.2 เครื่องเติมอากาศเทอร์ไบน์ใต้น้ำ (Submerged Turbine Aerators)

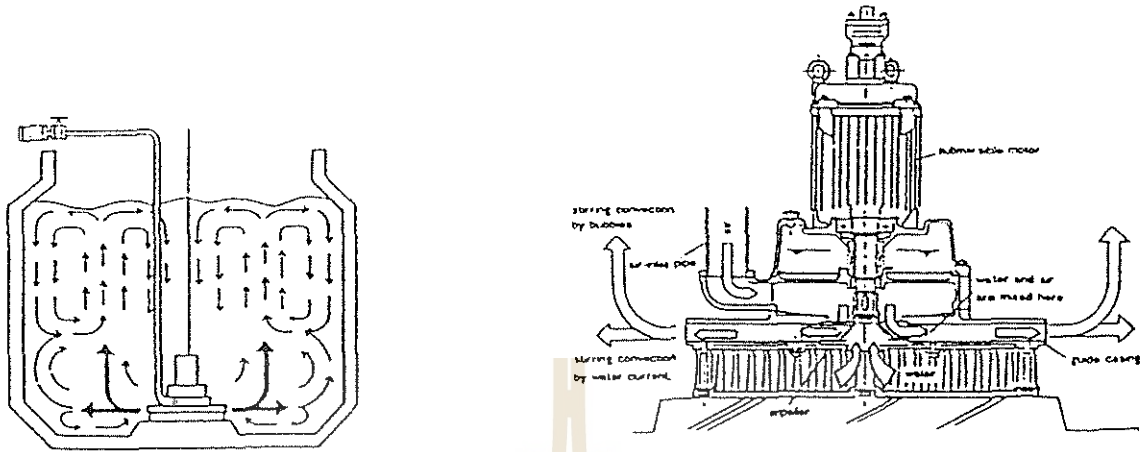
เครื่องเติมอากาศเทอร์ไบน์ใต้น้ำมีลักษณะการทำงานผสมกันระหว่างระบบเป่าอากาศ และระบบเครื่องกลเติมอากาศ กล่าวคือ อากาศหรือออกซิเจนจะถูกเป่ามาตามท่อมาที่ใต้ใบพัดตีน้ำ จากนั้นอากาศจะถูกใบพัดเทอร์ไบน์ตีฟองอากาศขนาดเล็กกระจายไปทั่วถึงเติมอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 11 เครื่องเติมอากาศชนิดนี้มีความสามารถในการให้ออกซิเจนแก่น้ำได้สูง แต่มีราคาแพง และต้องการการบำรุงรักษามากกว่าแบบอื่น ๆ ประสิทธิภาพในการให้ออกซิเจนประมาณ 1.5-2.0 กิโลกรัม-ออกซิเจนต่อแรงม้า-ชั่วโมง



รูปที่ 11 เครื่องกลเติมอากาศแบบเทอร์ไบน์ใต้น้ำ

2.3 เครื่องเติมอากาศใต้น้ำ (Submersible Aerators)

เครื่องเติมอากาศแบบใต้น้ำ มีลักษณะผสมกันระหว่างเครื่องสูบน้ำ (Pump), เครื่องดูดอากาศ (Air Blower) และเครื่องตีอากาศให้ผสมกับน้ำ (Disperser) อยู่ในเครื่องเดียวกัน มีความสามารถในการให้ออกซิเจนแก่น้ำประมาณ 0.8-1.2 กิโลกรัม-ออกซิเจนต่อแรงม้า-ชั่วโมง มีความสามารถในการกวนน้ำ (mixing) จำกัด แต่มีข้อดี คือ ไม่มีเสียงรบกวน และไม่มีการฟุ้งกระจายของละอองน้ำ เหมือนเครื่องเติมอากาศที่ผิวน้ำ รูปร่างและลักษณะของการติดตั้งได้แสดงดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 เครื่องกลเติมอากาศใต้น้ำ





การรวบรวมข้อมูลทางสถิติ

โครงงานศึกษาย่อยที่ 1

เรื่อง

การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของกระบวนการไม่หิวมันในระยะเวลา 5 เดือน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม ถึงเดือนพฤศจิกายน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตของกระบวนการไม่หิวมัน
2. เพื่อศึกษาระดับปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ผลผลิต

แผนการดำเนินงาน

วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomize Design (CRD)

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rank Test (DMRT)

ผลการศึกษา

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของกระบวนการไม่หิวมัน ในระยะเวลา 5 เดือน โดยวิธี Duncan's New Multiple Rank Test (DMRT)

เดือน	เปอร์เซ็นต์ผลผลิตระหว่างการไม่
กรกฎาคม	24.67 ab*
สิงหาคม	25.08 b
กันยายน	23.84 a
ตุลาคม	24.66 ab
พฤศจิกายน	25.99 c
Mean	24.84

* อักษร a, b และ c ในคอลัมน์เดียวกันเหมือนกันอย่างน้อย 1 ตัวอักษร แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

สรุปผลการศึกษา

เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ของเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของกระบวนการ ไม้ห้วมันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า เปอร์เซนต์ผลผลิตของกระบวนการ ไม้ห้วมันในเดือนกรกฎาคม ถึงเดือน ตุลาคม ไม้มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เปอร์เซ็นต์ผลผลิตของกระบวนการ ไม้ห้วมันในเดือนพฤศจิกายน มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับเดือนอื่น ๆ โดยในเดือนพฤศจิกายน มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตมากที่สุด รองลงมาคือ เดือนสิงหาคม, กรกฎาคม, ตุลาคม และกันยายน ตามลำดับ เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะว่า ในเดือนพฤศจิกายนนั้น มีปริมาณการใช้ห้วมันมากที่สุด (ภาคผนวก) และเปอร์เซ็นต์มันในเดือนดังกล่าวมีเปอร์เซ็นต์มากที่สุดเช่นกัน ประกอบกับ ในช่วงเวลาที่ศึกษาเป็นช่วงปลายฝนต้นหนาว โดยเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนตุลาคม จะพบว่า มีฝนตกค่อนข้างบ่อย ทำให้ห้วมันที่ได้ทำการเพาะปลูกมีการดูดซึมน้ำเข้าไปมาก ส่งผลให้มีปริมาณน้ำในห้วมันค่อนข้างสูง เปอร์เซนต์แป้งในห้วมันจึงต่ำ แต่เดือนพฤศจิกายนนั้น พบว่า ฝนไม่ค่อยตกจึงทำให้ปริมาณน้ำในห้วมันต่ำเปอร์เซนต์ในห้วมันจึงสูง

ข้อเสนอแนะ

1. ทางบริษัทควรมีนโยบายในการที่จะเก็บข้อมูลทางสถิติ เพื่อความเป็นระบบ และสามารถอ้างอิงถึงได้
2. ทางบริษัทควรมีนโยบายในการที่จะแยกห้วมันที่มีเปอร์เซ็นต์มันใกล้เคียงกันออกเป็นกอง ๆ เพราะ เปอร์เซนต์มันมีผลต่อปริมาณน้ำแป้งในถึง และผลผลิตที่ได้จากการอบแห้ง

โครงการศึกษาย่อยที่ 2

เรื่อง

การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ผลผลิตระหว่างกระบวนการ ไม้ห้วมันและกระบวนการอบแห้ง ของแป้ง แต่ละ batch ทั้งหมด 11 batch

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ผลผลิตระหว่างกระบวนการ ไม้ห้วมันและกระบวนการอบแห้ง
2. เพื่อศึกษาถึงจุดที่เกิดการสูญเสียในแต่ละกระบวนการ

แผนการดำเนินงาน

วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomize Design (CRD)

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rank Test (DMRT)

ผลการศึกษา

ตารางที่ 2 ค่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเฉลี่ยของกระบวนการ ไม้ห้วมัน และกระบวนการอบแห้ง โดยวิธี Duncan's New Multiple Rank Test (DMRT)

กระบวนการ	เปอร์เซ็นต์ผลผลิตเฉลี่ย*
● การ ไม้ห้วมัน	47.42
● การอบแห้ง	91.63

* ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษา พบว่า กระบวนการในการผลิตมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ผลผลิต โดยกระบวนการ ไม้ห้วมันมีค่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตต่ำกว่ากระบวนการอบแห้ง เมื่อทำการทดสอบค่าเฉลี่ยแบบคู่ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% พบว่า เปอร์เซ็นต์ผลผลิตของทั้งสองกระบวนการมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

โครงการศึกษาย่อยที่ 3

เรื่อง

การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้ระหว่างเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้จากการอบเมื่อพิจารณาหัวมันเป็นน้ำหนักเริ่มต้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้ระหว่างเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้จากการอบเมื่อพิจารณาหัวมันเป็นน้ำหนักเริ่มต้น
2. เพื่อศึกษาถึงจุดที่เกิดการสูญเสียในแต่ละกระบวนการ

แผนการดำเนินงาน

วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomize Design (CRD)

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rank Test (DMRT)

ผลการศึกษา

ตารางที่ 3 ค่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเฉลี่ยของกระบวนการอบแห้งเมื่อพิจารณาหัวมันและปริมาณน้ำแห้งในถังเป็นน้ำหนักเริ่มต้น โดยวิธี Duncan's New Multiple Rank Test (DMRT)

น้ำหนักหัวมันเริ่มต้น (Kg)	เปอร์เซ็นต์ผลผลิตเฉลี่ย*	
	น้ำแห้ง โม่	อบแห้ง
100	43.50	39.86

* ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษา พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเฉลี่ยของน้ำแห้ง โม่ มีค่า 43.50% และเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเมื่อคิดจากน้ำหนักหัวมันจนถึงสุดกระบวนการอบแห้ง มีค่า 39.86% เมื่อทดสอบค่าเฉลี่ยแบบเป็นคู่ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นว่า ในขั้นตอนการโม่หัวมันนั้น เกิดการสูญเสียมากกว่ากระบวนการอบแห้ง เพราะในการทดลองศึกษา แต่ละ

batch ของแป้งที่ผลิตนั้น น้ำหนักของหัวมันที่ใช้จะเท่ากับน้ำหนักแป้งในถัง (โดยคิดว่าเปอร์เซ็นต์มันมีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน) โดยได้แป้งแห้งออกมาเท่ากัน แต่เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไม่เท่ากัน ซึ่งการสูญเสียในกระบวนการไม่หัวมัน และกระบวนการอบแห้งนั้นได้แสดงไว้แล้ว

ปัญหาที่พบในขณะดำเนินงาน

ภาคโม้

1. ปัญหาที่เกิดจากการตัดหัวมันแต่ละครั้งไม่มีความสม่ำเสมอ ทำให้น้ำหนักของหัวมันที่ได้ในแต่ละครั้งไม่เท่ากัน หรือใกล้เคียงกัน ส่งผลให้เกิดความผิดพลาดของข้อมูล
2. ปัญหาที่เกิดจากการปล่อยหัวมันในแต่ละครั้งไม่สม่ำเสมอกัน ซึ่งจะส่งผลต่อกระบวนการไม่หัวมัน
3. ปัญหาที่เกิดจากผู้ควบคุมเครื่องแยกน้ำแป้ง ซึ่งจะต้องทำการล้างเครื่องแยกน้ำแป้งบ่อย ๆ เพื่อไม่ให้เกิดการอุดตัน ถ้าเกิดการอุดตันขึ้นส่งผลให้น้ำแป้งไม่ไหลเข้าสู่ระบบ ทำให้เกิดการสูญเสียขึ้น

ภาคอบแห้ง

1. ปัญหาที่เกิดจากเครื่องแยก คือ Hydrocyclone โดยน้ำแป้งที่ออกจาก Hydrocyclone นี้จะต้องมีความเข้มข้น 19-21 Be' เพราะฉะนั้นน้ำแป้งที่ความเข้มข้นยังไม่ได้ตามที่ต้องการก็จะไหลวนอยู่ใน Hydrocyclone จนกว่าความเข้มข้นของน้ำแป้งจะได้ ซึ่งอาจเกิดการสูญเสียน้ำแป้งไปกับน้ำที่ไหลล้น Hydrocyclone ได้
2. ปัญหาที่เกิดจากผู้ควบคุมตะแกรงเปียก นั่นคือ ปล่อยให้ตะแกรงเปียกเกิดการอุดตันของแป้ง ทำให้แป้งไม่ไหลเข้าสู่ระบบ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องล้างตะแกรงเปียกเป็นประจำ เพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าว

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการแยกกองมันสำปะหลังตามเปอร์เซ็นต์มันที่วัดได้ เนื่องจากมันที่มีเปอร์เซ็นต์มันที่สูง จะมีผลทำให้ค่า Be' น้ำแป้งสูงตามไปด้วย ดังนั้นเมื่อน้ำแป้งผ่าน Hydrocyclone จะทำให้ Hydrocyclone ทำงานน้อยลง และใช้เวลานานในการที่จะเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้งให้ได้ ความเข้มข้นตามที่ต้องการ ซึ่งในขั้นตอนดังกล่าวนี้สามารถช่วยลดพลังงานลงได้

2. ควรจัดให้มีการอบรมพนักงานที่ควบคุมเกี่ยวกับเครื่องแยกน้ำแข็งทั้งภาคอบแห้งและภาคโม เพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงระบบกระบวนการทำงาน รวมถึงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้ จะได้ทำการแก้ไข ใด้ทันท่วงที เกิดการสูญเสียน้อย

วิจารณ์การสูญเสียแข็งในระหว่างกระบวนการโมหิวมันและกระบวนการอบแห้ง

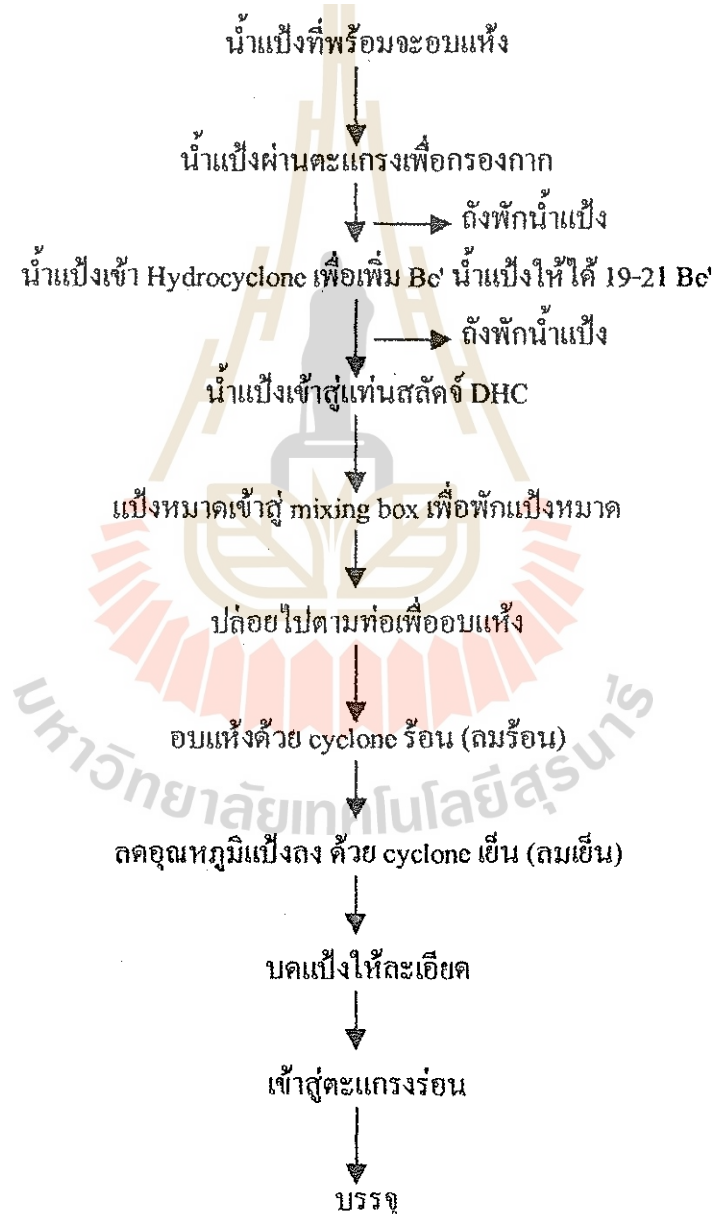
กระบวนการโมหิวมัน



จากขั้นตอนกระบวนการ ไม่หิวมัน พบว่าจุดที่เกิดการสูญเสีย ได้แก่

1. ขั้นตอนการกรองน้ำแข็งออกจากกากหยาบด้วยเครื่องเทอร์โบนอน
2. ขั้นตอนการกรองน้ำแข็งออกจากกากอ่อนด้วยเครื่องสกรีนเบนน์ ซึ่งจะเกิดการสูญเสีย ในกรณีที่เกิดการอุดตันของสกรีนเบนน์
3. ขั้นตอนการแยกน้ำแข็งด้วยเครื่อง TX 612 alfa และ TX 610 sito
4. ขั้นตอนการแยกน้ำแข็งด้วยเครื่อง Hydrocyclone

กระบวนการอบแห้ง



จากขั้นตอนกระบวนการอบแห้งแป้ง จุดที่เกิดการสูญเสีย ได้แก่ ขั้นตอนการเพิ่ม Be' น้ำแป้งให้ได้ 19-21 Be' ด้วยไฮโดรไซโคลน เนื่องจาก น้ำแป้งที่ความเข้มข้นยังไม่ได้ตามที่ต้องการก็จะไหลวนอยู่ใน Hydrocyclone จนกว่าความเข้มข้นของน้ำแป้งจะได้ ซึ่งอาจเกิดการสูญเสียน้ำแป้งไปกับน้ำที่ใช้หล่อ Hydrocyclone ได้ ,การล้างกากอ่อนที่ตะแกรงเบียด และช่วงการล้างเครื่องแทนสตัคค์เมื่อมีการอบแห้งแป้งชนิดต่างกัน จะพบว่าปริมาณแป้งหมด ติดกับแทนสตัคค์เป็นจำนวนมาก



สรุปผลการปฏิบัติงานตลอดช่วงเวลาดังกล่าว

การปฏิบัติงานในสถานประกอบการ ในโครงการสหกิจศึกษาและพัฒนาอาชีพของนักศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ณ บริษัทชนเนิร์ต สตาร์ช จำกัด ระหว่างวันที่ 5 กันยายน 2543 ถึงวันที่ 22 ธันวาคม 2543 ในตำแหน่งนักวิชาการอาหาร โดยได้รับมอบหมายงานจาก Job Supervisor ทั้งหมด 4 โครงการ ซึ่งเป็นโครงการในลักษณะการรวบรวมข้อมูลที่เป็นประโยชน์ เพื่อนำไปสู่การเสนอแนะแนวทางในการปฏิบัติ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นที่ต้องการของลูกค้า รวมถึงสภาพแวดล้อมที่ดีของโรงงาน นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาถึงจุดที่มีการสูญเสียวัตถุดิบในระหว่างกระบวนการผลิต โดยทำการดำเนินการศึกษาในลักษณะการวางแผนการทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติและสรุปผลที่ได้ เพื่อนำไปสู่การเสนอแนะแนวทางแก้ไข และแนวทางปฏิบัติ ในการลดการสูญเสียวัตถุดิบและเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้น

ปัญหา/ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไขในการออกปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

1. ระยะเวลาการปฏิบัติงานในสถานประกอบการนั้นรวมทั้งสิ้นประมาณ 4 เดือน ซึ่งถือว่าเป็นระยะเวลาที่นานพอสมควร ซึ่งควรจัดให้มีอาจารย์มานิเทศน์งานอย่างน้อย 2-3 ครั้ง เพื่อที่บางครั้งนักศึกษาต้องการคำปรึกษา และอาจารย์จะได้ทราบถึงความเคลื่อนไหวและพฤติกรรมของนักศึกษาด้วย
2. ทางโครงการสหกิจศึกษาและพัฒนาอาชีพหรือทางสาขาวิชา ควรมีการเสนอแนะแนวทางการมอบหมายงานให้กับ Job Supervisor เกี่ยวกับลักษณะงานที่จะมอบหมายให้กับนักศึกษาสหกิจศึกษา เพื่อความเหมาะสมกับความรู้และประสบการณ์ที่นักศึกษาพึงจะได้รับ



ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยในหัวมัน และปริมาณหัวมันเฉลี่ยที่ใช้ไปในแต่ละเดือน

เดือน	เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมัน (%)	ปริมาณหัวมันที่ใช้ไป (Kg)
กรกฎาคม	28.04	12,968,688
สิงหาคม	28.25	15,344,537
กันยายน	28.40	17,177,037
ตุลาคม	28.41	17,409,158
พฤศจิกายน	28.83	19,121,071

ตารางที่ 2 ข้อมูลที่ได้จากการทำการสังเกตจำนวนตักของรถตัก เมื่อ โม่แป้งเข้าถังเต็ม 1 ถึง ตั้งแต่วันที่ 13 พฤศจิกายน 2543 ถึงวันที่ 28 พฤศจิกายน 2543

ชนิดของแป้ง	จำนวนตักของรถตัก (ตัก)	คิดเป็นปริมาณหัวมัน (Kg)	ปริมาณน้ำแป้งที่ได้ (Kg)	ปริมาณแป้งที่ได้หลังอบ (Kg)
TAPIOCA STARCH	58	104,400	51,750	48,000
TAPIOCA STARCH	56	100,800	51,495	48,600
GELTRON 24	45	81,000	40,454	37,000
GELSIZE 75	54	97,200	41,987	37,000
TAPIOCA STARCH	55	99,000	46,245	39,000
GELSIZE 90	44	79,200	36,487	29,750
GELSIZE 90	49	88,200	42,564	40,800
GELPRO A-10	36	64,800	27,663	22,000
GELTRON 24	48	86,400	41,383	42,000
TAPIOCA STARCH	50	90,000	48,188	44,950
GELSIZE 75	47	84,600	36,118	38,000

532

542

975,000

464,334

423,100

ตารางที่ 3 ค่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้ระหว่างการโม่และระหว่างการอบแห้ง เมื่อพิจารณาหัวมันและปริมาณน้ำแป้งในถึงเป็นน้ำหนักเริ่มต้น

ชนิดของแป้ง	เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้จากการโม่ (%)	เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้จากการอบแห้ง (%)	
		น้ำแป้งโม่	อบแห้ง
TAPIOCA STARCH	49.57	45.98	92.75
TAPIOCA STARCH	51.09	48.21	94.38
GELTRON 24	49.94	45.68	91.46
GELSIZE 75	43.20	38.07	88.12
TAPIOCA STARCH	46.71	39.39	84.33
GELSIZE 90	46.07	37.56	81.54
GELSIZE 90	48.26	46.26	95.86
GELPRO A-10	42.69	33.95	79.52
GELTRON 24	47.90	48.61	101.49
TAPIOCA STARCH	53.54	49.94	93.28
GELSIZE 75	44.92	44.92	105.21

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ห้ำวเรียนซ์ของเปอร์เซ็นต์ผลผลิตในระหว่างกระบวนการโม่หัวมัน ในระยะเวลา 5 เดือน

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT	4	74	19	6.83**
ERROR	145	393	3	
TOTAL	149	467		

CV = 6.6%

** = significant at 1% level

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของกระบวนการไม่หิวมัน และกระบวนการอบแห้ง

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT	1	10749	10749	285.53**
ERROR	20	753	38	
TOTAL	21	11501		

CV = 8.8%

** = significant at 1% level

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ผลผลิตกระบวนการอบแห้ง เมื่อพิจารณาหิวมันและปริมาณน้ำแข็งในถึงเป็นน้ำหนักเริ่มต้น

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT	1	12738	12738	280.47**
ERROR	20	908	45	
TOTAL	21	13646		

CV = 6.6%

** = significant at 1% level