สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่โดย *Candida tropicalis* TISTR 5136

T033522

นายพงศ์ธร เพียรพิทักษ์
นายสยาม ประเสริฐกุล

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 33522
วัน, เดือน, ปี 13 ส.ค. 2542

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Single cell protein from Chicken Processing Wastewater by *Candida tropicalis* TISTR 5136

Mr. Phongthorn Phainphithuk

Mr. Siam Prasertkul

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of Applied Biology

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1998

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่โดย *Candida tropicalis* TISTR 5136

โดย นายพงศ์ธร เพียรพิทักษ์

นายสยาม ประเสริฐกุล

ภาควิชา ชีววิทยาประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ดวงใจ โอชัยกุล

อาจารย์วันชัย สุทธินุ่น

อาจารย์มาริสา จาตุพรพิพัฒน์

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....
(รศ.ดร.พรรณี สิตาภิชิต) หัวหน้าภาควิชา

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ

.....
(ดร.อุ่นเรือน ศิริวานิชกุล) ประธานกรรมการ

.....
(อาจารย์ดวงใจ โอชัยกุล) กรรมการ

.....
(อาจารย์มาริสา จาตุพรพิพัฒน์) กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่โดย *Candida tropicalis* TISTR 5136

นักศึกษา นายพงศ์ธร เพียรพิทักษ์
นายสยาม ประเสริฐกุล

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ดวงใจ โอชัยกุล
อาจารย์วันชัย สุทธินุ่น
อาจารย์มาริสา จาตุพรพิพัฒน์

ภาควิชา ชีววิทยาประยุกต์

ปีการศึกษา 2541

บทคัดย่อ

การนำน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปไก่มาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว ถือเป็นแนวทางหนึ่งในการใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือของโรงงานมาผลิต โดยใช้ยีสต์ในการแปรรูปสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ให้เป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม ตลอดจนเป็นการลดมลภาวะทางน้ำด้วย นอกจากนั้นโปรตีนเซลล์เดียวที่ผลิตสามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ โดยนำน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปไก่ มาเป็นอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อยีสต์ *Candida tropicalis* TISTR 5136 และศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ได้แก่ อัตราการเจือจาง ความเป็นกรด-ด่าง และจากการศึกษาพบว่า น้ำทิ้งที่ไม่เจือจาง และปรับพีเอชเป็น 4.5 เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อยีสต์มากที่สุด โดยมีอัตราการเจริญจำเพาะ 0.0797 ต่อชั่วโมง ให้ปริมาณชีวมวลสูงสุด 0.8446 กรัมต่อลิตร และสามารถลดค่าซีโอดีได้ร้อยละ 67.20 จากสภาวะดังกล่าวเซลล์ยีสต์ที่ผลิตได้ เมื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า จะมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 18.9 ปริมาณไขมันร้อยละ 14.4 และปริมาณความชื้นร้อยละ 43.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Speacial Project Title	Single cell protein from Chicken Processing Wastewater by *Candida tropicalis* TISTR 5136
Name	Mr. Phongthorn Phainphithuk
	Mr. Siam Prasertkul
Speacial Project Advisor	Mrs. Duangjai Ochaikul
	Mr. Wanchai Sutthinoon
	Mrs. Marisa Jatupornphiphat
Department	Applied Biology
Academic Year	1998

ABSTRACT

Using of Chicken Processing Wastewater as a substrate for single cell protein production is the another way of industrial waste utilization in converting organic matters to be high value product by yeast and also reduce the water pollution of natural environment. Single cell protein that is produced from this single cell protein production will be used to be animal feeds. Investigation of wastewater as a culture medium of *Candida tropicalis* TISTR 5136 and study the optimum condition of growth including dilution rate and pH. The result of this study appeared that wastewater which is undiluted and pH 4.5 is optimum condition. The specific growth rate is 0.0797 per hour the maximum dry cell matters 0.8446 grams per lit and reduced 67.20 % COD. According to this condition, in the final chemical analysis, single cell protein is composed of 18.9 % protein , 14.4% fat and 43.6 % moisture.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้ได้จัดทำขึ้นตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ ซึ่งสำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ทางคณะผู้จัดทำ ขอขอบพระคุณอาจารย์ดวงใจ โอชัยกุล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษนี้ที่ได้ให้ความรู้ ข้อเสนอแนะ รวมทั้งได้กรุณาตรวจทานภาษาที่ใช้ ดร.อุ่นเรือน ศิริวานิชกุล ประธานกรรมการ อาจารย์วันชัย สุทธินุ่น อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์มาริสา จาตุพรพิพัฒน์ กรรมการพิจารณาโครงงานพิเศษ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำในโครงงานพิเศษนี้อย่างดียิ่งเสมอมา ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ทุกท่านที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับการทดลอง สุดท้ายนี้ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจในการจัดทำโครงงานพิเศษนี้

คณะผู้จัดทำ

มีนาคม 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูป	จ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	
2.1 มาตรฐานของไก่	2
2.2 การผลิตไก่สดแช่แข็ง	3
2.3 น้ำเสียของโรงงาน	11
2.4 โปรตีนเซลล์เดียว	15
2.5 คุณสมบัติของโปรตีนเซลล์เดียว	16
2.6 คุณสมบัติของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว	16
2.7 จุลินทรีย์ที่ใช้เป็นแหล่งอาหารโปรตีน	17
2.8 *Candida tropicalis*	21
2.9 ปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว	21
2.10 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์	22
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	
3.1 วัสดุอุปกรณ์	23
3.2 วิธีทดลอง	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณลักษณะทางกายภาพของน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ 25

4.2 การศึกษาอัตราการเจือจางน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ต่อการเจริญของเชื้อ *Candida tropicalis* 25

4.3 การศึกษาพีเอชที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อ *C. tropicalis* 29

4.4 องค์ประกอบทางเคมีของเซลล์ยีสต์ที่ผลิตได้ 32

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 33

เอกสารอ้างอิง 34

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ 37

ภาคผนวก ข. วิธีการวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสีย 38

ภาคผนวก ค. วิธีการหาน้ำหนักแห้งของเซลล์ยีสต์ 48

ภาคผนวก ง. วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบของเซลล์ยีสต์ 55

ภาคผนวก จ. ตารางการวิเคราะห์ทางสถิติ 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 มาตรฐานไก่สด ของบริษัทศรีไทยฟู้ด แอนด์ เบฟเวอรเรจ จำกัด (มหาชน)	2
ตารางที่ 2 อัตราส่วนระหว่างน้ำทิ้งต่อน้ำในลำน้ำสาธารณะและสารแขวนลอย	13
ตารางที่ 3 ผลการตรวจวิเคราะห์น้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปไก่	14
ตารางที่ 4 ลักษณะของน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ จากบริษัท ศรีไทยฟู้ด แอนด์ เบฟเวอรเรจ จำกัด (มหาชน)	25
ตารางที่ 5 อัตราการเจือจางน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ ที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อ *Candida tropicalis*	26
ตารางที่ 6 พีเอชที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อ *C. tropicalis*	29
ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมีของเชื้อ *C. tropicalis* ที่เลี้ยงในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ที่ไม่เจือจางและปรับพีเอชเริ่มต้นเป็น 4.5	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1 กระบวนการแปรรูปไก่	7
รูปที่ 2 แสดงการใช้น้ำและน้ำทิ้งระหว่างขั้นตอนการผลิตและการเตรียมวัตถุดิบ	10
รูปที่ 3 ลักษณะน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่	26
รูปที่ 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมวลชีวภาพกับเวลาเมื่อใช้อัตราการเจือจางแตกต่างกัน	27
รูปที่ 5 ทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ก่อนการเลี้ยงเชื้อที่อัตราการเจือจางต่าง ๆ	28
รูปที่ 6 น้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่หลังการเลี้ยงเชื้อ 18 ชั่วโมงที่อัตราการเจือจางต่าง ๆ	28
รูปที่ 7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมวลชีวภาพกับเวลาเมื่อมีพีเอชเริ่มต้นแตกต่างกัน	30
รูปที่ 8 น้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ก่อนการเลี้ยงเชื้อที่พีเอชต่าง ๆ	31
รูปที่ 9 น้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่หลังการเลี้ยงเชื้อ 18 ชั่วโมงที่พีเอชต่าง ๆ	31
รูปที่ 10 น้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ก่อนเลี้ยงเชื้อและหลังจากที่มีการแยกเซลล์ยีสต์ออกแล้ว	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในประเทศไทยมีโรงงานแปรรูปไก่หลายโรงงาน ซึ่งจะทำให้น้ำทิ้งออกมาในปริมาณมาก และจากการศึกษาทำให้ทราบว่าของเสียจากโรงงาน อุตสาหกรรมเหล่านี้ สามารถนำมาใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวได้(ดวงพร , 2530) ดังนั้นการนำน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปไก่ โดยใช้น้ำทิ้งรวมมาใช้เป็นสารอาหารเลี้ยงเชื้อยีสต์ เพื่อผลิตโปรตีนเซลล์เดียว สำหรับเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนในการผลิตอาหารสัตว์ นับว่าเป็นแนวทางหนึ่งในการใช้ประโยชน์จากวัสดุ เศษเหลือของโรงงานมาผลิต โดยใช้ยีสต์ในการแปรรูปสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่มีในวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม และเป็นการเพิ่มรายได้กับผู้ประกอบการ ตลอดจนเป็นการลดมลภาวะสิ่งแวดล้อมทางน้ำด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ โดยใช้เชื้อ *Candida tropicalis* TISTR 5136 เช่น ความเป็นกรด-ด่าง และอัตราการเจือจางของอาหารที่ใช้เลี้ยง
2. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ของโปรตีนเซลล์เดียว ซึ่งผลิตภายใต้สภาวะที่เหมาะสม

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการศึกษาการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว โดยเชื้อยีสต์จากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่
2. เป็นแนวทางที่จะนำไปสู่ การปรับปรุงสายพันธุ์ของยีสต์ เพื่อให้มีความสามารถในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวเพิ่มขึ้น
3. เป็นการนำน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปไก่ มาใช้ให้เกิดประโยชน์ และเป็นการลดมลภาวะสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

2.1 มาตรฐานของไก่

ไก่สด 1 ตัวจะถือเป็น 100% จะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้ คือ

ตารางที่ 1 มาตรฐานไก่สดของบริษัทศรีไทยฟู้ด แอนด์ เบฟเวอรเรจ จำกัด (มหาชน)

ส่วนประกอบของไก่สดหนึ่งตัว	ส่วนประกอบ (ร้อยละ)
เลือด	7.0
หัว	3.5
ไส้	5.0
ตีนไก่	2.7
เครื่องใน	7.0
น่องสะโพก	26.0
ปีกเต็ม	8.0
สันใน	2.7
โครงกระดูก	22.0
หนัง	16.1

ปัจจุบันนี้โรงงานแปรรูปไก่มีการจำหน่ายไก่สดและไก่สดแช่แข็งทั้งในรูปชำแหละเป็นชิ้นและแปรรูป ตามความต้องการของลูกค้าทั้งในและต่างประเทศ อันได้แก่ ญี่ปุ่น ซึ่งเป็นลูกค้ารายใหญ่ที่สุด ตลอดจนประเทศในแถบตะวันออกกลางและยุโรปส่วนใหญ่ ลักษณะผลิตภัณฑ์ของโรงงานแปรรูปไก่แบ่งเป็นดังนี้

1. ไก่สดแช่แข็ง คือการชำแหละชิ้นส่วนของไก่ในลักษณะต่าง ๆ ตามที่ผู้สั่งซื้อระบุ เช่น เนื้อหน้าอก เนื้อสะโพก เนื้อสันใน เป็นต้น ลักษณะผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จำเป็นต้องใช้แรงงานฝีมือ และความชำนาญในการตัดแต่งรูปแบบของชิ้นส่วนต่าง ๆ ให้ง่ายต่อการบริโภค และมีลักษณะตรงตามความประสงค์ของลูกค้า การชำแหละด้วยมือ นับเป็นข้อได้เปรียบอันสำคัญเมื่อเทียบกับหลายโรงงานในต่างประเทศที่ชำแหละชิ้นไก่ด้วยเครื่องจักร ซึ่งทำให้ไม่สามารถตัดแยกชิ้นส่วนได้ละเอียดปลีกย่อยตามความต้องการ และการใช้แรงงานคนยังสามารถลดการสูญเสียจากการตัดแต่งได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการผลิตไก่สดแช่แข็ง ชิ้นส่วนของไก่ที่ตัดผิดหรือไม่ได้ขนาดมาตรฐานของลูกค้า รวมทั้งเครื่องในและอื่น ๆ ซึ่งชิ้นส่วนเหล่านี้ในอดีตจะถูกทำลายทิ้ง เพราะจะเน่าเสียง่าย และไม่เป็นที่ต้องการของตลาด ทางบริษัทจึงได้นำเศษชิ้นส่วนเหล่านี้มาปรุงแต่งรูปแบบ และรสชาติจนได้ผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ขึ้นมา เช่น ยากิโตริ , ไส้กรอก

2.2 การผลิตไก่สดแช่แข็ง (POULTRY PROCESSING)

การผลิตไก่สดแช่แข็งในโรงงานที่ทันสมัยนั้น จะมีขั้นตอนการผลิตหลายขั้นตอน ซึ่งจะต้องมีการวางแผน มีการควบคุมและระมัดระวังเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพมากที่สุด

ขั้นตอนการผลิตเนื้อไก่สดแช่แข็ง

1. การขนส่งและรับวัตถุดิบ

การขนส่งไก่จากฟาร์มเข้าโรงเชือด ส่วนมากจะนำไก่บรรจุในกล่องหรือเข่งซึ่งอาจทำจากพลาสติกหรือไม้ไผ่ก็ได้ แต่ที่ใช้กันมากจะเป็นเข่งพลาสติก เพราะทำความสะอาดได้ง่าย ขนย้ายสะดวก และทนทาน

เมื่อไก่มาถึงโรงเชือด จะนำไปชั่งน้ำหนัก โดยหาจาก (น้ำหนักไก่+น้ำหนักรถ)-(น้ำหนักรถเปล่า) หลังจากนั้นรถจะไปจอดที่ลานไก่เป็น และมีการพักไก่ก่อนเชือดประมาณครึ่งชั่วโมง เพื่อให้ไก่ได้คลายความเครียด จะทำให้สามารถเอาเลือดไก่ออกได้อย่างสมบูรณ์ และในช่วงพักไก่ก่อนเชือดนั้น จะมีการตรวจสอบคุณภาพไก่เป็น โดยสัตวแพทย์ตรวจเนื้อ เพื่อให้แน่ใจว่าได้ไก่ที่มีคุณภาพดีและสมบูรณ์ เมื่อได้พักตามเวลาแล้วจากนั้นจะนำไก่ ขึ้นแขวนบนราวซึ่งจะเข้าสู่ห้องเชือดต่อไป

2. การเชือดไก่เพื่อเอาเลือดออก

จุดประสงค์เพื่อทำให้ไก่ตายและเอาเลือดออกให้ได้มากที่สุด โดยใช้เวลาประมาณ 2 นาที ถ้าเชือดไก่ไม่ดี เช่น ตัดหลอดลมไม่ขาด เลือดในตัวไก่ออกไม่หมด จะทำให้ไก่ตัวแดงซึ่งมีคุณภาพไม่ดี

การเชือดไก่มีอยู่ 2 แบบ คือ

1. เชือดโดยไม่ทำให้ไก่สลบ ซึ่งทางโรงงานนิยมใช้วิธีนี้ อาจเนื่องจากความสะดวกและประหยัด แต่มีข้อเสียคือ ไก่จะดิ้นแรงมากทำให้มีการบอบช้ำ และ การหักตามส่วนต่าง ๆ ของไก่ เช่น ปีกไก่หัก

2. เชือดโดยทำให้ไก่สลบก่อนโดยกระแสไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การลวกและการถอนขน

หลังจากไก่ถูกเอาเลือดออกแล้ว จะผ่านไก่เข้าหม้อลวกหรือรางลวก โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 58-60 องศาเซลเซียส ขึ้นกับความเร็วของราว ขนาดของไก่ และสภาพของไก่ โดยทั่วไปนิยมใช้อุณหภูมิ 61 องศาเซลเซียส ความเร็วราวคือ 105 ตัว/นาที

หลังจากนั้นจะผ่านไก่เข้าเครื่องตีขน ซึ่งมี 3 เครื่องดังนี้คือ

1. ถอนขนแท้ ใช้ลูกยางขนาด 8 นิ้ว
2. ถอนขนอ่อน ใช้ลูกยางขนาด 4 นิ้ว
3. ถอนขนที่เหลือ ใช้ลูกยางขนาด 6 นิ้ว

การถอนขนแท้ - ใช้เครื่องถอนขนแท้ ประกอบด้วยแกนยางคู่ขนาน ซึ่งหมุนตามแกนยาวด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า มีเส้นยาวประมาณ 10 นิ้ว ติดอยู่โดยรอบแกน เมื่อแกนหมุนเส้นยาวจะฟาด หรือเหวี่ยงลงบนซากไก่ที่เลื่อนเข้ามาระหว่างแกนคู่ขนาน ทำให้ขนแท้หลุดออกมามาก ส่วนขนหางและขนปลายปีก มักจะติดอยู่กับซาก

การถอนขนอ่อนและขนเส้น - ที่ถอนมีลักษณะเป็นนิ้วมือยาว จัดเป็นชุด ๆ เรียงเป็นแถวขนานกัน 5-6 แถว ที่ถอนขนแต่ละชุดจะถูกทำให้หมุนโดยมอเตอร์ไฟฟ้า และหมุนกลับทิศกับชุดข้างเคียง ซากไก่จะถูกถอนขนอ่อน ขนแท้ยังเหลืออยู่และขนเส้น ตลอดจนเปลือกหุ้มแข็ง และหนังเหลืองที่ซากไก่

การถอนขนที่หลงเหลือ - ซากไก่ที่ผ่านการถอนขน 2 ขั้นตอนแล้ว อาจยังมีขนอ่อน หนังเหลืองติดค้างอยู่ ซึ่งจะถูกขัดออกโดยเครื่องถอนขนที่มีลักษณะเหมือนแปรงแส้ ขัดซากไก่ให้สะอาดอีกครั้ง จากนั้นผ่านเข้าเครื่องล้างซากและเครื่องตัดคอเพื่อเอาหัวออก เครื่องตัดคอมีลักษณะเป็นใบมีด 2 ใบ จัดมุมเป็นรูปตัว V โดยหันคมมีดเข้าหากัน คอไก่ที่เลื่อนเข้าระหว่างคมมีดราวเลื่อนจะดึงไปจนหัวไก่ออกจากซาก จากนั้นซากไก่จะเลื่อนผ่านมาที่เครื่องตัดขา เพื่อตัดขาออกประมาณครึ่งแข้ง

4. การตัดหัวและตัดขา

หลังจากผ่านเครื่องถอนขนแล้ว ไก่จะถูกตัดหัวและตัดขาด้วยเครื่อง ขาที่ถูกตัดแล้วจะแยกเอาไปเข้าเครื่องปั่นหนังที่ขาด้วยลูกยางขนาด 12 นิ้ว ส่วนซากไก่ที่ตัดขาออกแล้ว จะผ่านไปยังห้องเครื่องใน

5. การเอาเครื่องในออก

ไก่จะถูกแขวนบนราว แล้วจะผ่านการสอยคอ โดยกรีดหนังบริเวณข้างกระเพาะพัก (CROP) ดึงให้หลุดออกจากเนื้อเยื่อรอบข้างแล้วตัดออก จุดนี้จะใช้แรงงานคน ต่อจากนั้นจะผ่านไก่เข้าเครื่องเจาะก้น สอยก้น และงัดเครื่องใน จากนั้นจะดึงเครื่องในออกโดยใช้แรงงานคน และดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระเพาะกับหลอดลมที่เหลืออออกโดยใช้เครื่อง จากนั้นเครื่องจะฉีดน้ำล้างทำความสะอาดซากไก่ และจะผ่านไก่ลงสู่ถัง CHILLER

ข้อเสียของการใช้เครื่องงัดเครื่องใน คือ อาจทำให้เครื่องในแตก เกิดการแพร่กระจายของเชื้อโรคได้ และถ้าหากมีเครื่องในตกค้างหรือลำไส้แตก จะทำให้ภายในซากสกปรก เมื่อซากลงถังน้ำเย็น จะทำให้ความสกปรกแพร่กระจายไปยังซากไก่อื่น ๆ ด้วย

6. <u>การตรวจคุณภาพ</u>

หลังจากถูกล้วงเครื่องในแล้ว ไก่ทุกตัวจะถูกตรวจสภาพซากโดยเจ้าหน้าที่ ซึ่งผ่านการอบรมการตรวจสภาพซากจากกรมปศุสัตว์ เพื่อคัดไก่ที่มีคุณภาพต่ำออก เพื่อให้มีเฉพาะไก่คุณภาพดีผ่านเข้าไปผลิตขั้นต่อไป

7. <u>การแช่เย็น</u>

ไก่ที่ผ่านการตรวจสภาพแล้ว จะถูกล้างทำความสะอาดโดยใช้น้ำฉีด เพื่อขจัดสิ่งสกปรกภายนอก จากนั้นจึงผ่านลงถังแช่เย็นเพื่อรักษาคุณภาพเนื้อ ทำให้เนื้อไก่มีลักษณะแข็ง ง่ายต่อการชำแหละและตัดแต่ง และระงับการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในตัวไก่ วิธีการหลักคือ ระบายหรือลดอุณหภูมิในตัวไก่ โดยแช่ไว้ในถังที่ใส่น้ำและน้ำแข็งไว้มีปริมาณมากพอ ที่จะลดอุณหภูมิในตัวไก่ลงตามต้องการ การแช่เย็นทำเป็น 2 ขั้น ขั้นแรกนำไก่แช่ในถังแรกซึ่งค่อย ๆ ลดอุณหภูมิในตัวไก่ลงมาจาก 38 องศาเซลเซียส เหลือ 15 องศาเซลเซียส แล้วนำไก่จากถังแรกไปแช่ในถังที่ 2 ซึ่งลดอุณหภูมิในตัวไก่ลงจนถึง 4 องศาเซลเซียส (เวลาที่ใช้ในถังทั้งสองประมาณ 45 นาที)

น้ำเย็นและน้ำแข็งที่ใช้ในถังน้ำเย็นทั้ง 2 นี้ ต้องปล่อยเข้าสู่ถังที่บริเวณทางที่ซากไก่จะออกจากถัง เพื่อให้ซากไก่ถูกล้างด้วยน้ำสะอาดก่อน น้ำในถังน้ำเย็นควรระบายออกเสมอ เพื่อให้น้ำในถังสะอาดอยู่ตลอดเวลา และควรผสมยาฆ่าเชื้อลงในถังน้ำเย็นด้วย เช่น คลอรีน จนมีความเข้มข้น 20 พีพีเอ็ม จากนั้นปล่อยให้ซากไก่เลื่อนไปตามราวเลื่อนเข้าสู่ห้องตัดแต่งซาก

ถังน้ำเย็น (CHILLER)ส่วนใหญ่ที่โรงงานใช้อยู่นี้เป็นแบบ PADDLE CHILLER คือใช้ใบกวนในการกวนซากไก่ ให้เคลื่อนที่สัมผัสกับน้ำ โดยระยะเวลาที่ซากไก่อยู่ในถังทั้งสอง ไม่ควรนานเกินครึ่งชั่วโมง มิฉะนั้นจะทำให้ไก่มีลักษณะแฉะและอุ้มน้ำ ส่วนอุณหภูมิของถังทั้งสองอยู่ประมาณ 0 องศาเซลเซียส เมื่อซากไก่ออกจากถังน้ำเย็นแล้ว ควรมีอุณหภูมิไม่เกิน 5 องศาเซลเซียส

ส่วนถังน้ำเย็นอีกแบบหนึ่งเรียกว่า SCREW CHILLER คือ ใช้เกลียวหมุน เป็นตัวพาซากไก่ให้สัมผัสกับน้ำ และเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ถังแบบนี้มีข้อดีคือ ไก่ที่เข้าไปก่อนจะอยู่ข้างหน้าและออกมาก่อนตามลำดับ และซากไก่จะจมอยู่ใต้น้ำตลอดเวลาเพื่อให้ได้รับความเย็นอย่างทั่วถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. การตัดแต่งซากและการตัดแต่งเนื้อ

ราวชำแหละจะพาไก่ที่ผ่านการแช่เย็นแล้วไปยังหน่วยงานชำแหละ ซึ่งเป็นห้องชำแหละปรับอากาศ มีอุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส เสมอ เพื่อรักษาคุณภาพเนื้อในระหว่างผลิต นอกจากนี้การรักษาความสะอาดในห้องชำแหละ การผลิตด้วยความเร็ว และป้องกันการติดเชื้อแบคทีเรียจากแผนกอื่น ๆ เป็นเรื่องสำคัญที่จะช่วยให้คุณภาพของไก่ดีมีมาตรฐาน

เมื่อซากไก่ออกจากถังน้ำเย็นแล้ว จะถูกแขวนราวและเข้าสู่ห้องตัดแต่งเนื้อ เพื่อทำการชำแหละชิ้นส่วนต่าง ๆ และตัดแต่งชิ้นส่วนเหล่านั้นให้ได้ตามมาตรฐาน จากนั้นชิ้นส่วนต่าง ๆ จะถูกนำไปตัดแต่งตามมาตรฐานที่กำหนด อุณหภูมิของห้องตัดแต่งเนื้อเฉลี่ยไม่เกิน 22-25 องศาเซลเซียส

9. การบรรจุหีบห่อ

เมื่อตัดแต่งเนื้อไก่ได้ตามมาตรฐานที่ต้องการแล้ว จะนำมาบรรจุในถุงพลาสติกตามน้ำหนักที่ต้องการ และทำการปิดผนึกด้วยระบบสุญญากาศ (VACCUM SEALING) จากนั้นเนื้อไก่จะถูกนำไปแช่แข็ง การปิดผนึกที่ได้ผลดีนั้น จะต้องไม่มีฟองอากาศซึ่งดูได้จากว่าเนื้อไก่ติดถุงหรือไม่ ถ้าเนื้อไก่ไม่ติดถุงแสดงว่า การปิดผนึกไม่ดีจะต้องทำการปิดผนึกใหม่

10.การแช่แข็ง

เนื้อไก่ที่บรรจุถุงสุญญากาศแล้ว จะถูกนำมาจัดวางบนชั้นถาด จากนั้นจะถูกนำเข้าแช่แข็งในห้อง BLAST FREEZER ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ -30 ถึง -40 องศาเซลเซียส

11.การบรรจุกล่อง (BOXING)

เนื้อไก่ที่แช่แข็งแล้วจะถูกนำมาบรรจุกล่องในห้องที่สะอาด มีอุณหภูมิประมาณ -18 องศาเซลเซียส เพื่อรักษาอุณหภูมิของเนื้อไก่ขณะทำการบรรจุกล่อง การบรรจุต้องทำด้วยความระมัดระวัง รักษาความสะอาดและต้องทำอย่างรวดเร็ว

ภายนอกกล่องจะต้องมีการบอกรายละเอียดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ เช่น วันที่ผลิต , น้ำหนัก , วันหมดอายุ เป็นต้น ถ้าเป็นเนื้อไก่ที่ผลิตเพื่อส่งไปจำหน่ายต่างประเทศ จะต้องประทับตรารับรองโดยเจ้าหน้าที่ของภาครัฐบาลด้วย

12.การแช่แข็ง (COLD STORAGE)

หลังจากบรรจุหีบห่อเรียบร้อยแล้ว ต้องรีบนำเข้าไปเก็บในห้องแช่แข็งทันที เพื่อรักษาความเย็นของผลิตภัณฑ์ และรอการจำหน่ายต่อไป ห้องนี้ควรมีอุณหภูมิประมาณ -20 องศาเซลเซียส

13.การขนส่งเนื้อไก่แช่แข็งจากห้องเย็นสู่ตลาด

การขนส่งเนื้อไก่แช่แข็ง จะต้องบรรทุกด้วยรถห้องเย็น ซึ่งรักษาความเย็นไว้ไม่ให้สูงกว่า -20 องศาเซลเซียส เพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ให้คงความสดอยู่เสมอ ดังแสดงในรูปที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณลานรับไก่

(Waiting House)

รับไก่

(ชั่งน้ำหนักไก่เพื่อหาค่าเฉลี่ยต่อตัว)

↓

แขวนไก่กับราวเลื่อน

↓

.....

ห้องเชือด

↓

เชือดไก่ → เลือดไก่ (ส่งขายในประเทศ)

↓

.....

ห้อง Plucker

ลวกไก่

↓

ตีขนซากไก่

(ถอนขนซากไก่)

↓

ตัดหัวซากไก่

↓

ทำความสะอาดซากไก่

↓

ตัดขาซากไก่

↓

.....

ห้อง Eviscertivy

เจาะทวารไก่

↓

เปิดทวารไก่ให้ได้ช่องกว้างขึ้น

↓

ล้วงเครื่องในไก่

↓

แยกเครื่องในออกจากซากไก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

↓

.....

ห้อง Chiller

ซากไก่ลงถัง chiller 1

↓

ซากไก่ลงถัง chiller 2

↓

.....

ห้อง Cutting

กรีดหน้าและหลังของซากไก่
เพื่อสะดวกในการตัดแต่ง

↓

ตัดเอาสะโพกออก — <u>ตะโพกไก่ ทำเป็นเนื้อ</u>

↓ BONE IN LEG

↓ BONE IN LEG STREAK

↓ THIGHT

↓ DRUM STICK

↓ BL BLOCK

↓

ตัดเอาปีกไก่ออก — <u>ปีกไก่ ทำเป็นเนื้อ</u>

↓ CHICKENKATSU

↓ WING STICK

↓ 2 JOINTS WING

↓ MID WING HALF CUT

↓ TULIP

↓ BB BLOCK

↓

แยกเอาเนื้อหน้าอกออก — <u>เนื้อหน้าอก ทำเป็น</u>

↓ FILLET TENDON CUT

↓ CUT FILLET

↓

ปลดกระดูกออกจากราวที่แขวน

↓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แยกเอากระดูกอ่อนออกไปทำผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ

↓

โครงกระดูกที่เหลือนำไปขายต่อ

<u>หมายเหตุ</u> เศษเนื้อที่เหลือจาก THIGHT และ WING STICK นำไปทำผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ

เนื้อที่ได้รับการตัดแต่งแล้ว

↓

ชั่งใส่ถุงให้ได้น้ำหนักตามที่ต้องการ

↓

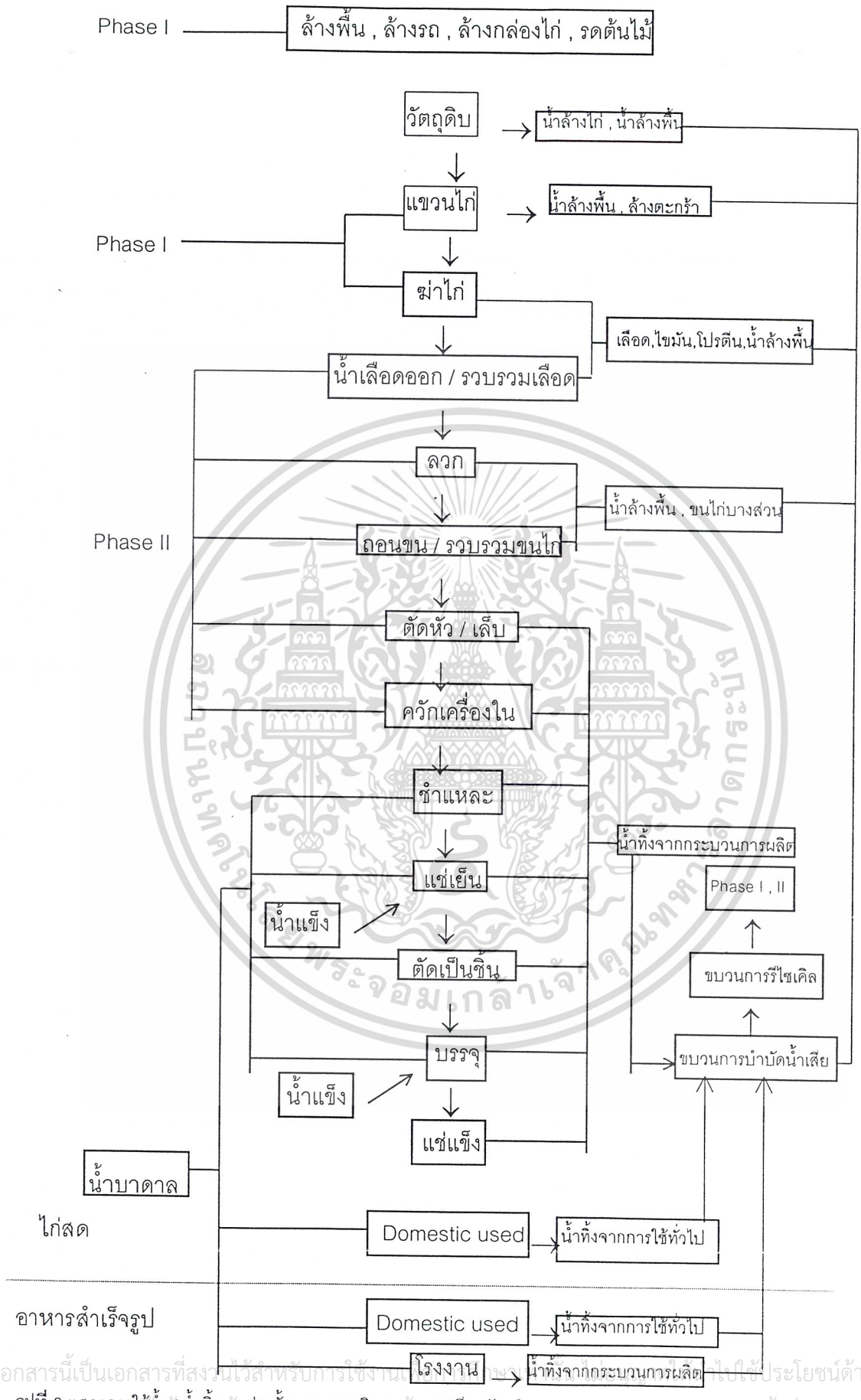
Pack ถุงด้วย Vaccum pack

↓

ห้อง Blast room	Freezing ที่ blast room ที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6-7 ชั่วโมง
	↓
ห้อง Boxing	pack เนื้อใส่ถุงปิดผนึกให้แน่น
	↓
Cold storage	ที่มีอุณหภูมิประมาณ -20 องศาเซลเซียส
	↓
	ส่งขาย (Sea land)

รูปที่ 1 กระบวนการแปรรูปไก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 แสดงการใช้น้ำ / น้ำทิ้งระหว่างขั้นตอนการผลิต และ การเตรียมวัตถุดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 น้ำเสียของโรงงาน

น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมมักจะมีสิ่งเจือปนต่าง ๆ ทั้งอนินทรียสาร และอินทรียสาร ถ้าไม่กำจัดให้เหมาะสมและปลอดภัยเสียก่อน จะทำให้เกิดอันตรายต่อดินและแหล่งน้ำได้เป็นอย่างมาก เนื่องจากมักจะมีสภาวะที่เป็นกรดหรือด่างมากกว่าปกติ มีแร่ธาตุและสารเคมีที่มีพิษปะปนอยู่

<u>คุณลักษณะของน้ำเสียที่ควรพิจารณามีดังนี้</u>

1. คุณลักษณะทางด้านกายภาพ
   1.1 อัตราการไหล - ช่วยให้สามารถหาปริมาณของน้ำเสียที่เกิดขึ้นได้
   1.2 อุณหภูมิ - น้ำเสียที่มีอุณหภูมิสูงจะทำลายออกซิเจนที่มีอยู่ในน้ำ
   1.3 ของแข็ง - น้ำเสียที่มีของแข็งปะปนอยู่ด้วยทั้งชนิดที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ
   1.4 คุณสมบัติทางกายภาพชนิดอื่น ๆ เช่น สี กลิ่น ความขุ่น เป็นต้น
2. คุณลักษณะทางด้านเคมี
   2.1 ความเป็นกรด-ด่าง
   2.2 สารที่มีพิษ
   2.3 สารกัมมันตภาพรังสี
3. คุณลักษณะเกี่ยวกับอินทรียสารและชีวภาพ

อินทรียสารในน้ำเสียจะถูกเชื้อจุลินทรีย์ใช้เป็นสารอาหาร ในระยะเริ่มต้นของการย่อยสลาย จุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนอิสระ จะใช้ออกซิเจนในการทำปฏิกิริยา เมื่อออกซิเจนในน้ำเสียหมดลงจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ต้องการออกซิเจนอิสระจะเข้าทำปฏิกิริยาต่อไป การกำจัดน้ำเสียจำเป็นต้องทำการตรวจวิเคราะห์ในด้านต่าง ๆ ดังนี้คือ

3.1 <u>ออกซิเจนที่ละลายน้ำได้ (D.O.)</u> หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่มีและละลายอยู่ในน้ำ ส่วนใหญ่จะมาจากการละลายของออกซิเจนในอากาศโดยธรรมชาติ หรือใช้เครื่องพ่นอากาศ ค่า D.O. ในของเหลวอาจจะใช้แสดงถึงสภาวะของความสกปรกได้ เช่น น้ำเสียที่มีค่า D.O. ต่ำ จะมีความสกปรกมากกว่าน้ำเสียที่มีค่า D.O. สูงกว่า นอกจากนั้นค่า D.O. ยังบ่งชี้ถึงสภาวะของปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ได้ด้วย นั่นคือ น้ำเสียที่มี D.O. การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์จะไม่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็น แต่น้ำเสียที่ไม่มี D.O. อยู่เลย จะทำให้น้ำเสียมีสีดำและมีกลิ่นเหม็น

3.2 <u>ออกซิเจนที่ใช้ในปฏิกิริยาชีวภาพ (B.O.D.)</u> หมายถึง ปริมาณของออกซิเจนอิสระในรูปของ D.O. ที่ จุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศใช้ในการย่อยสลายอินทรียสาร ในเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ค่า B.O.D. เป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของอินทรียสารที่ถูกทำลายด้วยปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศ น้ำเสียที่มีค่า B.O.D. สูง แสดงว่าปริมาณของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินทรียสารที่ก่อให้เกิดความสกปรกเจือปนอยู่มาก จึงมักใช้ค่า B.O.D. มาเป็นตัวบ่งชี้ในการควบคุมการปรับปรุง และ กำจัดน้ำโสโครกได้เป็นอย่างดี

3.3 ออกซิเจนที่ใช้ในปฏิกิริยาเคมี (C.O.D.) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่จำเป็นจะต้องใช้ในปฏิกิริยาเคมีแบบออกซิเดชั่น เพื่อทำลายหรือเปลี่ยนแปลง สภาพของสารเจือปนชนิดต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุของความสกปรก

3.4 จุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ (ORGANISMS) กรรมวิธีในการปรับปรุงคุณภาพของน้ำเสียขั้นทุติยภูมิ นิยมใช้ปฏิกิริยาย่อยสลายของจุลินทรีย์ จึงต้องมีการตรวจวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่มีมากับน้ำเสียก่อนเริ่มปรับปรุง เพื่อช่วยให้สามารถดำเนินการต่าง ๆ ได้ถูกต้องเหมาะสมยิ่งขึ้น

มาตรฐานน้ำทิ้ง

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2513) ออกตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2512 หมวดที่ 5 การกำจัดสิ่งปฏิกูล การระบายน้ำทิ้ง และการระบายอากาศ

ข้อ 22 ห้ามมิให้ระบายน้ำทิ้งออกจากโรงงาน เว้นแต่ได้ทำการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ให้มีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ค่าของความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 5-9
2. PERMANGANATE VALUE ไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัม/ลิตร
3. สารที่ละลายได้ (DISSOLVES SOLIDS) รวมกันไม่มากกว่า 2,000 มิลลิกรัม/ลิตร
4. ซัลไฟต์คิดเทียบเป็น H_2S ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัม/ลิตร
5. ไซยาไนต์คิดเทียบเป็น HCN ไม่มากกว่า 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร
6. Zn , Cr , As , Cu , Ag , Hg , Cd , Ba , Se , Pb , Ni รวมกันหรือแต่ละอย่างไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัม/ลิตร
7. TAR ไม่มีเลย
8. น้ำมันและไขมันไม่มีเลย
9. ฟอร์มัลดีไฮด์ ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัม/ลิตร
10. ฟีนอล ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัม/ลิตร
11. คลอรีนอิสระ ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัม/ลิตร
12. ยาฆ่าแมลง สารกัมมันตภาพรังสี ไม่มีเลย
13. อัตราส่วนระหว่างน้ำทิ้ง กับน้ำในลำน้ำสาธารณะ และสารที่ลอย มีลักษณะดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 อัตราส่วนระหว่างน้ำทิ้ง/น้ำในลำน้ำสาธารณะและสารที่ลอย

น้ำทิ้ง/น้ำทิ้งในลำน้ำสาธารณะ	สารที่ลอยเจือปนต้องไม่เกิน (ppm)
1:8 ถึง 1:150	30
1:151 ถึง 1:300	60
1:301 ถึง 1:500	450

14. B.O.D. (20 องศาเซลเซียส , 5 วัน) ไม่มากกว่า 20 มิลลิกรัม/ลิตร

15. อุณหภูมิของน้ำทิ้งเมื่อระบายลงสู่ลำน้ำสาธารณะไม่มากกว่า 40 องศาเซลเซียส

16. สีหรือกลิ่นของน้ำทิ้ง เมื่อระบายลงสู่ลำน้ำสาธารณะแล้วต้องไม่เป็นที่พึงรังเกียจ

ข้อ 2 , 3 ในกรณีที่ระบายน้ำทิ้งจากโรงงานลงในทะเล หรือ ลงสู่ท่อสาธารณะโดยตรงให้เป็นไปตามที่พนักงานเจ้าหน้าที่จะเห็นสมควร

<u>วิธีการกำจัดน้ำโสโครก</u> ในปัจจุบันนิยมกำจัดน้ำเสียด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังนี้คือ

1. การฝังลงในดิน
2. การทำลายบนพื้นผิวดิน
3. การปล่อยลงน้ำ

ส่วนใหญ่ระบบการกำจัดน้ำเสียที่โรงงานแปรรูปไก่ใช้คือ การปล่อยลงน้ำ ซึ่งมีกระบวนการที่สำคัญดังนี้คือ

1. การกรองโดยใช้เครื่องกรอง เพื่อแยกสิ่งปะปน เช่น เศษเนื้อ , ขนที่ติดมากับน้ำเสีย

2. การกำจัดสิ่งสกปรกให้หมดไป โดยอาศัยปฏิกิริยาการย่อยสลายสิ่งสกปรกด้วยจุลินทรีย์ (BIOLOGICAL TREATMENT) ในบ่อเปิด โดยปล่อยทิ้งไว้ 2-3 ชั่วโมง จุลินทรีย์พวกที่ใช้อากาศและกึ่งใช้อากาศ จะใช้สิ่งเจือปนเหล่านั้นเป็นสารอาหาร ได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และของแข็งที่ตกตะกอนได้ เมื่อนำไปผ่านถังตกตะกอน ก็สามารถแยกตะกอนนั้นออกได้

3. การเติมออกซิเจนโดยการใช้เครื่องพ่นอากาศ ทำให้น้ำเสียแตกกระจาย และสัมผัสกับอากาศอยู่ตลอดเวลา ทำให้ปฏิกิริยาการย่อยสลาย มีประสิทธิภาพสูงขึ้นมาก หลังจากนั้นจะปล่อยลงสู่ถังตกตะกอน ผ่านตะแกรงดักของแข็งที่เหลืออีกที

4. การปล่อยน้ำเสียที่ผ่านขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพแล้วออกนอกโรงงาน ใช้วิธีปล่อยลงสู่แม่น้ำ โดยอาศัยปริมาณน้ำในแหล่งน้ำ เป็นตัวช่วยทำให้เกิดการเจือจาง พร้อมทั้งเกิดการฟอกตัวเอง ของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ

ก่อนปล่อยน้ำออกมานอกโรงงาน จะมีการวัดค่า B.O.D. และอุณหภูมิของน้ำเสียก่อน โดยปกติแล้ว น้ำเสียที่ระบายออกจะมีค่า B.O.D. ประมาณ 45 และมีอุณหภูมิ 25-26 องศาเซลเซียส ซึ่งยังอยู่ในช่วงที่กฎหมายกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ผลการตรวจวิเคราะห์น้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปไก่

ตัวอย่าง	ผลการตรวจวิเคราะห์
พีเอช	8.4
SS (มิลลิกรัมต่อลิตร)	71.0
BOD (มิลลิกรัมต่อลิตร)	24.0

ปัญหาน้ำในแม่น้ำลำคลองเกิดการเน่าเสีย จากสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำ จากท่อระบายน้ำชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรม ดังนั้น จึงต้องมีระบบบำบัดน้ำเสีย มีการเก็บตัวอย่างน้ำส่งห้องวิเคราะห์ กำหนดออกแบบก่อสร้างบ่อบำบัดน้ำเสีย และคำนวณหาปริมาณน้ำเสีย ในปัจจุบัน ยังคงนิยมใช้มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง

ปริมาณน้ำทิ้งนับว่ามีความสำคัญ ต้องมีเครื่องวัดติดตั้งประจำ เพื่อเป็นเครื่องบ่งชี้ปริมาณความสกปรก การประหยัดน้ำเป็นการลดปริมาณน้ำทิ้งวิธีหนึ่ง เป็นการกระทำที่คุ้มค่าสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม อาจทำได้โดย

1. นำน้ำนั้นมาใช้ประโยชน์อีกครั้ง อาจนำมาใช้เป็นน้ำล้างพื้นโรงงาน หรืออื่น ๆ
2. กรองขยะออกจากน้ำเสีย หรือกวาดเก็บของเสีย ในขณะที่แห้งอยู่ หรือทำเป็นบ่อดักไขมัน
3. แยกน้ำเสียที่มีความสกปรกน้อย ออกจากน้ำเสียที่มีความสกปรกมาก เพื่อลดปริมาณน้ำที่จะเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย ทำให้ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบน้อยลง
4. ใช้น้ำเสียนั้นให้เป็นประโยชน์ขึ้นมา

การสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อฟอกน้ำดีก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ สำหรับลดปริมาณสารอินทรีย์ ก็อาจจะแบ่งออกได้เป็น 2 ขั้นตอน

1. <u>ขั้นตอนการดักขยะหรือไขมัน</u> อาจทำได้โดยใช้ตะแกรงกรองกากขยะ แยกกรวดทรายออก มีบ่อดักไขมัน 3 บ่อ ซึ่งบ่อดักไขมันนี้ น้ำที่ไหลเข้าบ่อเป็นน้ำเสียที่มาจากโรงงานทั้งหมดทุก LINE และทุกส่วนภายในสถานที่ตั้งโรงงาน การมีตะแกรงแยกขยะนี้ เพื่อป้องกันการสึกหรอของอุปกรณ์เครื่องสูบน้ำ และการทำให้ลอยตัว เพื่อตักออก หรือปล่อยให้ตกตะกอนตามธรรมชาติ อันจะเป็นการลดปริมาณความสกปรกในน้ำทิ้งลงได้
2. <u>ขั้นตอนการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์</u> เป็นการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำ โดยอาจใช้ระบบ TRICKLING FILTER หรือ ACTIVATED SLUDGE (ซึ่งในโรงงานใช้แบบนี้) ในสภาวะสภาพที่มีออกซิเจนละลายในน้ำ โดยการเป่าฟองอากาศที่มีออกซิเจนเข้าไปในน้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางโรงงานมีแหล่งน้ำเสียหลัก อยู่ 3 แหล่ง คือ

1. มาจากส่วนอาหารสำเร็จรูป
2. มาจากการเชือดไก่สด
3. น้ำจากกระบวนการผลิตต่าง ๆ

ซึ่งทั้งหมดจะมารวมกันที่บ่อดักไขมัน ซึ่งถือว่าเป็น PRE-TREATMENT ซึ่งใช้คุณสมบัติไขมันที่ลอยเหนือน้ำตักใส่ถุงแล้วทิ้ง หรือขายเลี้ยงปลา

สาเหตุที่ต้องขจัดไขมันออกเพราะ

1. ต้องทิ้งน้ำเสียออกไปนอกโรงงาน ในปริมาณที่มีไขมันเหลืออยู่เพียง 5 ppm
2. ไขมันทำให้การละลายของออกซิเจนในน้ำลดลง

2.4 โปรตีนเซลล์เดียว

โปรตีนที่ผลิตได้จากจุลินทรีย์ เรียกว่า โปรตีนเซลล์เดียว (single cell protein หรือ SCP) ซึ่งหมายถึงการนำจุลินทรีย์ส่วนใหญ่มาใช้เป็นแหล่งผลิตโปรตีน โดยจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะมีการเจริญในลักษณะเป็นเซลล์เดี่ยวหรือเส้นใย (filament) มากกว่าจะเจริญเป็นหลายเซลล์ที่ซับซ้อนเหมือนกับสิ่งมีชีวิตพวกพืชหรือสัตว์ การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวเป็นกระบวนการผลิตทางเทคโนโลยีชีวภาพ ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่เหมาะสมในการจะแก้ปัญหาการขาดแคลนโปรตีนของโลก โดยอาจนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารโดยตรงสำหรับมนุษย์ อาหารเสริมสำหรับมนุษย์ และสัตว์หรือเป็นอาหารสัตว์ใช้เลี้ยงสัตว์เพื่อเป็นอาหารมนุษย์(ดุษณี , 2537)

ปัจจุบันประชากรโลกมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่แหล่งพื้นที่ในการใช้เพาะปลูกมีจำนวนจำกัด ดังนั้นผลผลิตทางการเกษตรจึงไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค โดยเฉพาะอย่างยิ่งแหล่งอาหารโปรตีน ถึงแม้ว่าจะมีการปรับปรุงพันธุ์พืชและสัตว์ เพื่อเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ให้สูงขึ้น ก็ยังคงมีสัดส่วนที่ไม่สมดุลกับความต้องการของผู้บริโภคซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว รวมทั้งความต้องการโปรตีนในแต่ละประเทศจะแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับเศรษฐกิจของประเทศ นอกจากนี้การที่ประเทศต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงการบริโภคอาหารจากพืชมาเป็นเนื้อสัตว์เพิ่มมากขึ้น ก็มีผลทำให้การใช้เมล็ดธัญพืชเพิ่มมากขึ้นด้วย เนื่องจากต้องใช้เมล็ดธัญพืช 3-10 กิโลกรัม ในการเลี้ยงสัตว์ เพื่อให้ได้เนื้อสัตว์ 1 กิโลกรัม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเพิ่มแหล่งโปรตีนโดยวิธีต่าง ๆ เช่น การปรับปรุงธัญพืชเพื่อให้มีคุณค่าทางโปรตีนสูงขึ้น การเพิ่มพื้นที่ในการเพาะปลูกถั่วเหลือง และถั่วลิสง เป็นต้น และในปัจจุบันมีการศึกษาถึงการใช้จุลินทรีย์เป็นแหล่งโปรตีน เพราะเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มแหล่งโปรตีนที่มีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับความต้องการในปัจจุบัน สาเหตุที่มีการนำจุลินทรีย์มาใช้เป็นแหล่งโปรตีน เนื่องจากจุลินทรีย์ให้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ต่อหน่วยเวลาสูงกว่าโปรตีนจากแหล่งอื่น ๆ นอกจากนี้จุลินทรีย์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังสามารถเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งมีชีวิตอื่น และมีโปรตีนในเซลล์สูง และจุลินทรีย์ยังประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นหลายชนิด และยังมีวิตามินต่าง ๆ ในปริมาณที่สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิตามินบี 12 ซึ่งเป็นวิตามินที่มีความสำคัญทางโภชนาการ สามารถให้เป็นอาหารเสริมโปรตีนได้(ดุษณี , 2537)

2.5 คุณสมบัติของโปรตีนเซลล์เดียว

คุณสมบัติของโปรตีนเซลล์เดียวที่จะนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ ขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ คือ

1. ชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว ชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ เช่น กากน้ำตาล หางนม มันสำปะหลัง แป้งและอื่น ๆ ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวที่ผ่านมาส่วนใหญ่จะใช้วัตถุดิบพวกสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เพราะสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจะทำให้โปรตีนเซลล์เดียวที่ผลิตได้มีคุณภาพดี

2. ชนิดของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิต เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิต คือ ยีสต์ แบคทีเรีย รา และสาหร่าย ซึ่งคุณค่าทางอาหารของโปรตีนเซลล์เดียวจะแตกต่างกัน ในจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน

3. กระบวนการผลิตที่ใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว จะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของโปรตีนเซลล์เดียว การแยกผลิตภัณฑ์สุดท้าย อุณหภูมิที่ใช้ในการผลิตต้องอยู่ในช่วงที่เหมาะสม (สมศิริและคณะ , 2539)

2.6 คุณสมบัติของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว

จุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวมีทั้งแบคทีเรีย ยีสต์ รา และสาหร่าย คุณสมบัติของจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว มีดังนี้ (Kosaric , 1972;Sell et al , 1981)

1. เจริญได้เร็วในอาหารที่มีราคาถูก และเป็นวัตถุดิบที่หาง่ายในท้องถิ่นนั้น ๆ

2. เจริญได้ดีในอาหารที่มีองค์ประกอบง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน มีความต้องการวิตามิน และปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญต่าง ๆ น้อยหรือไม่ต้องการเลยและให้ผลผลิตสูง

3. คงลักษณะทางพันธุกรรมได้ดี และไม่กลายพันธุ์ง่าย เมื่อเลี้ยงติดต่อกันเป็นเวลานาน

4. การแยก และเก็บเกี่ยวเซลล์สามารถทำได้ง่าย

5. มีความต้านทานต่อการปนเปื้อนของจุลินทรีย์อื่น ๆ และใช้กระบวนการหมักอย่างง่าย ๆ ในการเจริญในถังหมัก

6. ทราบคุณสมบัติทางพันธุกรรม สรีรวิทยา และสามารถปรับปรุงพันธุ์ได้

7. ใช้แหล่งพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

8. หลังจากผ่านการหมักแล้ว มีวัสดุเหลือทิ้งน้อยหรือไม่มีเลย

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

9. ไม่เป็นพิษทั้งในระยะสั้น และระยะยาว ไม่ทำให้เกิดภูมิแพ้ และปลอดภัยต่อการบริโภค

10. มีคุณค่าทางอาหาร ให้ปริมาณโปรตีนสูง โปรตีนที่ได้จะต้องมีกรดอะมิโนที่มีคุณค่า

11. เก็บรักษาง่าย เช่น การทำให้แห้ง และง่ายต่อการขนส่ง

12. ต้นทุนการเพาะเลี้ยงเซลล์และเก็บเกี่ยวเซลล์ต้องสามารถแข่งขันกับแหล่งโปรตีนอื่นได้

2.7 จุลินทรีย์ที่ใช้เป็นแหล่งอาหารโปรตีน

การขาดแคลนแหล่งอาหารโปรตีน ทำให้คนเราคิดหาแหล่งอาหารโปรตีนใหม่ เช่น โปรตีนจากจุลินทรีย์ที่เรียกว่า Single Cell Protein (SCP) ได้รับความสนใจเพราะจุลินทรีย์สามารถใช้วัตถุดิบได้หลายชนิด รวมทั้งของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และการเกษตร อัตราการเจริญเร็ว มีโปรตีนสูงประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ส่วนประกอบของกรดอะมิโนจำเป็นคล้ายกับของสัตว์ ดังนั้นโปรตีนจากจุลินทรีย์จึงเหมาะที่จะเป็นแหล่งอาหารเสริมโปรตีนของคนและสัตว์ จุลินทรีย์ที่ใช้ผลิตเป็น SCP มีทั้ง สาหร่าย รา ยีสต์ และแบคทีเรีย

2.7.1 สาหร่าย

เป็น autotrophic microorganism ซึ่งมีข้อดีคือ มีโปรตีนในเซลล์สูงประมาณ 55 เปอร์เซ็นต์ มีวิตามินซีและบีรวมสูง สามารถเพาะเลี้ยงได้ทุกฤดูกาล สามารถใช้พลังงานจากดวงอาทิตย์ได้ และใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่งคาร์บอน เก็บเกี่ยวผลง่าย(Bhattacharjee , 1970) ข้อเสียของสาหร่าย คือ มีอัตราการเจริญต่ำกว่าจุลินทรีย์กลุ่มอื่น ๆ สาหร่ายที่ได้รับความสนใจใช้เป็นอาหารได้แก่พวกสาหร่ายเซลล์เดียว เช่น *Chlorella* , *Scenedesmus* และ *Spirulina* (Becker , 1981) โดยเฉพาะ *Spirulina maxima* ได้เคยมีผู้ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารของชาวพื้นเมืองแถบทะเลสาบ Chad ในแอฟริกา และบางส่วนของเม็กซิโก ซึ่งแสดงว่าปลอดภัยเมื่อใช้เป็นอาหารเสริมของคนและสัตว์

2.7.2 รา

ราหลายชนิดมีบทบาทในอาหารหมัก เช่น *Aspergillus oryzae* ในการหมักซีอิ้ว และราหลายชนิดได้ใช้เป็นอาหารมานาน โดยเฉพาะเห็ด เมื่อสมัยสงครามโลกครั้งที่สอง ประเทศเยอรมันได้เลี้ยงราพวก *Geotrichum candidum* เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนและวิตามินสูง (Bhattacharjee , 1970) ข้อดีของเชื้อรา คือ คนยอมรับได้ง่าย ตลอดจนมีคุณค่าทางอาหารพอ ๆ กับยีสต์ แต่การเจริญต่ำกว่ายีสต์และแบคทีเรีย และมีปัญหาในการเลี้ยง เพราะว่าเส้นใยเมื่อเลี้ยงในสภาพ submerged cultivation เส้นใยจะอยู่ในสภาพเป็นกลุ่มก้อน (pellet) เกิดปัญหาในการให้ออกซิเจนแก่เซลล์ เชื้อราหลายชนิดมีแนวโน้มที่จะใช้เป็นแหล่งอาหารเสริมโปรตีน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

33522

ในสัตว์เลี้ยง เช่น *A. niger* , *Trichoderma viride* และ *Fusarium* sp.(Bhattacharjee , 1970) ได้มีการทดลองเลี้ยงเชื้อ *A. niger* ที่แยกได้จาก carob ได้โปรตีนสูงถึง 75 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าโปรตีนจากราชนิดนี้มี cystine และ methionine ในปริมาณสูงตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก (WHO)

2.7.3 ยีสต์

นับได้ว่าเป็นจุลินทรีย์ที่เหมาะสมจะเป็นแหล่งอาหารโปรตีน เพราะมนุษย์รู้จักกันมานาน ได้มีการใช้ยีสต์ในอุตสาหกรรมการผลิตเบียร์ ไวน์ และเครื่องดื่มประเภทแอลกอฮอล์อื่น ๆ ตลอดจนการทำขนมปังต่าง ๆ ชาวตะวันตกยังใช้ยีสต์เป็นวิตามินและอาหารเสริมโปรตีนมาไม่น้อยกว่า 40 ปี ปริมาณโปรตีนที่ได้จากยีสต์ มีประมาณ 44-55 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง (Bhattacharjee , 1970) แต่ข้อเสียของยีสต์ คือ มีปริมาณกรดนิวคลีอิก ค่อนข้างสูงประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มที่จะเป็นอันตรายต่อคนได้ คือ ทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับไต และโรค gout และปริมาณโปรตีนไม่สูงเท่าจุลินทรีย์บางชนิด

Nwabueze และ Ogutimein (1987) ได้ทดลองนำกากส้มหวาน (Citrus sinesis) มาใช้เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* โดยกระบวนการหมักแบบครั้งคราว พบว่าจะได้โปรตีน 57 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) จากการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่ประกอบไปด้วย กากส้ม 4 เปอร์เซ็นต์ พีเอช 5.5 อุณหภูมิ 36 องศาเซลเซียส และระยะเวลาเลี้ยงเชื้อ 12 ชั่วโมง

Candida tropicalis พบบ่อยที่สุดเนื่องจากสามารถใช้สารประกอบไนโตรเจนอย่างง่าย และแหล่งคาร์บอนได้หลายชนิด เช่น น้ำตาลเฮกโซส น้ำตาลเพนโทส ไฮโดรคาร์บอน เอทานอล อะซิเตต และของเสียทางการเกษตรที่ผ่านการบำบัดแล้ว *Candida tropicalis* และ *C. utilis* สามารถผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากน้ำทิ้งโรงงานเยื่อกระดาษ เพราะมีคุณสมบัติที่ทนต่อความเข้มข้นของซัลไฟด์สูง ๆ ได้ รวมทั้งสามารถดูดซึมน้ำตาลเพนโทสได้

Candida utilis เป็นยีสต์ที่นิยมใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวมากที่สุด เนื่องจากสามารถเจริญได้เร็ว ใช้น้ำตาล และอาหารได้หลายชนิด ขนาดของเซลล์ใหญ่ และมีปริมาณโปรตีนสูง ซึ่งชาวเยอรมันเป็นชนชาติแรกที่ใช้เชื้อ *Candida* เป็นแหล่งอาหารโปรตีนในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 (Beech และคณะ,1985) ดังนั้น *Candida* จึงเป็นยีสต์ตัวแรกที่รู้จักในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวและได้รับความนิยมแพร่หลายทั่วไป ได้มีการศึกษาถึงการนำ *Candida utilis* มาเลี้ยงในอาหารต่าง ๆ เช่น ลอร์ฟอร์ด และคณะ 1979 ได้นำ *Candida utilis* Y-900 มาเลี้ยงในกากน้ำตาล โดยใช้กระบวนการหมักแบบต่อเนื่องพบว่า โปรตีนจากยีสต์ 50-550 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับโปรตีนจากถั่วเหลือง นอกจากนี้กรดอะมิโนที่จำเป็นหลายชนิดที่พบในยีสต์สามารถนำมาใช้เป็นอาหารเสริมในธัญพืชได้ เช่น ข้าวสาลีที่ขาดไลซีน และทรีโอนีน เป็นการเพิ่มคุณค่าทางอาหารพวกธัญพืชเหล่านี้

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาการเจริญของยีสต์ในน้ำทิ้งจากโรงงานกระดาษ พบว่า *Candida utilis* เป็นยีสต์เพียงสายพันธุ์เดียวที่สามารถใช้น้ำตาลไซโลส (xylose) ในน้ำทิ้งนั้นได้ (Peppler,1978) ซึ่งในประเทศสวิสเซอร์แลนด์ เยอรมันตะวันออก รัสเซีย เชคโกสโลวาเกีย สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น ได้มีการผลิต *Candida utilis* จากน้ำทิ้งโรงงานกระดาษในระดับอุตสาหกรรม พบว่า ยีสต์ที่ผลิตได้มีประมาณ 50,000 ตันต่อปี นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงการเลี้ยง *Candida utilis* ในน้ำทิ้งจากโรงงานต่าง ๆ เช่น น้ำทิ้งจากโรงงานสับปะรดกระป๋อง จากการศึกษาถึงการนำน้ำทิ้งจากโรงงานสับปะรดกระป๋องใช้ในการเลี้ยงยีสต์และรา 10 ชนิด โดยกระบวนการหมักแบบครั้งคราว พบว่า *Candida utilis* เป็นเชื้อที่มีประสิทธิภาพมากในการเจริญ และลดค่าซีโอดีได้สูง เมื่อนำ *Candida utilis* มาเลี้ยงในกระบวนการหมักแบบต่อเนื่อง พบว่าที่ dilution 0.33 ต่อชั่วโมง เหมาะต่อการเจริญของเชื้อนี้และลดค่าซีโอดีได้สูง (Prior,1984) ราล 1984 ได้ศึกษาถึงการนำน้ำทิ้งจากโรงงานสับปะรดกระป๋องมาเลี้ยงเชื้อยีสต์ *Candida utilis* และ *Hansenula sydowiorum* ซึ่งจะให้โปรตีน 19 และ 20 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

คาลเจลา และคณะ 1986 ได้ศึกษาถึงการนำแป้งมันมาใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวโดยใช้เชื้อ *Schwanniomyces alluvius* ซึ่งเป็นเชื้อที่มีอัตราการเจริญสูง ไม่เป็นเชื้อโรคและสามารถย่อยคาร์โบไฮเดรตได้หลายชนิดเช่น อินูลิน (inulin) เซลโลไบโอส ไซโลส เมลิไบโอส และแรฟฟิโนส นอกจากนี้ยังสามารถใช้เอนไซม์อะไมเลสออกมานอกเซลล์ในปริมาณมากด้วย ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ได้มีผู้นำยีสต์ *Schwanniomyces alluvius* มาใช้ในการผลิตแอลกอฮอล์และเอนไซม์อะไมเลสทางอุตสาหกรรมด้วย

ยีสต์ชนิดอื่น ๆ ที่ใช้ในทางการค้า หรือใช้ในการศึกษากันอย่างกว้างขวางในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ *Candida arborea, C. pulcherrima, C.lipolytica, Trichosporon pullans, C.maltosa* และ *C. boidini*

หางนมเป็นแหล่งวัตถุดิบที่สำคัญอีกแหล่งที่ใช้ในการผลิตยีสต์เป็นอาหารมนุษย์และสัตว์ จากการศึกษาโดยนักวิทยาศาสตร์หลาย ๆ ท่าน พบว่า ยีสต์สายพันธุ์ที่เหมาะสมต่อการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากหางมมากที่สุด คือ *Kluyveromyces fragilis* และ *K. lactis* และในการคัดเลือกสายพันธุ์จุลินทรีย์เพื่อใช้ในการผลิตระดับอุตสาหกรรม นอกจากจะคัดเลือกยีสต์ที่สามารถใช้น้ำตาลแล็กโทสได้แล้ว ยังต้องพิจารณาถึงอัตราการเจริญจำเพาะ (specific growth rate) ปริมาณโปรตีน กรดนิวคลีอิกในเซลล์ รวมทั้งประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตได้สูง ซึ่งยีสต์ที่มีอัตราการเจริญเร็ว นอกจากจะทำให้การใช้ถังขนาดเล็กลงแล้ว ยังทำให้เข้าใจได้ว่า จะไม่มีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์อื่นๆ ปนเปื้อนมาด้วย (Halasz และ Lasztity,1991) ยีสต์อื่น ๆ ที่สามารถนำมาใช้เลี้ยงในหางนมได้ เช่น *Candida utilis* , *C. tropicalis* , *Torulopsis utilis* ,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Torulopsis sphaerica (Kluyveromyces lactis), Torulopsis casei (Candida pseudotropicalis),T. cremoris, T. lactosa (Candida kefir) และ *Torulopsis* sp.(Marth,1987)

การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตยีสต์ มีมาตั้งแต่ศตวรรษที่ 19 ในปี ค.ศ. 1940 มีการใช้น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมกระดาษ (Sulfite waste liquor) เป็นวัตถุดิบ สำหรับ *Candida utilis* ซึ่งนอกจากจะเป็นการบำบัดน้ำเสียแล้ว ยังเป็นการเปลี่ยนน้ำเสียให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่า ในกระบวนการ symba ได้มีการพัฒนายีสต์ *Endomycopcis fibuligera* ร่วมกับ *Candida utilis* บำบัดน้ำเสียจากกระบวนการล้างมันฝรั่งและข้าวที่มีปริมาณ บีโอดี 15,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสามารถลดบีโอดีได้มากกว่าร้อยละ 85 และ ใช้ยีสต์ 40-100 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อวัน จากปริมาณน้ำเสียที่ออกมา126 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง นอกจากนี้ยังมีการวิจัยพบว่า *Candida lipolytica* หรือ *Trichosporon cutaneum* สามารถใช้ในการบำบัดน้ำโอซาโนน (Oxanone water) ซึ่งเป็นน้ำเสียที่มีกรดอินทรีย์ต่าง ๆ จากโรงงงานคาโปรแลคแทม (Caprolactam) ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิไนลอน โดยสามารถกำจัดกรดอินทรีย์ได้ถึง ร้อยละ 80 และผลิตภัณฑ์ยีสต์ 4-4.5 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรน้ำเสียต่อชั่วโมง (Lighfield,1979)

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่สามารถใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากยีสต์ได้ เช่น ข้าวฟ่างหวานที่นำมาใช้เลี้ยง *Rhodotorula rubra* การใช้หางนมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ *Tricosporon beigelii, Candida pseudotropicalis, Candida curvata, Candida shehatae* และ *Saccharomyces cerevisiae* (ดุษณี,2537) และในการใช้น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตผงชูรสเลี้ยงเชื้อยีสต์ชนิดต่าง ๆ เช่น *Candida tropicalis*

2.7.4 แบคทีเรีย

แบคทีเรียมีอัตราการเจริญที่สูงกว่าจุลินทรีย์กลุ่มอื่น ๆ และมีปริมาณโปรตีนสูง โปรตีนในเซลล์ของแบคทีเรียแต่ละชนิด จะมีปริมาณแตกต่างกันไปตั้งแต่ 47-87 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่โปรตีนจากสาหร่าย รา และยีสต์ มีประมาณ 40 , 45 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ในแบคทีเรียยังมีกรดอะมิโนจำเป็นคือ methionine , tryptophan และ cystine ซึ่งไม่พบในราและยีสต์ และแบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์ที่ง่ายต่อการปรับปรุงพันธุ์เพื่อนำมาใช้ในทางอุตสาหกรรม แต่มีข้อเสียคือ ได้เซลล์มีขนาดเล็ก ทำให้เก็บเกี่ยวผลยาก

Duthie (1975) ได้ทดลองเลี้ยง *Hyphomicrobium* sp .,*Methylococcus capsulata* โดยใช้มีเทนเป็นแหล่งคาร์บอน ส่วน *Pseudomonas oleovorans* เป็นแบคทีเรียที่สามารถเจริญใน gas-oil ได้ นอกจากนี้ *Methylomonas methanolica* , *P. aeruginosa* ซึ่งเลี้ยงในเมทานอลสามารถนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 *Candida tropicalis*

ลักษณะทั่ว ๆ ไปของ *C. tropicalis* เมื่อเลี้ยงบนอาหารต่าง ๆ

1. เลี้ยงใน glucose – yeast extract -peptone water พบว่าหลังจากการเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เซลล์จะมีรูปร่างเป็นทรงกลม รูปไข่ ขนาด (4.3-7.2) × (5.8-10.8) ไมครอน เกาะเป็นกลุ่มลักษณะวงแหวน

2. เลี้ยงบน glucose-yeast extract-peptone agar พบว่าหลังจากการเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 เดือน จะเกิดโคโลนีสีครีม ขาวอมเทา ทึบแสง ผิวเรียบเป็นมันหรือขรุขระ และมีไมซีเลียมอยู่โดยรอบโคโลนี

3. เลี้ยงบน Dalmau plate culture on corn meal agar จะเกิดไมซีเลียมเทียม (pseudomycelium) มากมาย ทั้งสายยาวแตกแขนงเป็นไฮฟาเทียม (pseudohyphae) ซึ่งจะมี blastospores เดี่ยว ๆ และสายสั้น ๆ รวมเป็นกลุ่มรวมทั้งอาจเกิดไมซีเลียมที่แท้จริงได้

จากการศึกษาของ Rydin และคณะ (1990) พบว่า *Candida tropicalis* S00 สามารถเจริญบนน้ำทิ้งที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบหลักและให้มวลชีวภาพสูง ส่วนน้ำทิ้งที่เหลือจากการเลี้ยงเชื้อสมมารถนำไปผลิตเป็นก๊าซมีเทนได้ และจากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเลี้ยงเชื้อพบว่า pH ประมาณ 3.2 – 4.0 และอุณหภูมิ 30 – 38 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่เหมาะสม สุวิทย์ สุวรรณโณ (2539) ศึกษาการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวในน้ำนึ่งปลาทูน่าโดยใช้เชื้อ *Candida tropicalis* TISTR 5136 พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการเลี้ยงเชื้อ คือ เลี้ยงในน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ไม่เจือจาง pH เริ่มต้น 4.5 เติมกลูโคสร้อยละ 2 เป็นแหล่งคาร์บอน เชื้อให้ปริมาณมวลชีวภาพสูงสุด 15.1 กรัมต่อลิตร อัตราการเจริญจำเพาะ 0.89 ต่อชั่วโมง ปริมาณโปรตีน ไขมัน และความชื้น เท่ากับร้อยละ 45, 1.0 และ 4.2 ตามลำดับ สามารถลดค่าซีโอดีได้สูงสุดร้อยละ 84 ในเวลา 3 วัน

2.9 ปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว

1. แหล่งของสับสเตรทที่ใช้ เช่น หางนม กากน้ำตาล แอลกอฮอล์ เป็นต้น

2. พีเอชที่เหมาะสม สำหรับการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ที่เราใช้ อย่างกรณีของยีสต์พีเอชประมาณ 4.5-5.5 ซึ่งค่อนข้างเป็นกรด เพื่อยับยั้งไม่ให้แบคทีเรียสามารถเจริญได้

3. อุณหภูมิที่เหมาะสม โดยทั่วไปเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้น จุลินทรีย์สามารถเจริญได้อย่างรวดเร็ว แต่เมื่อถึงจุด ๆ หนึ่ง มันจะลดการเจริญเติบโตลง ดังนั้น ได้มีการศึกษามาแล้วว่าอุณหภูมิที่เหมาะสำหรับผลิตเป็นการค้าคือ 28-32 องศาเซลเซียส

4. ความต้องการอากาศของจุลินทรีย์ ขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ กรณีของยีสต์ ยีสต์เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พวก facultative anaerobe คือสามารถเจริญได้ดีทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน โดยสภาวะที่มีออกซิเจน ยีสต์จะสามารถออกซิไดส์แหล่งคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำทำให้ปริมาณเซลล์ต่อวัตถุดิบที่ใช้สูง แต่ภายใต้สภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจน ยีสต์จะเกิดการหมักวัตถุดิบทำให้เกิดการสะสมของสาร เช่น เอทานอล ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

5. ลักษณะการเกิดฟอง ในการเลี้ยงยีสต์แบบใช้ออกซิเจนมันจะทำให้เกิดฟองขึ้นมาก ทำให้ออกซิเจนไม่สามารถละลายลงไปในอาหารได้ ดังนั้นจึงต้องมีการกำจัดฟองที่เกิดขึ้น โดยการใช้เครื่องกำจัดฟองอากาศเชิงกลหรือเติมสารกำจัดฟอง เช่น กรดไขมัน กลีเซอรอล เป็นต้น

6. ลักษณะการเจริญของจุลินทรีย์ภายในถังหมัก ขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ที่ใช้ เช่น มีลักษณะเกิดเป็นเส้นใยหรือไม่ เป็นต้น

7. ความปลอดภัยและการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งโปรตีนเซลล์เดียวที่ผลิตได้ จะต้องเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค คือ ไม่เกิดความเป็นพิษต่อผู้บริโภคนั่นเอง

8. ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ที่ได้ เช่น ปริมาณโปรตีน ปริมาณ RNA จะต้องมีอยู่ในปริมาณที่เหมาะสม และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

9. โครงสร้างของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

2.10 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

1. สารอาหารต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์ เช่น ปริมาณโปรตีน ไขมัน และความชื้น จะต้องอยู่ในปริมาณที่เหมาะสม

2. ผลิตภัณฑ์มีความคงตัว

3. ผลิตภัณฑ์สามารถย่อยสลายได้ง่าย

4. ลักษณะของผลิตภัณฑ์มีความนุ่มเหนียว

5. ลักษณะเนื้อสัมผัสต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ต้องมีความเหมาะสม

6. ปริมาณ RNA ในผลิตภัณฑ์ จะต้องมี $\leq$ 2 ออนซ์ต่อวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัสดุอุปกรณ์

1.จุลินทรีย์ ใช้เชื้อยีสต์ *Candida tropicalis* TISTR 5136 จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

2.อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

2.1 อาหารสูตร NRRL (Lemmel et al.,1979) ประกอบด้วย กลูโคสร้อยละ 0.1 เปปโตนร้อยละ 0.5 มอลต์สกัดร้อยละ 0.3 และยีสต์สกัดร้อยละ 0.3

2.2 น้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปไก่

3.เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1 เครื่องวัดพีเอช (pH meter) รุ่น HM-7E

3.2 เครื่องชั่งชนิด 4 ตำแหน่ง รุ่น A 200S และ 2 ตำแหน่ง รุ่น B-3100J

3.3 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) รุ่น UNICAM 8620

3.4 เครื่องย่อย (digestibility)

3.5 เครื่องกลั่น (distillator)

3.6 เครื่องควบแน่น (condenser)

3.7 เครื่องระเหย (evaporator)

3.8 เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge)

3.9 เครื่องเขย่า (shaker)

3.10เครื่องอบลมร้อน (hot air oven)

3.11เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อไอน้ำ (autoclave)

3.12เดซิกเคเตอร์ (desiccator)

3.2 วิธีการทดลอง

1.<u>การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณลักษณะทางกายภาพของน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปไก่</u>

ทำการวิเคราะห์ค่าพีเอช ซีโอดี ไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) ของแข็งแขวนลอย (suspended solids) ของแข็งทั้งหมด (total solids) ตามวิธีของ APHA , AWWA and WPCF (1985) และปริมาณกรีส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเตรียมกล้าเชื้อเริ่มต้น (starter)

ถ่ายเชื้อ *Candida tropicalis* TISTR 5136 จาก slant PDA 1 ลูป ลงในอาหารเหลว NRRL 100 มิลลิลิตร ในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่ปรับพีเอชเป็น 3.5 นำไปให้อากาศที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร ให้ได้ค่าความขุ่น 0.5 เพื่อใช้เป็นเชื้อเริ่มต้น

3. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่

3.1 ศึกษาอัตราการเจือจางน้ำทิ้ง

3.1.1นำน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปไก่มาเจือจางด้วยน้ำในอัตราส่วน 1:0,1:1 และ 1:2 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร ปรับพีเอชเริ่มต้นเป็น 3.5 ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 5 นอร์แมล นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

3.1.2เติมกล้าเชื้อเริ่มต้นที่เตรียมไว้ในข้อ 2 ลงไป นำไปเลี้ยงในเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างทุก 2 ชั่วโมง เพื่อนำมาวิเคราะห์อัตราการเจริญ ซีโอดี และน้ำหนักเซลล์แห้งของมวลชีวภาพ

3.2 ศึกษาพีเอชที่เหมาะสมต่อการเจริญของยีสต์

นำน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปไก่ในข้อ 3.1 ทำการปรับพีเอชเป็น 3.0,3.5,4.0 และ 4.5 ตามลำดับ เลี้ยงเชื้อและวิเคราะห์ผลเช่นเดียวกับข้อ 3.1

4. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเซลล์ยีสต์ที่ผลิตได้

วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ไขมัน และความชื้นของเซลล์ยีสต์ที่ผลิตภายใต้สภาวะการเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมตามวิธีของ A.O.A.C. (ภาคผนวก ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณลักษณะทางกายภาพของน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่

ผลของการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ จากบริษัท ศรีไทยฟู้ด แอนด์ เบฟเวอรเรจ จำกัด (มหาชน) (ตารางที่ 4) พบว่าน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่มีพีเอชเท่ากับ 6.8 ค่าซีโอดีเท่ากับ 1,400 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 23.79 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 4.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร และกรีสเท่ากับ 19.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 4 ลักษณะของน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่จากบริษัท ศรีไทยฟู้ด แอนด์ เบฟเวอรเรจ จำกัด (มหาชน)

พารามิเตอร์	ความเข้มข้น(มิลลิกรัมต่อลิตร)*
พีเอช	6.8
ซีโอดี	1,400
ไนโตรเจนทั้งหมด	23.79
ของแข็งทั้งหมด	4.2
ของแข็งแขวนลอย	0.6
กรีส	19.5

*ยกเว้นค่าพีเอช

**น้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ที่ใช้วิเคราะห์ผ่านการกรองแล้ว

4.2 การศึกษาอัตราการเจือจางน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ต่อการเจริญของเชื้อ *C. tropicalis*

ผลของการเลี้ยงเชื้อ *C. tropicalis* ในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:0 , 1:1 และ 1:2 ปรับพีเอชเริ่มต้นเป็น 3.5 ภายใต้สภาวะการให้อากาศบนเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 180 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง (ตารางที่ 5) พบว่าเชื้อสามารถเจริญได้ดีที่สุดเมื่อเลี้ยงในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ที่ไม่เจือจาง (1:0) มีอัตราการเจริญจำเพาะ 0.0744 ต่อชั่วโมง และให้มวลชีวภาพสูงสุดเท่ากับ 0.7490 กรัมต่อลิตร สูงกว่าค่า

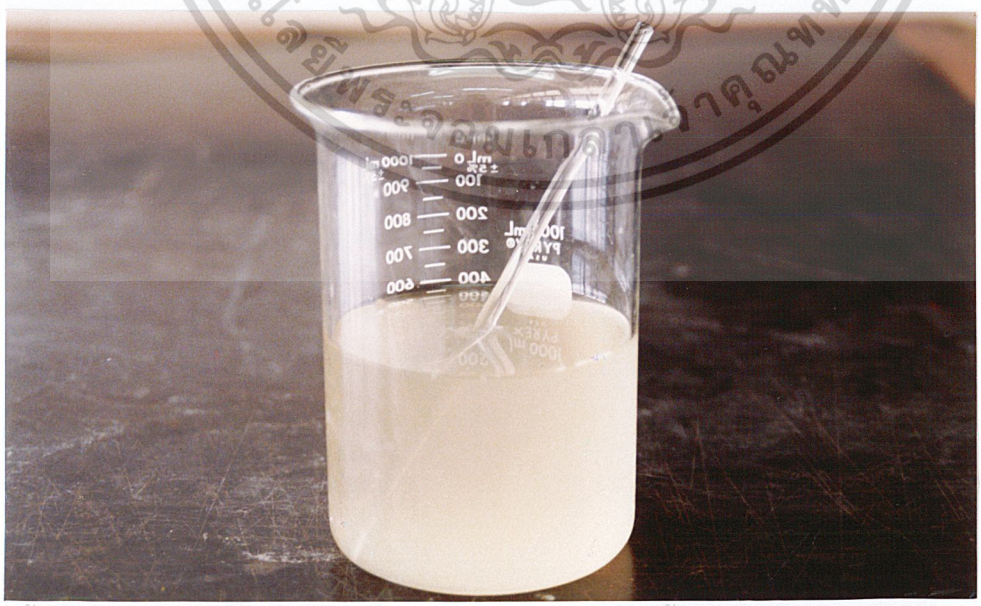
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มวลชีวภาพของเชื้อที่เลี้ยงในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ที่อัตราการเจือจาง 1:1 และ 1:2 เท่ากับ 0.5354 และ 0.4642 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

สำหรับการลดลงของค่าซีโอดีพบว่าให้ผลในทางเดียวกันกับการเพิ่มมวลชีวภาพ คือ ที่อัตราการเจือจางน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ 1:0 เชื้อสามารถลดค่าซีโอดีได้สูงสุดร้อยละ 44.82 รองลงมาคือที่อัตราการเจือจาง 1:1 เท่ากับร้อยละ 29.85 และที่อัตราการเจือจาง 1:2 เชื้อจะลดค่าซีโอดีได้น้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 23.88 และเมื่อนำค่าเหล่านี้มาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ที่อัตราการเจือจางทั้ง 3 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางภาคผนวกที่ จ – 1 และ จ –2) ผลการทดสอบจะสอดคล้องกับการศึกษาของ ดวงใจ โอชัยกุล และมาริสา จาตุพรพิพัฒน์ (2540) ซึ่งได้เลี้ยง *C. tropicalis* TISTR 5136 ในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปมันฝรั่ง โดยพบว่าที่อัตราการเจือจางน้ำทิ้ง 1:0 จะได้ปริมาณมวลชีวภาพ และการลดลงของค่าซีโอดีสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำทิ้งที่อัตราการเจือจางอื่น

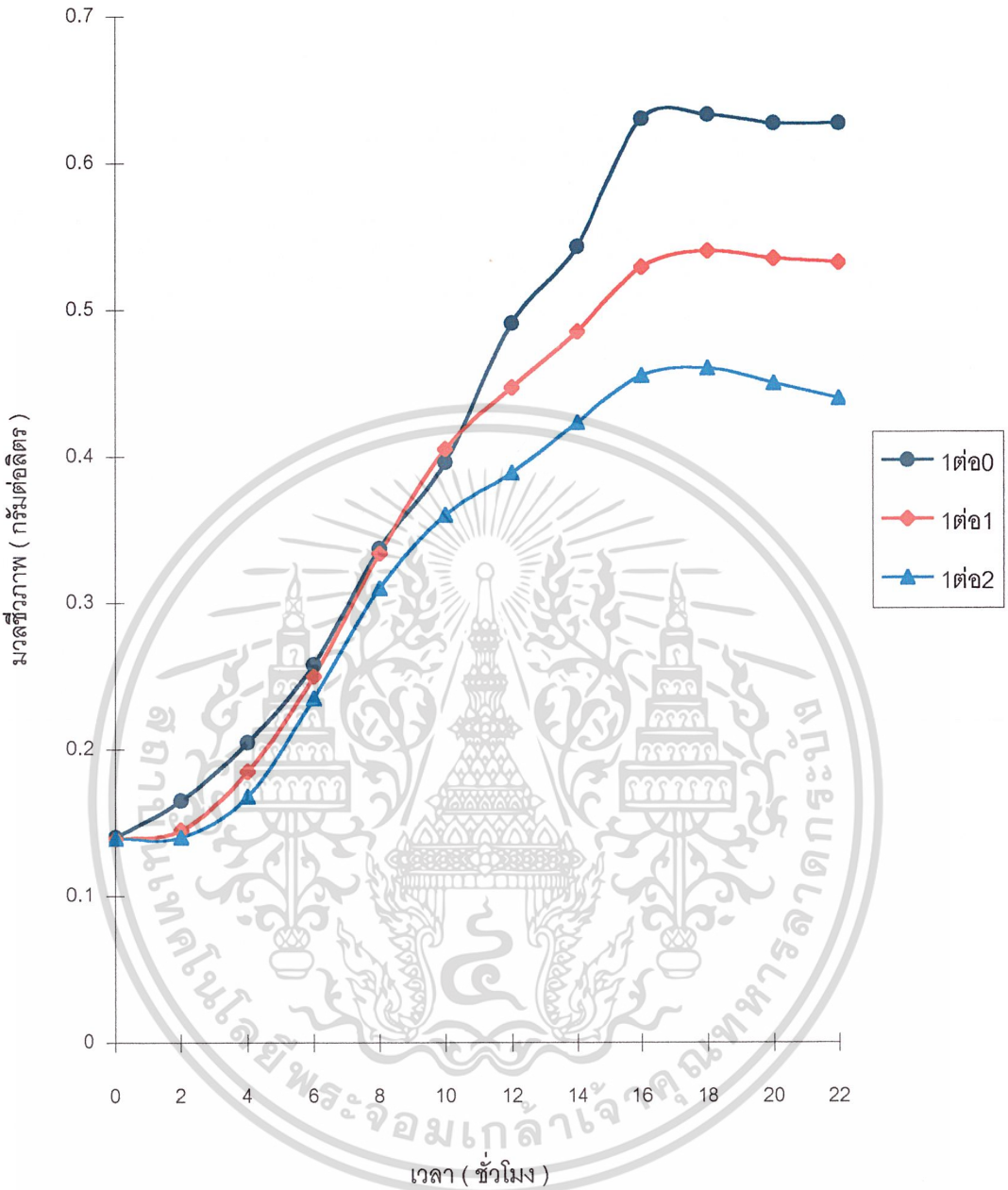
ตารางที่ 5 อัตราการเจือจางน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อ *C. tropicalis*

อัตราการเจือจางน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ต่อน้ำ	อัตราการเจริญจำเพาะสูงสุด (ต่อชั่วโมง)	มวลชีวภาพสูงสุด (กรัมต่อลิตร)	การลดลงของค่าซีโอดี (ร้อยละ)	พีเอชสุดท้าย
1:0	0.0744	0.7490	44.82	4.9
1:1	0.0681	0.5354	29.85	4.2
1:2	0.0603	0.4642	23.88	4.6



รูปที่ 3 ลักษณะน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมวลชีวภาพกับเวลาเมื่อใช้อัตราการเจือจางแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5 น้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ก่อนการเลี้ยงเชื้อที่อัตราการเจือจางต่าง ๆ

รูปที่ 6 น้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่หลังการเลี้ยงเชื้อ 18 ชั่วโมงที่อัตราการเจือจางต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

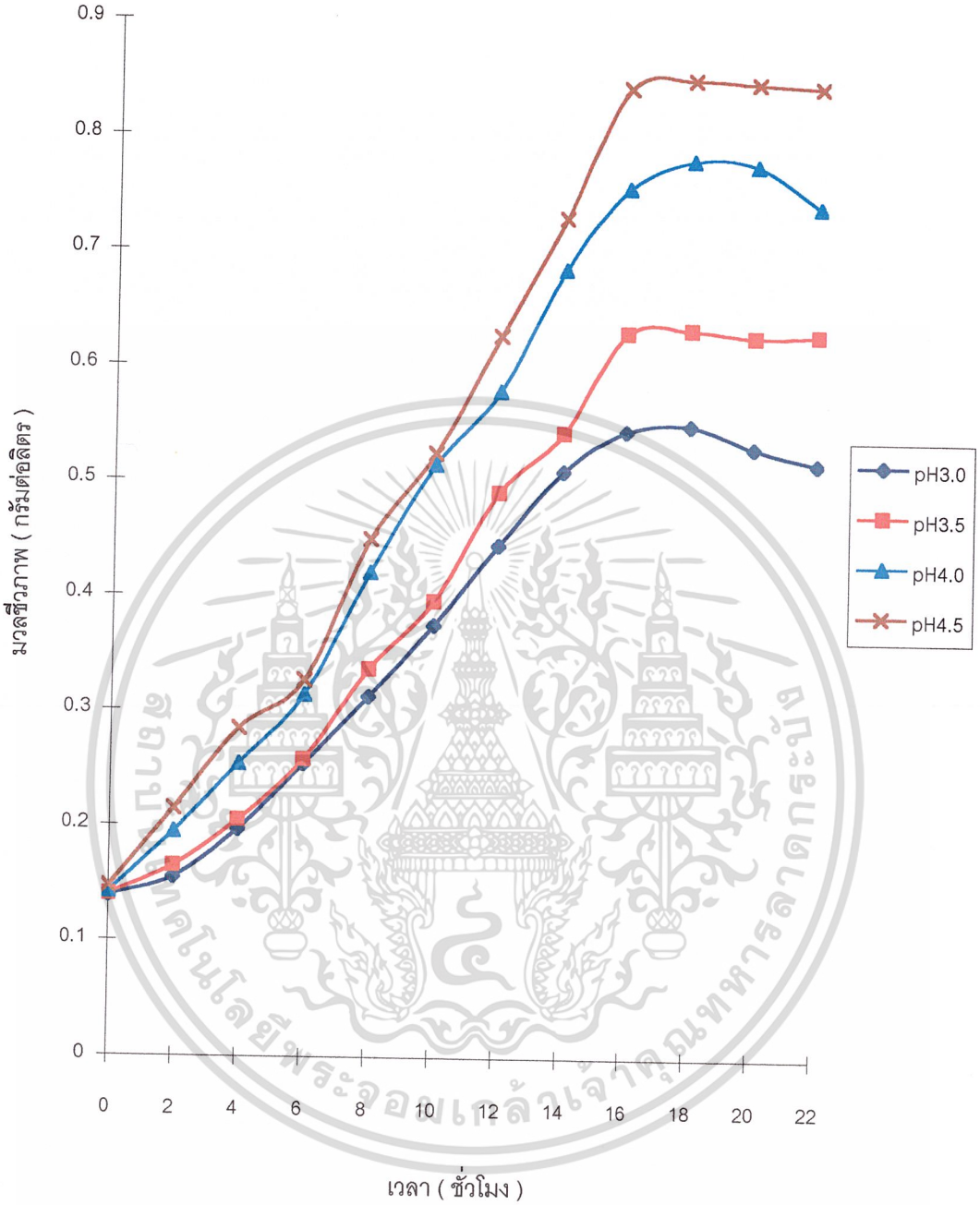
4.3 การศึกษาพีเอชที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อ *C. tropicalis*

จากการเลี้ยงเชื้อ *C. tropicalis* ในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ที่พีเอชเริ่มต้นต่าง ๆ คือ 3.0 , 4.0 และ 4.5 พบว่าเชื้อยีสต์สามารถเจริญและให้มวลชีวภาพสูงสุด เมื่อเลี้ยงในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ที่ไม่เจือจางและมีพีเอชเริ่มต้น 4.5 เท่ากับ 0.8446 กรัมต่อลิตร อัตราการเจริญจำเพาะ 0.0797 ต่อชั่วโมง รองลงมาคือที่พีเอช 4.0 ได้มวลชีวภาพ 0.7752 กรัมต่อลิตร อัตราการเจริญจำเพาะ 0.0776 ต่อชั่วโมง ส่วนที่พีเอช 3.0 เชื้อจะให้มวลชีวภาพเท่ากับ 0.5434 กรัมต่อลิตร ซึ่งสอดคล้องกับค่าซีโอดีที่ลดลง คือที่พีเอช 4.5 เชื้อสามารถลดค่าซีโอดีของน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ได้สูงสุดร้อยละ 67.20 รองลงมาคือ ที่พีเอช 4.0 ร้อยละ 52.38 (ตารางที่ 6) และเมื่อนำค่าเหล่านี้มาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ที่พีเอชเริ่มต้นต่าง ๆ กัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางภาคผนวกที่ จ -3 และ จ - 4) ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับรายงานของ Lemmel และคณะ (1975) โดยพบว่ายีสต์โดยทั่วไปสามารถเจริญได้ดีที่ช่วงพีเอช 4.5 – 6.5 และสุวิทย์ สุวรรณโณ (2539) พบว่าเชื้อ *Candida tropicalis* TISTR 5136 ที่เลี้ยงในน้ำนึ่งปลาทูน่าจะเจิญได้ดีที่สุดที่พีเอชเริ่มต้น 4.5 เช่นกัน

ตารางที่ 6 พีเอชที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อ *C. tropicalis*

พีเอชเริ่มต้น	อัตราการเจริญจำเพาะสูงสุด (ต่อชั่วโมง)	มวลชีวภาพสูงสุด (กรัมต่อลิตร)	การลดลงของค่าซีโอดี (ร้อยละ)	พีเอชสุดท้าย
3.0	0.0667	0.5435	41.14	4.2
3.5	0.0744	0.7490	44.88	4.9
4.0	0.0776	0.7752	52.38	5.0
4.5	0.0797	0.8446	67.20	5.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมวลชีวภาพกับเวลาเมื่อมีพีเอชเริ่มต้นแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 8 น้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ก่อนการเลี้ยงเชื้อที่พีเอชต่าง ๆ

รูปที่ 9 น้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่หลังการเลี้ยงเชื้อ 18 ชั่วโมงที่พีเอชต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 องค์ประกอบทางเคมีของเซลล์ยีสต์ที่ผลิตได้

จากการเลี้ยง *C. tropicalis* ในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ที่ไม่เจือจาง และปรับพีเอชเริ่มต้นเป็น 4.5 (ตารางที่ 7) พบว่า เชื้อที่เลี้ยงในสภาวะดังกล่าวจะให้ปริมาณโปรตีน ความชื้น และไขมันร้อยละ 18.9, 43.6, 14.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมีของเชื้อ *C. tropicalis* ที่เลี้ยงในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ที่ไม่เจือจางและปรับพีเอชเริ่มต้นเป็น 4.5

องค์ประกอบทางเคมี	ความเข้มข้น (ร้อยละ)
โปรตีน	18.9
ความชื้น	43.6
ไขมัน	14.4

รูปที่ 10 น้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ก่อนการเลี้ยงเชื้อและหลังจากที่มีการแยกเซลล์ยีสต์ออกแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษานำน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่มาใช้เลี้ยงยีสต์ *C. tropicalis* TISTR 5136 เพื่อผลิตโปรตีนเซลล์เดียวและเพื่อลดปริมาณซีโอดีในน้ำทิ้ง ก่อนการจะปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ผลการทดลอง พบว่า อัตราการเจือจางน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อยีสต์คือน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ที่ไม่เจือจาง มีค่าอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุด 0.0744 ต่อชั่วโมง และให้มวลชีวภาพสูงสุดเท่ากับ 0.7490 กรัมต่อลิตร ในเวลา 18 ชั่วโมง สูงกว่าค่ามวลชีวภาพของเชื้อที่เลี้ยงในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ที่ทำการเจือจาง นำค่าเหล่านี้มาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ทั้งนี้เพราะการเจือจางน้ำทิ้งจะทำให้ปริมาณสารต่าง ๆ ที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อยีสต์ลดลง

สำหรับการเลี้ยงเชื้อในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ที่พีเอชเริ่มต้นต่าง ๆ พบว่าเชื้อยีสต์สามารถเจริญและให้มวลชีวภาพสูงสุด เมื่อเลี้ยงในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ที่ไม่เจือจางมีพีเอชเริ่มต้น 4.5 เท่ากับ 0.8446 กรัมต่อลิตร อัตราการเจริญจำเพาะสูงสุด 0.0797 ต่อชั่วโมง สูงกว่าที่พีเอชเริ่มต้นอื่น ๆ และเมื่อนำค่าเหล่านี้มาทำการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับรายงานของ Lemmel และคณะ (1979) ซึ่งพบว่ายีสต์โดยทั่วไป สามารถเจริญได้ดีที่พีเอช 4.5-4.6 ส่วนการลดลงของค่าซีโอดีพบว่าที่พีเอชเริ่มต้น 4.5 เชื้อสามารถลดค่าซีโอดีได้สูงสุด ร้อยละ 67.20 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ สุวิทย์ สุวรรณโณ (2539) โดยพบว่าเชื้อ *C. tropicalis* ที่เลี้ยงในน้ำนึ่งปลาทูน่าจะเจริญได้ดีที่สุดที่น้ำนึ่งปลาทูน่าที่ไม่เจือจาง และลดค่าซีโอดีได้สูงสุดที่พีเอชเริ่มต้น 4.5

เชื้อยีสต์ที่เลี้ยงในสภาวะที่เหมาะสมที่ได้คัดเลือกไว้ จะมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 18.9 ไขมันร้อยละ 14.4 และความชื้นร้อยละ 43.6

ข้อเสนอแนะ

1.ควรจะมีการศึกษาการเติมแหล่งคาร์บอนต่าง ๆ ที่เหมาะสมลงในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปไก่ เพื่อทำให้การเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ดีขึ้น

2.ควรจะมีการศึกษาการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ

3.ควรจะมีการศึกษาการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ดวงพร คันธโชติ . 2530 . จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม . พิมพ์ครั้งที่ 2 . โครงการตำราคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ดวงใจ โอชัยกุลและมาริสา จาตุพรพิพัฒน์ . 2541 . การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปมันฝรั่งโดย *Candida tropicalis* TISTR 5136 . การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยครั้งที่ 24 ณ ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์

ดุษณี ธนบริพัฒน์ . 2537 . จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม . พิมพ์ครั้งที่ 2 . โครงการตำราคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สุวิทย์ สุวรรณโณ . 2539 . การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากน้ำนึ่งปลาทูน่าโดย *Candida tropicalis* TISTR 5136 . ว.สงขลานครินทร์ . วทท. 18(1) : 43-48.

สมศิริ นัยนาภรณ์ , สุกัญญา เจริญชัยศิริกุล และ อรทัย เถลิงเกียรติลีลา . 2539 .การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากเปลือกส้มโดยกระบวนการการหมักในอาหารแข็งเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ . โครงงานปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

A.O.A.C. 1990. Official of the Association of Official Chemists. The Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C.

APHA , AWWA and WPCF . 1985 . Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 16th ed. American Public Health Association. Washington D.C.

Becker, E.W. 1981. Algae mass cultivation production and utilization. Process Biochem. 16(5):10-14.

Beech , G . A ., Melvin , M. a. and Taggart , J . 1985. Food , drink and biotechnology. In Biotechnology . Principles and Applications . Edited by I.J.Higgins , D.J. Best and J. Jones. Blackwell Scientific Publications , Oxford .

Bhattacharjee, J.K. 1970. Microorganism as Potential Sources of Food. Advances in Applied Microbiology. 13, 134-159.

Calleja , G.B. , Yaguchi M. Levy – Rick , S. , Seguin , J. R.H., Roy , C. and Lusena , C.V. 1986 . Single – cell protein production from potato starch by the yeast *Swaniomyces alluvius* J. Ferm. Technol. 64 (1) , 71 – 75.

Duthie, I. F.1975. In SCP II, p. 505. Edited by S.R. Tannenbaum and D.I. C. Wang , MIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Press , Cambridge , Mass.

Halasz , A.and Lasztity , R. 1991. Use of Yeast Biomass in Food Production .CRC Press, Boca Raton.

Kosaric, N. 1972. In food from Waste. Edited by G. G. birch, K. J. Parker and J. T. Worgan. Applied Science Publishers Ltd., London.

Lawford , G. R., Kligermar , A., Williams , T. and Lawford , H. G. 1979. Biotech. Bioeng. 21 , 1163.

Lemmel, S. A., Heimsch, T. C. and Edwards, C. I. 1979. Optimizing the continuous production of *Candida utilis* and *Saccharomycopsis fibuliger* on Potato Processing Wastewater. Appl. & Environ. Microbial. 37(2) : 227-232.

Lichfield , J.H. 1979. Production of Single cell Protein for Use in Food or Feed . In Microbial Technology / Microbial Process. Edited by H.J. Peppler and D. Perlman. 2 nd Edition. Vol. 1. Academic Press , Inc.

Marth , E.H. 1987 . Dairy products . In food and Beverage Mycology , pp. 175 – 209. 2 nd ed. Edited by L. Beuchat. AVI , New York.

Nwabueze , T. U. and Oguntl mein , G.B. 1987 . Sweet orange (Citrus sinensis) residue as a substrate for single cell protein production. Biol. Wastes . 20 (1) : 71-75.

Peppler , H. J . 1978 . Yeasts . In Annual Reports ferment Process 2 , pp . 191 – 202 . Edited by D. Perlman and G. T. tsao. Academic press , New York.

Prior, B.A.1984 . Continuous growth kinetics of *Candida utilis* in pineapple cannery effluent. Biotech. Bioeng . 26 : 748 –752.

Rale ,V .B. 1984 . SCP from pineapple (*Ananas sativa* Schutt.) cannery effluents . J. App. Microbiol. Biotech. 19 : 106 –109.

Rydin , S. , Molin , G and Nilsson , I . 1990 . Conversion of fat into yeast biomass in protein – containing waste – water . Appl. Microbiol . Biotech . 33 : 473 – 476.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

อาหารสูตร NRRL

ประกอบด้วย

กลูโคส	1.0%
เปปโตน	0.5%
มอลต์สกัด	0.3%
ยีสต์สกัด	0.3%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

วิธีการวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสีย

1.ซีโอดี (APHA,AWWA and WPCF, 1985)

วัสดุอุปกรณ์

1.อุปกรณ์กลั่นไหลกลับ

-ขวดกลมขนาด 250 มิลลิลิตร

-เครื่องควบแน่น

-เตาให้ความร้อน (hot plate)

2.บิวเรต

สารเคมี

1.สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมตเข้มข้น 0.025 นอร์แมล

ละลายโพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ซึ่งอบแห้งที่ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จำนวน 12.259 กรัมในน้ำกลั่น เติมกรดซัลฟามิก (NH_2SO_3H) 0.12 กรัม แล้วเจือจางจนได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

2. Sulfuric acid reagent

ละลายซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2O_4) 22 กรัม ในกรดซัลฟูริกเข้มข้น บรรจุขวดขนาด 1 ปอนด์ (2.65 ลิตร) เนื่องจากซิลเวอร์ซัลเฟตละลายยากมาก อาจต้องใช้เวลา 1-2 วัน จึงละลายหมด

3.สารละลายมาตรฐานเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตเข้มข้น 0.10 นอร์แมล

3.1การเตรียมสารละลาย

ละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ จำนวน 39 กรัม ในน้ำกลั่นเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร ทำให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร

3.2การหาความเข้มข้นของสารละลาย

ปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต (0.25 นอร์แมล) จำนวน 10 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติม sulfuric acid reagent 30 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น ไทเทรตด้วยสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต เติมเฟอร์โรอิน 2 - 3 หยดเป็นอินดิเคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้น (นอร์แมล) = ปริมาณสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต (มล.) * 0.25
ปริมาณสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต (มล.)

4.สารละลายเฟอร์โรอิน

ละลาย 1-10 ฟีแนนโทรลีนโมโนไฮเดรต ($C_{12}H_6N_2.H_2O$) จำนวน 1.485 กรัม และเฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) จำนวน 0.695 กรัม เติมน้ำจนปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

5.ซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4) ชนิดผง

6.เมอร์คิวรีซัลเฟต ($HgSO_4$) ชนิดผลึกบริสุทธิ์หรือเป็นผง ใช้เป็นตัวกำจัดอนุภาคคลอไรด์ (Cl^-) ในอัตราส่วน $HgSO_4$ ต่อ Cl^- = 10:1

7.กรดซัลฟามิก (Sulfamic acid) ใช้ในกรณีที่กำจัดไนไตรท์เท่านั้น

วิธีการวิเคราะห์

1.เติมเมอร์คิวรีซัลเฟต 0.4 กรัม ลงในขวดกลม

2.เติมตัวอย่าง 20 มิลลิลิตร หรือส่วนของตัวอย่างที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 20 มิลลิลิตร

3.เติมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต 10 มิลลิลิตร และลูกแก้ว (glass bead) 3-5 เม็ด

4.ค่อย ๆ เติม sulfuric acid reagent 30 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันเพื่อละลายเมอร์คิวรีซัลเฟต ควรทำให้เย็นขณะเขย่า เพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียของสารที่เป็นไอในตัวอย่าง (อาจแช่ในอ่างน้ำ)

5.กลั่นด้วยอุปกรณ์กลั่นไหลกลับประมาณ 2 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็น

6.ไทเทรตสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตที่เกินพอ ด้วยสารละลายมาตรฐานเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต ใช้เฟอร์โรอินเป็นอินดิเคเตอร์ เมื่อถึงจุดยุติสีจะเปลี่ยนจากเขียวปนน้ำเงินไปเป็นสีน้ำตาลปนแดง

7.ทำ blank โดยใช้น้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร แทนตัวอย่างน้ำ ทำเช่นเดียวกับตัวอย่าง (ข้อ1-6)

ซีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร) = (A-B) * N * 8 * 1,000
ปริมาณตัวอย่าง (มล.)

A คือ ปริมาณสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ไทเทรต blank

B คือ ปริมาณสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง

N คือ ความเข้มข้นของสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต (นอร์แมล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาคผนวกที่ 1 อุปกรณ์กลั่นไหลกลับ

2.ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณโปรตีน โดยวิธี Kjeldahl method (A.O.A.C.,1990)

วัสดุอุปกรณ์

1.ขวดย่อยโปรตีน (Kjeldahl flask) ขนาด 250-300 มิลลิลิตร

2.อุปกรณ์ให้ความร้อน (Heating mentle)

3.อุปกรณ์กลั่นโปรตีน (Semi-micro disstillation)

4.ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 100 มิลลิลิตร

5.ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 100 มิลลิลิตร

6.ปิเปต

7.บิวเรต

8.ลูกแก้ว (glass bead)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.กระดาษกรอง

สารเคมี

1.โซเดียมซัลเฟต

2.เมอร์คิวรีซัลเฟต

ละลายผงเมอร์คิวรีออกไซด์จำนวน 10 กรัม ในกรดซัลฟูริกเข้มข้น จำนวน 12 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำ 92 มิลลิลิตร

3.กรดซัลฟูริกเข้มข้น

4.โซเดียมไฮดรอกไซด์ 60 กรัม และโซเดียมไธโอซัลเฟต 5 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

5.กรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4

6.กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.02 นอร์แมล

7.อินดิเคเตอร์

ละลายเมธิลเรด 0.2 กรัม และเมทิลีนบลู 0.1 กรัม ในเอทานอล (95%) 100 มิลลิลิตร

วิธีการวิเคราะห์

1.ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ประมาณ 0.5-1.0 กรัม ห่อให้มิดชิด ใส่ลงในขวดย่อยโปรตีน

2.เติมโซเดียมซัลเฟต 2 กรัม และเมอร์คิวรีซัลเฟต 5 มิลลิลิตร

3.ใส่ลูกแก้ว

4.เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร

5.ย่อยบนอุปกรณ์ให้ความร้อน จนกระทั่งได้สารละลายใส

6.ปล่อยทิ้งให้เย็น

7.ล้างบริเวณคอขวดด้วยน้ำกลั่นที่ต้มร้อนจนทั่ว

8.ย่อยต่อจนกระทั่งหมดควัน

9.ทิ้งให้เย็นแล้วถ่ายลงในขวดปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ใช้น้ำกลั่นล้างขวดย่อยให้หมดสารละลายตัวอย่าง แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร

10.จัดอุปกรณ์กลั่นรวมทั้งเปิดสวิทช์ไฟ และเปิดน้ำหล่อเย็นเครื่องควบแน่น

11.นำขวดรูปชมพู่ขนาด 100 มิลลิลิตร ซึ่งบรรจุกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาณ 5 มิลลิลิตร ผสมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร และเติมอินดิเคเตอร์ 1-2 หยด เรียบร้อยแล้ว ไปรองรับของเหลวที่กลั่นได้ โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรดนี้

12.เติมสารละลายตัวอย่างปริมาณ 10 มิลลิลิตร ลงในช่องใส่ตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13.เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 60 ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ลงในช่องใส่ตัวอย่าง

14.กลั่นนานประมาณ 10 นาที

15.ไทเทรตสารละลายที่กลั่นได้ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.02 นอร์แมล จนกระทั่งสีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วง

16.ทำ blank ตามข้อ 1-14 โดยไม่ใส่ตัวอย่าง

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (ร้อยละ) = $\frac{(A-B) * N * 14}{W}$

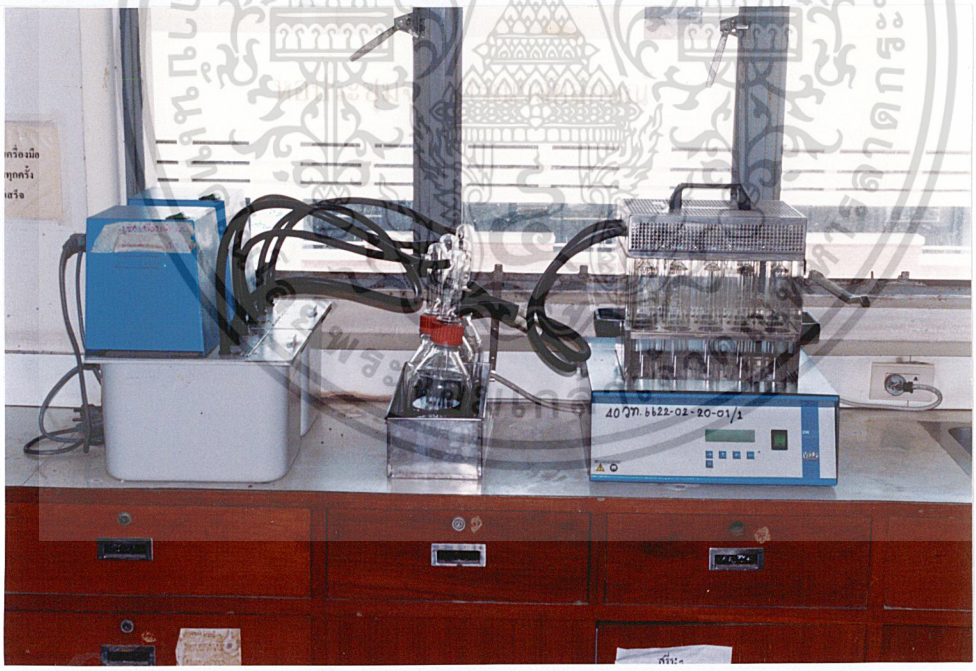
A คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรตกับตัวอย่าง

B คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรตกับ blank

W คือ น้ำหนักตัวอย่าง

N คือ ความเข้มข้นกรดไฮโดรคลอริก (นอร์แมล)

กรณีคิดเป็นปริมาณโปรตีน (ร้อยละ) คูณด้วย 6.25



รูปภาคผนวกที่ 2 เครื่องย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาคผนวกที่ 3 เครื่องกลั่น

3. ของแข็งทั้งหมด (Total solids) (APHA,AWWA and WPCF,1985)

วัสดุอุปกรณ์

1.ถ้วยกระเบื้องสำหรับระเหย

2.ตู้อบที่ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 103 องศาเซลเซียส

3.อ่างไอน้ำ

4.เดซิกเคเตอร์

5.เครื่องชั่งน้ำหนักชนิด 4 ตำแหน่ง

วิธีการวิเคราะห์

1.นำถ้วยระเหยล้างให้สะอาด อบให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดซิกเคเตอร์แล้วชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ตวงตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร หรือน้อยกว่า ใส่ลงในถ้วยระเหยที่ทราบน้ำหนักแน่นอน

3.นำไประเหยให้แห้งในอ่างน้ำ

4.อบให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

5.ทำให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ ประมาณ 45 นาที

6.ชั่งน้ำหนัก

ของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร) = $\frac{\text{น้ำหนักของแข็ง (มิลลิกรัม)} * 1,000}{\text{มิลลิลิตรตัวอย่าง}}$

4.ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total suspended solids) (APHA,AWWA and WPCF,1985)

วัสดุอุปกรณ์

1.Glass fiber filter disks (Whatman GF/C,5.5 ซม.)

2.Gooch crusible

3.เครื่องดูดสุญญากาศ

4.ตู้อบที่ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 103 องศาเซลเซียส

5.เดซิกเคเตอร์

6.เครื่องชั่งน้ำหนักชนิด 4 ตำแหน่ง

วิธีการวิเคราะห์

1.วางกระดาษกรองใน gooch crusible ผ่านน้ำกลั่นลงไปใช้เครื่องดูดอากาศ ดูดให้แห้ง นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2.ทำให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้องในเดซิกเคเตอร์

3.ชั่งน้ำหนัก

4.นำ gooch crusible ที่เตรียมไว้ใส่ในเครื่องดูดสุญญากาศ ทำกระดาษกรองให้เปียกด้วยน้ำกลั่น เปิดเครื่องสุญญากาศ

5.วัดปริมาตรตัวอย่างสำหรับตัวอย่างที่มีสารแขวนลอยมากทำให้การกรองช้า ให้เลือกปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ซึ่งจะเท่ากับ 14 มิลลิลิตรต่อลูกบาศก์เซ็นติเมตร เติมตัวอย่างลงไปใน gooch crusible แล้วกรอง

6.ล้างด้วยน้ำกลั่นครั้งละ 10 มิลลิลิตร 3 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.ใช้เครื่องดูดอากาศดูดจนแห้ง

8.นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส

9.ทำให้เย็นในเดซิกเคเตอร์

10.ชั่งน้ำหนัก

ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด = $\frac{\text{น้ำหนักของแข็ง (มิลลิกรัม)} * 1,000}{\text{มิลลิลิตรตัวอย่าง}}$

5.ปริมาณกรีส (Grease) (APHA, AWWA and WPCF , 1985)

วัสดุอุปกรณ์

1.กรวยแยก ซึ่งมีจุกทำด้วย teflon ซึ่ง inert และไม่ต้องใช้พวกสารทำให้ลื่นซึ่งส่วนมากเป็นกรีส

2.อุปกรณ์ให้ความร้อน (heating mantle)

3.ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร

4.ขวดกลั่นขนาด 250 มิลลิลิตร

5.เครื่องชั่งละเอียด

สารเคมี

1.กรดซัลฟูริกเข้มข้น

2.ตัวทำละลายอินทรีย์

- petrolium ether มีจุดเดือด 35-60 องศาเซลเซียส

วิธีการวิเคราะห์

1.การเตรียมตัวอย่าง นำตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร ใส่ในกรวยแยก ทำให้เป็นกรดด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตรต่อลิตร

2.สกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ ล้างขวดตัวอย่างด้วย 15 มิลลิลิตร ของตัวทำละลายอินทรีย์ และเติมน้ำล้างลงไปในกรวยแยก เติมตัวทำละลายอินทรีย์อีก 25 มิลลิลิตร เขย่าอย่างแรง 2 นาที ปล่อยให้แยกชั้น ดูดส่วนที่เป็นน้ำของตัวอย่างลงในขวดรูปชมพู่ และเทชั้นตัวทำละลายในขวดกลั่นจุประมาณ 3 เท่าของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ ถ้าไม่ใส่ ให้กรองก่อนด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 40 ให้ใช้กรวยเล็กในการกรอง และล้างด้วยตัวทำละลายอีกครั้ง (5 มิลลิลิตร) เอา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำล้างใส่ลงในส่วนของตัวอย่างที่เป็นน้ำ เติมตัวทำละลายอินทรีย์ลงไปอีก 25 มิลลิลิตร เทลงในกรวยแยกเขย่าอย่างแรง 2 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น ไขชั้นน้ำทิ้งไปเอาส่วนที่สกัดได้ ซึ่งอยู่ในชั้นตัวทำละลายใส่ลงในขวดกลั่น ล้างกรวยแยกด้วยตัวทำละลาย 20 มิลลิลิตร รวมน้ำล้างเข้าในขวดกลั่น

3.การกำจัดตัวทำละลาย กลั่นตัวทำละลายทิ้งไปประมาณ 10 มิลลิลิตร โดยใช้อ่างไอน้ำและระเหยส่วนที่เหลือ โดยใช้ไอน้ำเป่าอากาศลงไปจนแห้ง ทำให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ประมาณ 30 นาที แล้วชั่งน้ำหนัก (โดยนำขวดกลั่นไปอบในตู้ที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดซิกเคเตอร์แล้วชั่งน้ำหนักเริ่มต้นก่อน)

$$\text{ปริมาณของกรีสหรือน้ำมัน} = \frac{\text{น้ำหนักของสารที่สกัดได้ (มิลลิกรัม)} * 1,000}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง (มิลลิลิตร)}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาคผนวกที่ 4 เครื่องปั่นเหวี่ยง

รูปภาคผนวกที่ 5 เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

วิธีการหาน้ำหนักแห้งของเซลล์ยีสต์

การหาน้ำหนักแห้งของเซลล์ยีสต์

วัสดุอุปกรณ์

1.จานเพาะเชื้อ

2.ตู้อบที่ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 103 องศาเซลเซียส

3.เดซิกเคเตอร์

4.เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดละเอียด 4 ตำแหน่ง

5.เครื่องปั่นเหวี่ยง

6.เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

วิธีการวิเคราะห์

1.นำจานเพาะเชื้ออบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส ประมาณ 12 ชั่วโมง แล้วนำออกใส่ในเดซิกเคเตอร์ เมื่อเย็นเท่าอุณหภูมิห้อง นำมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอนด้วยเครื่องชั่งชนิดละเอียด ทำซ้ำจนน้ำหนักคงที่

2.เลี้ยงยีสต์ในอาหารที่ใช้ทดลองจนเซลล์เจริญสูงสุด นำเซลล์เจือจางด้วยน้ำกลั่น วัดค่าความขุ่นด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร ให้ได้ค่าความขุ่นเท่ากับ 0.2 ,0.4 ,0.6 และ 1.0 ส่วน blank เตรียมโดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อเจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนเดียวกับตัวอย่าง

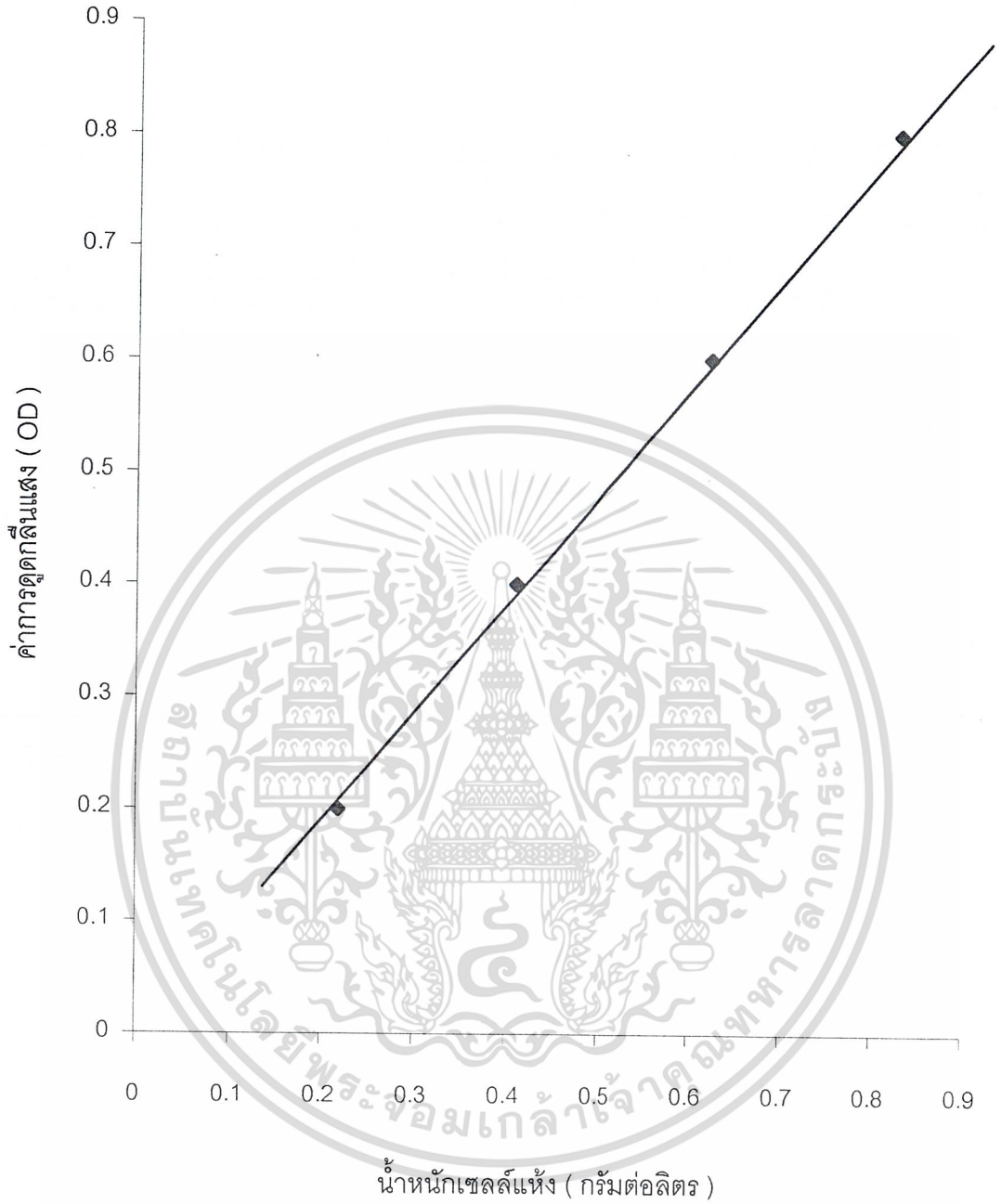
3.นำเซลล์ที่ระดับความขุ่นต่าง ๆ ปริมาณ 100 มิลลิลิตร เหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที ล้างเซลล์ด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง

4.นำเซลล์ใส่ในจานเพาะเชื้อแล้วอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

5.นำจานเพาะเชื้อ ใส่ในเดซิกเคเตอร์ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วชั่งน้ำหนักที่แน่นอนด้วยเครื่องชั่งละเอียด ทำซ้ำจนได้น้ำหนักคงที่

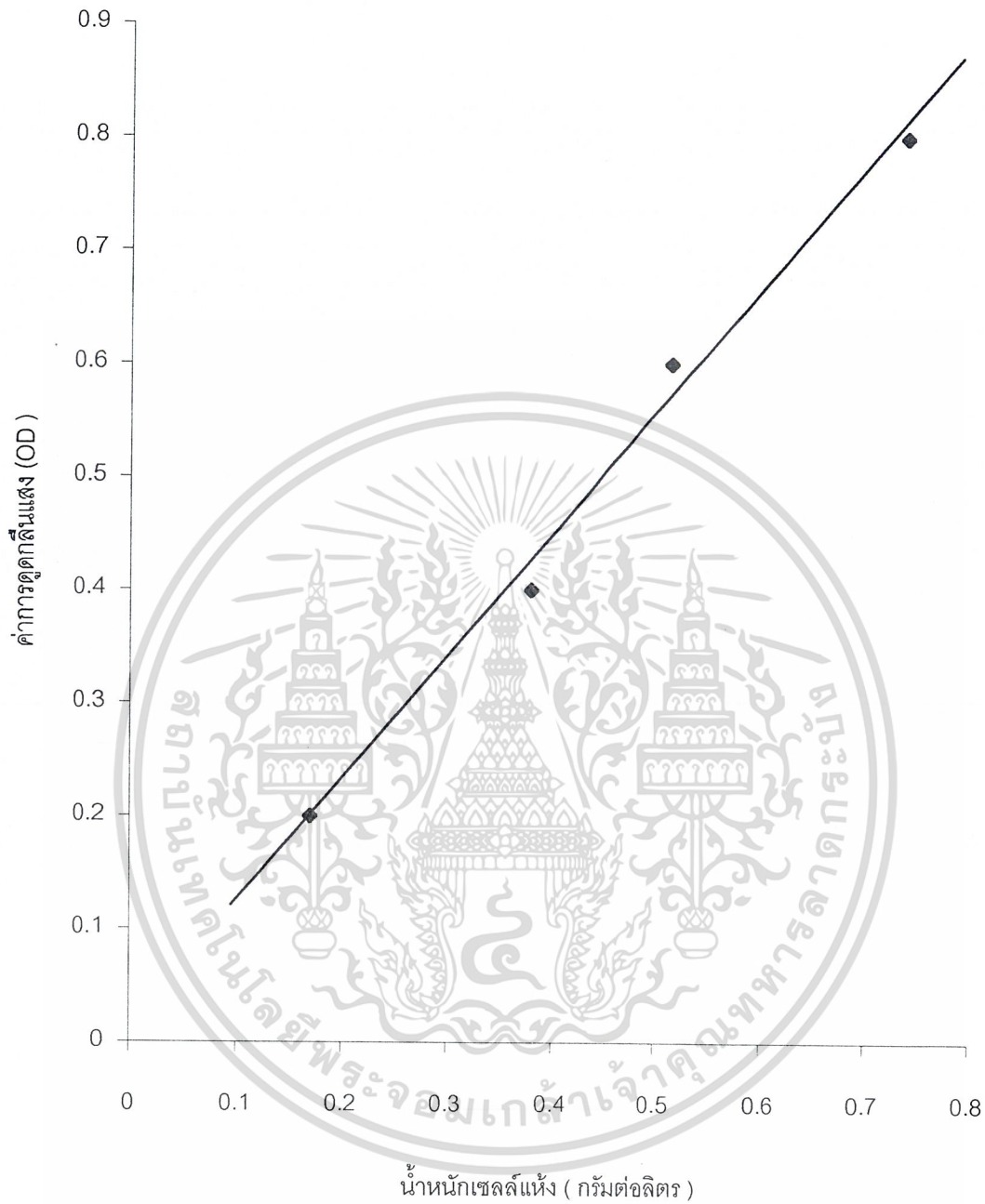
6.บันทึกค่าความขุ่นกับน้ำหนักเซลล์แห้งที่ได้ (กรัมต่อลิตร) และเขียนกราฟเพื่อใช้เป็นกราฟมาตรฐาน ในการคำนวณหาน้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



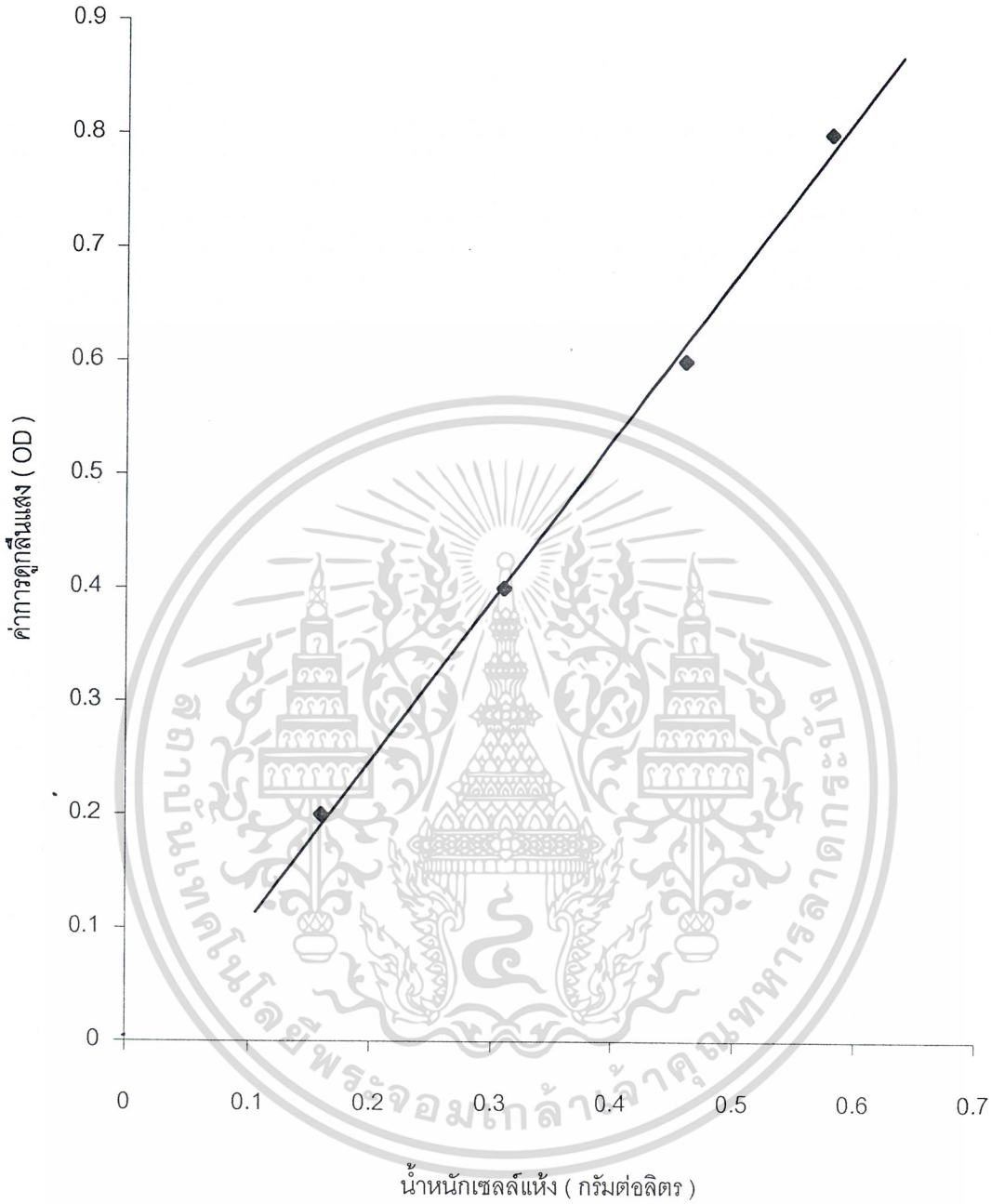
รูปภาคผนวกที่ ค-6 กราฟมาตรฐานของน้ำหนักเซลล์แห้งของ *Candida troppicalis* ในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปไก่ที่ไม่เจือจาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



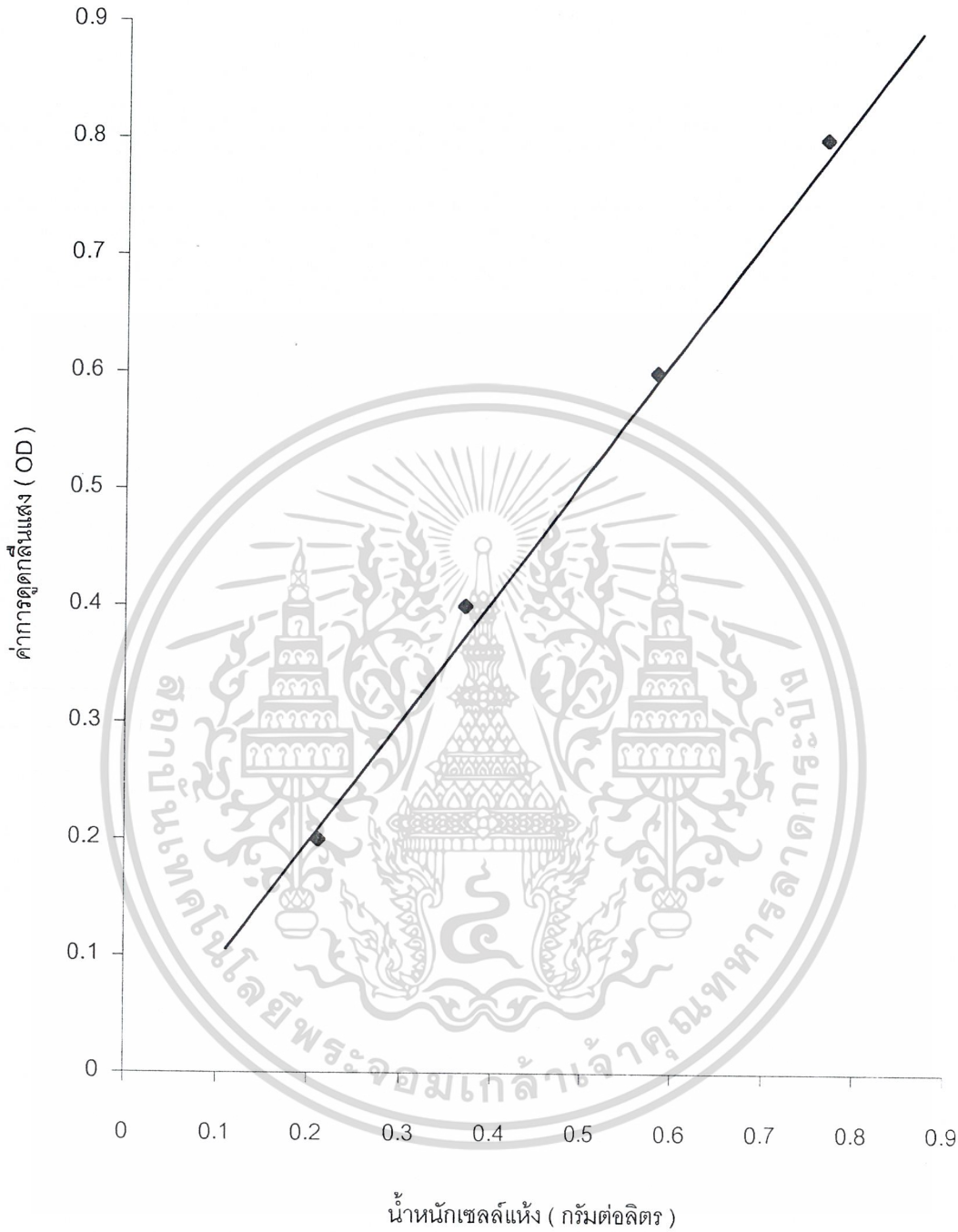
รูปภาคผนวกที่ ค-7 กราฟมาตรฐานของน้ำหนักเซลล์แห้งของ *Candida tropicalis* ในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปไก่ที่เจือจางด้วยน้ำกลั่น 1 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



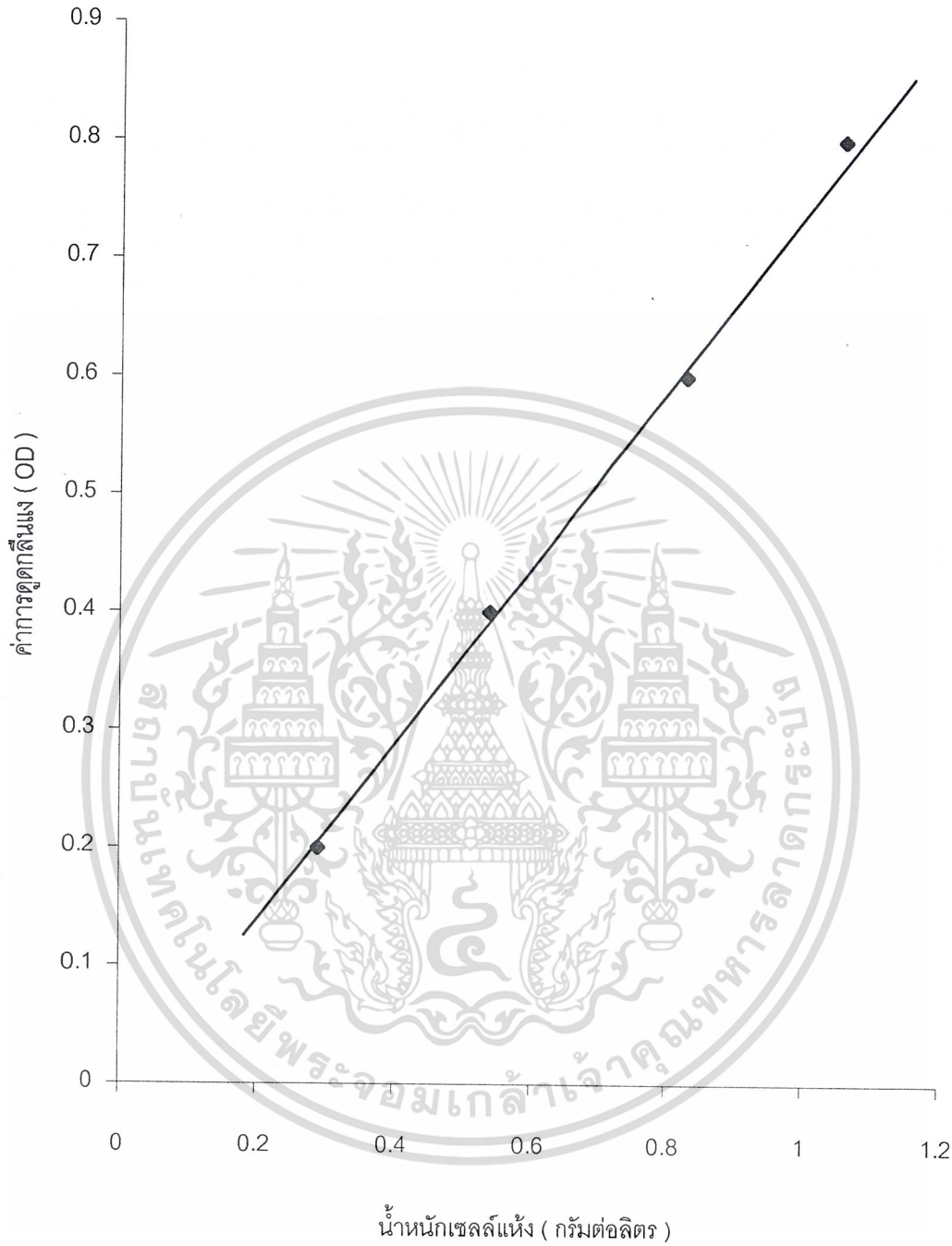
รูปภาคผนวกที่ ค-8 กราฟมาตรฐานของน้ำหนักเซลล์แห้งของ *Candida tropicalis* ในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปไก่ที่เจือจางด้วยน้ำกลั่น 2 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



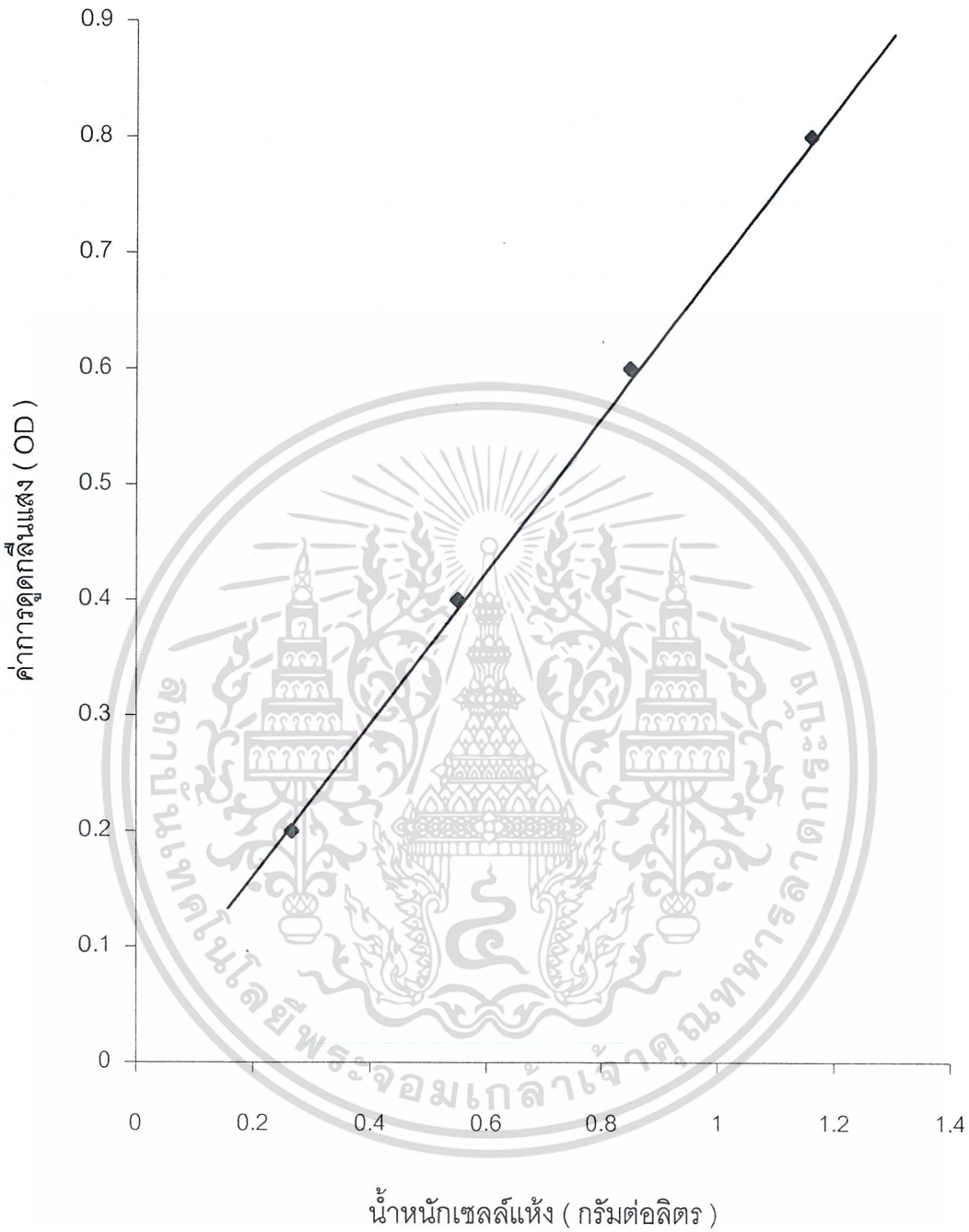
รูปภาคผนวกที่ ค-9 กราฟมาตรฐานของน้ำหนักเซลล์แห้งของ *Candida trcpicalis* ในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปไก่ที่ไม่เจือจางและปรับพีเอชเป็น 3.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปภาคผนวกที่ ค-10 กราฟมาตรฐานของน้ำหนักเซลล์แห้งของ *Candida trcpicalis* ในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปไก่ที่ไม่เจือจางและปรับพีเอชเป็น 4.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปภาคผนวกที่ ค-11 กราฟมาตรฐานของน้ำหนักเซลล์แห้งของ *Candida trcpicalis* ในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปไก่ที่ไม่เจือจางและปรับพีเอชเป็น 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบของเซลล์ยีสต์

1.ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Kjeldahl method (A.O.A.C.,1990)

ปฏิบัติตามภาคผนวก ข. ข้อ 2

2.การหาปริมาณไขมัน (A.O.A.C.,1990)

การหาปริมาณของไขมันใช้วิธี Soxhlet apparatus โดยมี petrolium ether เป็นตัวสกัด ไม่ใช้ diethyl ether เพราะจะไปทำลาย Threobromine และ Caffeine ในตัวอย่าง

สารเคมีและอุปกรณ์

-ชุดสกัดไขมันประกอบด้วย ขวดใส่ตัวทำละลาย ซอคเลต (soxhlet) เครื่องควบแน่น (condenser) และเตาให้ความร้อน

-หลอดใส่ตัวอย่าง (extraction thimble)

-ปิโตรเลียมอีเทอร์

วิธีการวิเคราะห์

1.อบขวดกลมที่ใช้สำหรับหาปริมาณไขมันที่มีขนาด 250 มิลลิลิตร ในตู้อบไฟฟ้า ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

2.ชั่งสารตัวอย่าง บนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ถ้าเป็นตัวอย่างสารที่มีไขมันมากให้ชั่ง 1-2 กรัม แต่หากเป็นตัวอย่างที่มีไขมันน้อยให้ชั่ง 3-5 กรัม ห่อให้มิดชิด แล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง คลุมด้วยใยแก้วหรือสำลีเพื่อให้สารตัวทำละลายมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ

3.นำหลอดตัวอย่างใส่ลงใน Soxhlet

4.เติมสารตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ (petrolium ether) ลงในขวดหาปริมาณไขมันประมาณ 150 มิลลิลิตร แล้ววางลงบนเตา

5.ประกอบชุดอุปกรณ์สกัดไขมัน พร้อมกับเปิดอุปกรณ์ควบแน่น และเปิดสวิตซ์ไฟให้ความร้อน

6.ใช้เวลาในการสกัดไขมันนานประมาณ 14 ชั่วโมง โดยปรับความร้อนให้หยดของสารตัวทำละลาย กลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่น ด้วยอัตราเร็ว 150 หยดต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.เมื่อครบ 14 ชั่วโมง นำหลอดใส่ตัวอย่างออกจาก soxhlet และกลั่นเก็บสารตัวทำละลายจนเหลือสารในขวดกลมเพียงเล็กน้อย

8.นำขวดหาไขมันที่ได้ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส จนแห้ง ใช้เวลาประมาณ 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

9.ชั่งน้ำหนัก และอบซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

10.คำนวณหาปริมาณไขมันในตัวอย่างจากสูตร

ปริมาณไขมัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก) = $\frac{100 * \text{น้ำหนักไขมันหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$

3.การหาปริมาณความชื้น (A.O.A.C.,1990)

ใช้ในการอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100 ± 5 องศาเซลเซียส ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วนำมาชั่งน้ำหนัก จนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่

วิธีการวิเคราะห์

1.นำภาชนะอลูมิเนียมพร้อมฝาปิด ไปอบในตู้อบ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ประมาณครึ่งชั่วโมง ชั่งน้ำหนักของภาชนะพร้อมฝา (W_1)

2.ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน (0.5 กรัม) ใส่ลงในภาชนะที่ชั่งน้ำหนักแล้ว เกลี่ยให้เนื้อสารกระจาย ปิดฝาและชั่งน้ำหนักอีกครั้ง (W_2)

3.นำไปอบในตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส โดยให้ฝาภาชนะปิดไว้บางส่วน อบทิ้งไว้ข้ามคืน (ประมาณ 16-18 ชั่วโมง)

4.นำภาชนะดังกล่าวออกจากตู้อบ ปิดฝา แล้วนำไปใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้จนเย็น ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง (W_3)

5. คำนวณร้อยละของความชื้นในสารตัวอย่าง = $\frac{(W_2 - W_1) - (W_3 - W_1)}{(W_2 - W_1)} * 100$

W_1 น้ำหนักภาชนะอลูมิเนียม (กรัม)

W_2 น้ำหนักภาชนะอลูมิเนียมรวมกับน้ำหนักสารตัวอย่างที่ไม่ผ่านการอบ (กรัม)

W_3 น้ำหนักภาชนะอลูมิเนียมรวมกับน้ำหนักสารตัวอย่างที่ผ่านการอบ (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.
ตารางการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ จ-1 ความแตกต่างของมวลชีวภาพที่อัตราการเจือจางแตกต่างกัน

อัตราการเจือจาง	มวลชีวภาพ
1:0	0.7490 a
1:1	0.5354 b
1:2	0.4642 c

ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 5 ซ้ำ
อักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางภาคผนวกที่ จ-2 ความแตกต่างของการลดลงของซีโอดีที่อัตราการเจือจางต่างกัน

อัตราการเจือจาง	การลดลงของซีโอดี (%)
1:0	44.820 a
1:1	29.856 b
1:2	23.886 c

ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 5 ซ้ำ
อักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ จ-3 ความแตกต่างของมวลชีวภาพที่พีเอชเริ่มต้นต่างกัน

พีเอช	มวลชีวภาพ
3.0	0.5434 d
3.5	0.7490 c
4.0	0.7752 b
4.5	0.8446 a

ค่าจากการวิเคราะห์ 5 ซ้ำ

อักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางภาคผนวกที่ จ-4 ความแตกต่างของการลดลงของซีโอดีที่พีเอชเริ่มต้นต่างกัน

พีเอช	การลดลงของซีโอดี (%)
3.0	41.142 d
3.5	44.880 c
4.0	52.386 b
4.5	67.208 a

ค่าจากการวิเคราะห์ 5 ซ้ำ

อักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้