สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปมันฝรั่งโดยเชื้อ *Candida tropicalis* TISTR 5136

โดย

ผศ.ดวงใจ โอชัยกุล

RCH
TP
248.65
.S66
๑๒๒๔๗
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 41904
วัน, เดือน, ปี 26 เม.ย. 2545
b.1117501
i.....

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีงบประมาณ 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานวิจัย การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปมันฝรั่ง โดยเชื้อ *Candida tropicalis* TISTR 5136

ผู้วิจัย ผศ.ดวงใจ โอชัยกุล

บทคัดย่อ

การนำน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปมันฝรั่งมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวเป็นแนวทางหนึ่งในการใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือของโรงงานมาผลิตโดยใช้ยีสต์ในการแปรรูปสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ให้เป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม ตลอดจนเป็นการลดมลภาวะทางน้ำด้วย นอกจากนั้นโปรตีนเซลล์เดียวที่ผลิตสามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ โดยนำน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปมันฝรั่ง ซึ่งได้จากการล้างแผ่นมันฝรั่งมาเป็นอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อยีสต์ *Candida tropicalis* TISTR 5136 และศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ได้แก่ อัตราการเจือจาง ความเป็นกรด-ด่าง และจากการศึกษาพบว่า น้ำล้างแผ่นมันฝรั่งที่ไม่เจือจางปรับพีเอชเป็น 4.5 เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อยีสต์มากที่สุด โดยมีอัตราการเจริญจำเพาะ 0.47 ต่อชั่วโมง ให้ปริมาณชีวมวลสูงสุด 1.212 กรัมต่อลิตร และสามารถลดค่าซีโอดีได้ร้อยละ 78.97 จากสภาวะดังกล่าวเซลล์ยีสต์ที่ผลิตได้ เมื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่าจะมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 32.19 ปริมาณไขมันร้อยละ 0.454 และปริมาณความชื้นร้อยละ 8.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Project Single Cell Protein from Potato Processing Wastewater by *Candida tropicalis* TISTR 5136

Researcher Assistant Professor Duangjai Ochaikul

ABSTRACT

Using of Potatoes 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 yeasts 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 potatoes-sliced washing water 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 potato-sliced washing water which is undistilled and pH 4.5 is optimum condition. The specific growth rate is 0.47 per hour , the maximum dry cell matters 1.212 grams per lit and reduce 78.97% COD. According to this conditions, in the final chemical analysis, single cell protein is composed of 32.19% protein, 0.454% fat and 8.5% moisture.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณประจำปี 2544 ซึ่งสำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลดังต่อไปนี้ น.ส.วรรณทนา ราชชมภู น.ส.ศิรินดา พุฒชูชาติ และน.ส.เหมวดี กิจวรเกียรติ นักศึกษาภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ ทุกท่านได้เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง

คณะผู้จัดทำ

พฤศจิกายน 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูป	จ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	
2.1 มันฝรั่ง	3
2.2 คุณสมบัติของโปรตีนเซลล์เดียว	7
2.3 คุณสมบัติของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว	7
2.4 ประเภทของจุลินทรีย์ที่ใช้ผลิตโปรตีนเซลล์เดียว	8
2.5 *Candida tropicalis*	16
2.6 สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว	18
2.7 คุณค่าทางอาหารของยีสต์	19
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	
3.1 วัสดุอุปกรณ์	20
3.2 วิธีการทดลอง	20
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	
4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำล้างแผ่นมันฝรั่ง	22
4.2 การศึกษาอัตราการเจือจางน้ำล้างแผ่นมันฝรั่งต่อการเจริญของเชื้อ *Candida tropicalis*	22
4.3 การศึกษาพีเอชที่เหมาะสมต่อการเจริญเชื้อ *C.tropicalis*	25
4.4 องค์ประกอบทางเคมีของเซลล์ยีสต์ที่ผลิตได้	27
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	28
เอกสารอ้างอิง	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	ส่วนประกอบจากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปมันฝรั่ง	5
ตารางที่ 2	ปริมาณกรดอะมิโนของยีสต์ ปลาป่น และถั่วเหลือง	12
ตารางที่ 3	การเจริญของยีสต์ชนิดต่างๆ ในน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตผงชูรส	16
ตารางที่ 4	ลักษณะของน้ำล้างแผ่นมันฝรั่งจาก บริษัทอาหารยอดคุณ จำกัด	22
ตารางที่ 5	อัตราการเจือจางน้ำล้างแผ่นมันฝรั่งที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อ *Candida tropicalis*	23
ตารางที่ 6	พีเอชที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อ *C.tropicalis*	25
ตารางที่ 7	องค์ประกอบทางเคมีของเชื้อ *C.tropicalis* ที่เลี้ยงในน้ำล้างแผ่นมันฝรั่งที่ไม่เจือจางและปรับพีเอชเริ่มต้นเป็น 4.5	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1	กระบวนการแปรรูปมันฝรั่ง	6
รูปที่ 2	ลักษณะของ *C.tropicalis* ที่เจริญบนอาหาร glucose-yeast extract-peptone water	16
รูปที่ 3	ลักษณะของ *C.tropicalis* ที่เจริญบนอาหาร Dalmau plate culture on corn meal agar	17
รูปที่ 4	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมวลชีวภาพกับเวลาเมื่อใช้อัตราการเจือจางแตกต่างกัน	24
รูปที่ 5	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมวลชีวภาพกับเวลาเมื่อมีพีเอชเริ่มต้นแตกต่างกัน	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1. ที่มาและความสำคัญ

โปรตีนที่ผลิตได้จากจุลินทรีย์ เรียกว่า โปรตีนเซลล์เดียว (single cell protein หรือ SCP) ซึ่งหมายถึงการนำจุลินทรีย์ส่วนใหญ่มาใช้เป็นแหล่งผลิตโปรตีนโดยจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะมีการเจริญในลักษณะเป็นเซลล์เดี่ยวหรือเส้นใย (filament) มากกว่าจะเจริญเป็นหลายเซลล์ที่ซับซ้อนเหมือนกับสิ่งมีชีวิตพวกพืชหรือสัตว์ การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวเป็นกระบวนการผลิตทางเทคโนโลยีชีวภาพ ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่เหมาะสมในการจะแก้ปัญหาการขาดแคลนโปรตีนของโลก โดยอาจนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารโดยตรงสำหรับมนุษย์ อาหารเสริมสำหรับมนุษย์ และสัตว์หรือเป็นอาหารสัตว์ใช้เลี้ยงสัตว์เพื่อเป็นอาหารมนุษย์ (คุษณี, 2537)

ปัจจุบันประชากรโลกมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่แหล่งพื้นที่ในการใช้เพาะปลูกมีจำนวนจำกัด ดังนั้นผลผลิตทางการเกษตรจึงไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคโดยเฉพาะอย่างยิ่งแหล่งโปรตีน ถึงแม้ว่าจะมีการปรับปรุงพันธุ์พืชและสัตว์ เพื่อเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ให้สูงขึ้นก็ยังคงมีสัดส่วนที่ไม่สมดุลกับความต้องการของผู้บริโภคซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว รวมทั้งความต้องการโปรตีนในแต่ละประเทศจะแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับเศรษฐกิจของประเทศ นอกจากนี้การที่ประเทศต่างๆ เปลี่ยนแปลงการบริโภคอาหารจากพืชมาเป็นเนื้อสัตว์เพิ่มมากขึ้น ก็มีผลทำให้การใช้เมล็ดธัญพืชเพิ่มมากขึ้นด้วย เนื่องจากต้องใช้เมล็ดธัญพืช 3-10 กิโลกรัมในการเลี้ยงสัตว์ เพื่อให้ได้เนื้อสัตว์ 1 กิโลกรัม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเพิ่มแหล่งโปรตีนโดยวิธีต่างๆ เช่น การปรับปรุงธัญพืชเพื่อให้มีคุณค่าทางโปรตีนสูงขึ้น การเพิ่มพื้นที่ในการเพาะปลูกถั่วเหลือง และถั่วลิสง เป็นต้น และในปัจจุบันมีการศึกษาถึงการใช้จุลินทรีย์เป็นแหล่งโปรตีน เพราะเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มแหล่งโปรตีนที่มีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับความต้องการในปัจจุบัน สาเหตุที่มีการนำจุลินทรีย์มาใช้เป็นแหล่งโปรตีน เนื่องจากจุลินทรีย์ให้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ต่อหน่วยเวลาสูงกว่าโปรตีนจากแหล่งอื่นๆ นอกจากนี้จุลินทรีย์ยังสามารถเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งมีชีวิตอื่น และมีโปรตีนในเซลล์สูง และจุลินทรีย์ยังประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นหลายชนิด และยังมีวิตามินต่างๆ ในปริมาณที่สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิตามินบี12 ซึ่งเป็นวิตามินที่มีความสำคัญทางโภชนาการ สามารถให้เป็นอาหารเสริมโปรตีนได้ (คุษณี, 2537)

ในประเทศไทยมีโรงงานแปรรูปมันฝรั่งหลายโรงงาน ซึ่งจะให้น้ำทิ้งออกมาในปริมาณมาก และจากการศึกษาทำให้ทราบว่าของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเหล่านี้ สามารถนำมาใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวได้(ดวงพร, 2530) ดังนั้นการนำน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปมันฝรั่ง โดยใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำส่วนที่ได้จากการล้างแผ่นมันฝรั่งมาใช้เป็นสารอาหารเลี้ยงเชื้อยีสต์ เพื่อผลิตโปรตีนเซลล์เดียวสำหรับเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนในการผลิตอาหารสัตว์ นับว่าเป็นแนวทางหนึ่งในการใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือของโรงงานมาผลิตโดยใช้ยีสต์ในการแปรรูปสารอินทรีย์ต่างๆ ที่มีในวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม และเป็นการเพิ่มรายได้กับผู้ประกอบการ ตลอดจนเป็นการลดมลภาวะสิ่งแวดล้อมทางน้ำด้วย

1.2. วัตถุประสงค์

1. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปมันฝรั่ง โดยใช้เชื้อ *Candida tropicalis* TISTR 5136 เช่น ความเป็นกรด-ด่างและ อัตราการเจือจางของอาหารที่ใช้เลี้ยง
2. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนเซลล์เดียวซึ่งผลิตภายใต้สภาวะที่เหมาะสม

1.3. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการศึกษาการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว โดยเชื้อยีสต์จากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปมันฝรั่ง
2. เป็นแนวทางที่จะนำไปสู่การปรับปรุงสายพันธุ์ของยีสต์ เพื่อให้มีความสามารถในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวเพิ่มขึ้น
3. เป็นการนำน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปมันฝรั่งมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และเป็นการลดมลภาวะสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 มันฝรั่ง (Potatoes)

ชื่อพื้นเมืองอื่น ๆ : papa, batata, pomme de terre

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Sotanum tuberosom*

มันฝรั่งเป็นพืชหัว ซึ่งมนุษย์ใช้บริโภคและมีความสำคัญทางเศรษฐกิจของโลกมานานแล้ว จัดเป็นอาหารที่มีความสำคัญเป็นอันดับ 4 ของโลก ในปีหนึ่ง ๆทั้งโลกผลิตมันฝรั่งได้ประมาณ 297 ล้านตันต่อเนื้อที่เพาะปลูกมันทั้งหมดประมาณ 138 ล้านไร่ ถึงแม้ว่าแหล่งเพาะปลูกมันฝรั่งจะอยู่ในเขตอบอุ่น แต่มันฝรั่งก็มีความสำคัญไม่น้อยในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อนโดยเฉพาะบริเวณที่สูงของเขตร้อนตั้งแต่ 1,000 เมตรขึ้นไปและปลูกกันในหน้าหนาวของกึ่งเขตร้อน บริเวณเขตร้อนมันฝรั่งจะผลิตหัวในฤดูที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่า 24 องศาเซลเซียส สำหรับพันธุ์ที่ปลูกโดยทั่วไปในเขตอบอุ่นจะไม่สร้างหัวเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 27 องศาเซลเซียส แต่พันธุ์ซึ่งปรับปรุงขึ้นมาเพื่อเขตร้อนโดยเฉพาะอาจทนต่ออุณหภูมิที่ค่อนข้างสูงได้ (ควงดาวและคณะ, 2533)

ประเทศที่สามารถผลิตมันฝรั่งได้ผลผลิตต่อไร่สูงสุด ได้แก่ สวิสเซอร์แลนด์ ซึ่งผลิตได้ 5 ตันต่อไร่และที่รองลงมาได้แก่ เบลเยี่ยมและเยอรมันตะวันตก จะผลิตได้ 4.5 ตันต่อไร่

ส่วนประเทศในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อนที่มีความสำคัญในการปลูกมันฝรั่ง เช่น

ประเทศในแถบอเมริกากลางและบริเวณทะเลแคริบเบียน เช่น คอสตาริกา คิวบา สาธารณรัฐโดมินิกัน กัวเตมาลา ปานามา

ประเทศในอเมริกาใต้ เช่น โคลัมเบีย เปรู เวเนซูเอลา

ประเทศในแถบเอเชีย เช่น ไซปรัส เกาหลี อินเดีย อินโดนีเซีย ปากีสถาน ตุรกี

ประเทศในเขตแอฟริกา เช่น แอลจีเรีย เอธิโอเปีย คีนยา โมรอกโค ตูนีเซีย สาธารณรัฐอาหรับ

นอกจากนี้ยังมีอีกหลายประเทศซึ่งปลูกมันฝรั่งมากพอสมควรในท้องถิ่นที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสมกับมันฝรั่งในบางฤดู สำหรับในประเทศไทยนั้น จำนวนเนื้อที่เพาะปลูกมันฝรั่งจะขึ้นลงตามราคาในท้องตลาดถ้าราคาดีเกษตรกรจะปลูกกันมาก แต่ถ้าราคาตกต่ำเกษตรกรก็จะปลูกในปริมาณที่น้อยลง

2.1.1 ประวัติและถิ่นกำเนิด

มันฝรั่งเป็นพืชดั้งเดิมของชาวซีกโลกตะวันตกและเชื่อว่ามีแหล่งกำเนิดอยู่บนพื้นที่ระหว่างประเทศเม็กซิโกและชิลีบนแถบที่ราบสูงบนเทือกเขาแอนดีสในประเทศโบลิเวียหรือเปรู ปรากฏว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังมีมันฝรั่งป่าขึ้นอยู่จนกระทั่งทุกวันนี้ พื้นที่อันน่าจะเป็นถิ่นกำเนิดดั้งเดิมของมันฝรั่ง คือ แถบหุบเขาใกล้ Cuzco ในประเทศเปรู นักสำรวจชาวสเปนพบว่ามีการปลูกมันฝรั่งในอเมริกาตะวันตกเฉียงใต้แต่ไม่ใช่ในประเทศเม็กซิโกและได้นำเข้ามาปลูกในยุโรประหว่างปี ค.ศ. 1531-1535 ต่อมาในปี ค.ศ. 1566 จึงแพร่พันธุ์เข้าไปในประเทศอังกฤษ ไอร์แลนด์ แต่ก็ยังไม่แพร่หลายจนกระทั่งปี ค.ศ. 1750 จึงปลูกกันแพร่หลายในประเทศยุโรป ปลายปีค.ศ. 1700 พันธุ์มันฝรั่งที่ใช้ปลูกทั่ว ๆไปตามอาณานิคมของอเมริกานั้นมาจากประเทศไอร์แลนด์ ซึ่งนำมาโดยพ่อค้าชาวสเปน ดังนั้นมันฝรั่งจึงได้ชื่อว่า irish potato ซึ่งเป็นอีกชื่อหนึ่งนอกเหนือคำว่า Potato

2.1.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

มันฝรั่งจัดอยู่ใน Family Solanaceae จัดเป็นพืชฤดูเดียวมีลำต้นตั้งตรง สูงประมาณ 30-90 เซนติเมตร ใบมีขนเล็กน้อยและยาวประมาณ 30 เซนติเมตรหรือกว่า ใบประกอบด้วยใบย่อยประมาณ 2-4 คู่และมีใบเดี่ยวตรงส่วนปลาย ดอกออกเป็นกลุ่มประมาณ 5-8 ดอก อาจมีสีขาวหรือสีอื่น ๆ ผลมีสีเขียวหรือเหลือง มีเมล็ดมาก การปลูกโดยปกติแล้วใช้ส่วนของหัวซึ่งก็คือลำต้นใต้ดินที่หัวจะมีตาเรียงสลับกันและแต่ละตาสามารถงอกเป็นต้นอ่อนได้แต่ละตาจะมีตาย่อยหลายตา ซึ่งมีเปลือก (Scales) หุ้มอยู่

ภายในหัวจะประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่และจะใช้เป็นอาหารของต้นอ่อนในช่วงเริ่มงอก ขนาดและความแข็งแรงของต้นอ่อนมักขึ้นอยู่กับปริมาณอาหารจากหัวซึ่งจะเคลื่อนไปหล่อเลี้ยงต้นอ่อนที่งอก ชิ้นส่วนของหัวที่ใช้ปลูกควรมีน้ำหนักอย่างน้อย 40 กรัม เพื่อให้ได้หน่อที่สมบูรณ์และผลผลิตสูง

ผิวของหัวมันมีลักษณะหรุน (corky skin) ซึ่งจะป้องกันการสูญเสียน้ำ สีของผิวอาจเป็นสีครีม น้ำตาล ชมพู แดงหรือม่วงซึ่งเป็นลักษณะของพันธุ์ ขนาดของหัวอาจแตกต่างกันตั้งแต่ประมาณ 30 กรัมจนถึง 400 กรัม ซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพการปลูก เมื่อตัดหัวมันฝรั่งและเก็บไว้ในสภาพที่เหมาะสม รอยตัดจะสร้างผนังหุ้ม (corky layer) ได้ภายใน 2-3 วัน และป้องกันการเน่าหรือการสูญเสียน้ำ หัวซึ่งโดนแสงแดดจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวและผลิตสารมีรสขมและเป็นพิษต่อมนุษย์ที่ผิว สารดังกล่าวกำจัดออกได้โดยการปอกเปลือกก่อนรับประทาน มันฝรั่งที่ใช้รับประทานควรระวังอย่าให้โดนแสงแดด เพื่อป้องกันการสร้างสารดังกล่าว (ดวงดาวและคณะ, 2533)

2.1.3 การใช้ประโยชน์

มันฝรั่งจัดเป็นพืชอาหารที่นิยมกันมากในแถบประเทศที่มีพื้นที่เพาะปลูกอาจใช้ปรุงเป็นอาหารได้หลายวิธี เช่น ต้ม อบ ปิ้งหรือทอด ใช้เป็นส่วนประกอบในการทำสตู ซุปและอื่น ๆ ทั้ง ๆที่มันฝรั่งมีความชื้นสูง แต่ก็สามารถเก็บไว้ได้เป็นอย่างดีและใช้เป็นพืชอาหารหลักในท้องตลาดทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มันฝรั่งอาจใช้แปรรูปทำแป้ง แอลกอฮอล์ แต่อุตสาหกรรมดังกล่าวมักทำกันเฉพาะในประเทศอุตสาหกรรมที่พัฒนาแล้วเป็นส่วนใหญ่

2.1.4 น้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปมันฝรั่ง

น้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปมันฝรั่งสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์เนื่องจากประกอบด้วยกรดอะมิโนหลายชนิดที่สัตว์ต้องการ กระบวนการแปรรูปมันฝรั่งแสดงดังรูปที่ 1

ส่วนประกอบของน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปมันฝรั่ง แสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปมันฝรั่ง

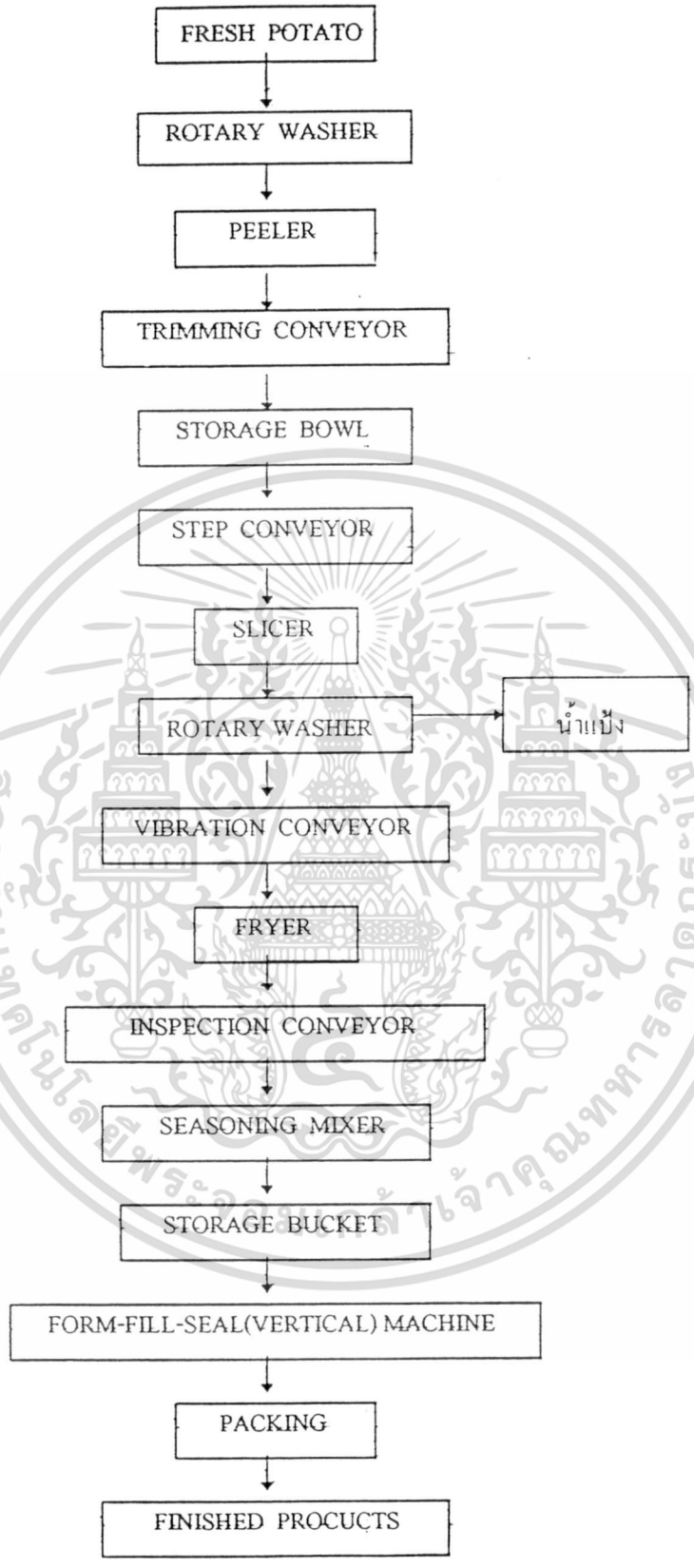
	ปริมาณของเสียต่อตันของปริมาณมันฝรั่ง
น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิต (แกลลอน)	4,200
บีโอดี (ปอนด์)	50-90
ซีโอดี (ปอนด์)	210
Suspended solids (ปอนด์)	60-110
ฟอสเฟต (PO_4) (ปอนด์)	0-6
ไนโตรเจน (N) (ปอนด์)	3.5

ที่มา : ดวงพร (2530)

ประโยชน์ของการนำของเสียกลับมาใช้เป็นแหล่งอาหารในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว คือ (ดุษณี, 2537)

1. ลดมลภาวะสิ่งแวดล้อม
2. มีราคาถูก และหาง่าย
3. สามารถนำมาเปลี่ยนรูปให้เป็นพลังงาน และโปรตีนได้
4. ช่วยลดปัญหาการขาดแคลนโปรตีนของมนุษย์และสัตว์
5. สามารถนำเทคโนโลยีใหม่ๆ มาประยุกต์ใช้ในประเทศที่กำลังพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 กระบวนการแปรรูปมันฝรั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 คุณสมบัติของโปรตีนเซลล์เดียว

คุณสมบัติของของโปรตีนเซลล์เดียวที่จะนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ ขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ คือ (สมศิริและคณะ,2539)

1. ชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว ชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ เช่น กาก น้ำตาล หางนม มันสำปะหลัง แป้งและอื่น ๆ ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวที่ผ่านมาส่วนใหญ่จะใช้วัตถุดิบพวกสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เพราะสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจะทำให้โปรตีนเซลล์เดียวที่ผลิตได้มีคุณภาพดี

2. ชนิดของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิต เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิต คือ ยีสต์ แบคทีเรีย รา และสาหร่าย ซึ่งคุณค่าทางอาหารของโปรตีนเซลล์เดียวจะแตกต่างกันในจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน

3. กระบวนการผลิต กระบวนการผลิตที่ใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของโปรตีนเซลล์เดียว การแยกผลิตภัณฑ์สุดท้าย อุณหภูมิที่ใช้ในการผลิตต้องอยู่ในช่วงที่เหมาะสม

2.3 คุณสมบัติของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว

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

1. เจริญได้เร็วในอาหารที่มีราคาถูก และเป็นวัตถุดิบที่หาง่ายในท้องถิ่นนั้นๆ

2. เจริญได้ดีในอาหารที่มีองค์ประกอบง่ายๆ ไม่ซับซ้อน มีความต้องการวิตามิน และปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญต่างๆ น้อยหรือไม่ต้องการเลยและให้ผลผลิตสูง

3. คงลักษณะทางพันธุกรรมได้ดี และไม่กลายพันธุ์ง่าย เมื่อเลี้ยงติดต่อกันเป็นเวลานาน

4. การแยก และเก็บเกี่ยวเซลล์สามารถทำได้ง่าย

5. มีความต้านทานต่อการปนเปื้อนของจุลินทรีย์อื่นๆ และใช้กระบวนการหมักอย่างง่ายๆ ในการเจริญในถังหมัก

6. ทราบคุณสมบัติทางพันธุกรรม สรีรวิทยาและสามารถปรับปรุงพันธุ์ได้

7. ใช้แหล่งพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

8. หลังจากผ่านการหมักแล้ว มีวัสดุเหลือทิ้งน้อยหรือไม่มีเลย

9. ไม่เป็นพิษทั้งในระยะสั้น และระยะยาว ไม่ทำให้เกิดภูมิแพ้ และปลอดภัยต่อการบริโภค

10. มีคุณค่าทางอาหารให้ปริมาณโปรตีนสูง โปรตีนที่ได้จะต้องมีกรดอะมิโนที่มีคุณค่า

11. เก็บรักษาง่าย เช่น การทำให้แห้ง และง่ายต่อการขนส่ง

12. ต้นทุนการเพาะเลี้ยงเซลล์และเก็บเกี่ยวเซลล์ต้องสามารถแข่งขันกับแหล่งโปรตีนอื่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ประเภทของจุลินทรีย์ที่ใช้ผลิตโปรตีนเซลล์เดียว

2.4.1 สาหร่าย

จัดเป็นพวกที่มีการดำรงชีวิตแบบ phototrophic microorganism คือการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งของพลังงานในการรีดิวซ์สารอนินทรีย์ให้เป็นสารอินทรีย์ ข้อดีของสาหร่ายคือมีปริมาณโปรตีนสูงประมาณ 55 เปอร์เซนต์น้ำหนักแห้งและเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพ เพาะเลี้ยงได้ทุกฤดูกาล อุดมด้วยวิตามินซีและวิตามินบีรวม ใช้พลังงานแสงอาทิตย์อย่างมีประสิทธิภาพ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไขมันอยู่ในสัดส่วนที่น่าพอใจ สามารถใช้เป็นแหล่งของคาร์บอน ในการเจริญต้องการน้ำปริมาณเล็กน้อย สามารถเจริญได้ในที่แห้งแล้งและเก็บเกี่ยวผลง่าย สำหรับพวกสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว (blue-green algae) บางชนิดยังสามารถตรึงไนโตรเจนได้ด้วย ข้อเสียของพวกนี้คืออัตราการเจริญต่ำกว่าจุลินทรีย์กลุ่มอื่นและถ้านำมาเลี้ยงในถังหมักจะมีปัญหาในการให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแสงแก่เซลล์(ดวงพร,2530) และถ้านำมาเลี้ยงในบ่อเปิดก็อาจเกิดปัญหาการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่มาจากฝุ่นละออง มูลนก ตัวแมลง หรืออาจเกิดการปนเปื้อนของชิ้นส่วนของแมลงอีกด้วย นอกจากนี้คุณภาพของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายต้องแน่ใจว่าปราศจากเชื้อโรค ยาฆ่าแมลง โลหะหนักที่เป็นพิษ หรือการปนเปื้อนจากสารเคมีอื่นๆ (ดุษณี, 2537)

สาหร่ายหลายชนิดได้รับความสนใจและถูกนำมาใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว เช่น *Chlorella, Scenedesmus, Spirulina, Coelastrum, Vromena, Dunaliella, Microactinium, Oocystis, Oscillatoria, Chlamydomonas, Euglena* และ *Ankistrodesmus* โดยเฉพาะสาหร่าย *Spirulina* ได้มีการนำมาใช้เป็นอาหารมนุษย์เป็นเวลาหลายศตวรรษโดยชนชาวเผ่าที่อาศัยอยู่ทางเหนือของทะเลสาบชาด (Chad) ในอัฟริกากลางและชาวเม็กซิโก (Litchfield, 1991)

งานวิจัยชีวมวลของสาหร่าย ส่วนมากศึกษาในสภาวะการสังเคราะห์แสง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สำหรับการบำบัดน้ำเสียในบ่อบำบัดน้ำโสโครก (Sewage oxidation pond) ที่ใช้แสงอาทิตย์ สำหรับในประเทศไทย นฤมลและคณะ (2529) ได้ทำการวิจัยการผลิตสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina spp.*) จากน้ำทิ้งโรงงานแป้งมันสำปะหลัง พบว่าสาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ดี เมื่อเลี้ยงในน้ำทิ้งที่มีความเข้มข้นของโซเดียมไบคาร์บอเนต 8.5 กรัมต่อลิตร และไนโตรเจนในรูปของปุ๋ย NPK (16:16:16) 0.6 กรัมต่อลิตร และเมื่อขยายระดับการเลี้ยงโดยเลี้ยงในสภาพกลางแจ้ง สามารถผลิตสาหร่ายได้ 12.25 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน (ความชื้นร้อยละ10) สาหร่ายที่ได้มีปริมาณโปรตีนเฉลี่ย ร้อยละ 57 น้ำหนักแห้ง และประกอบด้วยวิตามินบี1 วิตามินบี2 วิตามินซี ไนอะซิน ไนอะซินามายด์ และกรดโฟลิก ในปริมาณที่ใกล้เคียงกับ *Spirulina maxima*

ในประเทศญี่ปุ่นและไต้หวันมีการผลิต *Chlorella* ในรูปผงหรือเม็ด เพื่อใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพ หรือใช้เป็นยา โดยจะนำ *Chlorella* มาสกัดให้ได้ส่วนที่เรียกว่า "Chlorella Growth Factor" และมีการส่งออกไปขายยังประเทศอิสราเอล อิตาลี เม็กซิโก บัลกาเรีย เชคโกสโลวาเกีย และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเทศอื่นๆ อีกหลายประเทศ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้เตรียมจากการแยกเซลล์ของสาหร่ายชนิดนี้ออกจากอาหารเลี้ยงเชื้อโดยการหมุนเหวี่ยง และนำมาทำให้เข้มข้นขึ้นโดยใช้การหมุนเหวี่ยงภายใต้สูญญากาศ และนำของเหลวเข้มข้นที่ได้มาทำให้แห้งแข็ง เพื่อให้อยู่ในรูปผง (Soong, 1980)

Dunaliella เป็นสาหร่ายเซลล์เดียวสีเขียวที่สามารถทนและปรับตัวได้ดีที่ความเข้มข้นของเกลือสูง สามารถให้ผลผลิตที่มีคุณค่าถึง 3 ชนิดคือ กลีเซอรอล เบตา-แคโรทีน และโปรตีน สาหร่ายชนิดนี้มีลักษณะแตกต่างจากสาหร่ายชนิดอื่นๆ คือ ไม่มีผนังเซลล์ ตัวเซลล์จะล้อมรอบด้วยเซลล์เมมเบรนที่ยืดหยุ่นและปกคลุมด้วยเมือกที่ผิวเซลล์ ทำให้เซลล์ของสาหร่ายชนิดนี้ทนต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงดันออสโมซิสได้ดี นอกจากนี้การไม่มีผนังเซลล์ของสาหร่ายชนิดนี้ทำให้ง่ายต่อการย่อยในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์และสัตว์ ประเทศที่สนใจและมีการศึกษาเพื่อผลิตสาหร่าย *Dunaliella* ในทางการค้าได้แก่ ออสเตรเลีย สหรัฐอเมริกา และอิสราเอล ซึ่งนอกจากการผลิตสาหร่าย *Dunaliella* เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเสริมสุขภาพและอาหารสัตว์แล้ว ยังมีการผลิตสาหร่ายชนิดนี้เพื่อนำเอาเบตา-แคโรทีนจากสาหร่ายมาใช้เป็นสีผสมอาหารอีกด้วย (สมศิริและคณะ, 2539)

2.4.2 รา

ราหลายชนิดได้ถูกใช้เป็นอาหารมาตั้งแต่สมัยโบราณ โดยเฉพาะอาหารหมักต่างๆ ในแถบเอเชีย เช่น *Aspergillus oryzae* ที่ใช้ในการหมักซีอิ๊ว (Lichfield, 1979) รามีปริมาณโปรตีนและวิตามินสูง (Bhappacharjee, 1970) แต่รามีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่ายีสต์และแบคทีเรีย นอกจากนี้ยังมีปัญหาในการเลี้ยงเนื่องจากเส้นใย (Mycelium) เมื่อเลี้ยงในอาหารเหลว (Submerged cultivation) เส้นใยจะอยู่ในสภาพเป็นกลุ่มก้อน (Pellet) ทำให้เกิดปัญหาในการให้ออกซิเจนแก่เซลล์ (ดวงพร, 2525) เชื้อราหลายชนิดมีแนวโน้มที่จะใช้เป็นอาหารเสริมโปรตีนให้สัตว์เลี้ยง เช่น *A.niger, Trichoderma viride* และ *Fusarium sp.* (Bhappacharjee, 1970) ได้เคยมีการเลี้ยงเชื้อราชนิดต่าง ๆ ในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมทางการเกษตร และอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรททั้งแบบครั้งคราวและแบบต่อเนื่องโดยมีการเติมแอมโมเนียมฟอสเฟต แอมโมเนียมซัลเฟต หรือแอมโมเนียมไนเตรท เป็นแหล่งไนโตรเจนเสริม และเติมกรดฟอสฟอริกเป็นแหล่งของฟอสฟอรัส จากการศึกษาเมื่อใช้น้ำเสียจากโรงงานข้าวโพด และถั่วกระป๋อง เลี้ยงรา *Geotrichum sp.* และ *Fusarium sp.* พบว่าราทั้งสองชนิดสามารถลดปริมาณสารอินทรีย์ในรูปของ COD ได้ถึงร้อยละ 95 สำหรับ *Gliocladium deliquescens* ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานโม่แป้งข้าวโพด และน้ำเสียจากกระบวนการผลิตซีอิ๊ว สามารถลด COD ของน้ำเสียจากโรงงานโม่แป้งข้าวโพดลงได้ถึง ร้อยละ 87 และลด COD ของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตซีอิ๊วได้มากกว่าร้อยละ 97 ในส่วนของการใช้ *Trichoderma harzianum* ในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตกาแฟในเอลซัลวาดอร์ ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะไม่ปลอดเชื้อ สามารถลด COD ของน้ำเสียลงได้ ร้อยละ 73 และเซลล์ของ *Trichoderma harzianum* ที่ได้มีปริมาณโปรตีนโดยน้ำหนักแห้ง ร้อยละ 56 (Lichfield, 1979)

2.4.3 แบคทีเรีย

แบคทีเรียสามารถใช้เป็นอาหารได้เพราะมีปริมาณโปรตีนสูงร้อยละ 47-87 แล้วแต่ชนิดของแบคทีเรียและมีอัตราการเจริญเร็วกว่าจุลินทรีย์กลุ่มอื่น กล่าวคือแบคทีเรียใช้เวลาในการแบ่งตัวเพียง 20-30 นาที ในขณะที่ยีสต์ใช้เวลา 2-3 ชั่วโมง สาหร่ายและราใช้เวลานานกว่า 16 ชั่วโมง นอกจากนี้แบคทีเรียประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็นหลายชนิดโดยเฉพาะอย่างยิ่งไลซีนที่เหมาะต่อความต้องการของร่ายกาย ยกเว้นกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ ข้อดีของการใช้แบคทีเรียในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวคือ มีอัตราการเจริญเร็ว ให้ปริมาณโปรตีนสูง และสามารถใช้แหล่งไฮโดรคาร์บอนได้ แต่มีข้อจำกัดคือ แบคทีเรียมีขนาดเล็กมาก (0.5-5.0 ไมครอน) ทำให้เก็บเกี่ยวเซลล์ได้ยาก

ในประเทศได้หวันก็มีการแยกเชื้อแบคทีเรียที่สามารถใช้ไฮโดรคาร์บอนได้โดยใช้วิธีการคล้ายคลึงกัน และได้สายพันธุ์ของเชื้อ *Pseudomonas* 5401 ซึ่งสามารถย่อยเอ็น-พาราฟินจากน้ำมันดิบ หรือส่วนอื่นๆ ที่แยกได้จากการกลั่น โดยมีแอมโมเนียมเป็นแหล่งไนโตรเจน หลังจากเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 36-38°ซ. พบว่าได้น้ำหนักแห้งสูงถึง 16 กรัมต่อลิตร และจากการเลี้ยงเชื้อโดยการหมักแบบต่อเนื่องที่ dilution rate 0.12 ต่อชั่วโมง จะได้น้ำหนักเซลล์คงที่ 10 กรัมต่อลิตร เมื่อเก็บเกี่ยวเซลล์โดยวิธีหมุนเหวี่ยง และนำมาผ่านตัวทำละลายเพื่อกำจัดไฮโดรคาร์บอนที่หลงเหลืออยู่และนำมาทำให้แห้งและบด จะได้ปริมาณโปรตีนสูงถึง 73.62 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม โดยจะมีกรดอะมิโนที่จำเป็นมากกว่ายีสต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไลซีนและเมทไทโอนีน นอกจากนี้ยังประกอบด้วยวิตามินบีต่างๆ ด้วย (ดุษณี, 2537)

ในประเทศไทยมีการศึกษาถึงการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากแบคทีเรียที่สังเคราะห์แสงได้โดยใช้กากมันสำปะหลัง และน้ำทิ้งจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตมันสำปะหลังมากเป็นอันดับหนึ่งของโลก จากการศึกษาถึงการเจริญของเชื้อ *Rhodocyclus gelatinosus* (เดิมชื่อ *Rhodopseudomonas gelatinosa*) บนกากมันสำปะหลังที่เก็บไว้ในที่มืด และมีออกซิเจน พบว่าได้โปรตีน 56% ไขมัน 2.45% คาร์โบไฮเดรต 26.42% และเถ้า 3.21% และโปรตีนที่ได้จะประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็น เช่น เมทไทโอนีน ไลซีน ลิวซีน และเฟนนิลอะลานีน นอกจากนี้ยังมีวิตามินที่จำเป็น เช่น วิตามินบี2 วิตามินบี12 วิตามินอี และกรดนิโคตินิก (nicotinic acid) โปรตีนเซลล์เดียวจากแบคทีเรียที่ผลิตได้นี้สามารถนำมาใช้เป็นอาหารปลาได้ โดยสามารถทดแทนการใช้ปลาป่นได้ถึง 50% (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) และเมื่อนำมาเลี้ยงปลาทาง (*Carassius auratus*) อายุ 2 เดือน เป็นเวลา 122 วัน ปรากฏว่าไม่เกิดอาการเป็นพิษหรืออาการผิดปกติแต่อย่างใด นอกจากนี้ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเซลล์แบคทีเรียยังให้น้ำหนักปลามากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลี้ยงด้วยอาหารปลาอย่างเดียวถึง 22.62% นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงการนำแบคทีเรีย *Rhodobacter sphaeroides* P47 ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ให้ผลผลิตสูงเมื่อใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหาร และมีปริมาณวิตามินบี 12 และคาโรทีนอยด์ (carotenoid) สูงมาเลี้ยงผสมกับเชื้อ *Rhodocyclus gelatinosus* ด้วย (noparatnaraporn et al., 1987) โดยใช้กากมันสำปะหลังแห้งที่ได้จากโรงงานผลิตแป้งมันในจังหวัดชลบุรี เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าการเลี้ยงเชื้อผสมให้ผลผลิตดีกว่าการเลี้ยงเชื้อเดี่ยวๆ ใช้ระยะเวลาในการเจริญสั้นลง และยังพบว่าเซลล์ของ *Rc. gelatinosus* อุดมไปด้วยวิตามินบี2 ในขณะที่เซลล์ของ *Rb. sphaeroides* P47 จะประกอบด้วยวิตามินอี ซึ่งวิตามินเหล่านี้จำเป็นต่อการเจริญของสัตว์ โดยเฉพาะวิตามินอีจะมีความสำคัญต่อการพัฒนาการสืบพันธุ์ของสัตว์ด้วย (ดุษณี, 2537)

2.4.4 ยีสต์

ยีสต์เป็นโปรตีนเซลล์เดียวที่มีการนำมาใช้กันมากที่สุด เนื่องจากยีสต์มีคุณสมบัติที่ เหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารสำหรับมนุษย์ และสัตว์ (ดุษณี, 2537) แต่มีข้อจำกัดคือ ยีสต์มีปริมาณกรดนิวคลีอิกค่อนข้างสูงถึงร้อยละ 12 ซึ่งมีแนวโน้มที่จะเป็นอันตรายต่อคนโดยทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับไตและโรคเก๊าท์ (ดวงพร, 2525) นอกจากนี้ยีสต์ยังสามารถใช้ผลพลอยได้ทางการเกษตร หรืออุตสาหกรรมเป็นแหล่งคาร์บอน และพลังงานได้ เช่น กากน้ำตาล วัตถุดิบพวกแป้ง หางนม ผลไม้ และน้ำทิ้งจากโรงงานต่างๆ เป็นต้น (ดุษณี, 2537)

ยีสต์ประกอบด้วยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมันปริมาณมาก และเป็นแหล่งวิตามินบีรวมสูงสุดแหล่งหนึ่ง แหล่งโปรตีนจากยีสต์จะมีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกับโปรตีนจากพืช มีกรดอะมิโนที่จำเป็นเกือบทุกชนิดยกเว้น เมทไทโอนีน และซีสทีน โปรตีนของเซลล์ยีสต์จะมีประมาณ 45-55% ของน้ำหนักแห้ง ตารางที่ 2 แสดงถึงกรดอะมิโนที่สำคัญต่าง ๆ ในรูปของโปรตีนทั้งหมดของยีสต์ในแหล่งวัตถุดิบต่าง ๆ เปรียบเทียบกับโปรตีนที่สกัดจากถั่วเหลืองและปลาป่น โดยพบว่ายีสต์มีคุณค่าทางโปรตีนเทียบเท่ากับแหล่งอาหารจากถั่วเหลือง และถ้ามีการเสริมด้วยเมทไธโอนีนจะทำให้คุณค่าทางอาหารที่ได้เทียบเท่ากับปลา (Senez, 1972)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ปริมาณกรดอะมิโนของยีสต์ ปลาป่น และถั่วเหลือง (หน่วยเป็นกรัมต่อ 16 กรัมไนโตรเจน)

กรดอะมิโน	ยีสต์จี (G)	ยีสต์แอล (L)	ปลาป่น	ถั่วเหลือง
ไอโซลิวซีน	5.1	5.3	4.6	5.4
ลิวซีน	7.4	7.8	7.3	7.7
เฟนนิลอะลานีน	4.3	4.8	4.0	5.1
ไทโรซีน	3.6	4.0	2.9	2.7
ทรีโอนีน	4.9	5.4	4.2	4.0
ทริปโทเฟน	1.4	1.3	1.2	1.5
วาลีน	5.9	5.8	5.2	5.0
อาร์จินีน	5.1	5.0	5.0	7.7
อิสทิดีน	2.1	2.1	2.3	2.4
ไลซีน	7.4	7.8	7.0	6.5
ซิสเทอีน	1.1	0.9	1.0	1.4
เมทไทโอนีน	1.8	1.6	2.6	1.4
กรดอะมิโนที่มี ซัลเฟอร์เป็นองค์ ประกอบทั้งหมด	2.9	2.5	3.6	2.8

ยีสต์จี เป็นยีสต์สายเชื้อที่เพาะเลี้ยงบน n-alkane อย่างเดียว

ยีสต์แอล เป็นยีสต์สายเชื้อที่เพาะเลี้ยงบน n-alkane ผสมกับน้ำมันก๊าซ

ที่มา : Senez (1972)

ยีสต์มีประโยชน์มากกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่น ประการแรก นำมาใช้เป็นอาหาร, food additives และ เป็นตัวเพิ่มกลิ่นรสในการทำขนมปัง การทำไวน์ และเบียร์ ประการที่สอง ยีสต์มีปริมาณโปรตีนสูงและอุดมไปด้วยวิตามินบี, โคเอนไซม์ (coenzyme) เป็นต้น ประการที่สาม ยีสต์เจริญในวัตถุดิบได้ที่พีเอชต่ำ (4.5-5.5) ช่วยลดโอกาสการปนเปื้อนของแบคทีเรียและลดความต้องการสภาวะปลอดเชื้อ ประการสุดท้ายคือยีสต์เก็บเกี่ยวเซลล์จากอาหารหมักได้ง่ายกว่าแบคทีเรีย

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว

1. กากน้ำตาล (Molasses) ซึ่งได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาล กากน้ำตาลจากอ้อยและน้ำตาลจากหัวบีท สายพันธุ์ที่ใช้ เช่น *Candida utilis* และ *Saccharomyces cerevisiae*

2. หางนม (Whey) เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตเนยแข็ง เคซีนและการผลิตเนย ซึ่งส่วนประกอบของหางนม ประกอบด้วย แลกโตส 74% กรดแลกติก 2 % โปรตีน 12% ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ในรูปแลคทอลอัลบูมิน (lactalbumin) และแลคโตโกลบูลิน (lactoglobulin) เกลือแร่ 8% และไขมัน 4%

เชื้อยีสต์ที่นำมาใช้ในการผลิตมวลชีวภาพจากหางนม *Kluyveromyces marxianus* (ชื่อเดิมคือ *K. fragilis*) โดยเชื้อชนิดนี้สามารถใช้น้ำตาลแลกโตสในหางนมและเปลี่ยนไปเป็นมวลชีวภาพ

3. แป้ง (Starch) เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับธัญพืช เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลีหรือของเสียที่ได้จากการผลิตมันฝรั่ง มียีสต์หลายชนิดที่มีความสามารถเจริญบนแป้งและใช้แป้งเป็นแหล่งคาร์บอนได้ เช่น *Schwanniomyces castellii* และ *Lipomyces starkeyi* ซึ่งเชื้อเหล่านี้จะมีเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยแป้ง คือ แอลฟา-อะไมเลส (∝-amylase) และอะไมโลกลูโคซิเดส (amyloglucosidase)

4. ไขมัน (Lipid) เชื้อยีสต์หลายสายพันธุ์ที่สามารถผลิตเอนไซม์ไลเปส (lipase) และเจริญบนไขมันได้ เช่น *Candida curtava* *C. lipolytica* *Geotrichum candidum*

5. เมทานอล (methanol) มีเทนเป็นของเสียที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันปิโตรเลียม มีเทนจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกลายเป็นเมทานอล ยีสต์ที่สามารถใช้และเจริญบนเมทานอลได้ เช่น *Hansenula capssulata* *C. methanolica* *Torulopsis labrala*

6. Sulfite Liquor เป็นของเสียที่ได้จากกระบวนการผลิตกระดาษ ยีสต์ที่สามารถเจริญและใช้ sulfite liquor ได้ เช่น *C. utilis* ซึ่งสามารถใช้น้ำตาลกลูโคส เซลโลไบโอส (cellobiose) และดี-ไซโลส (D-xylose) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สายพันธุ์ของยีสต์ที่มีประโยชน์ซึ่งใช้ในทางการค้า ได้แก่ สายพันธุ์ของgenus *Saccharomyces* และบางสายพันธุ์ของ genus *Candida* ยีสต์ที่ใช้เป็นอาหารคนและอาหารสัตว์โดยทั่วไปคือ *C. tropicalis* และ *C. utilis* ซึ่งเป็น torula yeast

Saccharomyces cerevisiae (baker's yeast) เป็นยีสต์ที่พบในทางการค้ามากที่สุดเนื่องจากความสามารถที่หลากหลายจึงนำมาใช้ในการผลิตอาหารคน อาหารสัตว์ อุตสาหกรรมผลิตแอลกอฮอล์ การผลิตเบียร์ สาเกและไวน์

Nwabueze และ Ogutimein (1987) ได้ทดลองนำกากส้มหวาน(*Citrus sinensis*) มาใช้เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* โดยกระบวนการหมักแบบครั้งคราว พบว่าจะได้โปรตีน 57%(น้ำหนักต่อน้ำหนัก) จากการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่ประกอบด้วยกากส้ม 4% พีเอช 5.5 อุณหภูมิ 36 องศาเซลเซียสและระยะเวลาเลี้ยงเชื้อ 12 ชั่วโมง

Candida tropicalis พบบ่อยที่สุดเนื่องจากสามารถใช้สารประกอบไนโตรเจนอย่างง่ายและแหล่งคาร์บอนได้หลายชนิด เช่น น้ำตาลเฮกโซส น้ำตาลเพนโตส ไฮโดรคาร์บอน เอทานอล อะซิเตดและของเสียทางการเกษตรที่ผ่านการบำบัดแล้ว *C. tropicalis* และ *C. utilis* สามารถผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรตีนเซลล์เดียวจากน้ำทิ้งโรงงานเยื่อกระดาษเพราะมีคุณสมบัติที่ทนต่อความเข้มข้นของซัลไฟด์สูง ๆ ได้ รวมทั้งสามารถดูดซึมน้ำตาลเพนโตสได้

Candida utilis เป็นยีสต์ที่นิยมใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวมากที่สุด เนื่องจากสามารถเจริญได้เร็ว ใช้น้ำตาล และอาหารได้หลายชนิด ขนาดของเซลล์ใหญ่ และมีปริมาณโปรตีนสูง ซึ่งชาวเยอรมันเป็นชนชาติแรกที่ใช้เชื้อ *Candida* เป็นแหล่งอาหารโปรตีนในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 (Beech et al., 1985) ดังนั้น *Candida* จึงเป็นยีสต์ตัวแรกที่รู้จักกันในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว และได้รับความนิยมแพร่หลายทั่วไป ได้มีการศึกษาถึงการนำ *C. utilis* มาเลี้ยงในอาหารต่างๆ เช่น ลอว์ฟอร์ด และคณะ (1979) ได้นำ *C.utilis* Y-900 มาเลี้ยงในกากน้ำตาล โดยใช้กระบวนการหมักแบบต่อเนื่องพบว่าได้โปรตีนจากยีสต์ 50-55% ซึ่งมีคุณค่าใกล้เคียงกับโปรตีนจากถั่วเหลือง นอกจากนี้กรดอะมิโนที่จำเป็นหลายชนิดที่พบในยีสต์สามารถนำมาใช้เป็นอาหารเสริมในธัญพืชได้ เช่น ข้าวสาลีที่ขาดไลซีน และทรีโอนีน เป็นการเพิ่มคุณค่าอาหารพวกธัญพืชเหล่านี้

จากการศึกษาถึงการเจริญของยีสต์ในน้ำทิ้งจากโรงงานกระดาษ พบว่า *C. utilis* เป็นยีสต์เพียงสายพันธุ์เดียวที่สามารถใช้น้ำตาลไซโลส (xylose) ในน้ำทิ้งนั้นได้ (Peppler, 1978) ซึ่งในประเทศสวิตเซอร์แลนด์ เยอรมันตะวันออก รัสเซีย เชคโกสโลวาเกีย สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น ได้มีการผลิต *C. utilis* จากน้ำทิ้งโรงงานกระดาษในระดับอุตสาหกรรม พบว่าปริมาณยีสต์ที่ผลิตได้มีการประมาณ 50,000 ตันต่อปี นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงการเลี้ยง *C. utilis* ในน้ำทิ้งจากโรงงานต่างๆ เช่น น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตสับปะรดกระป๋อง จากการศึกษาถึงการนำน้ำทิ้งจากโรงงานสับปะรดกระป๋องมาใช้เลี้ยงเชื้อยีสต์และรา 10 ชนิด โดยกระบวนการหมักแบบครั้งคราว พบว่า *C. utilis* เป็นเชื้อที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการเจริญ และลดค่าซีโอดีได้สูง เมื่อนำ *C. utilis* มาเลี้ยงในกระบวนการหมักแบบต่อเนื่อง พบว่าที่ dilution rate 0.33 ต่อชั่วโมง เหมาะต่อการเจริญของเชื้อนี้และลดค่าซีโอดีได้สูง (Prior, 1984) ราล (1984) ได้ศึกษาถึงการนำน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตสับปะรดกระป๋องมาเลี้ยงเชื้อยีสต์ *C.utilis* และ *Hansenula sydowiorum* ซึ่งจะให้โปรตีน 19 และ 20 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

คาลเลจา และคณะ (1986) ได้ศึกษาถึงการนำแป้งมันมาใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว โดยใช้เชื้อยีสต์ *Schwanniomyces alluvius* ซึ่งเป็นเชื้อที่มีอัตราการเจริญสูง ไม่เป็นเชื้อโรคและสจมารถย่อยคาร์โบไฮเดรตได้หลายชนิด เช่น อินูลิน (inulin) เซลโลไบโอส ไซโลส เมลิไบโอส และแรฟฟีโนส นอกจากนี้เชื้อนี้ยังสามารถปล่อยเอนไซม์อะไมเลสออกมานอกเซลล์ในปริมาณมากด้วย ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ได้มีผู้นำยีสต์ *S. alluvius* มาใช้ในการผลิตแอลกอฮอล์และเอนไซม์อะไมเลสทางอุตสาหกรรมด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยีสต์ชนิดอื่นที่ใช้ในทางการค้า หรือใช้ในการศึกษากันอย่างกว้างขวางในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ *Candida arborea, C. pulcherrima, C. lipolytica, Trichosporon pullulans, C. maltosa* และ *C. boidini*

หางนมเป็นแหล่งวัตถุดิบที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่งที่ใช้ในการผลิตยีสต์เพื่อเป็นอาหารมนุษย์และสัตว์ จากการศึกษาโดยนักวิทยาศาสตร์หลายๆ คน พบว่ายีสต์สายพันธุ์ที่เหมาะสมต่อการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากหางนมมากที่สุด คือ *Kluyveromyces fragilis* และ *K. lactis* และในการคัดเลือกสายพันธุ์จุลินทรีย์เพื่อใช้ในการผลิตระดับอุตสาหกรรม นอกจากจะคัดเลือกยีสต์ที่สามารถใช้น้ำตาลแล็กโทสได้แล้ว ยังต้องพิจารณาถึงอัตราการเจริญจำเพาะ (specific growth rate) ปริมาณโปรตีน กรดนิวคลีอิกในเซลล์ รวมทั้งประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตสูง ซึ่งยีสต์ที่มีอัตราการเจริญเร็ว นอกจากจะทำให้การใช้ถังหมักมีขนาดเล็กลงแล้ว ยังทำให้แน่ใจได้ว่าจะไม่มีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์อื่นๆ ปนเปื้อนมาด้วย (Halasz and Lasztity, 1991) ยีสต์อื่นๆ ที่สามารถนำมาใช้เลี้ยงในหางนมได้ เช่น *Candida tropicalis, C. utilis, Torulopsis utilis, Torulopsis sphaerica (Kluyveromyces lactis), Torula casei (Candida pseudotropicalis), T. cremoris, T. lactosa (Candida kefir)* และ *Torula sp.* (Marth, 1987)

การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตยีสต์ มีมาตั้งแต่ศตวรรษที่ 19 ในปีค.ศ. 1940 มีการใช้น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมกระดาษ (Sulfite waste liquor) เป็น Substrate สำหรับ *Candida utilis* ซึ่งนอกจากจะเป็นการบำบัดน้ำเสียแล้ว ยังเป็นการเปลี่ยนน้ำเสียให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่า ในกระบวนการ symba ได้มีการพัฒนายีสต์ *Endomycopsis fibuligera* ร่วมกับ *C. utilis* บำบัดน้ำเสียจากกระบวนการล้างมันฝรั่งและข้าวที่มีปริมาณ BOD 15,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสามารถลด BOD ได้มากกว่าร้อยละ 85 และให้ยีสต์ 40-100 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อวัน จากปริมาณน้ำเสียที่ออกมา 126 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง นอกจากนี้ยังมีการวิจัยพบว่า *C. lipolytica* หรือ *Trichosporon cutaneum* สามารถใช้ในการบำบัดน้ำโอซาโนน (Oxanone water) ซึ่งเป็นน้ำเสียที่มีกรดอินทรีย์ต่างๆ จากโรงงานคาโปรแลคแทม (Caprolactam) ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไนลอน โดยสามารถกำจัดกรดอินทรีย์ได้ถึง ร้อยละ 80 และได้ผลิตภัณฑ์ยีสต์ 4-4.5 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรน้ำเสียต่อชั่วโมง (Lichfield, 1979)

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากยีสต์ได้ เช่น ข้าวฟ่างหวานที่นำมาใช้เลี้ยง *Rhodotorula rubra* การใช้หางนมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ *Trichosporon beigelii, Candida pseudotropicalis, C. curvata., C. shehatae* และ *Saccharomyes cerevisiae* (คุษณี, 2537) และในการใช้น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตผงชูรสเลี้ยงเชื้อยีสต์ชนิดต่าง ๆ เช่น *C. tropicalis* ดังแสดงในตารางที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 การเจริญของยีสต์ชนิดต่างๆ ในน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตผงชูรส

Strain	Dry Cell Matter * ($g\ l^{-1}$)	COD Reduction (%)
C. tropicalis	12.35	68.33
C. utilis	10.50	54.18
G. candidum	8.25	41.62
S. cerevisiae	4.61	25.31
S. fermentati	4.07	23.56

ญ* It is a net value : Original suspended material in substrate has been removed

ที่มา : Yiao (1988)

2.5 *Candida tropicalis*

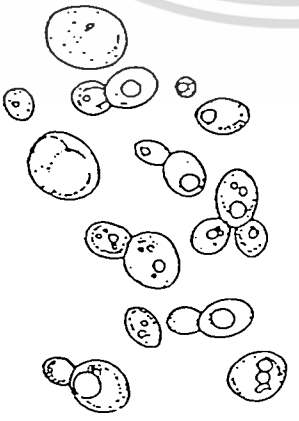
C. tropicalis เป็น torula yeast และเป็นสายพันธุ์หนึ่งของ *Candida*

ลักษณะทั่วๆ ไปของ *Candida tropicalis* เมื่อเลี้ยงบนอาหารต่างๆ

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

2. เลี้ยงบน glucose-yeast extract-peptone agar พบว่าหลังจากการเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 เดือน จะเกิดโคโลนีสีครีม ขาวอมเทา ทึบแสง ผิวเรียบเป็นมันหรือผิวขรุขระ และมีไมซีเลียมอยู่โดยรอบโคโลนี

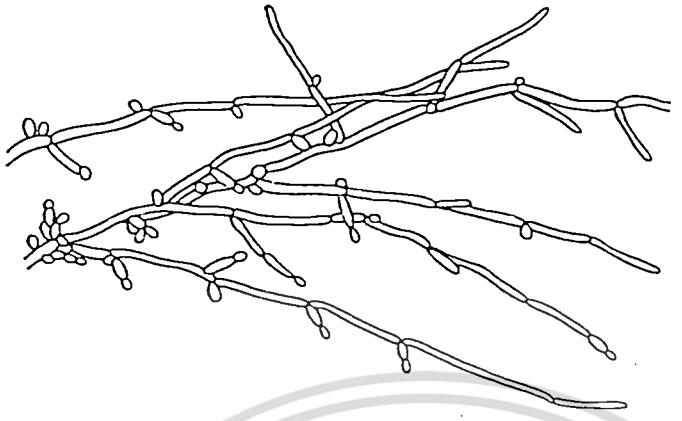
3. เลี้ยงบน Dalmau plate culture on corn meal agar จะเกิดไมซีเลียมเทียม (pseudomycelium) มากมาย ทั้งสายยาวแตกแขนงเป็นไฮฟาเทียม (pseudohyphae) ซึ่งจะมี blastospores เดี่ยวๆ และสายสั้นๆ รวมเป็นกลุ่มรวมทั้งอาจเกิดไมซีเลียมที่แท้จริงได้



รูปที่ 2 ลักษณะของ *C. tropicalis* ที่เจริญบนอาหาร glucose-yeast extract-peptone water

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 3 ลักษณะของ *C. tropicalis* ที่เจริญบน Dalmau plate culture on corn meal agar

การหมัก

กลูโคส	+	มอลโตส	+
กาแลคโตส	+	แลกโตส	+
ซูโครส	v	ทริฮาโลส	+ หรือ s

การย่อยและการดูดซึมสารประกอบคาร์บอน

กาแลคโทส	+	เมลไซโตส	v
แอล-ซอร์โบส	v	สารละลายแป้ง	+
ซูโครส	v	ดี-ไซโลส	+
มอลโตส	+	แอล-อะราบิโนส	+ w หรือ -
เซโลไบโอส	v	ดี-อะราบิโนส	-
ทริฮาโลส	+	ดี-ไรโบส	v
แลคโตส	-	แอล-แรมโนส	-
เมลิไบโอส	-	กลีเซอรอล	v
รัฟฟีโนส	-	อีริไธทอล	-
ไรบิทอล	v	กาแลคไททอล	-
ดี-แมนิทอล	+	ดี-กลูซิทอล	+
ซาลิซิน	v	ซักซินิค แอซิด	+
ซิตริก แอซิด	v	อิโนซิทอล	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

41904

การทดสอบกับแหล่งคาร์บอนเพิ่มเติม : อินูลิน -

การย่อยอาบูติน : v

การดูดซึมไนเตรด : -

การเจริญบนอาหารที่ปราศจากวิตามิน : -

เจริญที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส : +

การเกิดสีกับ DBB : -

ระบบของโคเอนไซม์ Q : Q9

G+C : 35.9 - 36.1 โมล% , 3 สายพันธุ์

+ : สามารถเกิดปฏิกริยาได้

+w : เกิดปฏิกริยาได้น้อย

+s : เกิดปฏิกริยาได้ช้า

- : ไม่สามารถเกิดปฏิกริยาได้

v : บางสายพันธุ์เกิดปฏิกริยา บางสายพันธุ์ไม่เกิดปฏิกริยา

2.6 สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว

2.6.1 การกวนและการให้อากาศ

ยีสต์เป็นพวก facultative anaerobe คือสามารถเจริญได้ทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน ซึ่งจะใช้สภาวะใดขึ้นอยู่กับความต้องการในการผลิต โดยสภาวะที่มีออกซิเจนยีสต์สามารถออกซิไดซ์แหล่งคาร์บอนให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำทำให้ปริมาณเซลล์ต่อวัตถุดิบที่ใช้สูง แต่ภายใต้สภาวะไม่มีออกซิเจน ยีสต์จะเกิดการหมักวัตถุดิบทำให้เกิดการสะสมของสาร เช่น เอทานอล ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนจะมีการจำกัดปริมาณสารอาหารเพื่อให้ยีสต์เกิดการหมัก แต่ในสภาวะที่มีออกซิเจนจะเพิ่มวัตถุดิบที่ใช้เป็นอาหารและพลังงาน เพื่อให้ยีสต์เกิดเมตาบอลิซึมได้ สำหรับการกวนและการให้อากาศมีปัญหาในกรณีที่มีการกวนไม่ทั่วถึงซึ่งจะมีอิทธิพลต่อการเจริญและส่วนประกอบของยีสต์

2.6.2 อุณหภูมิ

จุลินทรีย์ทั้งหมดเจริญได้อย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงจุดหนึ่งการเจริญจะลดลงเนื่องจากที่อุณหภูมิสูงจะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ภายในเซลล์ ดังนั้นช่วงอุณหภูมิของการผลิตยีสต์ในทางการค้าคือ 28-32 องศาเซลเซียส จึงจำเป็นต้องมีการระบายความร้อนเพื่อรักษาระดับอุณหภูมิในระหว่างการเพาะเลี้ยงยีสต์หรืออาจจะใช้ thermophilic yeast ซึ่งทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่ออุณหภูมิสูง เช่น *Saccharomyces cerevisiae* บางสายพันธุ์ซึ่งสามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิสูงถึง 38 องศาเซลเซียส หรือ *Saccharomyces fragilis* ซึ่งสามารถเจริญที่อุณหภูมิสูงถึง 45 องศาเซลเซียส

2.6.3 พีเอช

แม้ว่ายีสต์แทบทั้งหมดสามารถเจริญในช่วงพีเอชที่กว้างและการเปลี่ยนแปลงของพีเอชไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตแต่จะเลือกเพาะเลี้ยงที่พีเอชต่ำซึ่งจะยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ช่วงของพีเอชที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงยีสต์ คือ 4.5-5.5

2.6.4 สารกำจัดฟอง

ในการเพาะเลี้ยงยีสต์แบบใช้ออกซิเจนจะทำให้เกิดฟองในปริมาณมาก ซึ่งฟองเหล่านี้จะทำให้อากาศไม่สามารถละลายลงไปในอาหารได้ ทำให้ออกซิเจนในอาหารลดลง ซึ่งมีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมปริมาณฟองโดยการใช้เครื่องกำจัดฟองอากาศเชิงกล หรือสารกำจัดฟอง เช่น ซิลิโคน กรดไขมัน โพลีโพรพิลีน และกลีเซอรอล เป็นต้น ซึ่งสารที่เติมลงไปนั้นต้องอยู่ในการควบคุม ในกรณีที่ยีสต์นั้นนำมาใช้เป็นอาหารสำหรับมนุษย์

2.7 คุณค่าทางอาหารของยีสต์

ภายในเซลล์ยีสต์ มีส่วนประกอบของสารและเกลือแร่หลายชนิดเป็นปริมาณมาก ซึ่งเหมาะสมสำหรับใช้เป็นอาหารเสริมในอาหารสัตว์โดยเฉพาะโปรตีนซึ่งเฉลี่ยแล้วในเซลล์ยีสต์ประกอบด้วย โปรตีนทั้งหมดประมาณ 45-50% ของน้ำหนักแห้ง เป็นโปรตีนแท้ ๆ ประมาณ 40% ของน้ำหนักแห้ง ในส่วนของโปรตีนทั้งหมดประกอบด้วยกรดอะมิโนประมาณ 80-85% และเป็นกรดนิวคลีอิกประมาณ 2% และแอมโมเนีย 8% กรดอะมิโนในยีสต์แต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป ดังแสดงในตารางที่ 4 คุณค่าทางอาหารไม่ได้ขึ้นกับปริมาณสารทั้งหมดที่มีอยู่ในเซลล์แต่เพียงประการเดียวแต่ขึ้นกับคุณภาพการย่อย (digestibility) ค่า biological value ค่า net protein utilization (NPU) และ protein efficiency ratio (PER) ด้วย โดยยีสต์มีค่า digestibility และ biological value 87% และ87% ตามลำดับ ซึ่งในไข่มีค่า 96% และ 97% ตามลำดับ เมื่อทดลองนำยีสต์มาเลี้ยงหนูพบว่ายีสต์ถูกย่อยและดูดซึมได้รวดเร็วและให้ caloric value ถึง 94% เมื่อทดลองในคนและสุนัขพบว่ายีสต์ถูกย่อยและนำไปใช้ได้ถึง 90% และ 80% ตามลำดับ (ดวงดาวและคณะ, 2533)

ยีสต์นอกจากจะให้คุณค่าทางด้านโปรตีนแล้ว ภายในเซลล์ยังประกอบด้วยแหล่งของวิตามินรวมหลายชนิดที่เหมาะสำหรับเป็นอาหารเสริมในอาหารคนและสัตว์ (Rose, 1971) ดังแสดงในตารางที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัสดุอุปกรณ์

1. จุลินทรีย์ ใช้เชื้อยีสต์ *Candida tropicalis* TISTR 5136 จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

2. อาหารเลี้ยงจุลินทรีย์

2.1 อาหารสูตร NRRL (Lemmel et al., 1979)

ประกอบด้วยกลูโคสร้อยละ 1.0 เปปโตนร้อยละ 0.5 มอลต์สกัดร้อยละ 0.3 และยีสต์สกัดร้อยละ 0.3

2.2 น้ำที่ได้จากการล้างแผ่นมันฝรั่งจากบริษัท อาหารยอดคุณ จำกัด กรุงเทพฯ

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1 เครื่องวัดพีเอช (pH meter) รุ่น HM-7E

3.2 เครื่องชั่งชนิด 4 ตำแหน่ง รุ่นA 200Sและ 2 ตำแหน่ง รุ่น B-3100J

3.3 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) รุ่น UNICAM 8620

3.4 เครื่องย่อย (digestibility)

3.5 เครื่องกลั่น(distillation)

3.6 เครื่องควบแน่น (condensor)

3.7 เครื่องระเหย (evaporator)

3.8 เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge)

3.9 เครื่องเขย่า (shaker)

3.10 เครื่องอบลมร้อน (hot air oven)

3.11 เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อไอน้ำ (autoclave)

3.12 เดซิกเคเตอร์ (desiccator)

3.2 วิธีการทดลอง

1. <u>การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณลักษณะทางกายภาพของน้ำล้างแผ่นมันฝรั่ง</u>

ทำการวิเคราะห์ค่าพีเอช ซีโอดี ไนโตรเจนทั้งหมด(total nitrogen) ของแข็งแขวนลอย(suspended solids) ของแข็งทั้งหมด (total solids) ตามวิธีของ APHA,AWWA and WPCF(1985) น้ำตาลรีดิวซ์(reducing sugar) ตามวิธีของ A.O.A.C. (ภาคผนวก ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเตรียมกล้าเชื้อเริ่มต้น(starter)

ถ่ายเชื้อ *Candida tropicalis* TISTR 5136 จาก slant PDA 1 ลูป ลงในอาหารเหลว NRRL 100 มิลลิลิตร ในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่ปรับพีเอชเป็น 3.5 นำไปให้อากาศที่ความเร็วรอบ 130 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร ให้ได้ค่าความขุ่น 0.5 เพื่อใช้เป็นเชื้อเริ่มต้น

3. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปมันฝรั่ง

3.1 ศึกษาอัตราการเจือจางน้ำทิ้ง

3.1.1 นำน้ำล้างแผ่นมันฝรั่งมาเจือจางด้วยน้ำในอัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 1:2 ปริมาตร 150 มิลลิลิตร ในฟลาสก์ขนาด 500 มิลลิลิตร ปรับพีเอชเริ่มต้นเป็น 3.5 ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 5 นอร์มอล นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

3.1.2 เติมกล้าเชื้อเริ่มต้นที่เตรียมไว้ในข้อ 2 ลงไป นำไปเลี้ยงในเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 130 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างทุก 2 ชั่วโมง เพื่อนำมาวิเคราะห์อัตราการเจริญ ซีโอดีและน้ำหนักเซลล์แห้งของมวลชีวภาพ

3.2 ศึกษาพีเอชที่เหมาะสมต่อการเจริญของยีสต์

ใช้น้ำล้างแผ่นมันฝรั่งที่มีอัตราการเจือจางที่เหมาะสมใน ข้อ 3.1 และปรับพีเอชเป็น 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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณลักษณะทางกายภาพของน้ำล้างแผ่นมันฝรั่ง

ผลของการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำล้างแผ่นมันฝรั่งจากบริษัท อาหารยอดคุณ จำกัด (ตารางที่ 7) พบว่า น้ำล้างแผ่นมันฝรั่งมีพีเอชเท่ากับ 6.9 ค่าซีโอดีเท่ากับ 3 ,192 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 35 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 3.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 0.46 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 4 ลักษณะของน้ำล้างแผ่นมันฝรั่งจากบริษัท อาหารยอดคุณ จำกัด

พารามิเตอร์	ความเข้มข้น(มิลลิกรัมต่อลิตร)*
พีเอช	6.9
ซีโอดี	3,192
ไนโตรเจนทั้งหมด	35
ของแข็งทั้งหมด	3.8
ของแข็งแขวนลอย	0.46
น้ำตาลรีดิวซ์	117,387

* ยกเว้นค่าพีเอช

** น้ำล้างแผ่นมันฝรั่งที่ใช้วิเคราะห์ผ่านการกรองแล้ว

4.2 การศึกษาอัตราการเจือจางน้ำล้างแผ่นมันฝรั่งต่อการเจริญของเชื้อ *Candida tropicalis*

ผลของการเลี้ยงเชื้อ *Candida tropicalis* ในน้ำล้างแผ่นมันฝรั่งที่เจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:0 , 1:1 และ 1:2 ปรับพีเอชเริ่มต้นเป็น 3.5 ภายใต้สภาวะการให้อากาศบนเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 130 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง (ตารางที่ 8) พบว่าเชื้อสามารถเจริญได้ดีที่สุดเมื่อเลี้ยงในน้ำล้างแผ่นมันฝรั่งที่ไม่เจือจาง (1:0) มีอัตราการเจริญจำเพาะ 0.27 ต่อชั่วโมง และให้มวลชีวภาพสูงสุดเท่ากับ 0.653 กรัมต่อลิตร สูงกว่าค่ามวลชีวภาพของเชื้อที่เลี้ยงในน้ำล้างแผ่นมันฝรั่งที่อัตราการเจือจาง 1:1 และ 1:2 เท่ากับ 0.352 และ 0.317 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

สำหรับการลดลงของค่าซีโอดีพบว่าให้ผลในทางเดียวกันกับการเพิ่มมวลชีวภาพ คือ ที่อัตราการเจือจางน้ำล้างแผ่นฝรั่ง 1:0 เชื้อสามารถลดค่าซีโอดีได้สูงสุดร้อยละ 54.38 รองลงมาคือที่อัตราการเจือจาง 1:1 เท่ากับร้อยละ 35.28 และที่อัตราการเจือจาง 1:2 เชื้อจะลดค่าซีโอดีได้น้อย

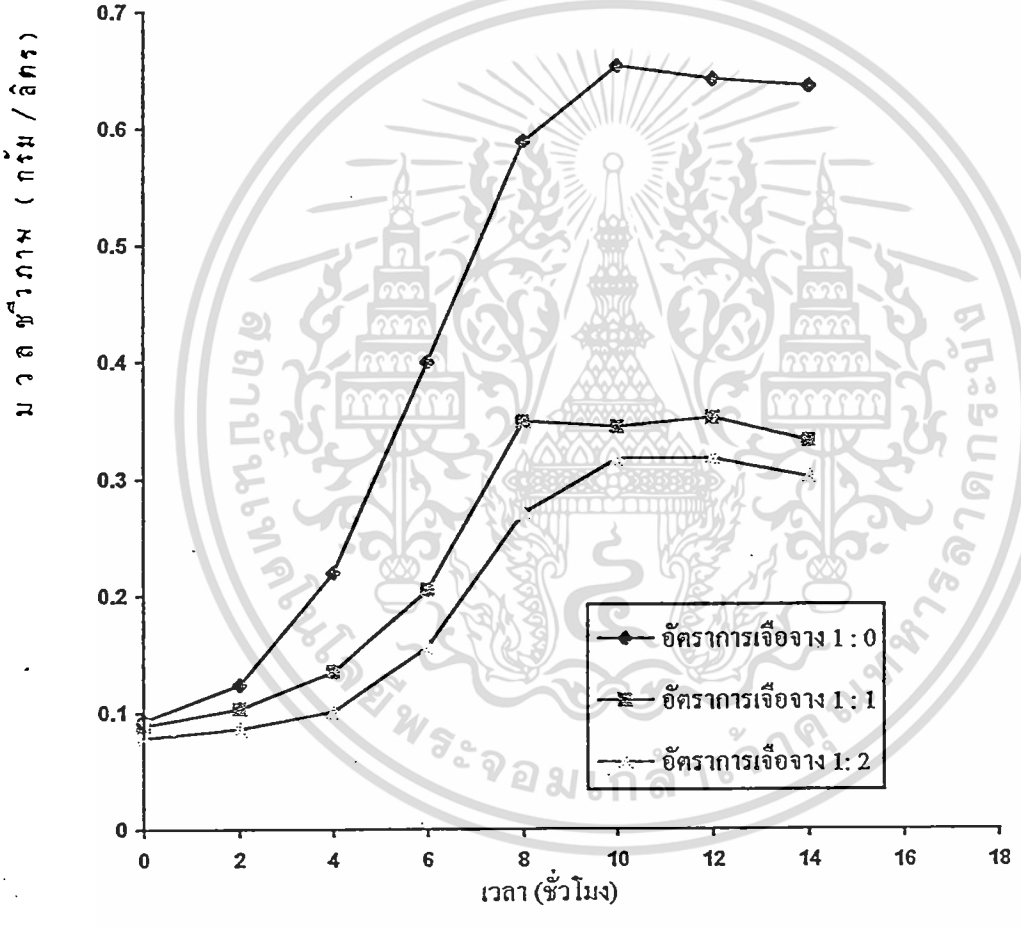
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สุดเท่ากับร้อยละ 30.74 และเมื่อนำค่าเหล่านี้มาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าน้ำล้างแผ่นมันฝรั่งที่อัตราการเจือจางทั้ง 3 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางภาคผนวกที่ 1 และ 2)

ตารางที่ 5 อัตราการเจือจางน้ำล้างแผ่นมันฝรั่งที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อ *C. tropicalis*

อัตราการเจือจางน้ำล้างแผ่นมันฝรั่ง	อัตราการเจริญจำเพาะสูงสุด (ต่อชั่วโมง)	มวลชีวภาพสูงสุด (กรัมต่อลิตร)	การลดลงของค่าซีโอดี (%)	พีเอชสุดท้าย
1:0	0.27	0.653	54.38	4.14
1:1	0.20	0.352	35.28	3.2
1:2	0.19	0.317	30.74	2.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมวลชีวภาพกับเวลา
เมื่อใช้อัตราการเจือจางแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

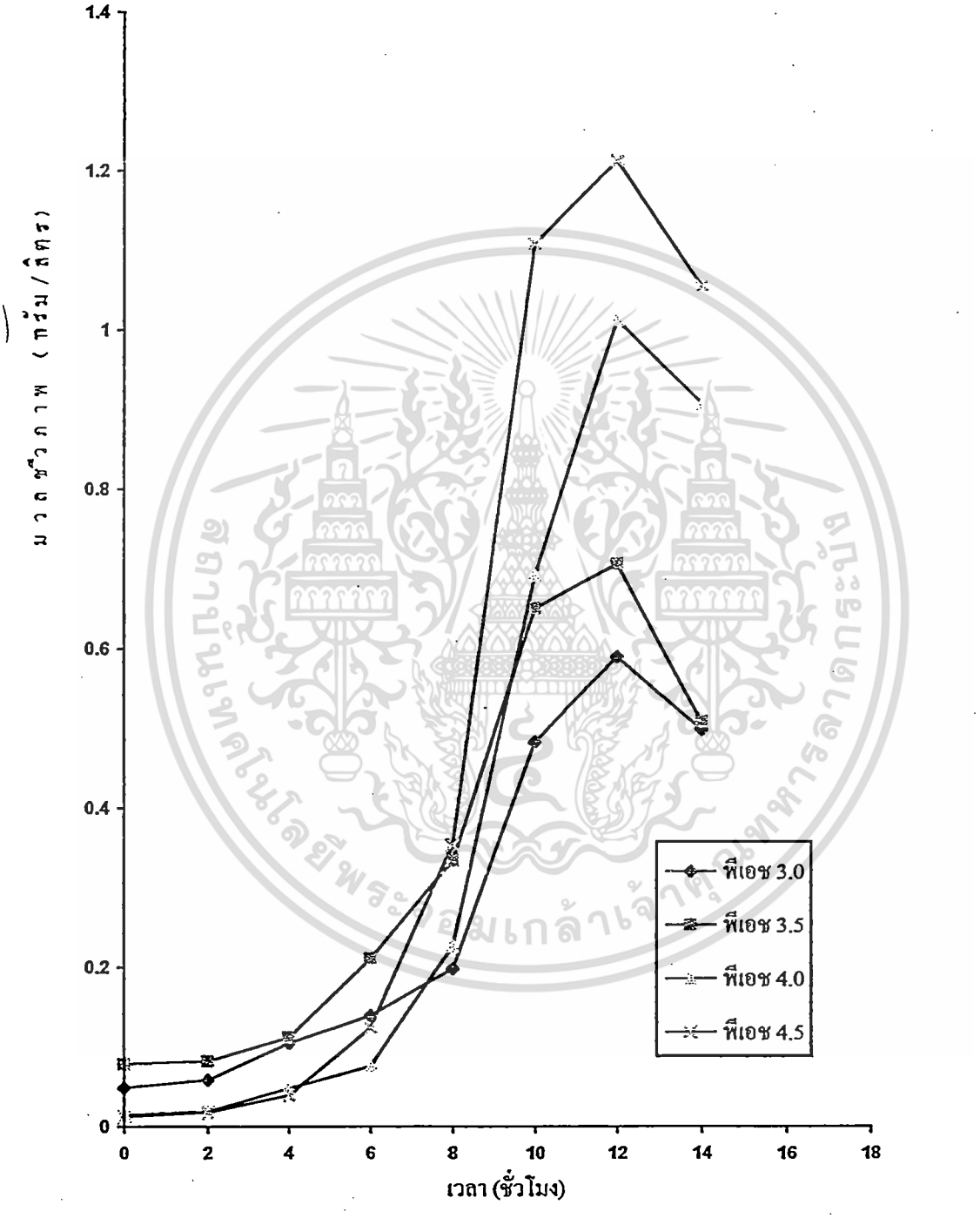
4.3 การศึกษาพีเอชที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อ *Candida tropicalis*

จากการเลี้ยงเชื้อ *C. tropicalis* ในน้ำล้างแผ่นมันฝรั่งที่พีเอชเริ่มต้นต่าง ๆ คือ 3.0 , 3.5, 4.0 และ 4.5 พบว่าเชื้อยีสต์สามารถเจริญและให้มวลชีวภาพสูงสุด เมื่อเลี้ยงในน้ำล้างแผ่นมันฝรั่งที่ไม่เจือจางและมีพีเอชเริ่มต้น 4.5 เท่ากับ 1.212 กรัมต่อลิตร อัตราการเจริญจำเพาะ 0.47 ต่อชั่วโมง รองลงมาคือที่พีเอช 4.0 ได้มวลชีวภาพ 1.012 กรัมต่อลิตร อัตราการเจริญจำเพาะ 0.41 ต่อชั่วโมง ส่วนที่พีเอช 3.0 และ 3.5 เชื้อจะให้มวลชีวภาพเท่ากับ 0.59 และ 0.706 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับค่าซีโอดีที่ลดลง คือที่พีเอช 4.5 เชื้อสามารถลดค่าซีโอดีของน้ำล้างแผ่นมันฝรั่งได้สูงสุดร้อยละ 78.97 รองลงมาคือ ที่พีเอช 4.0 ร้อยละ 73.02 (ตารางที่ 9) และเมื่อนำค่าเหล่านี้มาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าน้ำล้างแผ่นมันฝรั่งที่พีเอชเริ่มต้นต่างๆ กันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางภาคผนวกที่ 3 และ 4)

ตารางที่ 6 พีเอชที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อ *C. tropicalis*

พีเอชเริ่มต้น	อัตราการเจริญจำเพาะสูงสุด (ต่อชั่วโมง)	มวลชีวภาพสูงสุด (กรัมต่อลิตร)	การลดลงของค่าซีโอดี (%)	พีเอชสุดท้าย
3.0	0.21	0.590	44.05	2.86
3.5	0.28	0.706	59.22	3.78
4.0	0.41	1.012	73.02	6.72
4.5	0.47	1.212	78.97	7.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมวลชีวภาพกับเวลา
เมื่อมีพีเอชเริ่มต้นแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 องค์ประกอบทางเคมีของเซลล์ยีสต์ที่ผลิตได้

จากการเลี้ยง *Candida tropicalis* ในน้ำล้างแผ่นมันฝรั่งที่ไม่เจือจางและปรับพีเอชเริ่มต้นเป็น 4.5 (ตารางที่ 10) พบว่า เชื้อที่เลี้ยงในสภาวะดังกล่าวจะให้ปริมาณโปรตีน ความชื้น และไขมันร้อยละ 32.19 , 8.5 และ 0.454 ตามลำดับ

ตารางที่ ๆ องค์ประกอบทางเคมีของเชื้อ *C. tropicalis* ที่เลี้ยงในน้ำล้างแผ่นมันฝรั่งที่ไม่เจือจางและปรับพีเอชเริ่มต้นเป็น 4.5

องค์ประกอบทางเคมี	ความเข้มข้น (%)
โปรตีน	32.19
ความชื้น	8.5
ไขมัน	0.454

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษานำน้ำล้างแผ่นมันฝรั่งมาใช้เลี้ยงยีสต์ *Candida tropicalis* TISTR 5136 เพื่อผลิตโปรตีนเซลล์เดียวและเพื่อลดปริมาณซีโอดีในน้ำทิ้งก่อนจะปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ผลการทดลอง พบว่า อัตราการเจือจางน้ำล้างแผ่นมันฝรั่งที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อยีสต์ คือน้ำล้างแผ่นมันฝรั่งที่ไม่เจือจางมีค่าอัตราการเจริญจำเพาะ 0.27 ต่อชั่วโมง และให้มวลชีวภาพสูงสุดเท่ากับ 0.653 กรัมต่อลิตร ในเวลา 10 ชั่วโมง สูงกว่าค่ามวลชีวภาพของเชื้อที่เลี้ยงในน้ำล้างแผ่นมันฝรั่งที่ทำการเจือจาง นำค่าเหล่านี้มาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ทั้งนี้เพราะการเจือจางน้ำทิ้งจะทำให้ปริมาณสารต่าง ๆ ที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อยีสต์ลดลง

สำหรับการเลี้ยงเชื้อในน้ำล้างแผ่นมันฝรั่งที่พีเอชเริ่มต้นต่าง ๆ พบว่าเชื้อยีสต์สามารถเจริญและให้มวลชีวภาพสูงสุด เมื่อเลี้ยงในน้ำล้างแผ่นมันฝรั่งที่ไม่เจือจางมีพีเอชเริ่มต้น 4.5 เท่ากับ 1.212 กรัมต่อลิตร อัตราการเจริญจำเพาะ 0.45 ต่อชั่งโมง สูงกว่าที่พีเอชเริ่มต้นอื่นๆ และเมื่อนำค่าเหล่านี้มาทำการค่าวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับรายงานของ Lemmel และคณะ (1979) ซึ่งพบว่ายีสต์โดยทั่วไปสามารถเจริญได้ดีที่พีเอช 4.5-4.6 ส่วนการลดลงของค่าซีโอดีพบว่าที่พีเอชเริ่มต้น 4.5 เชื้อสามารถลดค่าซีโอดีได้สูงสุด ร้อยละ 78.97 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ สุวิทย์ สุวรรณโฉ (2539) โดยพบว่าเชื้อ *Candida tropicalis* ที่เลี้ยงในน้ำนึ่งปลาทูน่าจะเจริญได้ดีที่สุดที่น้ำนึ่งปลาทูน่าที่ไม่เจือจางและลดค่าซีโอดีได้สูงสุดที่พีเอชเริ่มต้น 4.5

เชื้อยีสต์ที่เลี้ยงในสภาวะที่เหมาะสมที่ได้คัดเลือกไว้ จะมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 32.19 ความชื้นร้อยละ 8.5 และไขมันร้อยละ 0.454

ข้อเสนอแนะ

1. เชื้อยีสต์ *Candida tropicalis* TISTR 5136 ที่เลี้ยงในน้ำล้างแผ่นมันฝรั่งจะให้ปริมาณโปรตีนน้อยอาจเนื่องมาจากในน้ำนั้นมีแหล่งไนโตรเจนน้อย ถ้าต้องการให้มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นควรมีการศึกษาการเติมแหล่งไนโตรเจน เพื่อจะทำให้โปรตีนเซลล์เดียวที่ได้มีคุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น
2. ควรจะมีการศึกษาการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากน้ำทิ้งแหล่งอื่นโดยใช้จุลินทรีย์ชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

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

ดวงพร ธนารักษ์พงศ์. 2525. การใช้น้ำทิ้งสับปะรดเข้มข้นเลี้ยงเชื้อ *Rhodopseudomonas* spp. เพื่อเป็นแหล่งอาหารโปรตีนรงควัตถุและวิตามินบี 12. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (จุลชีววิทยา). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

นฤมล ศุภจรรยา บุษยา บุนนาค และพิศมัย ภูริสินสิทธิ์. 2529. การผลิตสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* spp.) จากน้ำทิ้งโรงงานมันสำปะหลัง รายงานการวิจัย และพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อใช้ประโยชน์และเพื่อการกำจัดน้ำเสียจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง ในระดับห้องปฏิบัติการ. ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ

สมศิริ นัยนาภรณ์ สุกัญญา เจริญชัยศิริกุล และอรทัย เถลิงเกียรติลีลา. 2539. การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากกากเปลือกส้มโดยกระบวนการหมักในอาหารแข็งเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ โครงงานพิเศษปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

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

A.OA.C. 1990. Official of the Association of Official Chemists. The Association of Official Anlytical 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.

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.

Bhappacharjee, J.K. 1970. Microorganisms as Potential Sources of Food. Advances in Applied Microbiology. 13, 134 – 159.

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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 *Saccharomyceopsis fibuliger* on Potato Processing Wastewatr. 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. 2nd Edition. Vol.1. Academic press, Inc.

Litchfield, J.H. 1991. Food supplements from microbial protein. In Biotechnology and Food Ingredient, pp. 65 – 109. Edited by Goldberg, J. and Williams, R. Van Nostrand Reinhold, New York.

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

Noparatnaraporn, N. 1987. Photosynthetic bacteria from casava waste : a multipurpose animal feed. In upgrading of Casava/Casava Wastes by appropriate biotechnologies, pp. 92 – 105. Proceedings of UNEP/TISTR/Bangkok MERCEN Regional Worshop, Thailand. November 24-26, 1987.

Nwabueze, T.U. and Oguntl mein, G.B. 1987. Sweet orange (Citrus sinensis) residue as a substate 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. Biotechn. Bioeng. 26 : 748 – 752.

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

Rose, A.H. and J, S. Harrison. 1971. The Yeast. Vol. 2, p. 432, 434. Academic Press Inc., New York.

Sell, J.L., Ashraf. M. and Bales, G.L. 1981. Nutrition Reports. Int. 24, 229.

Senez, J.C. 19725. In Protein fron Hydrocarbon. Edited by H.G. de Pontanel. Academic press, London.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Soong, P. 1980. Production and development of *Chlorella* and *Spirulina* in Taiwan. In algae Biomass, pp. 97 – 113. Edited by G. Shelef and C.J. Soeder. Elserier/North-Holland Biochemical Press, Amsterdam.

Yiao, H. 1988. Single from Wastewater of Monosodium glutamate Manufacture. Process Biochem. 23(6) : 176 – 177.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้