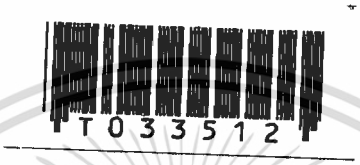
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากเห็ดนางรม *Pleurotus ostreatus* ซึ่งเลี้ยงโดยเปลือกถั่วที่ผ่านกระบวนการทางเคมี



นางสาวจารุณี เสียงสวัสดิ์
นางสาวมนัสวันท์ อิศรางกูร ณ อยุธยา
นางสาวเยาวเรศ ศิริศรชัย

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2541

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 33512
วัน, เดือน, ปี 13 ส.ค. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Single Cell Protein from Chemically Pre-treated Groundnut Pod Shells using *Pleurotus ostreatus*

Miss Charunee Siengsawad
Miss Manatsawan Isarangrula na Ayutthaya
Miss Yaowares Sirisornchai

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

1997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากเห็ดนางรม *Pleurotus ostreatus* ซึ่งเลี้ยงโดยเปลือกถั่วที่ผ่านกระบวนการทางเคมี

โดย นางสาวจารุณี เสียงสวัสดิ์
นางสาวมนัสวันท์ อิศรางกูร ณ อยุธยา
นางสาวเยาวเรศ ศิริศรชัย

ภาควิชา ชีววิทยาประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ดุษณี ธนะบริพัฒน์

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... หัวหน้าภาควิชาชีววิทยาประยุกต์
(รศ.ดร.พรรณี ฐิตาภิชิต)

คณะกรรมการโครงงานพิเศษ

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

..... กรรมการ
(อาจารย์ดวงใจ โอชัยกุล)

..... กรรมการ
(รศ.ดร.ดุษณี ธนะบริพัฒน์)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษาที่ 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากเห็ดนางรม *Pleurotus ostreatus* ซึ่งเลี้ยงโดยเปลือกถั่วที่ผ่านกระบวนการทางเคมี

นักศึกษา นางสาวจารุณี เสียงสวัสดิ์
นางสาวมนัสวันท์ อิศรางกูร ณ อยุธยา
นางสาวเยาวเรศ ศิริศรชัย

ภาควิชา ชีววิทยาประยุกต์

บทคัดย่อ

การนำเปลือกถั่วลิสงซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากภาคอุตสาหกรรมมาใช้ในการเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์เพื่อผลิตโปรตีนเซลล์เดียว เป็นการลดปริมาณของเสียจากโรงงานที่มีอยู่จำนวนมาก อีกทั้งยังเป็นการลดต้นทุนของการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวอีกทางหนึ่งด้วย โดยการนำเปลือกถั่วลิสงไปผ่านกระบวนการทางเคมีโดยใช้เปลือกถั่วลิสง 20 กรัม ต่อปริมาณกรดซัลฟิวริก 300 มิลลิลิตร แล้วนำน้ำที่ได้จากกระบวนการดังกล่าวมาทดแทนน้ำตาลกลูโคส และ malt extract ในอาหาร YM ในปริมาณ 1% , 2% และ 3% ปริมาตรต่อปริมาตร เพื่อนำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงเชื้อเห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus*) ภายใต้สภาวะไม่เขย่าเป็นเวลา 15 วัน แล้วนำมาทำการวิเคราะห์หาปริมาณมวลชีวภาพ และปริมาณโปรตีนที่เชื้อผลิตขึ้น พบว่าสูตรอาหารดัดแปลงที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงเส้นใยเห็ดนางรมเพื่อให้ได้ปริมาณสูงสุดคือ สูตรอาหารดัดแปลงสูตรที่ 4 โดยให้ปริมาณมวลชีวภาพเท่ากับ 19.48% สำหรับสูตรอาหารดัดแปลงที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงเชื้อเห็ดนางรมเพื่อให้ได้ปริมาณโปรตีนสูงสุด คือสูตรอาหารดัดแปลงสูตรที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title Single Cell Protien from Chemically Pre-treated Groundnut Pod Shells using *Pleurotus ostreatus*

Name Miss Charunee Siengsawad
Miss Manatsawan Isarangrula na Ayutthaya
Miss Yaowares Sirisornchai

Special Project Advisor Assoc. Prof. Dr.Dusanee Thanaboripat

Department Applied Biology

Academic year 1998

ABSTRACT

Groundnut pod shell , industrial waste , was used as substrate for microbial growth in order to produce single cell protein (SCP) as well as to reduce industrial waste and the cost of SCP production. Twenty grams of groundnut pod shell were chemically pretreated with 300 ml of sulphuric acid . Filtrate from such process was used as substitution to glucose and malt extract in YM medium at the concentrations of 1 , 2 and 3% (v/v) . *Pleurotus ostreatus* was then inoculated into these media and incubated as static culture for 15 days . Biomass and protein content were then analysed . The result showed that modified medium (treatment no.4) was suitable for mycelial growth of *Pleurotus ostreatus* whereas modified medium (treatment no.7) was suitable for highest production of protien.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้ได้จัดทำขึ้นตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพซึ่งสำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ดุษณี ธนะบริพัฒน์ ที่ให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ ในระหว่างการทำโครงงานพิเศษนี้ และได้กรุณาตรวจสอบแก้ไขทางด้านภาษาให้ถูกต้อง ดร.อุ่นเรือน ศิริวานิชกุล ประธานกรรมการและอาจารย์ดวงใจ โอชัยกุล ที่ให้คำแนะนำอย่างดียิ่ง อาจารย์อรไท สุขเจริญ ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านอุปกรณ์เครื่องมือ ผศ.วรารัตน์ เรืองรัตนเมธี ที่ให้คำปรึกษาด้านสถิติ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ทุกท่านที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสารเคมีต่างๆ ที่ใช้สำหรับการทดลอง และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณพี่ ๆ และเพื่อน ๆ ทุกคน ที่ช่วยเหลือและให้กำลังใจ จนโครงงานพิเศษนี้จนเสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยนี้

คณะผู้จัดทำ

มีนาคม 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ	2
1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
2.1 เห็ด	3
2.2 ชีววิทยาของเห็ด	4
2.3 ความต้องการอาหารของเห็ด	7
2.4 สภาพแวดล้อมที่เหมาะต่อการเจริญของเห็ด	8
2.5 คุณค่าทางอาหารของเห็ด	9
2.6 โปรตีนเซลล์เดียว	17
2.7 คุณสมบัติของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิโปรตีนเซลล์เดียว	18
2.8 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต โปรตีนเซลล์เดียว	18
2.9 ประเภทของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิต โปรตีนเซลล์เดียว	21
2.10 คุณค่าทางอาหารของโปรตีนเซลล์เดียว	24
2.11 การยอมรับของผู้บริโภคและความเป็นพิษของโปรตีนเซลล์เดียว	25
2.12 ปัญหาเกี่ยวกับการใช้โปรตีนเซลล์เดียว	25
2.13 การนำเซลล์จุลินทรีย์มาใช้เป็นแหล่งโปรตีน	26
2.14 แนวโน้มการใช้โปรตีนเซลล์เดียวในอนาคต	28
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	29
3.1 เชื้อจุลินทรีย์	29
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.3 การเตรียมเชื้อเห็ด	29
3.4 การเตรียมเปลือกถั่วลิสง	31
3.5 การศึกษาสูตรอาหารดัดแปลงที่เหมาะสมในการเจริญการสร้างเส้นใยและโปรตีนของเห็ด	31
3.6 การวิเคราะห์	32
บทที่ 4 ผลการทดลอง	34
4.1 ผลของอาหารต่อการเพิ่มของปริมาณเส้นใย (น้ำหนักแห้ง)	35
4.2 ผลองอาหารต่อการเพิ่มของปริมานโปรตีน	39
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	45
เอกสารอ้างอิง	47
ภาคผนวก ก	51
ภาคผนวก ข	52
ภาคผนวก ค	53
ภาคผนวก ง	55

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงผลผลิตของเห็ดและมูลค่าของเห็ดชนิดต่าง ๆ ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2524	3
ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณส่วนประกอบต่าง ๆ ของเห็ดกับเนื้อสัตว์	9
ตารางที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณของโปรตีนในเส้นใยและดอกเห็ดกับแหล่งอาหารชนิดต่าง ๆ	11
ตารางที่ 2.4 แสดงคุณค่าทางอาหารของเห็ด	12
ตารางที่ 2.5 แสดงปริมาณกรดอะมิโนในเห็ดแต่ละชนิด	13
ตารางที่ 2.6 แสดงปริมาณของกรดอะมิโนที่จำเป็นในเห็ด	14
ตารางที่ 2.7 แสดงปริมาณของกรดอะมิโนชนิดไม่จำเป็นในเห็ด	15
ตารางที่ 2.8 แสดงปริมาณกรดอะมิโนชนิดจำเป็น (มิลลิกรัม) ในโปรตีน (กรัม) ของเห็ดเทียบกับค่าที่แนะนำของ FAO/WHO Amino Acid and Pattern (1973)	16
ตารางที่ 2.9 แสดงค่า Amino Acid Score ในกรดอะมิโนชนิดจำเป็นของเห็ด	17
ตารางที่ 2.10 แสดงแหล่งอาหารบางชนิดที่ใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว	19
ตารางที่ 2.11 แสดงปริมาณโปรตีนในจุลินทรีย์ต่าง ๆ	21
ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณเส้นใยที่สร้างขึ้นในแต่ละช่วงเวลาในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรต่าง ๆ	35
ตารางที่ 4.2 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนการเพิ่มของน้ำหนักแห้ง (กรัมต่อลิตร)	36
ตารางที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของ treament ต่าง ๆ ด้วย DMRT ที่ 1%	38
ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณโปรตีนที่ผลิตขึ้นในแต่ละช่วงเวลาในสูตรอาหารต่าง ๆ	39
ตารางที่ 4.5 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนการเพิ่มของโปรตีน (กรัมต่อลิตร)	42
ตารางที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของ treatment ต่างๆ ด้วย DMRT ที่ 1%	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะวงจรชีวิตของเห็ดทั่ว ๆ ไป 4

รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะทั่ว ๆ ไปของเห็ด 5

รูปที่ 3.1 เชื้อเห็ดนางรม *Pleurotus ostreatus* 30

รูปที่ 3.2 เปลือกถั่วลิสงอบแห้ง 30

รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการเพิ่มของมวลชีวภาพในแต่ละช่วงเวลา 37

รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการเพิ่มของโปรตีนในแต่ละช่วงเวลา 41

รูปที่ 4.3 แสดงการใช้น้ำตาลรีดิวซ์ของเชื้อเห็ดในแต่ละช่วงเวลา 44

รูปที่ ค-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนกับค่าการดูดกลืนแสง 53

รูปที่ ค-2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์กับค่าการดูดกลืนแสง 54

รูปที่ ง-1 แสดงการเจริญของเส้นใยเห็ดนางรมบนอาหารดัดแปลงกลุ่มทดแทน
น้ำตาลกลูโคสอย่างเดียว 55

รูปที่ ง-2 แสดงการเจริญของเส้นใยเห็ดนางรมบนอาหารดัดแปลงกลุ่มทดแทน
น้ำตาลกลูโคส และ malt extract 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงานพิเศษ

เนื่องจากโปรตีนเป็นสารอาหารที่สำคัญสำหรับร่างกายของสิ่งมีชีวิต ดังนั้นในปีหนึ่ง ๆ จึงต้องมีการบริโภคอาหารที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบจำนวนมาก แต่เนื่องจากในปัจจุบันประชากรมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นและพื้นที่ที่ใช้ในการประกอบอาชีพด้านเกษตรกรรมลดน้อยลง ทำให้ผลผลิตที่เป็นแหล่งโปรตีนลดลง และไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค จึงได้มีการศึกษาเกี่ยวกับ แหล่งโปรตีนชนิดใหม่ๆมากขึ้น โปรตีนเซลล์เดียว (Single Cell Protein : SCP) ซึ่งเป็นโปรตีนที่ได้จากจุลินทรีย์ เช่น สาหร่าย , เห็ดรา , ยีสต์ และแบคทีเรีย (ดวงพร , 2530) ก็เป็นอีกแหล่งหนึ่งที่ได้รับความสนใจอย่างมาก ในการนำมาใช้แก้ปัญหาการขาดแคลนโปรตีน และเนื่องจากเห็ดเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ประกอบด้วยโปรตีน วิตามิน และเกลือแร่หลายชนิดที่จำเป็นต่อร่างกาย ตลอดจนเป็นอาหารที่ย่อยง่าย เหมาะสำหรับบุคคลทั่วไปโดยเฉพาะเด็กและผู้สูงอายุ (รัฐพล , 2538) จึงได้มีการใช้ดอกเห็ดมาแปรรูปเป็นอาหารต่างๆ แต่ผลิตภัณฑ์เหล่านั้นอาจไม่จำเป็นต้องใช้ดอกเห็ด แต่อาจใช้เส้นใยเห็ดซึ่งมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าดอกเห็ดมาบริโภคแทนได้ (Martin and Bailey , 1984)

โครงงานพิเศษนี้จึงมุ่งที่จะศึกษาถึงสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวนของเส้นใยเห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus*) ซึ่งเป็นเชื้อเห็ดที่มีเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายสารจำพวก ลิกโนเซลลูโลสได้ (Burla et. al. , 1992) ดังนั้นในโครงงานพิเศษนี้จึงใช้เปลือกถั่วลิสง ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมาเป็นอาหารที่ใช้เลี้ยงเชื้อเห็ดดังกล่าว จะเห็นได้ว่าการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวโดยใช้เปลือกถั่วลิสงนี้เป็นการนำเอาวัสดุเหลือทิ้งจากการอุตสาหกรรมมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ซึ่งเป็นการช่วยกำจัดของเสียจากโรงงานที่มีจำนวนมากให้น้อยลง อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มรายได้อีกทางหนึ่งให้กับโรงงานอุตสาหกรรมดังกล่าวด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

เพื่อศึกษาชนิดของอาหารที่เหมาะสมของการเลี้ยงเชื้อเห็ดนางรมในเปลือกถั่วลิสงและการสร้างโปรตีนของเชื้อเห็ดนางรม

1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

1. ศึกษาถึงการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากเห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus*) ในรูปเส้นใย
2. ศึกษาถึงปริมาณโปรตีนที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อเห็ดนางรมในอาหารที่ประกอบด้วย เปลือกถั่วลิสงและแร่ธาตุชนิดต่างๆ เปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อ Yeast Malt Extract Medium ในสภาวะไม่เขย่า

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นการเพิ่มคุณค่าอาหารทางด้านโปรตีนให้กับอาหารสัตว์
2. เป็นการนำกากของเสียกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยเป็นการลดปริมาณขยะ และเพิ่มรายได้ให้กับโรงงานอีกทางหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

2.1 เห็ด

เห็ด นับเป็นอาหารรสดีอย่างหนึ่งที่คนท้องถิ่นต่าง ๆ ทั่วโลกต่างก็รู้จักกันและรับประทานเห็ดมาเป็นเวลานานแล้ว และยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูงอีกด้วย เห็ดมีขึ้นอยู่แพร่หลายทั่วไปในโลก แต่ชนิดหรือพันธุ์ของเห็ดก็จะแตกต่างกันออกไปตามสภาพแวดล้อม ปกติเห็ดจะขึ้นในฤดูที่ชุ่มชื้นและมนุษย์เราก็ไปเก็บมารับประทาน เมื่อประชากรเพิ่มมากขึ้นเห็ดจึงเป็นที่ต้องการมากขึ้นตามไปด้วย การรอให้มีเห็ดขึ้นตามฤดูกาลจึงไม่เพียงพอ ประกอบกับสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันไม่เอื้ออำนวย จึงมีการคิดวิธีในการปลูกเห็ดขึ้น และจากการที่ประชากรทั้งโลกกำลังเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน ทำให้แหล่งอาหารที่นำมาบริโภคลดน้อยลงอย่างรวดเร็ว เห็ดจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีผู้ให้ความสนใจในการนำมารับประทานมากยิ่งขึ้น (ปัญญา , 2532)

สำหรับในประเทศไทยมีการผลิตเห็ดมานานแล้ว โดยเฉพาะเห็ดฟางพบว่ามีการผลิตมากที่สุด รองลงมาเป็นเห็ดตระกูลเห็ดนางรม เห็ดหูหนู เป็นต้น ปริมาณของผลผลิตเห็ดแต่ละชนิดได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.1 (ยุกติ , 2526)

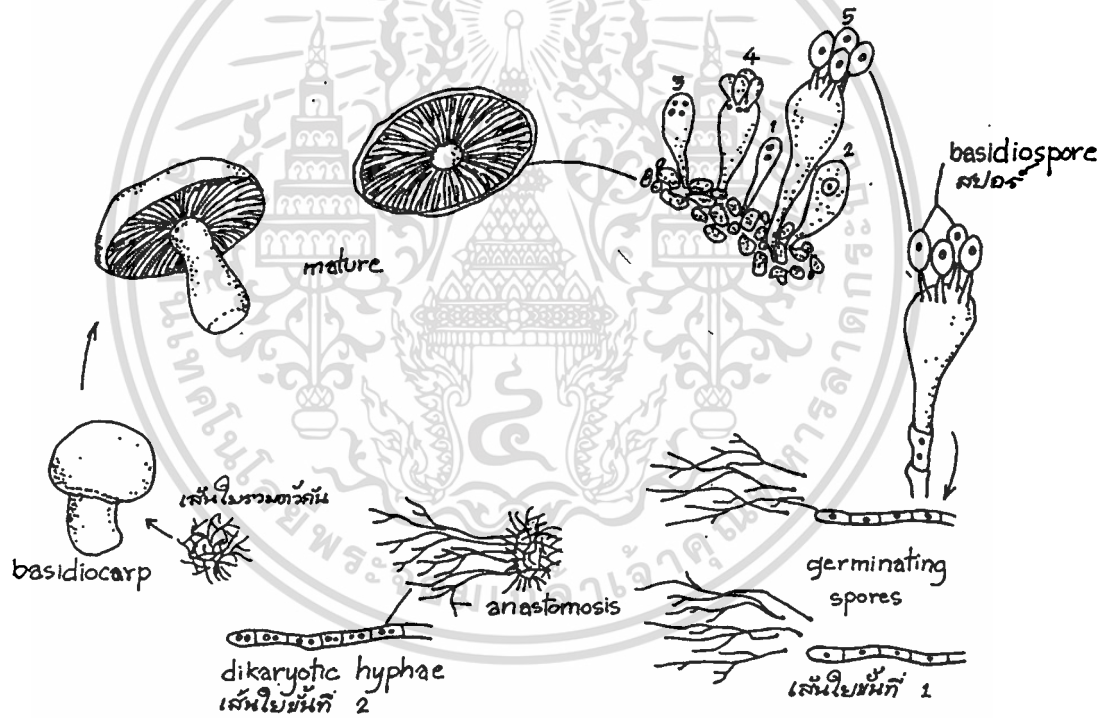
ตารางที่ 2.1 แสดงผลผลิตของเห็ดและมูลค่าของเห็ดชนิดต่าง ๆ ในประเทศไทยปี พ.ศ. 2524

ชนิดของเห็ด	จำนวนผลิต (ตัน)	มูลค่าเห็ด (ล้านบาท)
เห็ดฟาง	60,000	900.00
เห็ดนางรม นางฟ้า เป๋าฮื้อ	5,760	115.20
เห็ดหูหนูสด	3,888	69.98
เห็ดหูหนูแห้ง	12	2.16
เห็ดแชมปิญอง	300	7.20
รวม	69,960	1,094.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ชีววิทยาของเห็ด

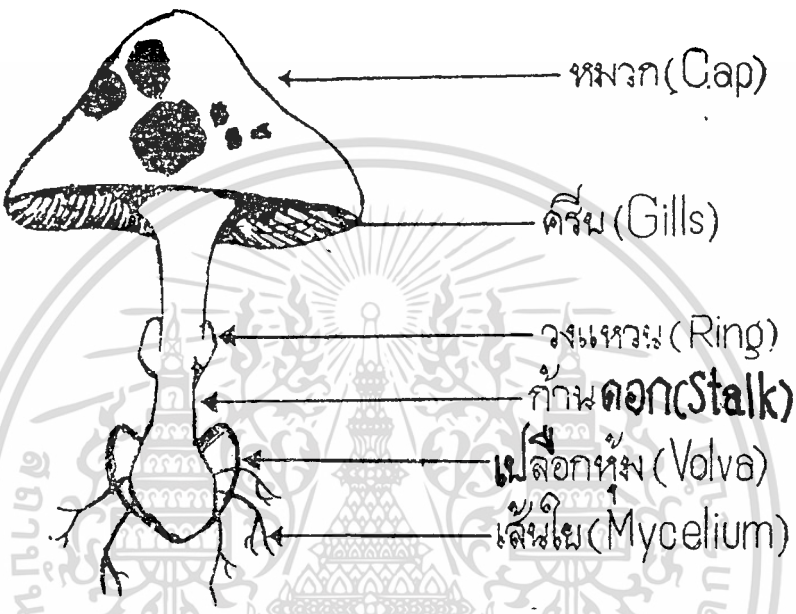
เห็ดจัดอยู่ใน Kingdom Fungi จัดเป็นพืชชั้นต่ำที่ไม่มีคลอโรฟิลล์ ดังนั้นเห็ดจึงไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ มีการเจริญเติบโตในลักษณะเป็นเส้นใย ส่วนใหญ่จะพบในรูปดอกเห็ดเกิดจากเส้นใยของเห็ดซึ่งอัดรวมตัวกันแน่น รูปร่างของดอกเห็ดมีหลายลักษณะต่างกันออกไป เช่น คล้ายร่ม บางชนิดเป็นแผ่นหยุ่นตัวคล้ายวุ้น บางชนิดมีลักษณะกลม การสืบพันธุ์ของเห็ดส่วนใหญ่ใช้วิธีการสร้างสปอร์ ซึ่งสปอร์ของเห็ดเปรียบเสมือนเมล็ดพืช ซึ่งสามารถเจริญเติบโตเป็นต้นพืชได้ สปอร์ของเห็ดจะเจริญเป็นเส้นใยจนกระทั่งเป็นดอกเห็ด ลักษณะวงจรชีวิตของเห็ดทั่ว ๆ ไปดังรูปที่ 2.1 (วีรศักดิ์ , 2527)



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะวงจรชีวิตของเห็ดทั่ว ๆ ไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เห็ดประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ เช่น หมวกเห็ด(cap) ครีบ(gills) ก้านดอก(stalk) กลุ่มเส้นใย (mycelium) สำหรับวงแหวน(ring) และเปลือกหุ้ม(volva) นั้นจะมีอยู่ในเห็ดบางชนิดเท่านั้น ลักษณะทั่วไปของเห็ด ดังรูปที่ 2.2 (อนงค์ , 2520)



รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะทั่ว ๆ ไปของเห็ด

เห็ดเกือบทุกชนิดจัดอยู่ใน class Basidiomycetes เรียกทั่วๆไปว่า Club Fungi ถือว่าเป็นเชื้อราที่มีวิวัฒนาการสูงสุด ลักษณะสำคัญของเชื้อราในกลุ่มนี้ได้แก่ (กลุ่มบัณฑิตเกษตรก้าวหน้า , 2538)

1. เส้นใยมีผนังกั้น (Septate hypha)
2. เส้นใยเห็ดแข็งแรง และมักพบข้อยึดระหว่างเส้นใย (Clamp Connection) มากกว่าเชื้อราชนิดอื่น ๆ
3. การสร้างสปอร์ส่วนใหญ่เป็นแบบมีเพศ (Sexual spore) ส่วนการสร้างสปอร์แบบไม่มีเพศมีน้อยมาก
4. สปอร์แบบมีเพศเรียกว่า เบซิดิโอสปอร์(Basidiospore) โดยสปอร์จะถูกสร้างบนผิวของอวัยวะรูปถ้วย(Basidium) ตามปกติในแต่ละ Basidium จะมี Basidiospore จำนวน 4 สปอร์
5. เส้นใยของเชื้อราในกลุ่มนี้จะเป็นแบบ Binucleate Mycelium โดยที่แต่ละเซลล์จะมีนิวเคลียส 2 อัน
6. เชื้อราพวกนี้ดำรงชีวิตแบบ Saprophyte คือสามารถเจริญได้บนสิ่งไม่มีชีวิต และFacultative Parasite คือสามารถเจริญได้ทั้งบนสิ่งมีชีวิต และสิ่งไม่มีชีวิต

เห็ดนางรม เป็นเห็ดชนิดหนึ่งที่นิยมบริโภคกันมาก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Pleurotus ostreatus* (Fr.) kummor มีชื่อเรียกทั่วไปว่า เห็ดนางรม หรือ Oyster mushroom เห็ดนางรมจัดจำแนกตามAlexopoulos (1996) ได้ดังนี้

Class	Basidiomycetes
Subclass	Holobasidiomycetidae
Order	Agaricales
Family	Tricholomataceae
Genus	*Pleurotus*
Species	*ostreatus*

ลักษณะของเห็ดนางรม : มีลักษณะคล้ายเห็ดมะม่วง หรือเห็ดขอนขาว (วิฑูรย์ , 2527) หมวกเห็ด (cap) หรือ pileus มีลักษณะคล้ายเปลือกหอยนางรม มีลักษณะแบนราบ กลางหมวกเห็ดมีลักษณะเว้าเป็นแอ่ง มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5-15 เซนติเมตร อาจมีสีขาว หรือสีเทาก็ได้ และลักษณะของหมวกเห็ดจะเป็นเนื้อเดียวกับก้านดอกเห็ด ก้านดอก (stalk) ค่อนข้างสั้นชูขึ้นไปในอากาศ และเจริญเข้าหาแสง ครีบของดอกเห็ด (gills) มีลักษณะเป็นแผ่นบางๆสีขาว สีเทา ที่บริเวณครีบเป็นแหล่งสร้างสปอร์ สปอร์เห็ดนางรมมีรูปไข่ ไม่มีสี แต่เมื่ออยู่รวมกันเป็นกระจุกจะมองเห็นเป็นสีขาวขนาด 8-12 ไมโครเมตร × 3-4 ไมโครเมตร (ดีพร้อม , 2525) ดอกเห็ดจะกว้างประมาณ 3-6 หรือ 8 นิ้ว สูงประมาณ 6 นิ้ว (ปัญญา , 2532)

ธรรมชาติของเห็ดนางรม : มีน้ำย่อยใช้ย่อยสารประกอบซับซ้อนโมเลกุลใหญ่ๆจำพวกเซลลูโลสและลิกนินได้เป็นอย่างดี บางครั้งพบว่าเป็นปรสิตอย่างอ่อน (weak parasite) คือกินต้นไม้เป็นๆได้ ครั้นพอตายลงแล้วเห็ดก็ยังคงกินไม้ที่ตายแล้วต่อไปได้อีก เช่นไม้พวกเอล์ม (elm) เบิร์ช (birch) พวกไม้เมเปิล (maple) และฮอล-เชสนัส (hol-shellnut) (Alexopulos , 1996)

วงจรชีวิตของเห็ดนางรมเป็นไปตามแบบของเห็ดทำลายไม้ทั่วๆไป คือในกรณีสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม เห็ดนางรมสามารถมีชีวิตอยู่ได้โดยการสร้างคลามัยโดสปอร์ (Chlamydospore) อยู่ตามตอไม้ เมื่ออากาศชุ่มชื้นและสภาพแวดล้อมเหมาะสมเห็ดนางรมก็จะงอกเส้นใยออกมา จากนั้นเส้นใยก็จะพัฒนาไปเป็นดอกและมีการสร้างสปอร์แพร่พันธุ์ต่อไป และเห็ดนางรมยังสามารถเติบโตบนท่อนไม้ได้อย่างดี มีลักษณะเป็นชั้นคล้ายหิ้ง (ดีพร้อม , 2525)

เห็ดนางรมจะเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมที่เป็นกรดเล็กน้อยหรือมีพีเอช 5.0-5.2 อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดประมาณ 30-32 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่เหมาะต่อการออกดอกหรือสร้างดอกประมาณ 25 องศาเซลเซียส เส้นใยมีสีขาว มีความสามารถในการเจริญเติบโตและมีการเชื่อมต่อของเส้นใยได้เร็วมาก ใช้น้ำตาลเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตดีกว่าพวกพอลีแซ็กคาไรด์หรืออาหารที่มีโมเลกุลซับซ้อน (ปัญญา , 2532)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ความต้องการอาหารของเห็ด

จากที่กล่าวมาแล้วว่าเห็ดเป็นเชื้อราชนิดหนึ่งซึ่งเป็นพืชชั้นต่ำที่ไม่มีสีเขียว จึงไม่สามารถสังเคราะห์แสงเองได้แบบพืชสีเขียว แต่ได้รับอาหารและพลังงานจากสารอนินทรีย์และสารอินทรีย์โดยกระบวนการย่อยที่ค่อนข้างซับซ้อน ในทางวิทยาศาสตร์เรียกว่าเป็น เฮทเทอโรโทรฟ (heterotroph) (ดีพร้อม , 2525) แหล่งคาร์บอนและพลังงานที่เห็ดสามารถนำไปใช้ได้มีดังต่อไปนี้ (ปัญญา , 2532)

2.3.1 แหล่งอาหารคาร์บอน

ตามปกติเห็ดต้องการอาหารประเภทคาร์บอนเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต โดยเฉพาะเกี่ยวกับการสร้างเซลล์ที่เป็นโครงสร้างของเห็ด และเป็นแหล่งที่ให้พลังงานแก่เห็ด แหล่งอาหารประเภทคาร์บอนได้แก่ น้ำตาลต่าง ๆ เช่น กลูโคส (Glucose) ไซโลส (Xylose) อะราบิโนส (Arabinose) และฟรักโทส (Fructose) ซึ่งจัดเป็นอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก ๆ แต่ในวัสดุที่ใช้ในการเพาะเห็ดอาจจะมีคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ๆ ประกอบอยู่ด้วย ได้แก่ เซลลูโลส (Cellulose) และเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ซึ่งเห็ดบางชนิดเท่านั้นที่สามารถย่อยสารประกอบที่มีโครงสร้างซับซ้อนเหล่านี้ได้ โดยเห็ดที่มีคุณสมบัตินี้จะปล่อยน้ำย่อยหรือเอ็นไซม์ออกมาภายนอกเส้นใย เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ ๆ ให้เล็กลงจนสามารถละลายน้ำแล้วซึมเข้าไปภายในเซลล์เพื่อให้เกิดการย่อยภายในเซลล์ต่อไป

2.3.2 แหล่งอาหารไนโตรเจน

เห็ดต้องการอาหารประเภทไนโตรเจน เพื่อนำไปใช้ในการสังเคราะห์โปรตีน แหล่งอาหารประเภทไนโตรเจน ได้แก่ ยูเรีย เกลือแอมโมเนีย กรดอะมิโนต่าง ๆ เช่น แอสพาราจีน (asparagine) , อะลานีน (alanine) และไกลซีน (glycine) ซึ่งเป็นแหล่งของไนโตรเจนที่ดี

2.3.3 แหล่งอาหารประเภทธาตุอาหาร

ในการเพาะเห็ดจำเป็นต้องเพิ่มธาตุอาหารหลัก เข้าไปในอาหารที่ใช้เลี้ยงเชื้อเห็ดเพื่อที่เห็ดจะสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโต โดยเฉพาะอย่างยิ่งนำไปใช้ในการเจริญของเส้นใย ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ แคลเซียม (Ca) , ฟอสฟอรัส (P) , โพแทสเซียม (K) , แมกนีเซียม (Mg) และซัลเฟอร์ (S) แม้ว่าเห็ดจะต้องการธาตุอาหารหลักไม่มากนักก็ตาม แต่ธาตุอาหารเหล่านี้ก็มีส่วนทำให้กระบวนการทางสรีรวิทยา และการเจริญเติบโตของเห็ดเป็นไปตามปกติ นอกจากนี้ธาตุอาหารรอง ก็มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของเห็ด ได้แก่ เหล็ก (Fe) , สังกะสี (Zn) , แมงกานีส (Mn) , ทองแดง (Cu) และ
โมลิบดินัม (Mo) ธาตุอาหารรองเหล่านี้เห็ดต้องการใช้ในบางระยะของการเจริญเติบโต

2.3.4 แหล่งอาหารประเภทวิตามิน

จากการศึกษาบทบาทของวิตามินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดที่สำคัญ เช่น ไบโอติน (Biotin) และไทอามีน (Thiamine) ซึ่งช่วยให้เส้นใยของเห็ดแชมปิญองเจริญเติบโตได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 แหล่งอาหารประเภทกระตุ้นการเจริญเติบโต

จากการศึกษาพบว่าสารที่มีผลต่อการกระตุ้นหรือเร่งการเจริญเติบโตของเห็ดมีหลายชนิด เช่น อินโดลแอซีติกแอซิด (Indole acetic acid , IAA) , สารประกอบเอสเทอร์ (ester) จากกรดไขมันเช่น กรดโอเลอิก (oleic acid) และ กรดไลโนเลอิก (linoleic acid) และยังมีกรดอะมิโนหลายชนิด ได้แก่ เฟนิลอะลานีน (Phenylalanine), เมทไทโอนีน (Methionine) และโปรลีน (Proline)

2.4 สภาพแวดล้อมที่เหมาะต่อการเจริญของเห็ด

สภาพแวดล้อมนับเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเส้นใย และการเกิดดอกเห็ด ดังนั้นการเพาะเห็ดถ้าต้องการจะให้เห็ดมีผลผลิตสูง ต้องปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดแต่ละชนิด ดังนี้ (บุญทา , 2526)

2.4.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง

ความเป็นกรดเป็นด่างนับว่ามีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยและการพัฒนาไปเป็นดอกเห็ด ตามปกติเห็ดเป็นเชื้อราที่มีความทนทานต่อสภาพความเป็นกรดได้ดีกว่าเชื้อแบคทีเรียโดยทั่วไป แต่สภาพพีเอชที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ด ควรอยู่ในสภาพที่เป็นกลาง หรือมีพีเอชใกล้เคียงกับ 7 ในสภาพอาหารที่เป็นกรด เห็ดจะสามารถที่จะเจริญเติบโตต่อไปได้ แต่เป็นการเจริญเติบโตเฉพาะเส้นใยเท่านั้น และอาจมีการสร้างออยเดีย (oidia) ซึ่งเป็นสปอร์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตแบบอาศัยเพศ ความเป็นกรดเป็นด่างของอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน เช่น เห็ดหอม เห็ดนางรม เห็ดฟาง และเห็ดหูหนู ซึ่งการเจริญเติบโตของเส้นใยจะอยู่ในช่วงระหว่าง 3.0-6.0, 5.5-6.5, 7.0, 6.5-7.5 ตามลำดับ

2.4.2 อากาศ

เห็ดต้องการก๊าซออกซิเจนในการเจริญเติบโต ทั้งในระยะเส้นใยและระยะการพัฒนาไปเป็นดอกตามปกติแล้วในระยะของการเจริญเติบโตของเส้นใย เห็ดจะมีความทนทานต่อการขาดออกซิเจนได้ดีกว่าในระยะของการเกิดดอกเห็ด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเห็ดชนิดต่าง ๆ ด้วย

2.4.3 อุณหภูมิ

สภาพของอุณหภูมินับว่าเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของเส้นใย และดอกเห็ด ตามปกติอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสร้างเส้นใยและในช่วงของการเกิดดอกเห็ดแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติเดิมของเห็ดชนิดนั้น ๆ อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของเส้นใยจะสูงกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเกิดดอกเห็ดเล็กน้อยประมาณ 3-4 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 ความชื้น

เห็ดเมื่อเปรียบเทียบกับจุลินทรีย์ทั่ว ๆ ไปจะสามารถเลี้ยงในสภาพที่มีความชื้นต่ำได้ดีกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ แต่ต้องระวังไม่ให้ความชื้นมากเกินไปซึ่งจะทำให้เส้นใยชะงักการเจริญได้และทำให้จุลินทรีย์ชนิดอื่นเกิดขึ้นแทน ถ้าสภาพแวดล้อมแห้งเกินไปก็จะขาดน้ำ ตลอดจนสารที่เป็นอาหารต่าง ๆไม่สามารถละลายได้ การสูญเสียน้ำจากเส้นใยเห็ดจะส่งผลต่อการเจริญของเส้นใย ทำให้เส้นใยไม่สามารถเจริญได้ การเจริญเป็นดอกเห็ดจะต้องการความชื้นมากกว่าการเจริญเป็นเส้นใย ซึ่งในดอกเห็ดนั้นจะมีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่มากถึง 99 %

2.4.5 แสง

จากการที่เห็ดจัดเป็นเชื้อราที่ไม่มีคลอโรฟิลล์ ที่จะช่วยในการสังเคราะห์แสงเหมือนกับพืชทั่ว ๆ ไป เห็ดจึงไม่จำเป็นต้องอาศัยแสงในการสังเคราะห์แสง โดยเฉพาะในระยะการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดไม่จำเป็นต้องอาศัยแสงเลย ถ้าแสงมากเกินไปอาจมีผลไปชะงักการเจริญเติบโตของเส้นใยได้ แต่แสงมีผลในการกระตุ้นให้เส้นใยของเห็ดรวมตัวกัน และพัฒนาไปเป็นดอกเห็ดที่สมบูรณ์ต่อไป ซึ่งความสำคัญของแสงที่มีผลต่อการเจริญของเส้นใยและการเกิดดอกเห็ดนั้นจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดของเห็ดต่าง ๆ

2.5 คุณค่าทางอาหารของเห็ด

เห็ดมีคุณค่าทางอาหารสูง ประกอบไปด้วย โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน และเกลือแร่หลายชนิดที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ตารางที่ 2.2 (Smith , 1996) เปรียบเทียบส่วนประกอบต่าง ๆ ของเห็ดกับเนื้อสัตว์ ซึ่งจะเห็นว่าเห็ดเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่งนอกจากจะได้จากเนื้อสัตว์ต่าง ๆ แล้ว เนื่องจากมีปริมาณน้อยกว่าเล็กน้อยเท่านั้น และยังให้ไขมันน้อยกว่าอีกด้วยนอกจากนี้ยังให้คาร์โบไฮเดรต และไฟเบอร์ซึ่งมีน้อยหรือไม่มีเลยในเนื้อสัตว์

ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณส่วนประกอบต่าง ๆ ของเห็ดกับเนื้อสัตว์

ส่วนประกอบ	เห็ด	เนื้อสัตว์
โปรตีน	47	68
ไขมัน	14	30
ไฟเบอร์	25	น้อยมาก
คาร์โบไฮเดรต	10	0
เถ้า	3	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบริโภคเห็ดโดยมากจะใช้ในรูปดอกเห็ด แต่เส้นใยเห็ดก็มีคุณค่าทางอาหารเช่นกัน จากการวิเคราะห์โดย Chaien และคณะ (1989) พบว่าเส้นใยเห็ดหอมมีธาตุอาหารมากกว่าส่วนของดอกเห็ด และสามารถนำธาตุอาหารนั้นมาใช้ได้ดีกว่าจากดอกเห็ด Tseng และคณะ (1984) พบว่าเส้นใยเห็ดหมื่นปีประกอบด้วย โปรตีน 8.3% คาร์โบไฮเดรต 7.5% ไขมัน 4.6% ขี้เถ้า 3.9% และสเตอรอล 0.3% ส่วนเส้นใยเห็ดกระดุม (*Agaricus campestris*) พบว่าเส้นใยมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าดอกเห็ด (Martin and Bailey , 1984)

จากการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในเห็ด พบว่าเส้นใยเห็ดและดอกเห็ดหมื่นปีมีปริมาณโปรตีน 17.8% และ 17.30% ตามลำดับ ส่วนเส้นใยเห็ดและดอกเห็ดฟางมีปริมาณโปรตีน 22.90% และ 30.50% ตามลำดับ โปรตีนจากเห็ดนับว่ามีศักยภาพในการใช้เป็นอาหารทดแทนโปรตีนจากสัตว์ โดยเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนในเส้นใย และดอกเห็ด 2 ชนิด กับแหล่งอาหารชนิดต่าง ๆ พบว่าเห็ดมีปริมาณโปรตีนสูงกว่า งา เมล็ดทานตะวัน ถั่วลิสง ข้าวซ้อมมือ นมถั่วเหลือง ข้าวโพด น้ำนมวัว มันฝรั่ง ฟักทอง แครอท กล้วยน้ำว้า และมะละกอดังตารางที่ 2.3 (Kiran and Jandaik , 1988)

นอกจากนี้เห็ดยังมีกรดอะมิโนเป็นส่วนประกอบมากกว่า 20 ชนิด ในปริมาณที่แตกต่างกัน กรดอะมิโนเหล่านี้มีอยู่ 9 ชนิดที่มีความสำคัญต่อร่างกาย และร่างกายของมนุษย์ไม่สามารถสร้างขึ้นได้ ได้แก่ ไลซีน (lysine) เมทไทโอนีน (methionine) ทริบโทเฟน (tryptophane) ทรีโอนีน (threonine) วาลีน (valine) ลูซีน (leucine) ไอโซลูซีน (isoleucine) ซิสทีน (cystine) และเฟนนิลอะลานีน (phenylalanine) กรดอะมิโนเหล่านี้มีความสำคัญต่อการสร้างโปรตีนในร่างกายมนุษย์ ตามปกติแล้วโปรตีนที่ได้จากเนื้อสัตว์จะมีปริมาณสูงกว่าพืช ในเมล็ดพืชจะมีกรดอะมิโนพวกไลซีน ในปริมาณที่น้อยมาก ส่วนในพืชตระกูลถั่วมักจะขาดกรดอะมิโนพวกเมทไทโอนีน และทริบโทเฟน แต่ในเห็ดจะมีกรดอะมิโนที่สำคัญต่อร่างกายมนุษย์ครบทั้ง 9 ชนิด (Krause , 1979) นอกจากนี้เห็ดยังมีวิตามินและ แร่ธาตุที่มีคุณค่าทางอาหารอีกหลายอย่าง เช่น ฟอสฟอรัส เหล็ก ไทอะมีน (thiamine , B_4) ริโบฟลาวิน (Riboflavin , B_2) และ ไนอาซีน (niacine) เห็ดจัดเป็นอาหารที่มีปริมาณของแคลอรี คาร์โบไฮเดรต และแคลเซี่ยมต่ำ แต่มีปริมาณวิตามินซี (ascorbic acid) สูงในเห็ดสกุล *Agaricus* (เห็ดแชมปิญอง) และมีวิตามินดี (ergosterine) สูงในเห็ดสกุล *Lentinus* (เห็ดหอม) และเห็ดสกุล *Volvariella* (เห็ดฟาง) ส่วนปริมาณโปรตีนและคุณค่าทางอาหารของเห็ดแต่ละชนิด จะแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2.4 และตารางที่ 2.5 (ปัญญา , 2532)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณของโปรตีนในเส้นใย และดอกเห็ดกับแหล่งอาหารชนิดต่าง ๆ

แหล่งอาหาร	(%)โปรตีน (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)
เห็ดฟาง	
-เส้นใย	30.50
-ดอกเห็ด	22.90
เห็ดหมื่นปี	
-เส้นใย	17.80
-ดอกเห็ด	17.30
งา	17.20
เมล็ดทานตะวัน	16.70
ถั่วลิสง	15.00
ข้าวซ้อมมือ	7.10
นมถั่วเหลือง	6.20
ข้าวโพด	3.40
น้ำนมวัว	4.90
มันฝรั่ง	2.00
ฟักทอง	1.40
แตรอท	1.30
กล้วยน้ำว้า	1.20
มะละกอ	0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงคุณค่าทางอาหารของเห็ด

คุณค่าทางอาหาร	เห็ดหูหนูชนิดบาง (สด)	เห็ดหอม (สด)	เห็ดฟาง (สด)	เห็ดนางรม (สด)	เห็ดแชมปิญอง (สด)
ความชื้น %	87.1	80.3	90.1	90.8	88.7
โปรตีน หรือ Crude Protein (% ต่อน้ำหนักแห้ง)	7.7	12.7	21.2	30.4	23.9
ไขมัน (% ต่อน้ำหนักแห้ง)	0.8	2.0	10.1	2.2	8.0
คาร์โบไฮเดรต (% ต่อน้ำหนักแห้ง)	87.6	79.6	58.6	57.6	61.1
เถ้า (% ต่อน้ำหนักแห้ง)	3.9	5.7	10.1	9.8	8.0
พลังงาน (กิโลแคลอรีต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม)	347.0	330.0	368.0	345.0	381.0
ไทอามีน (มก. ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	0.2	7.8	1.2	4.8	8.9
ริโบฟลาวิน (มก. ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	0.9	4.9	3.3	4.7	3.7
ไนอาซิน (มก. ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	1.6	54.9	91.9	108.7	42.5
วิตามินซี (มก. ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	nd	0	20.2	0	26.5
แคลเซียม (มก. ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	287.0	98.0	71.0	33.0	71.0
ฟอสฟอรัส (มก. ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	-	476.0	677.0	1348.0	921.0
เหล็ก (มก. ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	47.3	8.5	17.1	15.2	8.8
โซเดียม (มก. ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	nd	61.0	374.0	837.0	106.0
โพแทสเซียม (มก. ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	nd	nd	3455.0	3793.0	2850.0

nd = ไม่ได้วิเคราะห์ (not detected)

ตารางที่ 2.5 แสดงปริมาณกรดอะมิโนในเห็ดแต่ละชนิด

ชนิดของกรดอะมิโน	เห็ดแชมปิญอง *Agaricus bisporus*	เห็ดหอม *Lentinus edodes*	เห็ดนางรม *Pleurotus ostreatus*	เห็ดโคน *Termitomyces microcapus*	เห็ดฟาง *Volvariella diplasia*	เห็ดต้มเค่า *Boletus edulis*
ไอโซลูซีน	200	218	267	286	491	93
ลูซีน	329	348	610	437	321	378
ไลซีน	400	174	287	402	384	611
เมทไทโอนีน	41	87	97	98	80	192
ซิสทีน	47	nd	29	nd	205	1041
เฟนนิลอะลานีน	186	261	233	277	437	331
ไทโรซีน	171	174	189	223	143	388
ทรีโอนีน	243	261	290	330	375	342
ทริปโทเฟน	91	nd	87	nd	98	756
วาลีน	112	261	326	366	607	254
อาร์จีนีน	529	348	334	411	366	823
ฮิสทีดีน	120	87	107	214	187	720
อะลานีน	414	305	403	nd	nd	544
กรดแอสพาติก	400	392	570	nd	nd	544
กรดกลูทามิก	629	1349	1041	nd	nd	803
ไกลซีน	229	218	281	nd	nd	321
โปรลีน	457	218	287	nd	nd	476
ซีลีน	243	261	309	nd	nd	316

nd = ไม่ได้วิเคราะห์ (not detected)

ผลการวิเคราะห์กรดอะมิโนในเส้นใยและดอกเห็ด 2 ชนิด พบว่าเส้นใยเห็ดหมื่นปีมีกรดอะมิโนไอโซลูซีน ลูซีน ไลซีน เมทไทโอนีน ทรีโอนีน ทริปโทเฟน และวาลีนสูงกว่าดอกเห็ด ส่วนในเห็ดฟางพบว่าเส้นใยเห็ดมีปริมาณกรดอะมิโนใกล้เคียงกับดอกเห็ด ตารางที่ 2.6 และ ตารางที่ 2.7 (รัฐพล , 2538) แสดงถึงปริมาณของกรดอะมิโนจำเป็นและไม่จำเป็นที่มีในเส้นใยเห็ด และดอกเห็ด 2 ชนิดตามลำดับ

ตารางที่ 2.6 แสดงปริมาณของกรดอะมิโนที่จำเป็นในเห็ด

Raw Material	Amounts dry wt. (mg/g)								Protein (%)
	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Thr	Trp	Val	
G. lucidum									
Mycelium	5.50	10.10	7.01	1.74	35.03	7.53	2.82	7.32	17.80
Fruitting Body	4.13	7.50	5.04	1.06	53.82	6.98	2.36	5.75	17.30
V. volvacea									
Mycelium	6.17	11.24	9.99	2.27	41.48	8.48	4.34	7.41	22.90
Fruitting Body	9.96	15.60	13.51	2.25	44.06	11.79	5.11	12.18	30.50

Ile : Isoleucine Leu : Leucine Lys : Lysine Met : Methione

Phe : Phenylalanine Thr : Threonine Trp : tryptophan Val : Valine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 แสดงปริมาณของกรดอะมิโนชนิดไม่จำเป็นในเห็ด

Raw Material	Amounts dry wt. (mg/g)									
	Ala	Arg	Asp	Cys	Glu	Gly	His	Pro	Ser	Tyr
G. lucidum										
Mycelium	9.19	7.41	14.00	1.88	16.21	4.07	2.97	7.25	8.43	4.40
Fruitting Body	6.71	5.06	10.71	1.98	11.66	5.86	2.37	4.96	6.13	2.73
V. volvacea										
Mycelium	9.35	9.93	19.63	1.43	21.43	8.76	3.57	7.65	8.94	6.16
Fruitting Body	14.78	10.47	20.08	1.99	43.58	9.65	4.22	10.59	10.99	6.96

Ala : Alanine Arg : Arginine Asp : Aspartic Cys : Cystine Glu : Glutamine
Gly : Glycine His : Histidine Pro : Proline Ser : Serine Tyr : Tyrosine

จากการนำค่ากรดอะมิโนจำเป็นมาคำนวณเป็นมิลลิกรัมของกรดอะมิโนต่อกรัมโปรตีนของเห็ด เปรียบเทียบกับค่าที่แนะนำของ FAO/WHO Amino acid and Pattern (1973) พบว่าเส้นใยเห็ดและดอกเห็ดหมื่นปีกับเห็ดฟางมีปริมาณกรดอะมิโนเฟนนิลอะลานีน + ไทโรซีน และ ทริปโทเฟน สูงกว่าเกณฑ์ของ FAO/WHO ที่กำหนดไว้ ดังตารางที่ 2.8 แสดงให้เห็นว่าโปรตีนนั้นเป็นแหล่งที่ดีของกรดอะมิโนจำเป็น ส่วนค่า Amino Acid Score พบว่าเส้นใยและดอกเห็ดหมื่นปีกับเห็ดฟางมีปริมาณเฟนนิลอะลานีน + ไทโรซีน และทริปโทเฟน เกิน 100 ดังตารางที่ 2.9 แสดงว่าโปรตีนมีกรดอะมิโนในอัตราส่วนที่มากเพียงพอแก่ความต้องการ จากข้อมูลแสดงปริมาณโปรตีนจากเห็ดทั้ง 2 ชนิด แสดงให้เห็นว่ามีศักยภาพเพียงพอที่จะนำมาบริโภคเพื่อเป็นอาหารโปรตีน โดยเฉพาะในส่วนที่เป็นเส้นใยเห็ด พบว่ามีแนวโน้มเป็นไปได้ที่จะนำมาบริโภคแทนดอกเห็ด เนื่องจากโปรตีนในเส้นใยมีกรดอะมิโนจำเป็นบางตัวในปริมาณที่สูงกว่าดอกเห็ดและผ่านเกณฑ์ Amino Acid Score นอกจากนี้การใช้เส้นใยเห็ดบริโภคยังช่วยลดระยะเวลาไม่ต้องรอให้เกิดดอกเห็ดด้วย (รัฐพล , 2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 แสดงปริมาณกรดอะมิโนชนิดจำเป็น (มิลลิกรัม) ในโปรตีน (กรัม) ของเห็ด เทียบกับค่าที่แนะนำของ FAO/WHO Amino Acid and Pattern (1973)

Raw material	Ile	Leu	Lys	Met + Cys	Phe + Tyr	Thr	Trp	Val
FAO/WHO Amino Acid (1973) mg/g protein	**40**	**70**	**55**	**35**	**60**	**40**	**10**	**50**
G. lucidum								
Mycelium	30.89	56.74	39.38	20.33	221.50	41.29	15.84	41.12
Fruitting Body	23.87	43.35	29.13	17.56	326.87	40.34	13.64	33.23
V. volvacea								
Mycelium	26.94	49.08	43.62	16.15	208.03	37.03	18.95	32.35
Fruitting Body	32.65	51.14	44.29	13.90	167.27	38.65	16.75	39.93

Ile : Isoleucine Leu : Leucine Lys : Lysine Met : Methione
Phe : Phenylalanine Thr : Threonine Trp : tryptophan Val : Valine
Cys : Cysteine Tyr : Tyrosine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 2.9 แสดงค่า Amino Acid Score ในกรดอะมิโนชนิดจำเป็นของเห็ด

Raw material	Ile	Leu	Lys	Met + Cys	Phe + Tyr	Thr	Trp	Val
G. lucidum								
Mycelium	77.22	81.05	71.60	58.08	369.16	103.22	158.40	82.24
Fruitting Body	59.67	61.92	52.96	50.17	544.78	100.85	136.40	66.46
V. volvacea								
Mycelium	67.35	70.11	79.30	46.14	346.71	92.57	189.50	64.70
Fruitting Body	81.62	73.05	80.52	39.71	278.78	96.62	167.50	79.86

Ile : Isoleucine Leu : Leucine Lys : Lysine Met : Methione
Phe : Phenylalanine Thr : Threonine Trp : tryptophan Val : Valine
Cys : Cysteine Tyr : Tyrosine

นอกจากคุณค่าทางอาหารของเห็ดแล้ว เห็ดหลายชนิดยังมีคุณสมบัติทางยาอีกด้วย ตัวอย่างเช่น เห็ดหลินจือ ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีในประเทศแถบเอเชียและแอฟริกาว่าเป็นยาสมุนไพรที่ให้ผลทางการรักษาสูง โดยการชงเห็ด 3-4 ชิ้นในน้ำร้อน แล้วดื่มเป็นประจำทุกวัน ใช้ระงับการลุกลามของมะเร็ง โดยใช้หลังการผ่าตัดกับสารต่อต้านมะเร็งชนิดอื่น หรือใช้ร่วมกับการฉายรังสี ใช้ระงับโรคตับชนิดเฉียบพลันและเรื้อรัง (Acute and Chronic Hepatitis) ปรับความดันโลหิตสูงให้อยู่ในสภาพปกติ สำหรับเห็ดหูหนูนั้นสามารถลดอาการร้อนใน บำรุงโลหิต สร้างภูมิต้านทานโรคไข้หวัดใหญ่ และโรคหวัด (จารุวรรณ์ , 2538)

2.6 โปรตีนเซลล์เดียว

โปรตีนเป็นสารอาหารที่สำคัญและมีราคาแพงเมื่อเปรียบเทียบกับไขมันหรือ คาร์โบไฮเดรต โดยเฉพาะโปรตีนที่ได้จากเนื้อสัตว์ ส่วนโปรตีนที่ได้จากพืชเช่นถั่วต่าง ๆ ถึงแม้จะมีราคาถูกกว่าเนื้อสัตว์ แต่ปริมาณการผลิตถูกจำกัดลงด้วยขนาดของพื้นที่ ด้วยเหตุดังกล่าวจุลินทรีย์จึงได้รับความสนใจที่จะใช้เป็นแหล่งโปรตีนชนิดใหม่ เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ รา และสาหร่าย เนื่องจากสามารถผลิต จุลินทรีย์ได้มากในระยะเวลาสั้น และใช้พื้นที่ในการผลิตน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะปลูกหรือเลี้ยงสัตว์ โปรตีนจากจุลินทรีย์นี้รู้จักกันในนามของ**โปรตีนเซลล์เดียว** (Single Cell Protein)

33512

การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวเป็นกระบวนการผลิตทางเทคโนโลยีชีวภาพซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาการขาดแคลนโปรตีนของโลกด้วยโดยอาจนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารโดยตรงสำหรับมนุษย์ อาหารเสริมสำหรับมนุษย์และสัตว์ หรือเป็นอาหารสัตว์ใช้เลี้ยงสัตว์เพื่อเป็นอาหารมนุษย์ (นัยทัศน์ , 2532)

2.7 คุณสมบัติของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว

การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวนั้นชนิดของจุลินทรีย์ที่ใช้มีทั้งแบคทีเรีย ยีสต์ รา และสาหร่าย ซึ่งแต่ละชนิดก็มีข้อเด่นและข้อด้อยแตกต่างกันไป คุณสมบัติของจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว มีดังนี้ (Kosaric , 1972)

1. เจริญได้เร็วในอาหารที่มีราคาถูก และเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นนั้น ๆ
2. เจริญได้ดีในอาหารที่มีองค์ประกอบง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน มีความต้องการวิตามินและปัจจัยที่มีผลต่อการ เจริญต่าง ๆ น้อยหรือไม่ต้องการเลย และให้ผลผลิตสูงเป็นการลดต้นทุนการผลิต
3. คงลักษณะทางพันธุกรรมได้ดี และไม่กลายพันธุ์ง่ายเมื่อเลี้ยงติดต่อกันเป็นเวลานาน
4. มีความต้านทานต่อการปนเปื้อนของจุลินทรีย์อื่น ๆ และใช้กระบวนการหมักอย่างง่าย ๆ ในการเจริญในถังหมัก
5. ทราบคุณสมบัติทางพันธุกรรม สรีรวิทยา และสามารถปรับปรุงพันธุ์ได้
6. ใช้แหล่งพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
7. หลังจากผ่านกระบวนการหมักแล้ว มีวัสดุเหลือทิ้งน้อยหรือไม่มีเลย
8. ไม่เป็นพิษทั้งในระยะสั้นและระยะยาว หรือทำให้เกิดภูมิแพ้ และปลอดภัยต่อการบริโภค
9. มีคุณค่าทางอาหาร ให้ปริมาณโปรตีนสูง โปรตีนที่ได้จะต้องมีกรดอะมิโนที่มีคุณค่า
10. เก็บรักษาได้ง่าย เช่น การทำให้แห้ง และง่ายต่อการขนส่ง
11. ต้นทุนการเพาะเลี้ยงเซลล์และการเก็บเกี่ยวเซลล์ต้องสามารถแข่งขันกับแหล่งอาหารโปรตีน อื่น ๆ ได้

2.8 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว

วัตถุดิบหลายชนิดที่สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวได้ ซึ่งรวมไปถึงของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมและการเกษตรด้วย ตัวอย่างแหล่งอาหารที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวได้แสดงดังตารางที่ 2.10 (ดุษณี , 2537)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 แสดงแหล่งอาหารบางชนิดที่ใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว

ปิโตรเคมี	น้ำมันก๊าซ n-alkane (พาราฟิน) มีเทน
สารเคมี	เมทานอล เอทานอล กรดแอซิติก
คาร์โบไฮเดรต	เซลลูโลส แป้ง ซูโครส กลูโคส
ของเสีย	หางนม เปลือกผลไม้ ชานอ้อย น้ำทิ้งจากโรงงานทำกระดาษ กากน้ำตาล น้ำทิ้ง มูลสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเสียที่สามารถนำมาใช้ผลิตโปรตีนเซลล์เดียว (ดวงพร,2530) ได้แก่

1. กากน้ำตาล ได้จากโรงงานทำน้ำตาล ซึ่งจะเป็นน้ำตาลที่ได้จากอ้อย หรือหัวบีท ขึ้นกับท้องถิ่นส่วนประกอบของกากน้ำตาลจากอ้อยและหัวบีทต่างกันไป

2.น้ำทิ้งจากโรงงานทำกระดาษ

3. น้ำทิ้งจากโรงงานมันฝรั่ง

4.น้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมเนย (whey) มีลักษณะเป็นของเหลวสีเหลือง ประกอบด้วย น้ำตาลแล็กโทส 5 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 1 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.3 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 0.3 เปอร์เซ็นต์

5. น้ำตาลโมเลกุลใหญ่ แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ แป้งและเซลลูโลส โดยวัตถุดิบพวกนี้ต้องผ่านกระบวนการทางเคมี หรือเอนไซม์เพื่อย่อยให้เป็นน้ำตาลก่อน หลังจากนั้นจึงนำไปเลี้ยงจุลินทรีย์

6. เมล็ดธัญพืช โดยทั่วไปจะมีแป้งเป็นส่วนใหญ่ โปรตีนมีเพียงเล็กน้อยและมักขาดกรดอะมิโนจำเป็น เช่นข้าวสาลี ขาดไลซีน และทริปโทเฟน พืชตระกูลถั่ว ขาดเมทไทโอนีน ไลซีน และทริปโทเฟน ดังนั้นการนำมาเป็นวัตถุดิบผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจึงเป็นการเพิ่มคุณค่าทางอาหาร

7. มันสำปะหลัง มีแป้งเป็นส่วนใหญ่ มีโปรตีนเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ในหัวมันสำปะหลัง มันสำปะหลังถูกใช้เป็นอาหารหลักของประชากรแถบบราซิล แอฟริกาตะวันตก และอินโดนีเซีย มีหลายประเทศนิยมใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตโปรตีนเซลล์เดียว เนื่องจากราคาถูก หาง่าย มีทุกฤดูกาล

8. เซลลูโลส เป็นสารอินทรีย์ที่เป็นส่วนประกอบของพืชทุกชนิด ซึ่งเป็นของเหลือใช้จากการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร

ประโยชน์ของการนำของเสียกลับมาใช้เป็นแหล่งอาหารในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว คือ

1. ลดมลภาวะสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ

2. มีราคาถูกและหาง่าย

3. สามารถนำมาเปลี่ยนรูปให้เป็นพลังงานและโปรตีนได้

4. ช่วยลดปัญหาการขาดแคลนโปรตีนของชุมชน

5. สามารถนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาประยุกต์ใช้ในประเทศที่กำลังพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 ประเภทของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว

จุลินทรีย์ที่นำมาใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวมีทั้งแบคทีเรีย ยีสต์ รา และสาหร่าย (ดุษณี 2537) แต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ดังนี้

2.9.1 แบคทีเรีย

แบคทีเรียสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารได้เพราะแบคทีเรียมีอัตราการเจริญที่สูงกว่าจุลินทรีย์กลุ่มอื่นคือ 20 ถึง 30 นาที ขณะที่ยีสต์หรือรามีอัตราการเจริญ 2 - 3 ชั่วโมง และ 4 - 6 ชั่วโมง ตามลำดับ แบคทีเรียยังให้ปริมาณโปรตีนสูงกว่ายีสต์ รา และสาหร่าย แบคทีเรียที่ไม่เป็นเชื้อโรคจะมีปริมาณโปรตีนสูงกว่า 80% ความสามารถของแบคทีเรียในการผลิตโปรตีนเปรียบเทียบกับจุลินทรีย์

อื่น ๆ ได้แสดงในตารางที่ 2.11 (ดวงพร , 2530) ที่สำคัญคือ ในแบคทีเรียจะมีกรดอะมิโนจำเป็นคือ เมไทโอนิน ทริปโทเฟน ซิสทีน ซึ่งไม่พบในเชื้อราและยีสต์ แบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์ที่ง่ายต่อการปรับปรุงพันธุ์เพื่อนำมาใช้ทางอุตสาหกรรม แต่ข้อเสียคือเซลล์มีขนาดเล็กทำให้เก็บเกี่ยวผลได้ยาก

ตารางที่ 2.11 แสดงปริมาณโปรตีนในจุลินทรีย์ต่าง ๆ

จุลินทรีย์	โปรตีน(%)
ยีสต์	45-55
สาหร่าย	47-63
แบคทีเรีย	50-83
รา	31-55

2.9.2 ยีสต์

ยีสต์เป็นโปรตีนเซลล์เดียวที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุด ในบรรดาจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีน และใช้กันมากที่สุดยีสต์ที่นิยมใช้กันแพร่หลาย คือ *Candida utilis* เนื่องจากสามารถเจริญได้เร็ว ใช้น้ำตาลและอาหารได้หลายชนิด ขนาดของเซลล์ใหญ่ จึงเก็บเกี่ยวเซลล์ได้ง่าย และมีปริมาณโปรตีนสูง และอุดมไปด้วยวิตามินบี โคเอนไซม์ เป็นต้น นอกจากนี้ก็มี *Rhodotorula gracillis* , *S. cerevisiae* , *S. carlsbergensis* , *C.tropicalis* , *Trichosporon pullulans* (ดวงพร , 2530) ส่วนยีสต์ที่ใช้ในการบริโภค คือ *Saccharomyces cerevisiae* ยีสต์ยังสามารถใช้ผลพลอยได้ทางการเกษตรหรือ อุตสาหกรรมเป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงานได้ เช่น กากน้ำตาล วัตถุดิบพวกแป้ง หางนม ผลไม้ และน้ำทิ้งจากโรงงานต่าง ๆ เป็นต้น ยีสต์เจริญได้ในวัตถุดิบที่มีพีเอชต่ำ ระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 – 5.5 จึงช่วยลดโอกาสการปนเปื้อนของแบคทีเรีย และลดความต้องการสภาวะปลอดเชื้อ นอกจากนี้ยังเป็นที่ยอมรับว่ามีอัตราการเจริญเร็ว ไม่เป็นเชื้อโรคและรู้คุณสมบัติทางด้านพันธุกรรมและชีวเคมีเป็นอย่างดี แต่มีข้อเสียบางอย่างเช่น มีกรดนิวคลีอิกค่อนข้างสูงประมาณ 12% และปริมาณโปรตีนไม่สูงเท่าแบคทีเรีย

ยีสต์ประกอบด้วยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต 22 - 23% ซึ่งเป็นทรีฮาโลส (Trehalose) 33% กลูแคน (glucan) 27% แมนแนน (manan) 21% และไกลโคเจน (glycogen) ส่วนไขมันโดยทั่วไปมีประมาณ 2 - 3% และเป็นแหล่งวิตามินบีรวมสูงสุดแหล่งหนึ่ง แหล่งโปรตีนจากยีสต์จะมีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกับโปรตีนจากพืช มีกรดอะมิโนจำเป็นเกือบทุกชนิดส่วนใหญ่เป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นสำหรับร่างกายยกเว้น เมทไทโอนีนและซิสทีน และกรดอะมิโนในยีสต์แต่ละชนิดก็แตกต่างกันไป โปรตีนของเซลล์ยีสต์จะมีประมาณ 45 - 55% ของน้ำหนักแห้ง โดยพบว่ายีสต์มีคุณค่าทางโปรตีนเทียบเท่าแหล่งอาหารจากถั่วเหลือง และถ้ามีการเสริมด้วยเมทไทโอนีนจะทำให้คุณค่าทางอาหารที่ได้เทียบเท่ากับปลา (Senez , 1972) นิยมนำยีสต์มาใช้เป็นอาหาร food additives และ เป็นตัวเพิ่มกลิ่นรสในการทำขนมปัง การทำไวน์ และเบียร์

โทปรินา (Toprina) เป็นชื่อทางการค้าของโปรตีนจากยีสต์ที่ผลิตขึ้นเพื่อเป็นแหล่งอาหารสัตว์ โดยบริษัทบีพี (BP) ยีสต์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมคือ *C. utilis* และ *C.tropicalis* ซึ่งเป็นยีสต์ที่สามารถย่อยไฮโดรคาร์บอนได้ โปรตีนจากยีสต์ที่ผลิตและการเป็นหมันในสัตว์ทดลอง ซึ่งผลการทดลองปรากฏว่าไม่เกิดอาการใด ๆ ในสัตว์ที่ทำการทดลอง ยีสต์ชนิดอื่นที่ใช้ในทางการค้า หรือใช้ในการศึกษากันอย่างกว้างขวางในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ *Candida arborea* , *C. pulcherrima* , *C. lipolytica* , *Trichosporon pullulans* , *C. maltosa* และ *C. boidini* (ดุษณี , 2537)

2.9.3 รา

ได้มีการใช้เชื้อราเป็นอาหารมาเป็นเวลานานแล้ว โดยเฉพาะอาหารหมักต่าง ๆ ในแถบเอเชีย เช่น *Aspergillus oryzae* ที่ใช้ในการหมักซีอิ๊ว (Lichfield , 1979) การใช้เชื้อรามาผลิตเป็นโปรตีนเซลล์เดียวดีกว่าการใช้ยีสต์หรือแบคทีเรีย เพราะว่ามีคุณค่าทางอาหารและปริมาณ กรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบของเชื้อรามีปริมาณสูงกว่าโปรตีนเซลล์เดียวจากจุลินทรีย์ อื่น ๆ นอกจากนี้เชื้อรายังสามารถใช้วัตถุดิบได้หลายชนิด รวมทั้งของเสียที่มีเซลลูโลสในปริมาณสูง และเชื้อรายังสามารถเจริญได้หลายรูปแบบ เช่น เจริญในรูปเซลล์เดียว เส้นใย หรือ pellet ซึ่งทำให้การเก็บเกี่ยวเป็นไปได้ง่ายแต่ทำให้เกิดปัญหาในการให้ออกซิเจนแก่เซลล์ (ดวงพร , 2530) ข้อเสียอีกข้อก็คือต้องเสริมด้วยเมทไทโอนีน กรดกลูทามิก วิตามินบี 2 และวิตามินบี 12 ทั้งนี้เพราะส่วนประกอบของกรดอะมิโนในเชื้อราจะมีลักษณะใกล้เคียงกับพวกจุลินทรีย์อื่น ๆ คือมี กรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์ต่ำและเชื้อราจะมีวิตามินบีทุกชนิดในระดับต่ำ ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากเชื้อราเพื่อให้ได้ผลผลิต

สูงจะต้องมีสารอาหารในปริมาณที่พอเหมาะต่อการเจริญ มีปริมาณออกซิเจน แหล่งคาร์บอน รวมทั้งแหล่งไนโตรเจนที่เติมลงไปซึ่งจะอยู่ในรูปของแอมโมเนีย หรือเกลือแอมโมเนียมเป็นส่วนใหญ่ การคัดเลือกเชื้อราในกระบวนการผลิตก็มีความสำคัญเช่นกัน โดยเชื้อราที่ใช้ในกระบวนการหมักจะต้องไม่เป็นพิษ สามารถใช้แหล่งวัตถุดิบต่าง ๆ ได้ดี นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้เชื้อราที่ทนความร้อนสูง จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการหล่อความเย็นให้ถังหมักในระหว่างกระบวนการหมัก และการใช้เชื้อราที่เจริญได้ดีที่พีเอชต่ำ จะช่วยลดการปนเปื้อนของเชื้อโรคและลดขั้นตอนการฆ่าเชื้อให้น้อยลงด้วย

Fusarium graminearum ใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวเพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับมนุษย์ โดยมีชื่อเรียกว่า ไมโคโปรตีน (mycoprotein) เชื้อนี้มีคุณค่าทางอาหารและรสชาติดี มีลักษณะคล้ายเนื้อสัตว์ ไมโคโปรตีนที่ผลิตได้จะนำมาลดปริมาณกรดนิวคลีอิกก่อน ผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารอื่น ๆ ได้ โดยนำมาปรุงแต่งกลิ่นรสและสีเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะคล้ายเนื้อสัตว์และเนื้อปลา นอกจากนี้ยังมีคุณค่าทางอาหารคล้ายเนื้อสัตว์อีกด้วย และไม่มีคอเลสเตอรอล

Paecilomyces varioti เป็นเชื้อราอีกชนิดที่ใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียว ผลิตภัณฑ์ที่ได้เรียกว่า เปกิโลโปรตีน ใช้น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตกระดาษที่กำจัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกแล้วเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ โปรตีนเซลล์เดียวที่ได้นี้จะมีปริมาณโปรตีน 55 - 60% ปริมาณกรดอะมิโนและวิตามินใกล้เคียงกับยีสต์

2.9.4 เห็ด

มีการนำ basidiomycetes ที่กินได้ 2 ชนิดมาเพาะเลี้ยงโดยใช้กากของเสียจากพืชตระกูลส้ม (citrus wates) พบว่าสามารถผลิตเอนไซม์และมวลชีวภาพ ซึ่งประกอบด้วยโปรตีนปริมาณมาก citrus จะเป็นสารตั้งต้นที่สนับสนุนการเจริญและการสังเคราะห์เอนไซม์โดยมีการสังเคราะห์เอนไซม์แลคเคส (Laccase) มากที่สุดในพวก *Panus tigrinus* ,*Pleurotus ostreatus* และ *Lentinus tigrinus* โดยความเข้มข้นของ citrus ที่เหมาะสมคือ 4-6% และพบว่า *L. tigrinus* และ *P. tigrinus* มีปริมาณโปรตีนสูงสุด คือ 18.6-18.8% *Pleurotus* sp. จะมีปริมาณโปรตีนเฉลี่ย 12.5-18.3% โดยปริมาณโปรตีนสูงสุดจะอยู่ในช่วง 14 วันแรกของการเพาะเลี้ยง (Elisashvili , 1992)

2.9.5 สาหร่าย

สาหร่ายจัดเป็นพวกที่ดำรงชีวิตแบบ phototrophic microorganism คือใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งของพลังงานในการรีดิวซ์สารอนินทรีย์ (CO_2) ให้เป็นสารอินทรีย์ ข้อดีของสาหร่ายคือมีปริมาณโปรตีนสูงประมาณ 55% น้ำหนักแห้งและเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพเพาะเลี้ยงได้ทุกฤดูกาล อุดมด้วยวิตามินซีและวิตามินบีรวม ใช้พลังงานแสงอาทิตย์อย่างมีประสิทธิภาพ มีปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาร์โบไฮเดรตและไขมันอยู่ในสัดส่วนที่น่าพอใน สามารถใช้เป็นแหล่งของคาร์บอนในการเจริญต้องการน้ำเล็กน้อย สามารถเจริญได้ในที่แห้งแล้งและเก็บเกี่ยวผลง่าย สำหรับสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว (blue green algae) บางชนิดยังสามารถตรึงไนโตรเจนได้ด้วย ข้อเสียของพวกนี้คือ อัตราการเจริญต่ำกว่าจุลินทรีย์กลุ่มอื่น ๆ และเมื่อนำมาเลี้ยงในถังหมักจะมีปัญหาด้านการให้คาร์บอนไดออก - ไซด์ และแสงแก่เซลล์แต่ละเซลล์ และถ้านำมาเลี้ยงในบ่อเปิดก็อาจเกิดปัญหาการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่มาจากฝุ่นละออง มูลนก ตัวแมลง หรืออาจเกิดการปนเปื้อนของชิ้นส่วนของแมลงอีกด้วย นอกจากนี้คุณภาพของน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายต้องแน่ใจว่าปราศจากเชื้อโรค ยาฆ่าแมลง โลหะหนักที่เป็นพิษหรือการปนเปื้อนจากสารเคมีอื่น ๆ (ดุษณี , 2537)

สาหร่ายที่ได้รับความสนใจใช้เป็นแหล่งอาหารโปรตีนได้แก่ *Chlorella* sp. , *Scenedesmus* sp. , *Spirulina* sp. , *Coelastrum* sp. , *Uronema* sp. , *Dunaliella* sp. โดยเฉพาะ *Spirulina* ได้มีการนำมาเป็นอาหารมนุษย์เป็นเวลานาน ในปัจจุบัน *Spirulina* มีการผลิตเพื่อเป็นการค้าโดยใช้เป็นอาหารเสริมสำหรับมนุษย์ในประเทศ เม็กซิโก ไทย อิสราเอล สหรัฐอเมริกา ไต้หวัน และญี่ปุ่น (Litchfield , 1991)

ในประเทศไทยก็ได้มีการศึกษาถึงการนำ *Spirulina* มาใช้เป็นสารเติมแต่งในอาหารสัตว์อีกด้วย ในประเทศญี่ปุ่นและไต้หวันมีการผลิต *Chlorella* ในรูปผงหรือเม็ด เพื่อใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพ หรือใช้เป็นยา โดยจะนำ *Chlorella* มาสกัดให้ได้ส่วนที่เรียกว่า "Chlorella Growth Factor" และมีการส่งออกไปขายยังประเทศอิสราเอล อิตาลี เม็กซิโก บัลกาเรีย เชคและประเทศอื่น ๆ อีกหลายประเทศ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้เตรียมจากการแยกเซลล์ของสาหร่ายชนิดนี้ออกจากอาหารเลี้ยงเชื้อโดยการหมุนเหวี่ยง และนำมาทำให้เข้มข้นขึ้นโดยใช้การหมุนเหวี่ยงภายใต้สุญญากาศ และนำของเหลวเข้มข้นที่ได้มาทำให้แห้งแข็ง เพื่อให้อยู่ในรูปผง (Soong , 1980) *Dunaliella* เป็นสาหร่ายอีกตัวหนึ่งที่มีผู้ให้ความสนใจและมีการศึกษามานาน เป็นสาหร่ายที่สามารถทนและปรับตัวได้ดีที่ความเข้มข้นของเกลือสูง สามารถให้ผลผลิตที่มีคุณค่าถึง 3 ชนิด คือ กลีเซอรอล เบต้า - คาโรทีน และโปรตีน เชื้อนี้ใช้ใน อุตสาหกรรมอาหารเสริมสุขภาพและอาหารสัตว์ หรือสีผสมอาหารอีกด้วย

2.10 คุณค่าทางอาหารของโปรตีนเซลล์เดียว

โปรตีนเซลล์เดียวถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ เนื่องจากในอาหารสัตว์จะมีส่วนประกอบที่จำเป็นและสำคัญ 3 ชนิด คือ ธัญพืช โปรตีนและเกลือแร่ วิตามิน หรือยา ซึ่งขึ้นอยู่กับ ชนิด อายุ และหน้าที่ของสัตว์ การใช้โปรตีนเซลล์เดียวผสมในอาหารสัตว์ เป็นการเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้กับอาหารสัตว์ เนื่องจากโปรตีนเซลล์เดียวนอกจากจะให้โปรตีนแล้วยังมีกรดอะมิโนครบถ้วนอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และราคาของโปรตีนเซลล์เดียวถือว่าไม่สูงมากเมื่อเทียบกับแหล่งโปรตีนอื่น ๆ เช่น ปลาป่น เนื้อป่น หรือเลือดป่น เป็นต้น

ได้มีการทดลองนำเอาโปรตีนเซลล์เดียวไปใช้เป็นอาหารสัตว์ต่าง ๆ เช่น ไก่ เป็ด วัว สุกร แกะ กระต่าย นกและปลา เช่น ในประเทศญี่ปุ่น ได้มีการทดลองให้อาหารโปรตีนที่ได้จากยีสต์ที่เจริญในไฮโดรคาร์บอน พบว่าอาหารโปรตีนที่ระดับโปรตีน 15 %ไม่เป็นพิษต่อไก่ และไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อไก่ (Duthie , 1975) โดยอัตราส่วนและรูปแบบของโปรตีนเซลล์เดียวที่ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ต้องคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการ ความปลอดภัย และความคุ้มทุนด้วย

สำหรับการนำโปรตีนเซลล์เดียวมาใช้เป็นอาหารสำหรับมนุษย์ โดยรวมแล้วยังมีปัญหาอีกมากปัญหาเหล่านี้เป็นปัญหาที่ยุ่งยากกว่า เมื่อเทียบกับการนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ ปัญหานี้นักวิจัยได้พยายามหาวิธีที่จะเพิ่มความปลอดภัย และทำให้โปรตีนเซลล์เดียวเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป

2.11 การยอมรับของผู้บริโภคและความเป็นพิษของโปรตีนเซลล์เดียว (ดุษณี , 2537)

ปัญหาของการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวอยู่ตรงที่ความปลอดภัย คุณค่าทางอาหารและการยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจากว่าอาหารที่ทำจากโปรตีนเซลล์เดียวนั้น ประกอบด้วยจุลินทรีย์ทั้งหมดและ จุลินทรีย์เหล่านี้ไม่เคยปรากฏว่ามีการใช้หรือมีการยอมรับในรูปอาหารมาก่อน (Beech et. al. , 1985) ก่อนที่จะนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากโปรตีนเซลล์เดียวมาใช้เป็นอาหารมนุษย์ก็ตาม ควรมีการทดสอบเพื่อให้แน่ใจว่าไม่เป็นพิษหรือเป็นอันตรายต่อการบริโภค ซึ่งในการบริโภคสำหรับมนุษย์นั้น ปริมาณกรดนิวคลีอิกที่มีอยู่ในโปรตีนเซลล์เดียวจะมีความสำคัญมากกว่าการใช้เป็นอาหารสัตว์ พบว่าโปรตีนเซลล์เดียวที่ผลิตได้จากเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ที่เจริญใน ale wort หรือกากน้ำตาล *S. uvarum* ที่เลี้ยงใน beer wort *Candida utilis* ที่เจริญในการน้ำตาลหรือน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตกระดาษ และ *Kluyveromyces* ที่เลี้ยงในหางนม เป็นโปรตีนเซลล์เดียวที่ปลอดภัยต่อการบริโภคสำหรับมนุษย์ (Reed , 1982)

2.12 ปัญหาเกี่ยวกับการใช้โปรตีนเซลล์เดียว (ดวงพร , 2530)

2.12.1 ปัญหาด้านการย่อย

พบว่าจุลินทรีย์ที่ใช้เป็นโปรตีนเซลล์เดียว มีการย่อยได้ต่ำ เช่นสาหร่ายจะมีค่าการย่อยได้อยู่ระหว่าง 50 - 75% ของยีสต์อาจสูงถึง 95% ส่วนแบคทีเรีย เช่น*Escherichia coli* , *Acinetobacter calcoaceticus* ย่อยได้ 80% และ *Alcaligenes eutrophus* ย่อยได้ 90% เป็นต้น ซึ่งสาเหตุก็เนื่องจากผนังเซลล์ของจุลินทรีย์นั่นเอง ที่ป้องกันไม่ให้น้ำย่อยของสัตว์เข้าไปย่อยสารภายในเซลล์ได้ แต่ปัญหานี้อาจแก้ไขได้โดยนำมาผ่านกรรมวิธีก่อนโดยการแยกเอาส่วนผนังเซลล์ออกหรือทำให้ผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลล์แตก จะเพิ่มค่าการย่อยได้ ตัวอย่างเช่นทำให้ *Bacillus megaterium* มีการแตกของเซลล์จะเพิ่มค่าการย่อยจาก 56% เป็น 67% ได้การที่เซลล์ของจุลินทรีย์ไม่ถูกย่อย จะทำให้เกิดการหมักในลำไส้ใหญ่ทำให้เกิดอาการท้องร่วง และเกิดสารเอมีนซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพของสัตว์ หรือมนุษย์ได้ หรืออาจใช้วิตามินที่อยู่ในร่างกายของเซลล์เจ้าบ้าน

2.12.2 ปัญหาเรื่องความเป็นพิษ

จากการศึกษาพบว่าการใช้โปรตีนเซลล์เดียวในระดับสูง คือ 200 กรัมต่อวันของสาหร่าย *Chlorella* sp. และ *Scenedesmus* sp. จะทำให้คนที่รับประทานมีอาหารทางระบบทางเดินอาหารเสียคือเป็นตะคริว ท้องร่วงและอาเจียน ส่วนพวกที่มีพิวรินสูงซึ่งจะทำให้ระดับยูเรีย หรือกรดยูริกในเลือดสูงขึ้นจะทำให้เกิดนิ่วในไตได้ และมีความไม่สมดุลของระดับกรดนิวคลีอิก ทำให้เกิดการเสื่อมของเซลล์ตับได้ แต่ก็สามารถลดปริมาณกรดชนิดนี้ลงโดยใช้เทคนิคในการผลิต และอีกปัญหาหนึ่งคือผู้บริโภคมีอาการแพ้ซึ่งเป็นผลจาก immunological sensitivity โดยเฉพาะในเด็กที่เป็นโรคทางเดินอาหาร

2.12.3 ปัญหาที่เกี่ยวกับความน่ารับประทาน

ปัญหานี้ยังสรุปแน่นอนไม่ได้ เพราะขึ้นอยู่กับชนิดของโปรตีนเซลล์เดียวที่ใช้ เช่น ถ้าใช้ *E. coli* ผสมในอาหารโคจะทำให้โคกินอาหารลดลง แต่ถ้าใช้ยีสต์จะดีกว่า การใช้สาหร่ายอาจทำให้อาหารมีกลิ่นหืนเนื่องจากมีไขมันสูงและสีของมันด้วย

2.13 การนำเซลล์จุลินทรีย์มาใช้เป็นแหล่งโปรตีน (ดวงพร , 2530)

ก่อนที่จะนำเซลล์จุลินทรีย์มาใช้เป็นอาหารหรือเป็นส่วนผสมในอาหารของคนหรือสัตว์จะต้องมีการทำลายเซลล์เพราะเซลล์ที่มีชีวิตอยู่รอด จะเพิ่มจำนวนในลำไส้ทำให้มีการหมักเกิดขึ้น เกิดสารพิษพวกเอมีน ตลอดจนใช้วิตามินของเซลล์เจ้าบ้าน การจัดการกับเซลล์จุลินทรีย์โดยทั่วไปคือการทำลายผนังเซลล์ การลดปริมาณกรดนิวคลีอิก การจัดการเกี่ยวกับสีและกลิ่นรส ซึ่งการกระทำดังกล่าวจะทำให้ได้เซลล์ที่มีคุณค่าทางอาหารมากขึ้น มีความปลอดภัยในการปริโภคและมีสีกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับมากขึ้นนั้นเอง

การกำจัดผนังเซลล์บางส่วนหรือทั้งหมด ส่วนมากนิยมใช้สารเคมี เช่นการสลายพันธะไฮโดรเจน หรืออาจใช้เอนไซม์ซึ่งมีราคาแพง จึงต้องค้นหาแหล่งของเอนไซม์ราคาถูกจากจุลินทรีย์ การย่อยตัวเองซึ่งเกิดจาก endoenzyme ได้มีการใช้ในการผลิตยีสต์เป็นการค้ามานานแล้วหรืออาจใช้วิธีการ plasmolysis ต้องใช้เวลา 12 - 24 ชั่วโมงที่ 45 - 50 องศาเซลเซียส พีเอช 6.5 ภายใต้สภาพปราศจากเชื้อได้ผลผลิตประมาณ 50 - 60% หรืออาจทำให้เซลล์แตกโดยวิธีทางกล เช่นการบดด้วย glassbead หรือผงขัด (abrasive) โดยใช้เครื่อง sonic vibration หรือ ultrasonic vibration หรือการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้ cell suspension เย็นจนแข็งที่ -25 องศาเซลเซียสแล้วผ่านแบบแม่พิมพ์ที่มีแรงอัดที่สูง 4000 กิโลกรัมต่อตารางเซ็นติเมตร แต่วิธีที่ง่ายและลงทุนต่ำคือนิยมการนึ่งฆ่าเชื้อใช้กับสาหร่าย และการทำให้แห้งกับแบคทีเรียและยีสต์

การลดปริมาณกรดนิวคลีอิก กรดชนิดนี้จะมีปริมาณมากในเซลล์ที่มีอัตราการเจริญสูง เซลล์จุลินทรีย์โดยทั่วไปจะมีกรดนิวคลีอิกอยู่ระหว่าง 8 - 25 กรัมต่อ 100 กรัมโปรตีน ยกเว้นเชื้อราที่มีปริมาณต่ำกว่าโปรตีนเซลล์เดียวอื่น ๆ แต่ในตับของคนเรามีประมาณ 4 กรัม ในกระเพาะ กรดนิวคลีอิกจากโปรตีนเซลล์เดียวเริ่มแรกจะถูกย่อยโดย pancreatic nuclease ซึ่งนิวคลีโอไทด์จะถูกย่อยเป็น นิวคลีโอไซด์ได้โดย nucleotidases ซึ่งปล่อยจาก intestinal mucous membrane ถ้าร่างกายมนุษย์ได้รับกรดนิวคลีอิกมากเกินไปจะเกิดกรดยูริกมากเกินกว่าที่จะถูกขับโดยไตและอาจสะสมเป็นผลึกตามข้อต่อ และเนื้อเยื่ออ่อนทำให้เกิดโรคเก๊าท์ และเป็นนิ่วในทางเดินปัสสาวะ ดังนั้นจึงต้องมีการลดปริมาณกรดนิวคลีอิกในโปรตีนเซลล์เดียว กรดนิวคลีอิกในจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะเป็นอาร์เอ็นเอ ได้มีการพัฒนาเทคนิคต่าง ๆ เพื่อใช้ในการควบคุมปริมาณอาร์เอ็นเอในโปรตีนเซลล์เดียว เช่น (Sinskey and Batt , 1987)

1. การเปลี่ยนแปลงอัตราการเจริญของจุลินทรีย์ เนื่องจากจุลินทรีย์ที่มีอัตราการเจริญช้า จะมีปริมาณกรดนิวคลีอิกน้อยกว่าจุลินทรีย์ที่มีอัตราการเจริญเร็ว

2. การย่อยกรดนิวคลีอิกโดยใช้สารเคมีหรือเอนไซม์ เพื่อให้ได้สารที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำซึ่งจะสามารถถูกกำจัดออกจากเซลล์โดยการชะล้างได้ การใช้ด่างในการย่อยเป็นวิธีทางเคมีวิธีหนึ่ง

3. การย่อยทางชีววิทยาโดยการใช้เอนไซม์ RNAase ที่อยู่ภายในเซลล์หรือภายนอกเซลล์จุลินทรีย์

4. การใช้กระบวนการทางเคมี คือการใช้กรดหรือด่าง แต่ข้อเสียที่เกิดขึ้นคือ จะทำให้เกิดไลซิโนอะลานีน (lysinoalanine) และผลิตภัณฑ์ที่เป็นพิษอื่นๆแต่การนำเซลล์มาทำให้แตกทางกายภาพ เช่น ในกรณีของยีสต์ *Saccharomyces carlsbergensis* โดยนำเซลล์มาผ่านความร้อนที่ 85 องศาเซลเซียส พีเอช 10.5 เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จะช่วยลดการเกิดไลซิโนอะลานีนให้เหลือเพียง 0.49 กรัมต่อไนโตรเจน 16 กรัม เมื่อเทียบกับการนำเซลล์มาผ่านความร้อนที่ 65 องศาเซลเซียส พีเอช 12.5 เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (ซึ่งจะมีไลซิโนอะลานีน 3.59 กรัมต่อไนโตรเจน 16 กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14 แนวโน้มการใช้โปรตีนเซลล์เดียวในอนาคต

โปรตีนเซลล์เดียวเป็นอาหารที่มีโปรตีนสูงและสามารถเก็บรักษาไว้ได้เป็นเวลานาน การใช้ประโยชน์หลักของโปรตีนเซลล์เดียวคือเป็นอาหารสัตว์ โดยจะเป็นการทดแทนการใช้วัตถุดิบที่มีโปรตีนสูง เช่น อาหารพวกถั่วเหลือง หรืออาหารพวกปลาป่น การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวค่อนข้างเสียค่าใช้จ่ายสูง กระบวนการผลิตส่วนใหญ่ต้องกระทำภายใต้สภาวะปราศจากเชื้อจุลินทรีย์อื่น ๆ อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตต้องนำมาทำความสะอาด และฆ่าเชื้อได้ โปรตีนเซลล์เดียวที่ผลิตได้จะต้องไม่มีการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์อื่น ๆ โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อโรคมนุษย์ นอกเหนือจากการใช้โปรตีนเซลล์เดียวเพื่อเป็นอาหารสัตว์แล้ว การใช้โปรตีนเซลล์เดียวเพื่อเป็นอาหารมนุษย์ก็มีแนวโน้มที่ดี เช่น *Spirulina* ,*Candida utilis* ,*Kluyveromyces fragilis* , *Saccharomyces carlsbergensis* , *S. cerevisiae* และ *Fusarium graminearum* สามารถใช้เป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่สำคัญในอนาคต นอกจากนี้สารที่ได้จากการย่อยสลายของเซลล์เหล่านี้ก็ยังสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารต่าง ๆ ได้ด้วย การที่โปรตีนเซลล์เดียวมีบทบาทสำคัญในวงการอาหารหรือไม่ขึ้นอยู่กับการพัฒนากระบวนการผลิตให้ดีขึ้น โดยอาศัยวิศวกรรมเคมีมาใช้ในการพัฒนากระบวนการหมักทางอุตสาหกรรม การลดต้นทุนการผลิต และการพัฒนาคุณภาพของโปรตีนเซลล์เดียว โดยการปรับปรุงเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิต โดยวิธีทางพันธุวิศวกรรมหรือวิธีดีเอ็นเอเทคโนโลยี ตัวอย่างเช่น การปรับปรุงรหัสพันธุกรรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเอนไซม์นิวคลีเอส (nuclease) ในการลดปริมาณกรดนิวคลีอิกในเซลล์ หรือการปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้เซลล์ผลิตกรดอะมิโนเพิ่มมากขึ้น เป็นต้น ซึ่งในอนาคตอันใกล้นี้เป็นที่คาดว่าผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณค่าสูงที่ได้จากโปรตีนเซลล์เดียว จะมีการนำมาใช้ประโยชน์มากยิ่งขึ้น (ดุษณี , 2537)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 เชื้อจุลินทรีย์

เชื้อเห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus*) จากศูนย์รวบรวมเชื้อพันธุ์เห็ดแห่งประเทศไทย กลุ่มงานจุลชีววิทยาประยุกต์ กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร (รูปที่ 3.1)

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องแก้ว
2. เครื่องกรอง
3. เครื่องวัดค่าพีเอช
4. สเปกโทรโฟโตมิเตอร์(Spectrophotometer)
5. เครื่องชั่งชนิด 4 ตำแหน่ง
6. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
7. หม้อนึ่งความดันไอน้ำ (Autoclave)
8. เดซิกเคเตอร์ (Desiccator)
9. กระทงอะลูมิเนียม
10. กระดาษกรอง
11. Cork borer
12. เปลือกถั่วลิสง

3.3 การเตรียมเชื้อเห็ด

1. นำชิ้นวุ้นที่มีเส้นใยบริสุทธิ์จากขวดเชื้อ เลี้ยงในขวดแบนที่บรรจุ PDA เก็บเป็นเชื้อเริ่มต้น

2. ตัดชิ้นวุ้นจากขวดแบนลงบนจานเพาะเชื้อ เลี้ยงที่ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 วัน

3. ใช้ Cork borer เบอร์ 4 (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร) เจาะบริเวณส่วนปลายของเส้นใยเชื้อเห็ดที่เจริญเป็นโคโลนีบนจานเพาะเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.1 เชื้อเห็ดนางรม *Pleurotus ostreatus*

รูปที่ 3.2 เปลือกถั่วลิสงอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การเตรียมเปลือกถั่วลิสง

1. นำถั่วลิสงมาล้างทำความสะอาดและแยกเอาเมล็ดออก

2. นำเปลือกถั่วที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส จนแห้ง (รูปที่ 3.2)

3. ชั่งเปลือกถั่วลิสง 20 กรัม ใส่ลงในสารละลายกรดซัลฟิวริก 0.5 N ปริมาตร 300 มิลลิลิตร

4. นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

5. ทำการกรอง 2 ครั้ง เพื่อเอาเปลือกออกโดยครั้งแรกกรองด้วยสำลี และครั้งที่สองกรองด้วยกระดาษกรองวัทแมนเบอร์ 1

3.5 การศึกษาสูตรอาหารดัดแปลงที่เหมาะสมในการเจริญ การสร้างเส้นใยและโปรตีนของเห็ด

3.5.1 อาหาร YM สูตรดัดแปลงกลุ่มที่ 1

1. เตรียมอาหาร YM สูตรดัดแปลงกลุ่มที่ 1 โดยใช้น้ำ Treat เปลือกถั่วแทนน้ำตาลกลูโคสที่ความเข้มข้นต่างๆ กันดังนี้คือ ใช้น้ำ treat เปลือกถั่ว 0% , 1% , 2% และ 3% ปริมาตรต่อปริมาตร และ ปรับพีเอชเป็น 5

2. บรรจุอาหาร 50 มิลลิลิตร ลงในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อ

3. ใส่หัวเชื้อเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตรจำนวน 2 ชิ้นต่อฟลาสก์ เลี้ยงที่อุณหภูมิห้อง

4. เก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์หามวลชีวภาพ น้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณโปรตีน

3.5.2 อาหาร YM สูตรดัดแปลงกลุ่มที่2

1. เตรียมอาหาร YM สูตรดัดแปลงกลุ่มที่ 2 โดยใช้น้ำ treat เปลือกถั่วแทนน้ำตาลกลูโคส และ Malt extract ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กันดังนี้ โดยใช้น้ำ treat เปลือกถั่ว 0% , 1% , 2% และ 3% ปริมาตรโดยปริมาตร และ ปรับพีเอชเป็น 5

2. ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 , 3 และ 4 ของอาหาร YM สูตรดัดแปลง ในข้อ3.5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การวิเคราะห์

3.6.1 การหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยใช้ Dinitrosalicylic acid (DNS) (สารเคมีและวิธีการการเตรียมแสดงในภาคผนวก ข)

1. ดูดตัวอย่าง ที่ต้องการหาปริมาณน้ำตาลจำนวน 0.1 - 1.0 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองสำหรับ blank ใช้น้ำกลั่นแทน

2. เติม DNS solution 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

3. ต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 10 นาที ในระหว่างต้มควรใช้ลูกแก้ววางบนปากหลอดทดลอง เพื่อลดการระเหยของน้ำ ลูกแก้วควรมีขนาดใหญ่กว่าปากหลอดพอสมควร เพื่อกันไม่ให้ลูกแก้วตกลงในหลอด

4. ทำให้เย็นโดยเร็ว โดยนำหลอดทดลองมาแช่ในน้ำแข็งที่ละลาย หรือใส่อ่างน้ำที่เปิดให้น้ำไหลตลอดเวลา

5. เติมน้ำ 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปตรวจวัดค่า Absorbance ในเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร และนำค่า OD (optical density) ที่วัดได้ไปเทียบกับ Standard curve

3.6.2 การหาปริมาณ true protein โดย Lowry Method โดยใช้สารเคมีและวิธีการใน A.O.A.C (1990) (สารเคมีและวิธีการเตรียมแสดงในภาคผนวก ข)

1. ทำกราฟมาตราฐานของ true protein ด้วย Bovin Serum Albumin ความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240, 260, 280 และ 300 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ใช้สารละลาย 0.5 มิลลิลิตร เติมสารละลายด่าง alkaline copper solution 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ 10 นาที เติมสารละลาย Folin-Ciocateau reagent 0.25 มิลลิลิตร ผสมสารละลายทิ้งไว้ 30 นาที นำไปวัดค่า OD ด้วยเครื่อง สเปกโทรโฟโทมิเตอร์ ที่ช่วงความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร

2. หาปริมาณ true protein จากส่วนใสของตัวอย่างที่ทำการย่อยด้วย NaOH แล้วโดยใช้สารละลายตัวอย่าง 0.5 มิลลิลิตร (ที่ความเจือจางที่เหมาะสม) และทำการทดลองเช่นเดียวกับ ข้อ 1.

3. ค่า OD ที่ได้นำไปเปรียบเทียบหา true protein จากกราฟมาตรฐานของ Bovin Serum Albumin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3 การหาน้ำหนักแห้งโดย Miller Method (A.O.A.C., 1990)

1. นำกระทงอะลูมิเนียมอบที่ 80 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักแห้งที่แน่นอน (W1)

2. กรองตัวอย่าง ส่วนใสที่ได้นำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบอื่นๆ ส่วนเส้นใยนำไปใส่กระทงอะลูมิเนียมที่อบไว้

3. อบที่ 80 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ประมาณ 24-48 ชั่วโมง

4. นำมาใส่ในเดซิกเคเตอร์ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก (W2)

5. คำนวณหาค่าน้ำหนักแห้งของเซลล์ในอาหาร 50 มิลลิลิตร

$$\text{น้ำหนักแห้ง} = \frac{(W2 - W1) * 1000}{50} \text{ กรัมต่อลิตร}$$

3.6.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำผลข้อมูลน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดนางรมและปริมาณโปรตีนมาทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยใช้วิธี DMRT ที่ 1 % (Cocharan and Cox , 1957)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ผลของอาหารต่อการเพิ่มของปริมาณเส้นใย (น้ำหนักแห้ง)

จากผลทดลองดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 พบว่าสูตรอาหารทุกสูตรมีปริมาณน้ำหนักแห้งสูงสุดในวันที่ 15 โดยสูตรอาหารที่ 1-9 ให้ค่าน้ำหนักแห้งตามลำดับดังนี้ 7.410 , 6.6880 , 7.1460 , 7.2900 , 7.088 , 1.8060 , 3.5280 , 4.7460 และ 1.9300 กรัมต่อลิตร

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณเส้นใยที่สร้างขึ้นในแต่ละช่วงเวลาในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรต่าง ๆ

Treatment	น้ำหนักแห้ง (กรัม/ลิตร)				
	วันที่ 3	วันที่ 6	วันที่ 9	วันที่ 12	วันที่ 15
1.	0.7620	1.2060	2.0880	6.1240	7.4100
2.	0.3660	0.6840	1.1100	5.6020	6.6880
3.	0.3440	0.6880	0.8420	5.4480	7.1460
4.	0.3680	1.5220	4.0840	6.2460	7.2900
5.	0.2300	0.5300	0.7020	4.5840	7.0880
6.	0.2420	0.6900	1.4040	1.6280	1.8060
7.	0.2500	0.8320	1.6660	1.8240	3.5280
8.	0.3040	1.0080	1.8620	4.0900	4.7460
9.	0.2280	0.8440	1.2260	1.4420	1.9300

หมายเหตุ : **treatment ที่ 1** คือ YMปกติ ซึ่งใช้เป็น control

treatment ที่ 2 คือ สูตรอาหารดัดแปลงสูตรที่ 2 ประกอบด้วย yeast extract 3 กรัมต่อลิตร , malt extract 3 กรัมต่อลิตร และ peptone 5 กรัมต่อลิตร

treatment ที่ 3 คือ สูตรอาหารดัดแปลงสูตรที่ 3 ประกอบด้วย yeast extract 3 กรัมต่อลิตร , malt extract 3 กรัมต่อลิตร , peptone 5 กรัมต่อลิตร และน้ำ treat เปลือกถั่ว 1 % (ปริมาตรต่อปริมาตร)

treatment ที่ 4 คือ สูตรอาหารดัดแปลงสูตรที่ 4 ประกอบด้วย yeast extract 3 กรัมต่อลิตร , malt extract 3 กรัมต่อลิตร , peptone 5 กรัมต่อลิตร และน้ำ treat เปลือกถั่ว 2 % (ปริมาตรต่อปริมาตร)

treatment ที่ 5 คือ สูตรอาหารดัดแปลงสูตรที่ 5 ประกอบด้วย yeast extract 3 กรัมต่อลิตร malt extract 3 กรัมต่อลิตร , peptone 5 กรัมต่อลิตร และน้ำ treat เปลือกถั่ว 3 % (ปริมาตรต่อปริมาตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

treatment ที่ 6 คือ สูตรอาหารดัดแปลงสูตรที่ 6 ประกอบด้วย yeast extract 3 กรัมต่อลิตร และ peptone 5 กรัมต่อลิตร

treatment ที่ 7 คือ สูตรอาหารดัดแปลงสูตรที่ 7 ประกอบด้วย yeast extract 3 กรัมต่อลิตร , peptone 5 กรัมต่อลิตร และน้ำ treat เปลือกถั่ว 1 % (ปริมาตรต่อปริมาตร)

treatment ที่ 8 คือ สูตรอาหารดัดแปลงสูตรที่ 8 ประกอบด้วย yeast extract 3 กรัมต่อลิตร , peptone 5 กรัมต่อลิตร และน้ำ treat เปลือกถั่ว 2 % (ปริมาตรต่อปริมาตร)

treatment ที่ 9 คือ สูตรอาหารดัดแปลงสูตรที่ 9 ประกอบด้วย yeast extract 3 กรัมต่อลิตร , peptone 5 กรัมต่อลิตร และน้ำ treat เปลือกถั่ว 3 % (ปริมาตรต่อปริมาตร)

การวิเคราะห์ผลการทดลองใช้การวางแผนการทดลองแบบ Randomized Block Design มีสิ่งทดลอง 9 treatment (อาหาร 9 สูตร) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

H_0 : อาหารแต่ละสูตรมีอิทธิพลต่อการผลิตเส้นใยของเชื้อ *Pleurotus ostreatus* ไม่แตกต่างกัน

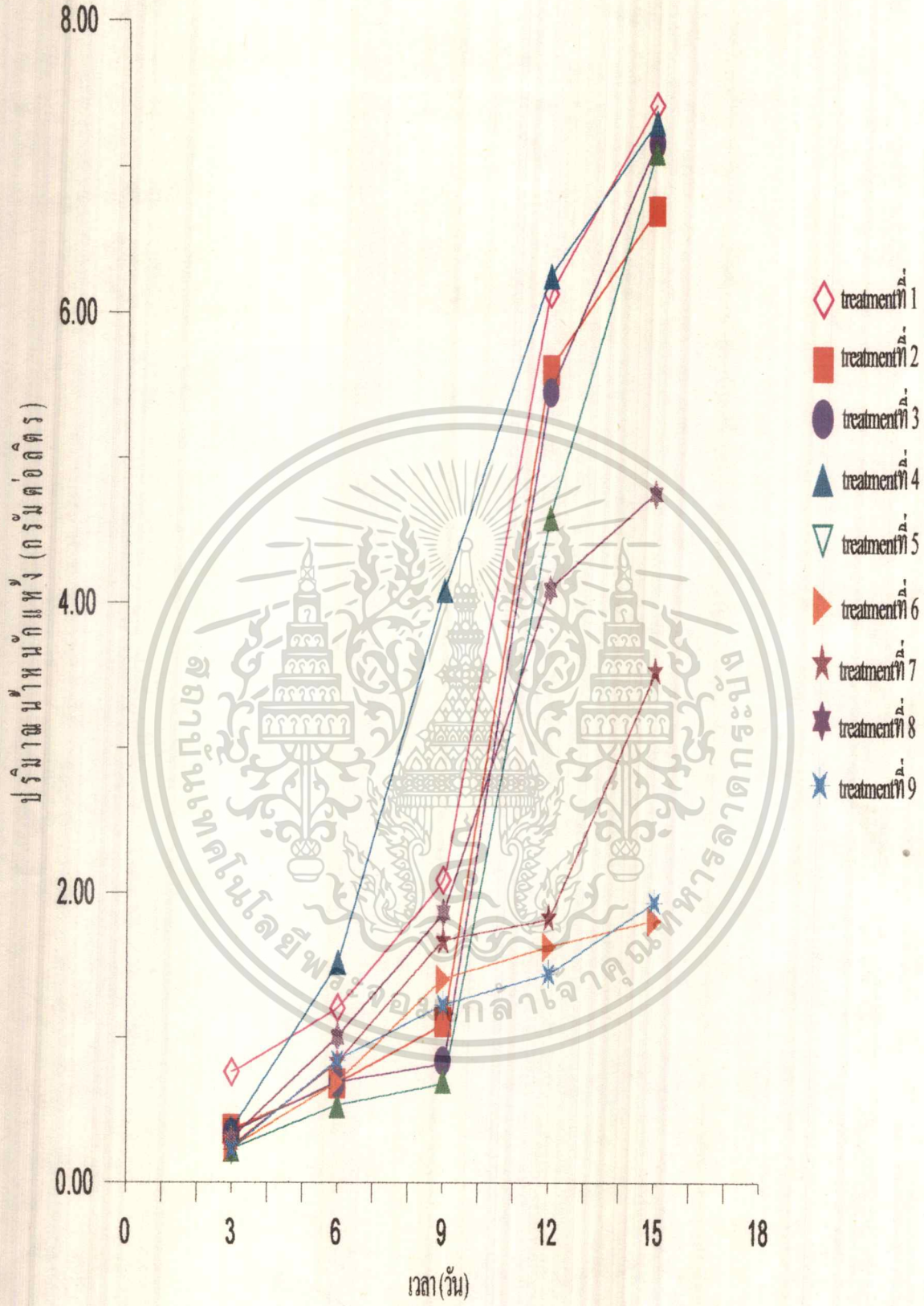
H_1 : มีอาหารอย่างน้อย 2 สูตรที่มีอิทธิพลต่อการผลิตเส้นใยของเชื้อ *Pleurotus ostreatus* ที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.2 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนการเพิ่มของน้ำหนักแห้ง (กรัมต่อลิตร)

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of Square	Mean Square	F value
Period of time	4	164.8989	41.2247	
Media	8	38.8617	4.8577	3.4000**
Error	32	45.6949	1.4280	
Total	44	249.4555		

CV = 48.6% ** ความแตกต่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ 1%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการเพิ่มของมวลชีวภาพในแต่ละช่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าค่า Fcal > 3.142 จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือ มีอาหารอย่างน้อย 2 สูตรที่มีอิทธิพลต่อการผลิตเส้นใยของเชื้อ *Pleurotus ostreatus* ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้วิธี DMRT ที่ 1%ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของ treatment ต่าง ๆ ด้วย DMRT ที่ 1%

MEDIA	RANKS	MEANS
1	2	3.5180 a
2	4	2.8900 ab
3	3	2.8936 ab
4	1	3.9020 a
5	5	2.6268 abc
6	8	1.1540 c
7	7	1.6200 bc
8	6	2.4020 abc
9	9	1.1340 c
MEAN		2.4600

จากตารางสรุปได้ว่า treatment ที่ 4, 1, 3, 2, 5, 8 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ 1% treatment ที่ 3, 2, 5, 8, 7 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และtreatment ที่ 5, 8, 7, 6, 9 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ 1% สรุปได้ว่าสูตรอาหารสูตรดัดแปลงสูตรที่ 4 เหมาะที่สุดในการเพาะเลี้ยงเส้นใยเนื่องจากให้ปริมาณน้ำหนักแห้งมากที่สุดเมื่อพิจารณาในด้านต้นทุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลของอาหารต่อการเพิ่มของปริมาณโปรตีน

ผลการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.2 พบว่าการผลิตโปรตีนจะมีค่าสูงสุดในวันที่ 15 ของอาหารทุกสูตร โดยอาหารสูตรที่ 1-9 มีการผลิตโปรตีนดังนี้ 77.1500 , 47.6960 , 55.9380 , 65.6960 , 35.6960 , 39.8780 , 66.9100 , 55.1520 , 55.454 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณโปรตีนที่ผลิตขึ้นในแต่ละช่วงเวลาในสูตรอาหารต่าง ๆ

Treatment	ปริมาณโปรตีน (กรัม/ลิตร)				
	วันที่ 3	วันที่ 6	วันที่ 9	วันที่ 12	วันที่ 15
1.	5.8480	8.4840	47.2720	51.9400	77.1500
2.	2.9600	4.1220	10.6060	32.6060	47.6960
3.	2.8780	4.7200	7.0240	35.2720	55.9380
4.	4.1520	7.9400	37.0920	46.4840	65.6960
5.	1.9640	2.6060	4.7880	19.2720	35.6960
6.	4.6960	15.4540	42.7280	38.7880	39.8780
7.	2.9728	20.3040	53.6360	60.6060	66.9100
8.	5.2120	16.6660	49.0900	51.0300	55.1520
9.	5.6060	30.0080	34.8480	43.0300	55.4540

หมายเหตุ : **treatment ที่ 1** คือ YMปกติ ซึ่งใช้เป็น control

treatment ที่ 2 คือ สูตรอาหารดัดแปลงสูตรที่ 2 ประกอบด้วย yeast extract 3 กรัมต่อลิตร , malt extract 3 กรัมต่อลิตร และ peptone 5 กรัมต่อลิตร

treatment ที่ 3 คือ สูตรอาหารดัดแปลงสูตรที่ 3 ประกอบด้วย yeast extract 3 กรัมต่อลิตร , malt extract 3 กรัมต่อลิตร , peptone 5 กรัมต่อลิตร และน้ำ treat เปลือกถั่ว 1 % (ปริมาตรต่อปริมาตร)

treatment ที่ 4 คือ สูตรอาหารดัดแปลงสูตรที่ 4 ประกอบด้วย yeast extract 3 กรัมต่อลิตร , malt extract 3 กรัมต่อลิตร , peptone 5 กรัมต่อลิตร และน้ำ treat เปลือกถั่ว 2 % (ปริมาตรต่อปริมาตร)

treatment ที่ 5 คือ สูตรอาหารดัดแปลงสูตรที่ 5 ประกอบด้วย yeast extract 3 กรัมต่อลิตร malt extract 3 กรัมต่อลิตร , peptone 5 กรัมต่อลิตร และน้ำ treat เปลือกถั่ว 3 % (ปริมาตรต่อปริมาตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

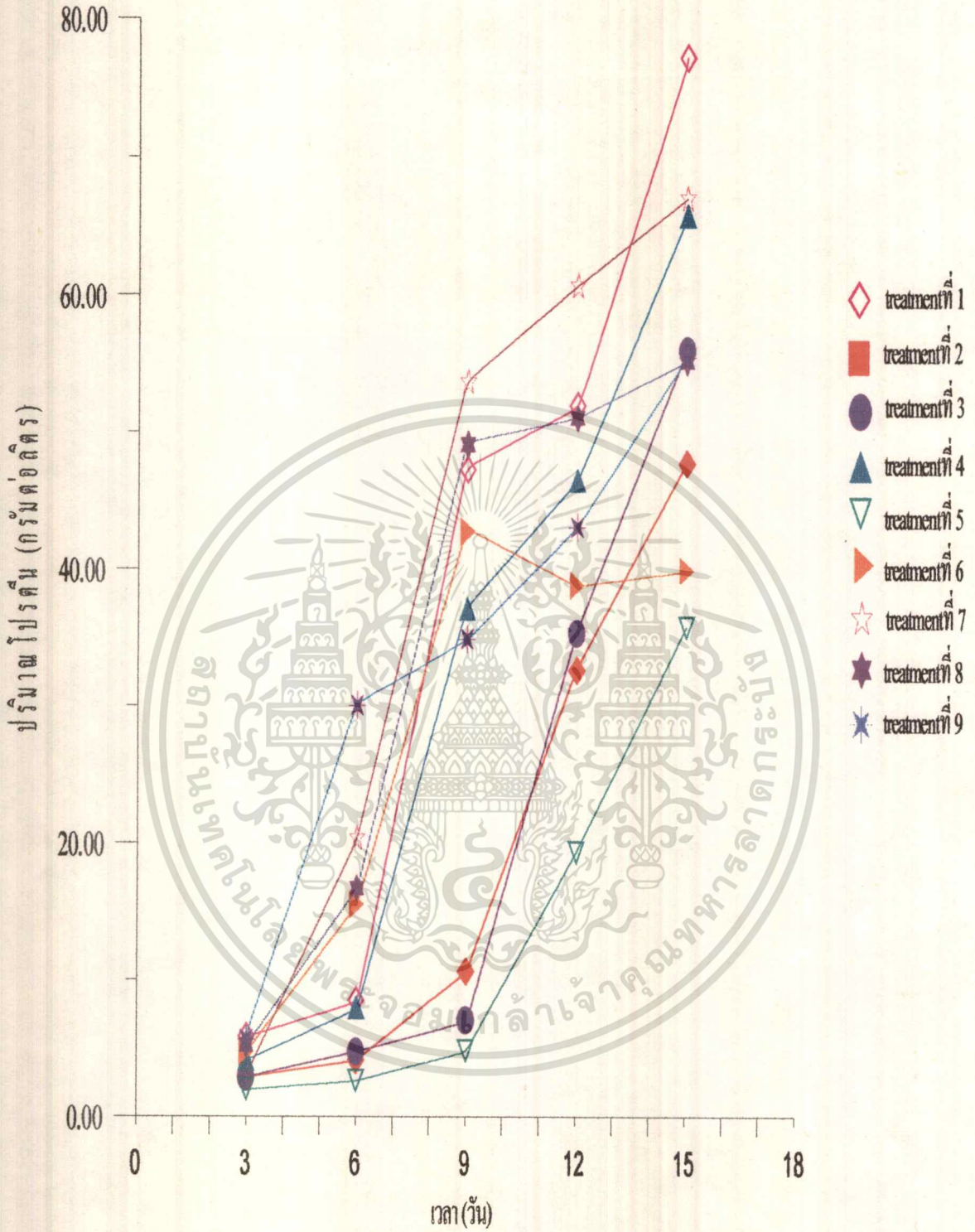
treatment ที่ 6 คือ สูตรอาหารดัดแปลงสูตรที่ 6 ประกอบด้วย yeast extract 3 กรัมต่อลิตร และ peptone 5 กรัมต่อลิตร

treatment ที่ 7 คือ สูตรอาหารดัดแปลงสูตรที่ 7 ประกอบด้วย yeast extract 3 กรัมต่อลิตร , peptone 5 กรัมต่อลิตร และน้ำ treat เปลือกถั่ว 1 % (ปริมาตรต่อปริมาตร)

treatment ที่ 8 คือ สูตรอาหารดัดแปลงสูตรที่ 8 ประกอบด้วย yeast extract 3 กรัมต่อลิตร , peptone 5 กรัมต่อลิตร และน้ำ treat เปลือกถั่ว 2 % (ปริมาตรต่อปริมาตร)

treatment ที่ 9 คือ สูตรอาหารดัดแปลงสูตรที่ 9 ประกอบด้วย yeast extract 3 กรัมต่อลิตร , peptone 5 กรัมต่อลิตร และน้ำ treat เปลือกถั่ว 3 % (ปริมาตรต่อปริมาตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการเพิ่มของโปรตีนในแต่ละช่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ผลการทดลองใช้การวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design มีสิ่งทดลอง 9 treatment (อาหาร 9 สูตร) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

H_0 : อาหารแต่ละสูตรมีอิทธิพลต่อการผลิตโปรตีนของเชื้อ *Pleurotus ostreatus* ไม่แตกต่างกัน

H_1 : มีอาหารอย่างน้อย 2 สูตรที่มีอิทธิพลต่อการผลิตโปรตีนของเชื้อ *Pleurotus ostreatus* ที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.5 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนการเพิ่มของโปรตีน (กรัมต่อลิตร)

Source of Variation	Degree of freedom	Sum of Square	Mean Square	F value
Period of time	4	16079.5476	4019.8869	
Media	8	3550.4024	443.8003	5.2700**
Error	32	2696.3420	84.2607	
Total	44	22326.2920		

CV = 31.50%

** ความแตกต่างมีนัยสำคัญยิ่ง

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าค่า Fcal > 3.142 จึงปฏิเสธ H0 นั่นคือ มีอาหารอย่างน้อย 2 สูตรที่มีอิทธิพลต่อการผลิตโปรตีนของเชื้อ *Pleurotus* ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้วิธี DMRT ที่ 1% ซึ่งมีข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 4.6

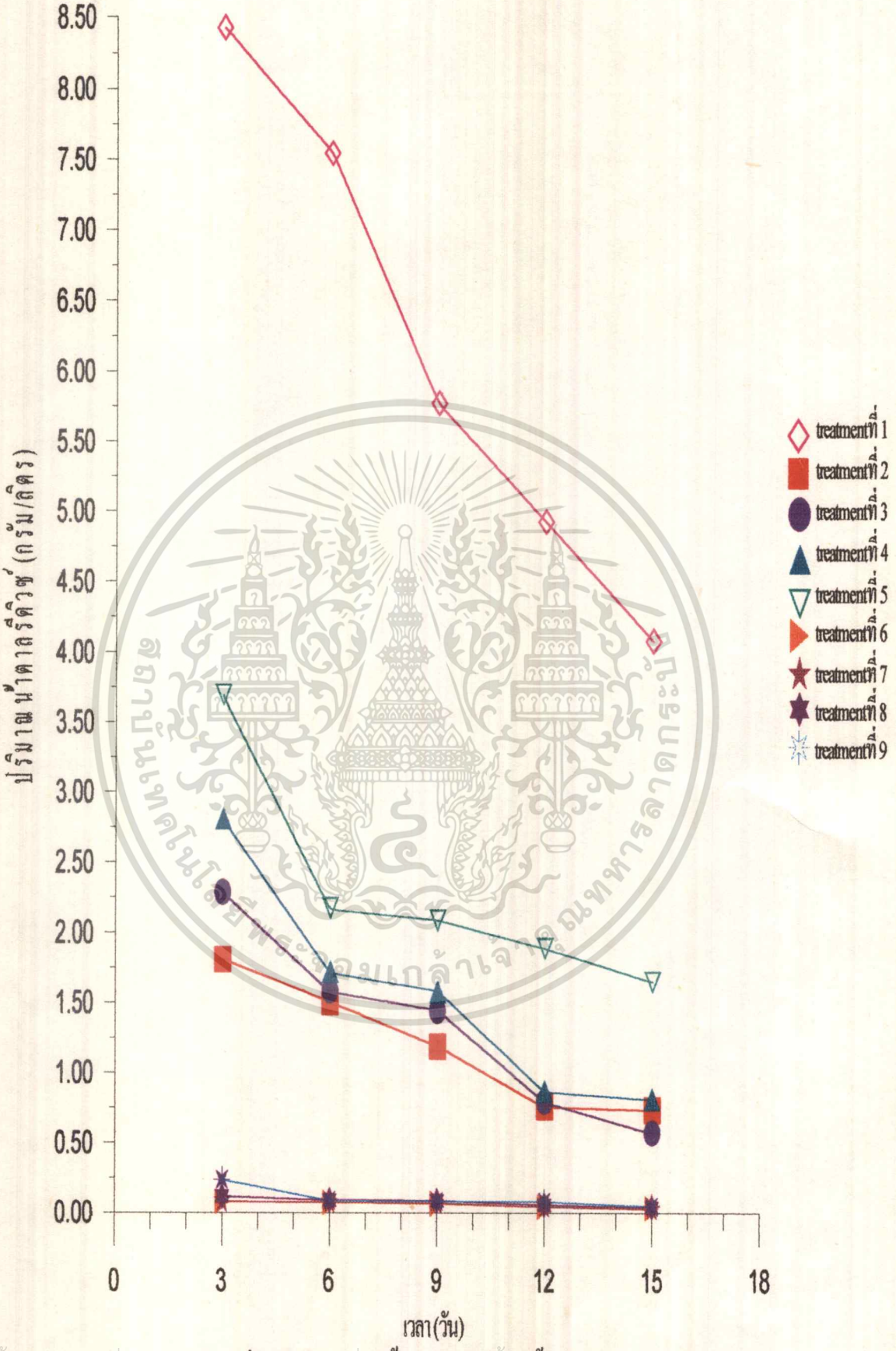
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของ treatment ต่างๆ ด้วย DMRT ที่ 1 %

MEDIA	RANKS	MEANS
1	2	38.1388 a
2	8	19.6000 cd
3	7	21.1664 bcd
4	5	32.2728 abc
5	9	12.8652 d
6	6	28.3088 abc
7	1	40.8858 a
8	3	35.4300 a
9	4	33.7892 ab
MEAN		29.1619

พบว่า treatment ที่ 7, 1, 8, 9, 4, 6 ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยใช้ DMRT ที่ 1% treatment ที่ 9, 4, 6, 3 ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยใช้ DMRT ที่ 1% treatment ที่ 4, 6, 3, 2 ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยใช้ DMRT ที่ 1% และ treatment ที่ 3, 2, 5 ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยใช้ DMRT ที 1% พบว่าสูตรอาหารสูตรดัดแปลงสูตรที่ 7 เหมาะสมที่สุดเพราะให้ปริมาณโปรตีนมากที่สุด เมื่อพิจารณาในด้านต้นทุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.3 แสดงการใช้น้ำตาลรีดิวซ์ของเชื้อเห็ดในแต่ละช่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองศึกษาการผลิตโปรตีนของเชื้อเห็ดนางรม *Pleurotus ostreatus* เพื่อใช้เป็นตัวเพิ่มคุณค่าอาหารทางด้านโปรตีนให้แก่อาหารสัตว์ ในการทดลองเลือกใช้เปลือกถั่วลิสงเป็นแหล่งอาหารซึ่ง El-Eindy (1992) ได้ทำการทดลองและพบว่า เปลือกถั่วลิสงสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์เอ็นไซม์ต่าง ๆ ที่มีความจำเป็นต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของเชื้อเห็ด เช่น exogluconase , endo-glucanase , xylanase และ exo-polygalacturonase ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากเชื้อเห็ดนางรม *Pleurotus ostreatus* ในอาหาร YM สูตรดัดแปลงโดยเปลี่ยนจากน้ำตาลกลูโคส และ malt extract เป็นน้ำ treat จากเปลือกถั่วลิสงในปริมาณต่าง ๆ กันแทน พบว่าการเลี้ยงเชื้อเห็ดนางรมในอาหารดัดแปลงสูตรที่ 4 จะทำให้เชื้อเห็ดสามารถผลิตเส้นใยได้มากที่สุด และเชื้อเห็ดจะให้ปริมาณโปรตีนมากที่สุดเมื่อเลี้ยงในอาหารดัดแปลงสูตรที่ 7 เนื่องจากในการเจริญเติบโตเชื้อเห็ดสามารถนำสารอาหารจากอาหารเลี้ยงเชื้อไปใช้ในการสังเคราะห์สารอื่น ๆ ได้ด้วย จากการทดลองของ Khanna (1992) พบว่า เมื่อเลี้ยงเชื้อเห็ดนางรม *Pleurotus ostrestus* ด้วยรำข้าวสาลีเปียกจะมีปริมาณโปรตีนอยู่ 26.97-31.36% ,คาร์โบไฮเดรต 44.76-57.30% ,แร่ธาตุ 8.7-10.9% นอกจากนี้ยังมีไขมันในปริมาณเล็กน้อยด้วยคือ 5.4-8.0% ดังนั้นจึงไม่จำเป็นว่าสูตรอาหารที่ทำให้เชื้อเห็ดผลิตมวลชีวภาพหรือเส้นใยมากที่สุดจะต้องเป็นสูตรอาหารที่ทำให้เชื้อเห็ดผลิตโปรตีนได้มากที่สุดด้วย ดังนั้นในการพิจารณาเลือกใช้สูตรอาหารดัดแปลงสูตรใดจึงขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ในด้านต้นทุน ปริมาณมวลชีวภาพหรือปริมาณโปรตีนที่ต้องการ จะเห็นว่าถ้าพิจารณาจากต้นทุนแล้ว อาหารดัดแปลงสูตรที่ 7 มีต้นทุนต่ำที่สุด เหมาะที่จะนำไปใช้ในการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากเชื้อเห็ดนางรม *Pleurotus ostreatus* ในทางการค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส ในอาหารเริ่มต้นสูงมาก เมื่อทำการเพาะเลี้ยงไปจนครบกำหนดเวลา พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เหลืออยู่ในอาหารยังมีปริมาณมาก ซึ่งเป็นการสิ้นเปลือง ดังนั้นจึงอาจทำการลดปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นลงได้อีก

2. อาจทำการทดลองเลี้ยงเชื้อเห็ดในอาหารแข็ง

3. อาจทำการทดลองเปลี่ยนสูตรอาหารต่าง ๆ เพื่อค้นหาสูตรอาหารที่ใช้ต้นทุนต่ำที่สุด โดยอาจทำการทดแทน yeast extract หรือ peptone ด้วยแหล่งไนโตรเจนอื่น ๆ

4. อาจทำการเพาะเลี้ยงในถังหมักเพื่อเป็นการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มบัณฑิตเกษตรก้าวหน้า . 2538 . รวมเรื่องการเพาะเห็ดในไทย . กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพาณิชย์.

จารุวรรณ์ ศิริพรรณพร . 2538 . ชีวิตเห็ด . อาหาร . 25(1) : 55-58.

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

ดีพร้อม เชื้อวงศ์เกียร์ . 2525. การเพาะเห็ดและเห็ดบางชนิดในประเทศไทย . ภาควิชาชีววิทยา . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . บางเขน . กรุงเทพ ฯ .

ดุษณี ธนบริพัฒน์ . 2537 จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม . พิมพ์ครั้งที่ 2 . โครงการตำราคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นัยทัศน์ ภู่ศรันย์ . 2532 . อุตสาหกรรมหมักดอง. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

บุญทา วรินทร์รัตน์ . 2526 . การทำเชื้อและการเพาะเห็ด . ภาควิชาชีววิทยา . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . บางเขน . กรุงเทพ ฯ .

ปัญญา โพธิ์ฐิติรัตน์ . 2532 . เทคโนโลยีการเพาะเห็ด . ภาควิชาการผลิตพืช . คณะเทคโนโลยีการเกษตร . สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ยุกติ สาธิกะภูติ . 2526 . การพัฒนาวิธีการเพาะเห็ดในประเทศไทย . สมาคมนักวิจัยและเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย.

รัฐพล ศรประเสริฐ . 2538 . การเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนในเส้นใยเห็ดและดอกเห็ด . อาหาร . 25(3) : 178-184.

วิฑูรย์ พลาวุฑต์ . 2527 . การทำเชื้อและการเพาะเห็ด . กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์เกษตรไทย .

วีรศักดิ์ ศักดิ์ศรีรัตน์ . 2527 . การเพาะเห็ดนางรม . แก่นเกษตร . 12: 148-152.

อนงค์ จันทร์ศรีกุล . 2520 . เห็ดเมืองไทย . สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพาณิชย์ . กรุงเทพ ฯ.

Alexopoulos , C . J . , Mims , C . W . and Blckwell , M . 1996 . Introductory Mycology . 4th ed . NewYork : John Wiley & Sons.

A.O.A.C. 1990 . Official of the Association of Official Chemists . The Association of Official Analytical Chemists . 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 Scintific Publications, Oxford .

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของ ... ไม่ว่ากรณีใดๆ ... ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Burla, G . Garzillo, A . M . and Luna, M . 1992 . Effects of Different Growth Conditions on Enzyme Production by *Pleurotus ostreatus* in Submerged Cultre Bioresource Technology 42(2) : 89-94 .

Chaien, G., Yifom, L., Wen, L., Ruijion, P . and Hairong, L. 1989 . Nutrient camparison of liquid cultured mycelium from *Lentinus edodos*. International Symposium on Mushroom Biotechnology . Nanjing . China .

Cocharan, W.G. and Cox, G.M. 1957. Experimental Designs . John Wiley and Sons , New York .

Duthie, I . F. 1975 . In Single Cell Protein , Edited by S. R. Tannenbaum and Wang, D. I. C., MIT Press , Cambridge , Mass.

El-Eindy and Saad, R . R . 1992. Polysaccharide Activities of *Chaetomium murorum* and *C. bostrycho* Grown on Groundnut Shells. Acta Microbiologica Polonica . 41(1/2) : 83-87.

Elisashvili , V. I., Glunti, N. M. and Kachlishvili, E. T. 1992. Applied Biolochemistry and Microbiology . 18(3) : 271-274 .

Energy and Protein Requirements . 1973 . Joint FAO/WHO Ad Hoc expert committee . World Health Organization . Tech . Report No.522 . Geneva .

Khanna, P . K . , Bhanetari, R . and Soni, G . L . 1992 Evaluation of *Pleurotus sp.* for groth, nutrition value and antifungal activity . Indian Journal of Microbiology 32 (2) 197 – 200.

Kiran , B . M . and Jandak, C . L . 1988 . Chemical composition of *Pleurotus sapidus* (Sehulzer) Kalchm . at different growth stages . Mush . J . Tropics . 8 : 145 – 146.

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

Litchfield., J . H . 1979. Production of Single Cell Protein for Use in Food . In Microbial Technology/Microbial Process . Vol . 1.

Litchfield., J. H. 1991. Food Supplements from Microbial Protein . In Biotechnology and Food Ingredients . 25 : 462-45-85.

Martin, A . M., Bailay, V . I . And Hall, D . E ., 1984 . Nitrogen and Amino Acid Composition of Agaricus compestris in Peal Extract. Mushroom Journal . 42 : 356-359.

Reed, G . 1982 . Microbial Biomass, Single Cell Protein and Other Microbial Products . In Presscott and Dum's Industrial Microbiology . 12 : 136-185.

Senez, J . C . 1972 . In Protein from Hydrocarbon . Edited by H . G . do Pontanel Academic Press , London.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sinskey, A . J . and Batt, C . A . 1987 . Fungi as a Source of Protein. In Food and Beverage Mycology . pp . 435-471.

Smith, J . E . Cambridge Studies in Biotechnology . Cambridge Universisty Prass, Cambridge . 7 : 114 –123.

Soong, P . 1980 . Production and Development of Chlorella and Spirulina in Taiwan. In Algae Biomass . pp . 97 –113 .

Tseng, T . C . Shiao, M . S ., Shieh, Y. S . and Hao, Y. Y. 1984 . Studies on Ganoderma Lucidum : Liquid culture and Chemical Composition of Mycelium . Bot. Bull Academia. Sinica. 25 (2) 149-157.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ Yeast Malt Extract (YM)

สูตรอาหาร	กรัมต่อลิตร
peptone	5
yeast extract	3
malt extract	3
glucose	15
น้ำกลั่น	1000 มิลลิลิตร

ปรับพีเอช 4.5

นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

สารเคมีและวิธีการเตรียมสำหรับการวิเคราะห์หา true protein

1. สารละลาย NaOH 1N (ใช้ย่อยเชื้อเห็ด)
2. สารละลาย A: NaOH 0.2 N

   สารละลาย B: Na_2CO_3 5% น้ำหนักต่อปริมาตร

   ละลาย Na_2CO_3 5 กรัม ทำปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

   สารละลาย C: $CuSO_4.5H_2O$ 1% น้ำหนักต่อปริมาตร

   ละลายคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) 1 กรัม ทำปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

   สารละลาย D: Na-K tartrate 2% น้ำหนักต่อปริมาตร

   ละลายโพแทสเซียมโซเดียมทาเทรต ($COOK(CHOH)_2CooNa.4H_2O$) 2 กรัม ทำปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร
3. Alkaline copper solution A:B:C:D 49:49:1:1

   สารละลายนี้เตรียมเมื่อต้องการให้เท่านั้น
4. สารละลายมาตรฐาน Bovine Serum Albumin
5. Folim-Ciocalteau reagent 1 N

   นำ Folin-Ciocalteau reagent (2 N) มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:1 ควรเตรียมเมื่อต้องการให้เท่านั้น

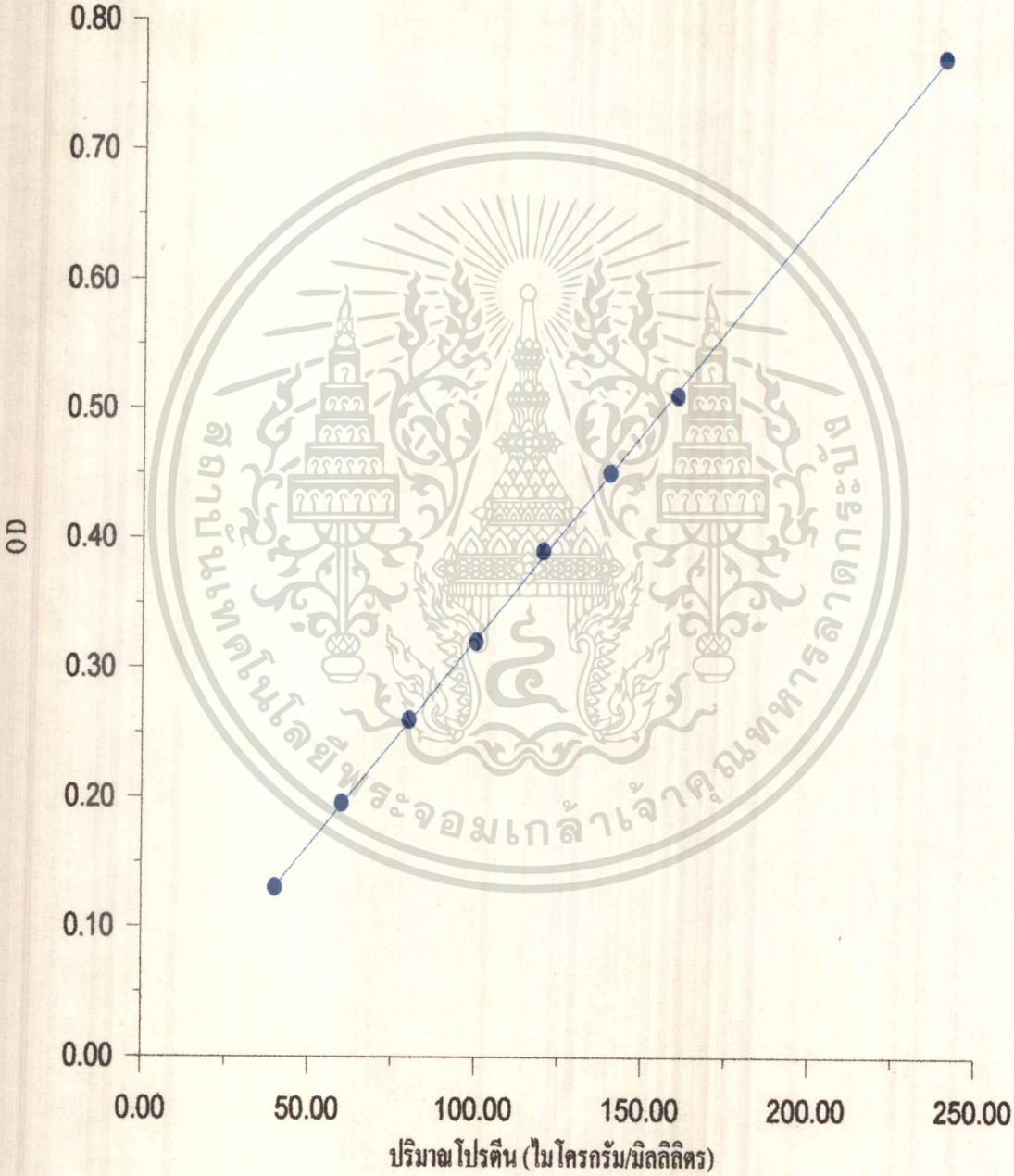
สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ โดยวิธีการ Dinitrosalicylic (DNS)

1. 2 N NaOH 50 มิลลิลิตร (4 กรัมต่อ 50 มิลลิลิตร)
2. DNS solution เตรียมโดยละลาย 3,5 Dinitrosalicylic acid (DNS) 2.5 g ลงใน 50 มิลลิลิตร ของ 2 N NaOH เติม Sodium potassium tartrate (Rochelle salt) 75 กรัม และคนจนละลาย เติมน้ำให้ได้ปริมาตรสุดท้าย 250 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีน้ำตาลที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

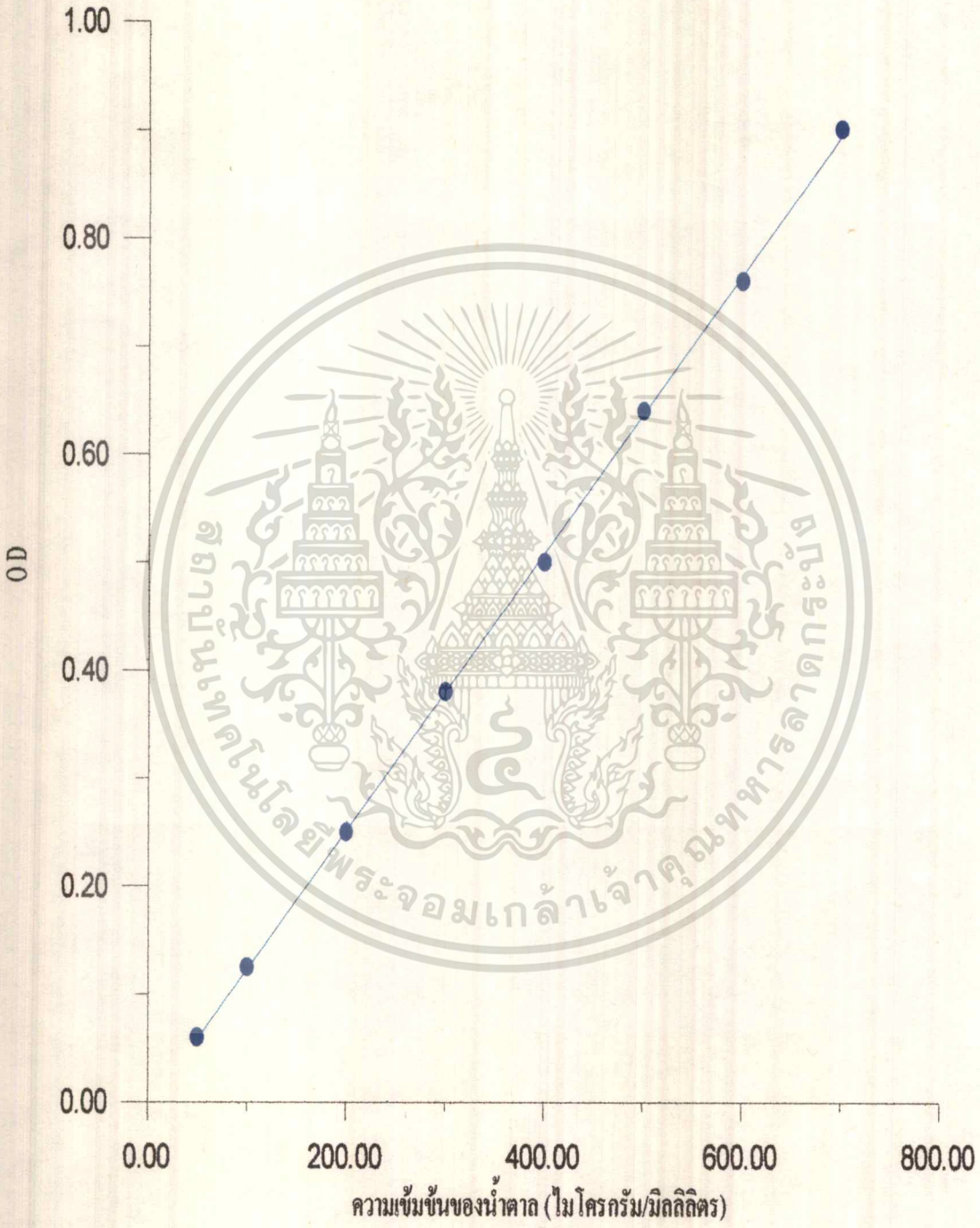
กราฟมาตรฐานแสดงปริมาณ Protein กับการดูดกลืนแสง



รูปที่ ค-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนกับค่าการดูดกลืนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟมาตรฐานแสดงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์กับการดูดกลืนแสง



รูปที่ ค-2 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์กับค่าการดูดกลืนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

รูปที่ ง-1 แสดงการเจริญของเส้นใยเห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus*) บนอาหารดัดแปลงกลุ่มทดแทนน้ำตาลกลูโคสอย่างเดียว

หมายเลข 1 คือ สูตรอาหาร YM (treatment ที่ 1)

หมายเลข 2 คือ สูตรอาหารดัดแปลงสูตรที่ 2 (treatment ที่ 2)

หมายเลข 3 คือ สูตรอาหารดัดแปลงสูตรที่ 3 (treatment ที่ 3)

หมายเลข 4 คือ สูตรอาหารดัดแปลงสูตรที่ 4 (treatment ที่ 4)

หมายเลข 5 คือ สูตรอาหารดัดแปลงสูตรที่ 5 (treatment ที่ 5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ง-2 แสดงการเจริญของเส้นใยเห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus*) บนอาหารดัดแปลงกลุ่มทดแทนน้ำตาลกลูโคส และ malt extract

หมายเลข 1 คือ สูตรอาหาร YM (treatment ที่ 1)

หมายเลข 2 คือ สูตรอาหารดัดแปลงสูตรที่ 6 (treatment ที่ 6)

หมายเลข 3 คือ สูตรอาหารดัดแปลงสูตรที่ 7 (treatment ที่ 7)

หมายเลข 4 คือ สูตรอาหารดัดแปลงสูตรที่ 8 (treatment ที่ 8)

หมายเลข 5 คือ สูตรอาหารดัดแปลงสูตรที่ 9 (treatment ที่ 9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้