ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)

ปริญญา

พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร — **สาขา**

พัฒนาผลิตภัณฑ์ — **ภาควิชา**

เรื่อง การพัฒนาอาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจ

Development of Culture media from Hom Mali Brown Rice Flour for Fungi

นามผู้วิจัย นางสาวพรดรัล จุลกัลป์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ .....

(รองศาสตราจารย์วิชัย หฤทัยธนาสันติ์, M.S.)

กรรมการ .....

(รองศาสตราจารย์เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, Ph.D.)

กรรมการ .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วลัยรัตน์ จันทรปานนท์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์อนุวัตร แจ้งชัด, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาอาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจ

Development of Culture media from Hom Mali Brown Rice Flour for Fungi

โดย

นางสาวพรดรัล จุลกัลป์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)
พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พรดรัล จุลกัลป์ 2553: การพัฒนาอาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจ ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์วิชัย หฤทัยธนาสันติ์, M.S. 228 หน้า

การวิจัยนี้มีเป้าหมายในการนำปลายข้าวกล้องหอมมะลิมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อลดต้นทุนและลดการนำเข้าอาหารเลี้ยงเชื้อ ดังนั้นงานวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษากรรมวิธีการผลิตผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 2) เพื่อพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวและแบบแข็งสำหรับการเจริญของฟังไจและ 3) เพื่อทดสอบการยอมรับและนำผลิตภัณฑ์ไปใช้ในระดับฟาร์มเพาะเห็ด การผลิตผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิประกอบด้วย การเตรียมน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิโดยมีสภาวะที่เหมาะสมคือ การผสมแป้งข้าวกล้องหอมมะลิและน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:3.7 เติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส BAN® 480 L ความเข้มข้น 0.050 เปอร์เซ็นต์ ย่อยใน water bath อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส 30 นาที แช่ในอ่างน้ำแข็งทันที แล้วต้มในอ่างน้ำเดือด 10 นาที เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ แยกส่วนใสด้วยเครื่องเหวี่ยงแยกที่ความเร็ว 5,000 รอบต่อนาที 30 นาที จะได้น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ 16.80 เปอร์เซ็นต์ การเตรียมผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิจะใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยมีสภาวะที่เหมาะสมคือ ใช้อุณหภูมิขาเข้าและออก 160 และ 90 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จะได้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณความชื้น 2.49 เปอร์เซ็นต์ ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ 0.18 น้ำตาลรีดิวซ์ซิ่ง 3.45 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลทั้งหมด 31.99 เปอร์เซ็นต์ ค่าดัชนีการดูดซับน้ำ 0.11 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งและดัชนีการละลายน้ำร้อยละ 81.75 ผลการพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อโดยศึกษาการเจริญของเชื้อเปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อทางการค้าพบว่าสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของเชื้อรา *A. niger* และเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* ประกอบด้วย ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 75 กรัมต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร เชื้อสามารถเจริญได้ใกล้เคียงกับอาหารควบคุม (PDB, Difco) และอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งประกอบด้วย ผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 5 ส่วนและผงวุ้น 1 ส่วน เตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยใช้ส่วนผสมของอาหารเลี้ยงเชื้อ 50 กรัมต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร เชื้อรา *A. niger* เชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* และเชื้อเห็ดนางฟ้า สามารถเจริญได้ใกล้เคียงกับอาหารควบคุม (PDA, Difco) ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคซึ่งเป็นผู้ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อจำนวน 30 คน พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมในระดับปานกลาง (7.43) ผู้บริโภคทั้งหมดยอมรับผลิตภัณฑ์และจะซื้อผลิตภัณฑ์มากกว่าร้อยละ 68 เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปใช้ในระดับฟาร์ม 2 ฟาร์ม พบว่า ผู้ใช้ทั้ง 2 ฟาร์ม ยอมรับและพอใจอาหารเลี้ยงเชื้อเนื่องจากสามารถลดต้นทุนและมีสะดวกในการเตรียม จากการศึกษาวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ในการใช้ปลายข้าวกล้องหอมมะลิเป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารเลี้ยงเชื้อที่ให้ผลการเจริญของฟังไจไม่แตกต่างจากอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปจากต่างประเทศและผู้บริโภคยังยอมรับผลิตภัณฑ์และสามารถใช้ได้ผลดีในระดับฟาร์ม นอกจากนั้นอาหารเลี้ยงเชื้อนี้ยังมีราคาถูกเนื่องจากใช้วัตถุดิบภายในประเทศ

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่อประธานกรรมการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Porndaran Junlakun 2010: Development of Culture media from Hom Mali Brown Rice Flour for Fungi. Doctor of Philosophy (Agro-Industrial Product Development), Major Field: Agro-Industrial Product Development, Department of Product Development. Thesis Advisor: Associate Professor Vichai Haruthaithanasan, M.S. 228 pages.

The aim of this study was to use broken Hom Mali Brown Rice (HMBR) as raw material for producing culture media in order to reduce cost and imported media. The objectives of this research were 1) to study the process to produce Hom Mali Brown Rice Flour (HMBRF) extract powder 2) to develop the culture media formula with liquid and solid media for fungi growth and 3) to study the consumer acceptance test and to utilize in mushroom farm. The process of HMBRF extract powder production consisted of 1) the process to prepared HMBRF extract; the optimum conditions for HMBRF extraction were mixing HMBRF with distilled water (1:3.7), adding α- amylase 0.05 %w/v of HMBRF, digesting for 30 min at 75°C in water bath then cooling down rapidly in ice bath, boiling for 10 min to stop enzyme activity and separating supernatant by centrifuge at 5,000 rpm for 30 min. HMBRF extract liquid contained total soluble solids (TSS) 16.80%. Then HMBRF extract powder was prepared by spray drying at 160°C and 90°C for inlet and outlet temperature, respectively. HMBRF extract powder contained moisture content 2.49%, a_w 0.18, reducing sugar 3.45%, total sugar 31.99%, water absorption index 0.11 g/g and water solubility index 81.75%. Media formula was developed by using HMBRF extract powder and tested growth of fungi compared with commercial media. The optimum formula of HMBRF extract powder as liquid media for *A. niger* and *S .cerevisiae* growth were HMBRF extract powder 75 g for 1 liter water, the growth of both microorganism was similar to the control media (PDB, Difco). The solid media were the mixture of HMBRF extract powder with agar in the rtatio of 5: 1. Solid media prepared by using mixed powder 50 g/ 1 liter water demonstrated the growth of *A. niger, S.cerevisiae* and *P. sorja-caju* similar to the control media (PDA, Difco). Consumer acceptance test with 30 respondents whose regular user found that they liked product moderately (7.43). All consumers accepted and more than 68% decided to purchase. The utilization of culture media in mushroom farm with 2 farms showed that all users accepted product because of lower cost and more convenience. Results from the research revealed that there potential to used broken HMBR as raw material for producing culture media which the growth of fungi were similar to the imported product and all consumer accepted product. Moreover, cost of the culture media from HMBRF for fungi was less expensive since it produced from local raw material (broken Hom Mali Brown Rice).

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ. วิชัย หฤทัยธนาสันติ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร. เพ็ญขวัญ ชมปรีดา ผศ.ดร. วลัยรัตน์ จันทรปานนท์ กรรมการวิชาเอก ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในระหว่างดำเนินการวิจัย ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. กล้าณรงค์ ศรีรอต อาจารย์ผู้แทนบัณฑิตที่กรุณาตรวจแก้ไขและให้คำแนะนำเพิ่มเติมเพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกๆ ท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ ขอขอบคุณหัวหน้าหน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีแปรรูปข้าว หัวหน้าหน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีเอนไซม์และการกำจัดของเสีย หัวหน้าหน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีพืชสมุนไพรฯ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย เจ้าหน้าที่โรงเพาะเห็ด ในโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา คุณสมจิตต์ จันทร์แตน เจ้าของฟาร์มเห็ดบัวทอง-บัวขาว อ. บางบัวทอง จ. นนทบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการสำรวจข้อมูลและนำผลิตภัณฑ์ไปทดลองใช้จริงในระดับฟาร์มเป็นอย่างยิ่ง และขอขอบคุณพี่ๆ น้องๆ หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีแปรรูปข้าวทุกท่านที่ช่วยเหลือในการปฏิบัติงาน ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และให้ความอนุเคราะห์ในด้านต่างๆ จนงานสำเร็จอย่างสมบูรณ์

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่น้องและญาติสนิทมิตรสหาย รวมทั้งผู้มีพระคุณที่มิได้เอ่ยนามไว้ ณ ที่นี้ทุกท่าน สำหรับความรัก ความห่วงใย ความเข้าใจ และกำลังใจที่มีให้มาตลอดจนสำเร็จการศึกษา และสุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอมอบส่วนที่ดีของวิทยานิพนธ์ให้แก่ ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน หากมีความผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขอน้อมรับไว้แต่ผู้เดียว

พรดรัล จุลกัลป์

มีนาคม 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	48
อุปกรณ์	48
วิธีการ	51
ผลและวิจารณ์	83
สรุปและข้อเสนอแนะ	192
สรุป	192
ข้อเสนอแนะ	196
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	197
ภาคผนวก	205
ภาคผนวก ก การคำนวณกลุ่มตัวอย่าง แบบสอบถาม การคำนวณความสำคัญของปัจจัย แบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภค	206
ภาคผนวก ข การคำนวณต้นทุน	224
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	228

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ในการควบคุมคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Difco)	29
2	การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ในการควบคุมคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDB (Difco)	29
3	การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ในการควบคุมคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Merck)	32
4	การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ในการควบคุมคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Merck) แบบ Spiral plating method	32
5	การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ในการควบคุมคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Scharlau) แบบ Spiral plating method	34
6	การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ในการควบคุมคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDB (Scharlau)	35
7	การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ในการควบคุมคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (HiMedia)	37
8	การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ในการควบคุมคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDB (HiMedia)	38
9	สิ่งทดลองที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomized Design สำหรับ 2 ปัจจัย ในการศึกษากรรมวิธีการเตรียมน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	61
10	มูลค่าตลาดผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ระหว่างปี พ.ศ. 2544-2552	84
11	ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และ PDB ที่นำเข้าและจำหน่ายโดยตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย	85
12	ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคจากการสำรวจความต้องการและพฤติกรรมผู้บริโภคที่ใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจ	87

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
13	พฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจ	88
14	กลุ่มของผู้ตอบแบบสอบถามแบ่งตามรูปแบบของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้	89
15	ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคจากการสำรวจความต้องการและพฤติกรรมผู้บริโภค (กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป)	90
16	พฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อ (กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป)	92
17	ความถี่ของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามระดับความสำคัญของปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามใช้พิจารณาต่อความพึงพอใจในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ (กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป)	94
18	ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคจากการสำรวจความต้องการและพฤติกรรมผู้บริโภค (กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง)	96
19	พฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อ (กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง)	98
20	ความถี่ของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามระดับความสำคัญของปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามใช้พิจารณาต่อความพึงพอใจในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ (กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง)	100
21	ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคจากการสำรวจความต้องการและพฤติกรรมผู้บริโภค (กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและอาหารเลี้ยงเชื้อจากมันฝรั่ง)	102
22	พฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อ (กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและอาหารเลี้ยงเชื้อจากมันฝรั่ง)	104

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
23	ความถี่ของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามระดับความสำคัญของปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามใช้พิจารณาต่อความพึงพอใจในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ (กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและอาหารเลี้ยงเชื้อจากมันฝรั่ง)	106
24	ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยปัจจัยส่วนบุคคล (เพศ อายุ อาชีพ และการศึกษา) กับพฤติกรรมการใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจ	109
25	ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล (เพศ) กับวัตถุประสงค์ในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ	110
26	ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล (อาชีพ) กับวัตถุประสงค์ในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ	110
27	ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล (อาชีพ) กับรูปแบบของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้	111
28	ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล (การศึกษา) กับความถี่ในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ	111
29	ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล (การศึกษา) กับรูปแบบของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้	112
30	ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยปัจจัยส่วนบุคคล (เพศ อาชีพ และการศึกษา) กับการเห็นด้วยกับแนวความคิดผลิตภัณฑ์และความสนใจในผลิตภัณฑ์	112
31	ผลผลิต (ร้อยละ) ของการผลิตแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	113
32	ค่าคุณภาพของแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	114
33	ค่าคุณภาพของมันฝรั่งพันธุ์สปุนตา	115
34	ค่าคุณภาพทางเคมี-กายภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและอาหารเลี้ยงเชื้อจากมันฝรั่ง	117
35	อิทธิพลของปัจจัยระยะเวลาในการย่อยและความเข้มข้นของเอนไซม์ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณของแข็งทั้งหมด	119

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
36	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำสกัดจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	121
37	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำสกัดจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ความเข้มข้นของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN® 480L) คงที่ 0.050 %w/v	123
38	ค่าคุณภาพเคมี-กายภาพของน้ำสกัดจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ใช้ระดับความเข้มข้นของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN® 480L) คงที่ 0.050 %w/v	125
39	ผลของการเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger**	130
40	ผลของการเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger**	133
41	การเจริญของเชื้อรา *A. niger* * ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิเมื่อบ่มเชื้อนาน 7 วัน	135
42	ผลของปริมาณผงวุ้นต่อค่า gel strength ของอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	137
43	ปริมาณผงวุ้นที่เติมในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* *	138
44	ค่าคุณภาพผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิจากการทำแห้งแบบพ่นฝอย	140
45	คุณสมบัติทางเคมีกายภาพผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ	141
46	ค่าคุณภาพทางเคมี–กายภาพของผงจากการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการเปรียบเทียบกับการผลิตในระดับนำร่อง	143
47	การเจริญของเชื้อรา *A. niger* * ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวที่ใช้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิระหว่าง 5.0-8.0 %w/v	146

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
48	การเจริญของเชื้อรา *A. niger* * ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวที่ใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิระหว่าง 7.1-7.9 %w/v	148
49	การเจริญของเชื้อรา *A. niger* * บนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ปริมาณ 5.0-10.0 %w/v และบ่มเชื้อนาน 7 วัน	151
50	การเจริญของเชื้อรา *A. niger* * บนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ปริมาณ 4.0-7.0 %w/v และบ่มเชื้อ 7 วัน	153
51	การเจริญของเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* * ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวที่เตรียมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	155
52	การเจริญของเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* * ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่ใช้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	157
53	การเจริญของเชื้อเห็ดนางฟ้า * ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่ใช้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 5.0-7.0 %w/v	159
54	การเจริญของเชื้อเห็ดนางฟ้า * ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่ใช้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 4.0-6.0 %w/v	160
55	สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิต่อการเจริญของเชื้อรา เชื้อยีสต์และเชื้อเห็ด	164
56	ค่าคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิเปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและอาหารเลี้ยงเชื้อจากมันฝรั่ง	165
57	ค่าคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิเปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง	166
58	ราคาวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ (100 กรัม)	168
59	ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคเป้าหมายจากการทดสอบการยอมรับ	169

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
60	ความถี่ของผู้บริโภค จำแนกตามระดับความสำคัญของปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามใช้พิจารณาต่อความพึงพอใจในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ	171
61	ความถี่ของผู้บริโภค จำแนกตามระดับความสำคัญของปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามใช้พิจารณาต่อความพึงพอใจในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ แบ่งตามชนิดของฟังไจ	173
62	คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้บริโภคที่ใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	174
63	ข้อมูลการทดสอบการยอมรับและการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	176
64	การเจริญของเชื้อเห็ดฟาง เห็ดขอนขาว เห็ดหลินจือ และเห็ดนางรมหลวง ระยะเส้นใยในขวดเพาะเลี้ยงเชื้อ	178
65	ผลผลิตที่ได้จากหัวเชื้อเห็ดฟางที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม	182
66	ผลผลิตที่ได้จากหัวเชื้อเห็ดขอนขาว เห็ดหลินจือ และเห็ดนางรมหลวงที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม	183
67	คุณภาพทางกายภาพตามระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	184
68	การเจริญของเชื้อรา *A. niger* บนอาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่เวลาการเก็บ 0-6 เดือน	185
69	รายละเอียดขั้นตอนการผลิตแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	188
70	รายละเอียดขั้นตอนการเตรียมน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	188
71	รายละเอียดขั้นตอนการผลิตผงจากน้ำสกัดแป้งข้วกล้องหอมมะลิ	189
72	รายละเอียดขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจ	189
73	รายละเอียดผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจ	190

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การแยกส่วนประกอบของข้าวเปลือก	5
2	กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าวหอมมะลิ	7
3	กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	53
4	ขั้นตอนการเตรียมน้ำสกัดมันฝรั่ง	56
5	ขั้นตอนการย่อยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN® 480L)	60
6	การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	64
7	การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	65
8	การวัดการเจริญของเชื้อราในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว	66
9	การวัดการเจริญของเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง	67
10	กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในระดับห้องปฏิบัติการ	69
11	การวัดการเจริญของเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว	73
12	กรรมวิธีการเตรียมน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN®480L)	126
13	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและน้ำหนักเซลล์แห้งของเชื้อรา *A. niger*	147
14	กรรมวิธีการผลิตผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	162
15	ปริมาณผลผลิตของส่วนประกอบต่างๆ จากกระบวนการผลิตผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	167
16	การเจริญของเชื้อเห็ดระยะหัวเชื้อบนวัสดุหมัก	179
17	การเจริญของเชื้อเห็ดในระยะบ่มเชื้อในแปลงหรือถุง	180

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การพัฒนาอาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจ

Development of Culture media from Hom Mali Brown Rice Flour for Fungi

คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปสำหรับจุลินทรีย์ในปริมาณสูงและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปี เนื่องจากความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป (Ready- to used) ที่มีจำหน่ายภายในประเทศเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศในรูปเคมีภัณฑ์และยังไม่มีการผลิตภายในประเทศ อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA) และPotato dextrose broth (PDB) เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรพื้นฐานสำหรับการเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มฟังไจ เนื่องจากมีองค์ประกอบทางเคมีและสารอาหารครบถ้วน อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA เป็นที่นิยมใช้ในการเก็บรักษาเชื้อและใช้สำหรับการถ่ายเชื้อเพื่อปรับสภาพของเชื้อจากการเก็บรักษาเป็นเวลานาน ในขณะที่อาหารเลี้ยงเชื้อ PDB เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้เพื่อเพิ่มปริมาณของเชื้อและศึกษาอัตราการเจริญของเชื้อ การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อPDA และ อาหารเลี้ยงเชื้อ PDB ในห้องปฏิบัติการมี 2 วิธี คือ การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อจากอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป ซึ่งมีราคาแพงแต่มีความสะดวกในการเตรียมและนำไปใช้ และการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อจากมันฝรั่งสด ซึ่งจะประสบปัญหาจากราคาของมันฝรั่งที่สูงและเก็บรักษาได้ไม่นาน นอกจากนั้นกระบวนการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อยังมีหลายขั้นตอนจึงไม่สะดวกและต้องใช้เวลานาน

การพัฒนาอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับจุลินทรีย์ เกิดจากความต้องการสารอาหารที่แตกต่างกันของจุลินทรีย์แต่ละกลุ่ม แต่อย่างไรก็ตาม อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับจุลินทรีย์ จะต้องประกอบด้วยสารอาหารหลักที่เป็นแหล่งคาร์บอน แหล่งไนโตรเจน วิตามิน เกลือแร่ และน้ำ เป็นองค์ประกอบ การพัฒนาอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจ เริ่มมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1675 โดย van Leeuwenhoek ที่เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อโดยใช้น้ำต้มจากเมล็ดพริกไทย ปี ค.ศ. 1881 Koch พัฒนาอาหารเลี้ยงเชื้อโดยนำน้ำต้มของมันฝรั่งมาใช้ในการเพาะเชื้อ *Mycoplasma* spp. และ ค.ศ. 1961 Alexopoulos และ Beneke ได้ศึกษาการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และ PDB จากมันฝรั่ง การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อจากมันฝรั่งมีขั้นตอนดังนี้ นำมันฝรั่งสด 200 กรัม มาต้มในน้ำกลัน 500 มิลลิลิตร นาน 30 นาที กรองแยกกากด้วยผ้าขาวบาง ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 และผงวุ้นร้อยละ 1.50 ตามลำดับ การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อวิธีนี้เป็นการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้มาจนถึง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปัจจุบัน และได้พัฒนาเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปที่ผลิตเชิงการค้าและวางจำหน่ายโดยบริษัทตัวแทนจำหน่ายในตลาด จากรายงานการพัฒนาอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจพบว่า มีแนวโน้มในการนำเอาวัตถุดิบภายในประเทศมาใช้ในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ เพื่อประโยชน์ด้านต้นทุนในการผลิต สำหรับในประเทศไทย มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำวัตถุดิบภายในประเทศมาทดสอบการเจริญของเชื้อและนำมาเตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ เช่น พัชรินทร์ (2533) ศึกษาการผลิตและประสิทธิภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA โดยนำน้ำสกัดจากมันฝรั่งพันธุ์สปุนตาที่ปอกเปลือกที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ 0.6 องศาบริกซ์ เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 ผงวุ้นร้อยละ 1.5 และสารไตรแคลเซียมฟอสเฟตร้อยละ 0.05 มาทำแห้งด้วยวิธี Drum dryer ผลการทดสอบพบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อ PAD ผงที่ได้มีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกับสูตรควบคุม (Difco) และผลการทดสอบประสิทธิภาพในการเพาะเลี้ยงเชื้อราและเชื้อยีสต์พบว่า เชื้อรา 14 สายพันธุ์ สามารถเจริญได้ดีกว่าสูตรควบคุม (Difco) และเชื้อรา 1 สายพันธุ์ สามารถเจริญได้ดีเท่ากับสูตรควบคุม ผลการทดสอบการเจริญของเชื้อยีสต์พบว่า เชื้อยีสต์ 15 สายพันธุ์ สามารถเจริญได้ดีเท่ากับสูตรควบคุม กมลสิริ และคณะ (2550) ศึกษาการนำวัตถุดิบทางการเกษตรในประเทศไทย คือ ข้าวโพด ลูกเดือย ถั่วลันเตา ใบมะเขือเทศ ข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวสีนิล ข้าวเหนียว และข้าวญี่ปุ่น มาทดสอบการเจริญของเชื้อรา *Phytophthora infestans* T 030 เปรียบเทียบกับสูตรมาตรฐานที่ใช้ข้าวไรย์ ผลการทดสอบการเจริญพบว่า เชื้อรา *P. infestans* T 030 สามารถเจริญได้ดีบนอาหารที่มีส่วนผสมข้าวเหนียวและข้าวญี่ปุ่นในอัตราส่วน 100 กรัมต่อลิตร โดยการเจริญไม่แตกต่างกับสูตรมาตรฐานที่ใช้ข้าวไรย์และเมื่อทดสอบกับเชื้อรา *P. infestans* อีก 16 ไอโซเลต พบว่า เชื้อราทั้ง 16 ไอโซเลต สามารถเจริญได้ดีเช่นกัน

จากข้อจำกัดของอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปที่มีราคาสูงโดยมีราคาเฉลี่ย 1,872-4,066 บาทต่อขวดและการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อจากมันฝรั่งสดที่มีการเตรียมหลายขั้นตอนและต้องใช้เวลานาน ดังนั้นเพื่อลดข้อจำกัด อาหารเลี้ยงเชื้อที่พัฒนาได้จะต้องมีราคาถูกและมีความสะดวกในการเตรียม จึงมีความพยายามในการหาวัตถุดิบใหม่มาทดแทน จากข้อมูลขององค์ประกอบทางเคมีของปลายข้าวกล้องหอมมะลิพบว่า มีองค์ประกอบทางเคมีครบถ้วน มีโปรตีน คาร์โบไฮเดรตสูง และยังพบแคลเซียมและฟอสฟอรัสที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ นอกจากนั้นปลายข้าวกล้องหอมมะลิยังเป็นวัตถุดิบภายในประเทศ จึงมีราคาถูกกว่ามันฝรั่ง ดังนั้นการพัฒนาอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจจึงเลือกใช้ปลายข้าวกล้องหอมมะลิมาเป็นวัตถุดิบ โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์จากปลายข้าวกล้องหอมมะลิซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบทางการเกษตรและเป็นการลดต้นทุนของอาหารเลี้ยงเชื้อลงได้ แต่อาหารเลี้ยงเชื้อต้องมีประสิทธิภาพดีเท่ากับอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสำรวจข้อมูลทางการตลาดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์และอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจ

2. เพื่อสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

3. เพื่อศึกษากรรมวิธีในการเตรียมน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส เพื่อใช้ในอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการเจริญของฟังไจ

4. เพื่อศึกษากรรมวิธีในการทำแห้งน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในระดับห้องปฏิบัติการ

5. เพื่อพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับเชื้อรา *Aspergillus niger*

6. เพื่อผลิตผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในระดับนำร่องและทดสอบยืนยันสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับเชื้อรา *Aspergillus niger*

7. เพื่อศึกษาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae*

8. เพื่อศึกษาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับเชื้อเห็ดนางฟ้า

9. เพื่อศึกษาคุณภาพและการยอมรับของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจ

10. เพื่อนำผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิไปใช้ในระดับฟาร์ม

11. เพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

12. เพื่อจัดทำข้อกำหนดสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. ข้าวเจ้า

ข้าวที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศไทย ได้แก่ ข้าวกลุ่มอินดิกา มีลักษณะข้าวเมล็ดยาว หรือยาวปานกลาง ข้าวจะมีลักษณะเนื้อของเมล็ดข้าวสารใส เมื่อนำมาหุงข้าวสุกจะไม่เกาะติดกัน เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อเมล็ดข้าวที่เป็นคาร์โบไฮเดรตประเภท สตาร์ช ซึ่งประกอบด้วย อะมิโลส และอะมิโลเพกติน เมื่อรวมกันแล้วคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่แตกต่างกัน จะให้ลักษณะเนื้อข้าวสุก มีความร่วน แข็ง หรือนุ่มต่างกัน โดยถ้าปริมาณอะมิโลสต่ำ เช่น ร้อยละ 7-10 ข้าวสุกจะนุ่ม แต่ถ้าปริมาณอะมิโลสสูงขึ้น เช่น ร้อยละ 33 ก็จะมีความร่วน และแข็งเพิ่มขึ้น (อรอนงค์, 2547)

1.1 ข้าวหอมมะลิ

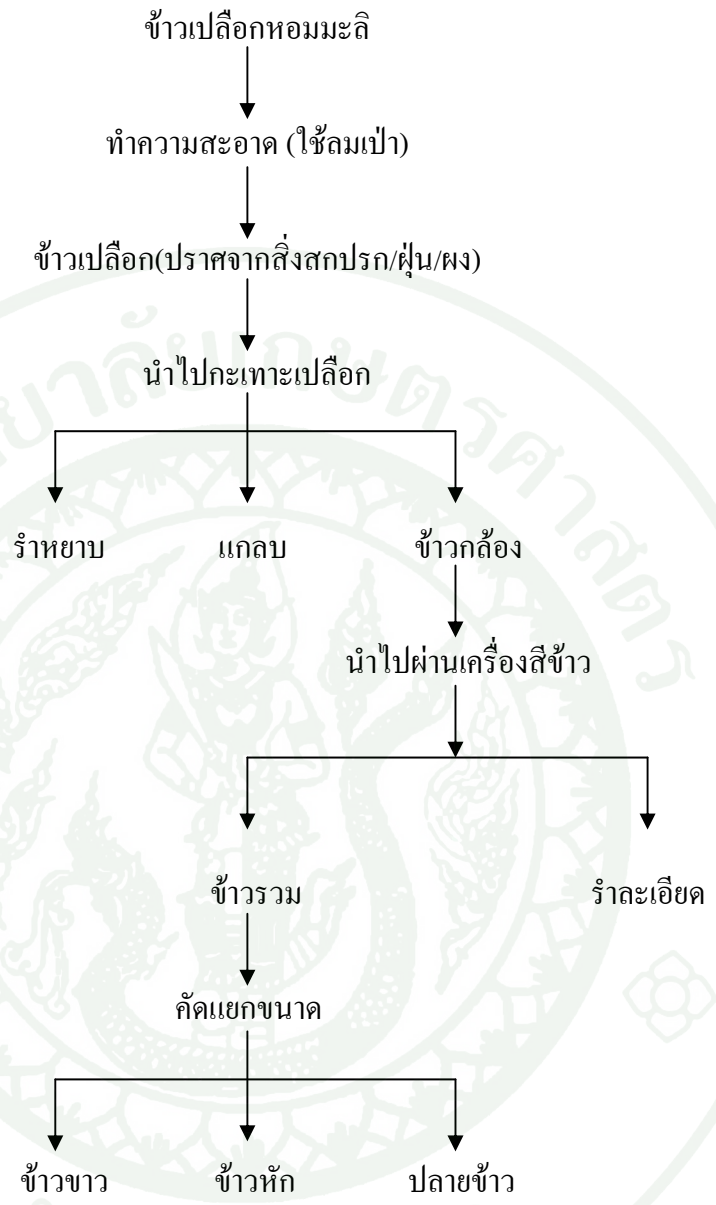
ข้าวหอมมะลิ (Jasmine Rice หรือ Fragrant Rice) เป็นข้าวหอมที่มีคุณภาพดีเป็นที่นิยมของตลาดทั้งในและนอกประเทศ เพราะมีความหอมและรสชาติอร่อย ข้าวหอมมะลิ โดยทั่วไปมี 2 พันธุ์ ที่ได้รับการส่งเสริมให้ปลูกได้แก่

1.1.1 ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ปลูกได้เฉพาะนาปี เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมือง ต้นสูง มีลักษณะพิเศษ คือ เมล็ดข้าวใส ยาวเรียว และมีกลิ่นหอม เป็นที่นิยมบริโภคทั่วไป นอกจากนี้มีคุณสมบัติที่เด่น คือ ทนดินเปรี้ยว และทนดินเค็ม พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105 เหมาะที่จะปลูกในที่นาดอนมากกว่าที่นาลุ่ม

1.1.2 ข้าวพันธุ์ กข 15 เป็นข้าวที่ได้จากการนำเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 มาอาบรังสีแกมม่า ลักษณะเด่นของข้าวพันธุ์นี้ คือ ทนแล้งดีกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อหุงแล้วมีกลิ่นหอม (กัมปนาท, 2533)

อุตสาหกรรมการผลิตข้าวสารข้าวหอมมะลิโดยกระบวนการสีข้าว จะมีเศษเหลือจากกระบวนการผลิต คือ ข้าวหักและปลายข้าว แสดงดังภาพที่ 1 ซึ่งเป็นส่วนที่เหลือจากกระบวนการคัดข้าวตามมาตรฐานข้าวไทย ในปริมาณที่มาก และนำไปใช้ประโยชน์ไม่คุ้มค่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 การแยกส่วนประกอบของข้าวเปลือก

ที่มา: วิชัย (2548)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 คุณสมบัติของข้าวที่แบ่งตามปริมาณอะมิโลส

1.2.1 ปริมาณอะมิโลสต่ำ คือ มีน้อยกว่าร้อยละ10- 20 เป็นพวกข้าวหอม ถ้ามีปริมาณอะมิโลสร้อยละ 1-2 ข้าวสุกจะมีลักษณะเหนียวมาก แต่ถ้ามีปริมาณอะมิโลส ร้อยละ 2-20 ข้าวสุกจะมีลักษณะเนียวนุ่ม เช่น ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ข้าวญี่ปุ่น ข้าวลูกผสม กข. 15

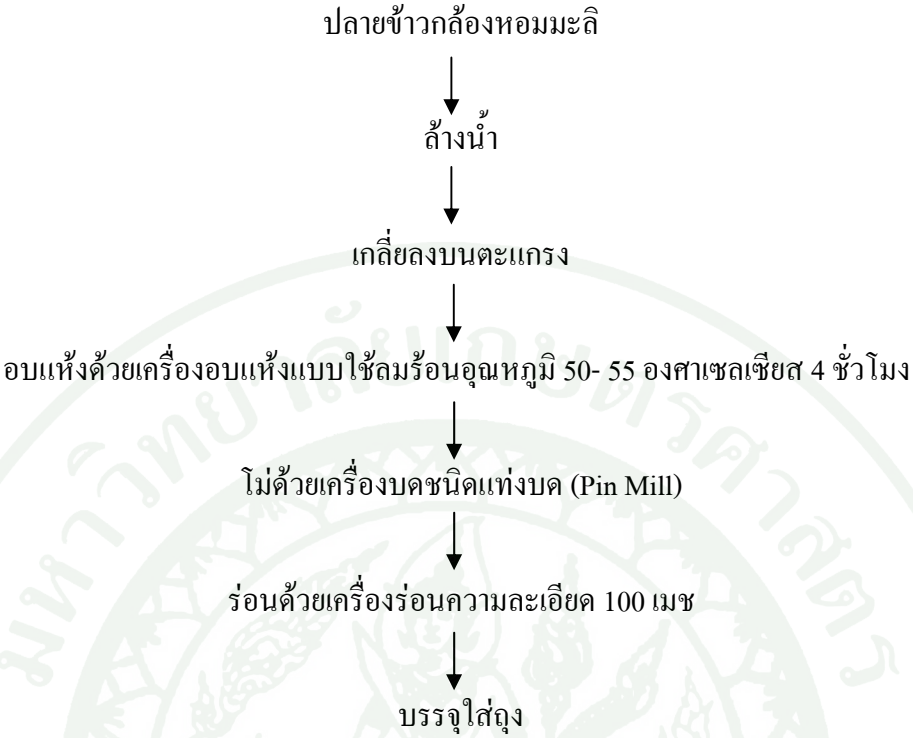
1.2.2 ปริมาณอะมิโลสปานกลาง คือ มีประมาณร้อยละ20-25 เป็นพวกข้าวขาวตาแห้ง ข้าวสุกจะมีลักษณะนุ่มค่อนข้างเหนียว เช่น พันธุ์ขาวปากหม้อ 148 พันธุ์ขาวตาแห้ง 17 พันธุ์กข. 7 พันธุ์ กข. 23 พันธุ์สุพรรณบุรี 60

1.2.3 ปริมาณอะมิโลสสูง มีปริมาณอะมิโลส ร้อยละ 25-34 เป็นข้าวแข็ง และหุงขึ้นหม้อ เช่น ข้าวเหลืองประทิว ปิ่นแก้ว 56 เล็บมือนาง111 เป็นต้น

2. แป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

แป้งข้าวกล้องหอมมะลิเป็นแป้งที่ได้จากการโม่เมล็ดข้าวให้ละเอียดเป็นแป้ง วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต คือ ข้าวหักหรือปลายข้าว โดยการนำข้าวหักมาทำความสะอาด ต่อจากนั้นทำการโม่ให้เป็นแป้ง การผลิตแป้งข้าวกล้องหอมมะลิจะผลิตตามกรรมวิธีการผลิตแป้งข้าวหอมมะลิของณัชนก (2549) ดังภาพที่ 2 โดยเริ่มจากนำปลายข้าวหอมมะลิมาล้างน้ำเพื่อทำความสะอาด และอบโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 50- 55 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาบดด้วยเครื่องชนิดแท่งบด (Pin Mill) และร่อนผ่านตะแกรง 100 เมช บรรจุใส่ถุงโพลีโพรพิลีนถุงละ 2 กิโลกรัม ปิดผนึก และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 2 กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

ที่มา: ณัชนก (2549)

3.ฟังไจ

ฟังไจ (Fungi) ในอดีต หมายถึง เห็ด แต่ในปัจจุบัน หมายถึง เห็ด รา และฟังไจทุกชนิด ดังนั้น ฟังไจ จึงหมายถึง สิ่งมีชีวิตที่มีนิวเคลียสแบบยูคาริโอต (Eukaryote) ไม่มีคลอโรฟิลล์ ส่วนใหญ่กินอาหารโดยการดูดซึม โครงสร้างร่างกาย (Somatic structure) ส่วนใหญ่ มีลักษณะเป็นเส้นสาย (Filament) ซึ่งเมื่ออยู่รวมกันเป็นกลุ่มของเส้นใยเรียกว่า มัยซีเลี่ยม (Mycelium) สามารถสร้างสปอร์ (Spore) สำหรับใช้ในการสืบพันธุ์ ฟังไจสามารถสืบพันธุ์ได้ทั้งแบบอาศัยเพศ (Sexual reproduction) และแบบไม่อาศัยเพศ (Asexual reproduction) ผนังเซลล์ของเส้นใยแข็งแรง ส่วนใหญ่ประกอบด้วยไคติน และบางชนิดมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ (วาสนา, 2544)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1 ลักษณะทั่วไปของฟังไจ

3.1.1 ลักษณะการได้รับสารอาหาร

ฟังไจจัดเป็นพวก Heterotrophic eukaryotic organism ไม่มีคลอโรฟิลล์ จึงไม่สามารถสังเคราะห์อาหารเองได้ ต้องได้รับอาหารจากอินทรีย์สารภายนอกโดยการดูดซึมสารอาหารเข้าไปในเซลล์ ด้วยกระบวนการออสโมซีส (Osmosis) หรือมีกลไกพิเศษในการส่งผ่านสารอาหาร โดยมีการปล่อยเอนไซม์ย่อยสารอาหารให้มีขนาดเล็กลงก่อนแล้วจึงพาอาหารเข้าสู่เซลล์ ปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญได้แก่ ความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ และออกซิเจน

3.1.2 ลักษณะโครงสร้างของเซลล์ร่างกาย

โครงสร้างของเซลล์ร่างกายฟังไจ แบ่งเป็น 3 แบบใหญ่ๆ คือ

ก. แบบพลาสโมเดียม (Plasmodium) เป็นโครงสร้างร่างกายที่ประกอบด้วยไซโตพลาสซึม มีหลายนิวเคลียส และไม่มีผนังเซลล์

ข. แบบเซลล์เดียว (Single cell) อาจมีหรือไม่มีผนังเซลล์ก็ได้

ค. แบบเส้นใย (Hypha) มีลักษณะเป็นเส้นสายยาว หลายเซลล์ หลายนิวเคลียส มีผนังเซลล์และโดยทั่วไป ฟังไจจะมีลักษณะเป็นเส้นใย เรียกว่า ทัลลัส (Thallus)

3.1.3 การวัดการเจริญของฟังไจ ทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่นิยมใช้ ได้แก่

ก. การหาน้ำหนักเซลล์แห้ง (Cell dry weight) โดยเลี้ยงเซลล์ในอาหารเหลวและมีการเขย่าเพื่อให้อากาศอย่างทั่วถึง เส้นใยของฟังไจจะมีการเจริญพันเป็นก้อนเล็กๆ เรียกว่า เพลเลท (Pellete) นำเซลล์เหล่านั้นไปกรองผ่านกระดาษกรอง แล้วอบหาน้ำหนักแห้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข. การวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเมื่อเจริญบนอาหารแข็ง (Colony diameter) เมื่อฟังไจเจริญในที่เหมาะสมจะเจริญแผ่เป็นวงกว้าง ฟังไจแตกต่างจากพืชชั้นสูงอย่างเด่นชัดตรงที่ Vegetative body หรือ Thallus ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (Differentiate) เป็นลำต้น (Shoot) ราก (Root) และท่อสำหรับลำเลียงน้ำและอาหาร (Vessel) นอกจากนี้ยังไม่มี Chlorophyll และกระบวนการสังเคราะห์แสง ทำให้ไม่สามารถนำคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มาใช้เป็นแหล่งคาร์บอน (Carbon source) ได้ จึงต้องการจากภายนอก เมื่อเปรียบเทียบกับพืชชั้นต่ำ อาจมีข้อโต้แย้งในความแตกต่างได้มาก โดยที่พืชเหล่านี้สามารถสร้างสปอร์เพื่อใช้ในการสืบพันธุ์ได้เช่นเดียวกับฟังไจ ฟังไจจัดเป็นพวก Eukaryotes ที่แตกต่างจากแบคทีเรียและ Blue green algae ซึ่งเป็นพวก Prokaryotes โดยที่ ฟังไจมีโครโมโซม (Chromosome) และเยื่อหุ้มนิวเคลียส (Nuclear membrane) (วิจัย, 2546)

3.2 เชื้อรา

3.2.1 ลักษณะสำคัญของรา

ก. การได้รับอาหาร ลักษณะการได้รับอาหารของราเป็นแบบที่ เรียกว่า เฮทเทอโรโทรฟิค (Heterotrophic) ลักษณะต่างไปจากของพืชชั้นสูง ซึ่งเป็นแบบออโตโทรฟิค (Autotrophic) โดยที่ราไม่มีคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) ดังนั้น จึงไม่สามารถสังเคราะห์แสงหรือสร้างอาหารที่เป็นพวกสารประกอบคาร์บอน (Carbon compounds) หรือน้ำตาลได้เอง จึงต้องอาศัยสิ่งเหล่านี้จากแหล่งภายนอก ซึ่งมี 2 ลักษณะ คือ โดยการเป็นพาราไซต์ (Parasite) แหล่งอาหารที่ได้รับจากการเป็นพาราไซต์ ก็คือ จากเซลล์ของสิ่งที่มีชีวิต ซึ่งอาจเป็น คน สัตว์ หรือพืช และโดยการเป็นแซพโพรบ (Saprobe) การเป็นแซบโพรบนี้จะตรงข้ามกับการเป็นพาราไซต์ คือ จะได้รับอาหารจากอินทรียวัตถุต่างๆ ที่ตายแล้ว (Dead organic matter)

ดังนั้นถ้าเราจะแบ่งราโดยใช้ลักษณะของการได้รับอาหารเป็นหลัก ก็อาจแบ่งราออกได้เป็น 2 พวกใหญ่ๆ ด้วยกัน คือ พวกที่เป็นพาราไซต์ และพวกที่เป็นแซพโพรบและใน 2 พวกนี้ ยังสามารถแบ่งย่อยต่อไปได้อีก คือ เป็นออพลิเกท (Obligate parasite) อันหมายถึงพวกพาราไซต์ที่ตลอดชีพจักรของมันเป็นพาราไซต์ได้เพียงอย่างเดียว ในทำนองเดียวกัน พวกแซพโพรบ ก็สามารถแบ่งเป็นออพลิเกทแซพโพรบ (Obligate saprobe) คือเป็นได้แต่เพียงแซพโพรบอย่างเดียวตลอดชีพจักร ยังมีราอีกเป็นจำนวนมากที่ในชีพจักรสามารถเป็นได้ทั้งพาราไซต์และแซพโพรบ ตัวอย่างเช่น มีเชื้อราสาเหตุโรคพืชหลายชนิดสามารถอาศัยอยู่ในดินได้ โดยได้รับอาหารจากอินทรียวัตถุที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เน่าเปื่อยผุพังในดินภายหลังที่พืชอาศัยหรือโฮสต์ (Host) ได้ตายลง ราพวกที่เป็นได้ทั้ง 2 ลักษณะดังกล่าวนี้ เราเรียกว่าเป็นแฟคคูเททีพพาราไซด์ (Facultative parasite) หรือ แฟคคูเททีพแซพโพรบ (Facultative saprobe)

ข. นิวเคลียส (Nucleus) นิวเคลียสของราสามารถมองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ เมื่อย้อมด้วยสีบางชนิด เช่น กิมซา (Giemsa) หรือ ฟลูเก็นต์ (Feulgen stain) ซึ่งย้อมนิวคลีอิกแอสิค (Nucleic acid) ในแต่ละนิวเคลียสจะพบว่า มีนิวคลีโอลัส (Nucleolus) เพียง 1 อัน มีตำแหน่งอยู่ติดกับนิวเคลียแมมเบรน (Nuclear membrane) การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซีส (Mitosis) การแบ่งนิวเคลียสของรานั้นแตกต่างไปจากพืชและสัตว์อื่นๆ คือ ตลอดระยะการแบ่งนิวเคลียส นิวเคลียแมมเบรนจะคงอยู่ตลอดเวลาโดยนิวเคลียสมีการยืดยาวออกเป็น รูปดัมเบลล์เซฟ (Dumb-bell-shaped) และในที่สุดก็จะขาดออกเป็น 2 นิวคลีไอต์ (Nuclei) ในราส่วนใหญ่โครโมโซม (Chromosome) มีรูปร่างเป็นเส้นยาว (thread-like) แต่ในราพวกยีสต์และราอื่นๆ บางชนิด อาจพบว่าโครโมโซม มีรูปร่างกลม (Spherical chromosome)

ค. ระยะที่เป็นเซลล์ร่างกาย (Somatic phase หรือ Vegetative phase) หมายถึงระยะที่มีการเจริญเติบโต มีความหมายตรงข้ามกับ Reproductive phase เส้นใยของรามีผนังห่อหุ้มยกเว้นในราบางพวกที่จัดอยู่ในพวกชั้นต่ำ อาจพบว่ามีเซลล์ร่างกายประกอบด้วยเซลล์เพียงเซลล์เดียวและไม่มีผนังเซลล์ (Cell wall) ห่อหุ้มแทลลัสของราส่วนใหญ่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้เอง (Non-motile) ประกอบด้วยกลุ่มของเส้นใย (Filament) ที่มีลักษณะยาวเรียกว่า เส้นใย (Hypha) อาจมีผนังกั้นตามขวางเป็นระยะ เรียกว่า Septum ซึ่งจะแบ่งเส้นใยออกเป็นช่องๆ แต่ละช่องเรียกว่า Hypha segment

ราบางพวกสร้างเส้นใยยาวโดยไม่มีผนังกั้นเลย กลุ่มของเส้นใยประเภทนี้เรียกว่าเป็นพวกไม่มีผนังกั้น (Non-septate หรือ Coenocytic mycelium) สำหรับราพวก Ascomycetes หรือราชั้นสูง ผนังที่กั้นนั้นไม่ปิดทึบหมด แต่มีช่องหรือรูเปิดอยู่ตรงกลาง และเมื่อตรวจดูลักษณะภายในด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนจะพบเซลล์ออร์แกนอล (Cell organelle) หลายชนิด

เส้นใยของราหลายชนิดมีสีใส (Hyaline) คือ ไม่มีสี แต่ในราบางชนิดมีเส้นใยสีดำ ซึ่งเกิดจากการสะสมของเม็ดสีหรือ Melanin ที่ผนังเส้นใย เส้นใยอาจมีความหนาเท่ากันตลอด หรืออาจค่อยๆ เรียวเล็กลง จากส่วนที่ใหญ่ไปหาส่วนที่เล็กกว่าในเส้นใยเดียวกัน อาจมีการแตกกิ่งหรือไม่แตกกิ่ง ความหนาของเส้นใยมีแตกต่างกันไป ตั้งแต่ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 0.5 ไมโครเมตร จนถึงใหญ่กว่า 100 ไมโครเมตร (เช่น ในพวก Saprolegniales บางชนิด) และอาจมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความยาวเพียง 2-3 ไมโครเมตร จนกระทั่งเจริญสร้างเป็นแผ่นหรือรวมกันเป็นเส้นใหญ่ (Hyphal strand) ที่ยาวหลายๆ เมตร เส้นใยได้รับอาหารจากภายนอกโดยการดูดซึม (Absorb) ผ่านเข้าทางผนังของเส้นใย ส่วนปลายสุดของเส้นใยเป็นส่วนที่สำคัญเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของเรา

ง. ผนังเส้นใย (Hyphal wall) ผนังของเส้นใยในรา ส่วนใหญ่ประกอบด้วย ไมโครไฟบิล (Microfibril) ของสารไคติน (Chitin) มีราบางพวกเท่านั้นที่พบว่า ผนังของเส้นใยประกอบด้วยสารเซลลูโลส (Cellulose) โครงสร้างของไคติน คือ N-acetyl D-glucosamine จับต่อกันเป็นพอลิเมอร์ (Polymer) ส่วนของเซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์ของ D-glucose

จ. อาหารสะสม (Storage nutrient) ของราพบได้ในรูปของไกลโคเจน (Glycogen) และลิปิด (Lipid) เท่านั้น ให้สังเกตว่าไกลโคเจนเป็นอาหารสะสมที่พบในไซโตพลาสซึม (Cytoplasm) ของราและสัตว์ แต่จะไม่พบในเซลล์ของพืชเลย

ฉ. ระบบการสืบพันธุ์ (Reproductive system) หน่วยที่ใช้ในการแพร่พันธุ์ของรา ได้แก่ สปอร์ สปอร์ที่ราสร้างเป็นผลจากระบบการสืบพันธุ์ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ ระบบการสืบพันธุ์แบบไม่ใช้เพศ และระบบการสืบพันธุ์แบบใช้เพศ ระบบการสืบพันธุ์แบบไม่ใช้เพศ (Asexual or Imperfect reproductive system) สปอร์ที่ได้จากการสืบพันธุ์แบบนี้ จะไม่ผ่านขั้นตอนของการรวมตัวกันของนิวเคลียส และนิวเคลียสมีการแบ่งตัวแบบไมโตซีส (Mitosis) ได้เพียงอย่างเดียว ตัวอย่างของการสืบพันธุ์แบบนี้ เช่น การหักออกของเซลล์ร่างกาย การบ่าของเซลล์ร่างกาย การแตกหน่อ และการสร้างโคนิเดีย ระบบการสืบพันธุ์แบบใช้เพศ (Sexual or Perfect reproductive system) ในการสืบพันธุ์แบบนี้จะมีการผสมกันระหว่างเซลล์สืบพันธุ์ (Sex cell) และนิวเคลียส จึงมีระยะที่นิวเคลียสมีลักษณะเป็นดิพพลอยด์ (Diploid, 2N) และในขั้นสุดท้ายนิวเคลียส 2N มีการแบ่งแบบไมโอซีส (Meiosis) ลดจำนวนโครโมโซม (Chromosome) จาก 2N เป็น N ทำให้ได้สปอร์ที่มีลักษณะเป็นแฮพพลอยด์ (Haploid, sexual spore) ที่สร้างโดยรา ได้แก่ โอโอสปอร์ (Oospore), ไซโกสปอร์ (Zygospore), แอสโคสปอร์ (Ascospore) และเบสิดิโอสปอร์ (Basidiospore) (วิจัย, 2546)

3.2.2 ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมต่อการเจริญของเชื้อรา

นงลักษณ์และปรีชา (2548) กล่าวว่า ปกติเชื้อราจะเจริญได้อย่างคงที่ในสภาพแวดล้อมที่คงที่ อันประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ หัวเชื้อ (Inoculum) อาหารเลี้ยงเชื้อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(Nutrient) และสภาพแวดล้อม (Environment) ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมภายนอกที่มีผลต่อการเจริญนั้น ได้แก่ อุณหภูมิ แสง ความเป็นกรด-ด่าง ความชื้น เป็นต้น เชื้อราแต่ละชนิดจะตอบสนองต่อปัจจัยดังกล่าวแตกต่างกัน แต่จะมีจุดต่ำสุด (Minimum point) และจุดสูงสุด (Maximum point) เป็นจุดกำหนดช่วงของปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมนั้นที่เชื้อราสามารถที่จะเจริญได้ เมื่อเชื้อราได้รับเพิ่มมากขึ้นจากจุดต่ำสุด จะทำให้การเจริญเพิ่มมากขึ้น จนถึงจุดที่เหมาะสม (Optimum point) ที่จุดนี้จะถือว่าเป็นช่วงที่เชื้อราสามารถเจริญได้ดีที่สุด แสดงให้เห็นว่าเชื้อรามีการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมภายนอกเพื่อการมีชีวิตและจะสามารถเจริญเพิ่มจำนวนได้ อย่างไรก็ตาม เชื้อราอาจจะมีการพัฒนาไปเป็นโครงสร้างพักตัว (Resting structure) ที่มีผนังหนา เช่น คลามัยโดสปอร์ เม็ดสเคลอโรเทียม เป็นต้น ในสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญ

ก. อุณหภูมิ (Temperature) เชื้อรามีการดำรงชีพเช่นเดียวกับจุลินทรีย์หรือสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่สามารถเจริญได้ในสิ่งแวดล้อมที่มีความแตกต่างกันของอุณหภูมิได้หลายๆ ระดับ มีทั้งที่สามารถเจริญและทนอยู่ได้ในระดับความเย็นต่ำกว่าจุดเยือกแข็งได้เรียกว่า กลุ่มทนต่อความเย็น (Psychrotolerant) หรือกลุ่มที่เจริญได้ดีในที่มีอากาศเย็น แต่ไม่เกิน 20 องศาเซลเซียส จะเป็นเชื้อราชอบความเย็น (Psychrophillic fungi) หรือเป็นกลุ่มที่สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงๆ เกินกว่า 40 องศาเซลเซียส มักพบในกองปุ๋ยหมักจะเป็นกลุ่มทนร้อน (Thermotolerant) ส่วนเชื้อราที่ไม่เจริญเมื่อมีอุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส จะเป็นราที่ชอบอากาศร้อน (Thermophillic fungi) และเป็นกลุ่มที่เจริญในระดับอุณหภูมิปานกลางๆ (Mesophillic fungi)

ข. แสง (Light) แสงนับว่ามีผลต่อการเจริญของเชื้อรา มีรายงานหลายชิ้นที่แสดงให้เห็นว่า แสงไปลดอัตราการเจริญของเชื้อราที่เจริญบนผิวหน้าอาหารวุ้น ซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจาก แสงเป็นสาเหตุของการทำลายสารเคมีในอาหารหรือมีผลโดยตรงต่อกระบวนการเมตาบอลิสม (Metabolism) ในการสร้างสปอร์ของเชื้อราบางชนิด พบว่า แสงจะมีความเกี่ยวข้องกับการสร้างสปอร์อย่างมาก โดยเฉพาะแสงสีม่วงมักจะไปกระตุ้นการสร้างสปอร์และเชื้อราบางชนิดจะไม่สร้างสปอร์ถ้าบ่มเชื้อในที่มืดตลอดเวลา

ค. ความชื้น (Moisture) โดยทั่วไป เซลล์ของสิ่งมีชีวิตจะประกอบด้วย น้ำเป็นจำนวนมากและมีความจำเป็นต่อการเจริญเป็นอย่างมาก เซลล์ของเชื้อราสามารถรับน้ำจากสิ่งแวดล้อมภายนอกผ่านทางผนังเซลล์และเซลล์เมมเบรนหรือพลาสมาเมมเบรน แต่ก็สามารถสูญเสียความชื้นจากเซลล์ได้เช่นเดียวกันในสภาวะที่แห้งแล้ง เนื่องจากน้ำมีการออสโมซีสจาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บริเวณที่มีค่าศักย์ของน้ำสูงไปยังต่ำเชื้อราแต่ละชนิดสามารถเจริญได้ในบริเวณที่มีความชื้นแตกต่างกันไป และสามารถเจริญได้ในสภาพที่มีความชื้นต่ำๆ

ง. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) เป็นค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออนที่อยู่ในสารละลาย เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อรา โดยทั่วไปแล้วเชื้อราเจริญที่ระดับความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 4-8 แต่ระดับที่เหมาะสมจะอยู่ระหว่าง 5.5-7.5

จ. ออกซิเจน (Oxygen) จุลินทรีย์สามารถที่จะได้รับพลังงานจากทั้งโดยการหายใจและโดยการหมักในสภาพไม่มีออกซิเจน ในกระบวนการหายใจนั้นจะใช้ออกซิเจนเป็นตัวรับอิเลคตรอน แต่ในสภาวะที่มีออกซิเจนน้อย อาจจะใช้ไนเตรทเป็นตัวรับอิเลคตรอนแทน การหายใจจะเป็นการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำด้วยพลังงานจากกระบวนการออกซิเดทีฟฟอสโพรีเลชั่น ซึ่งการหายใจจะได้พลังงานมากกว่าการหมัก

ฉ. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สอื่นๆ (Carbon dioxide and othergases) โดยทั่วไปเชื้อรามีการดำรงชีวิตเป็นเฮทเทอโรโทรป ได้รับอาหารจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณน้อยๆ ที่มีอยู่ในบรรยากาศตามธรรมชาติจะมีความสำคัญต่อการเจริญของรา

3.2.3 ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของเชื้อรา

เชื้อราจัดเป็นจุลินทรีย์ที่ดำรงชีวิตเป็นเฮทเทอโรโทรป จำเป็นต้องอาศัยแหล่งอาหารจากภายนอก หน้าที่ของธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญของเชื้อรา สามารถจัดแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

ก. แหล่งคาร์บอน (Carbon source)

น้ำตาล (Sugars) น้ำตาลกลูโคส (Glucose) จัดเป็นแหล่งคาร์บอนที่ดีที่สุดและเชื้อราส่วนใหญ่สามารถนำไปใช้ได้ เชื้อราสามารถใช้น้ำตาลได้หลายชนิดเพื่อนำไปใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและน้ำตาลเหล่านี้จะเข้าสู่เซลล์อย่างมีความจำเพาะเจาะจงสูงกับโปรตีนตัวพา โดยอาศัยหลักการความสมดุลระหว่างภายในและภายนอกเซลล์ ส่วนน้ำตาลโมเลกุลคู่หรือไดแซกคา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไรด์อาจจะเข้าสู่เซลล์โดยการแพร่หรือถูกเอนไซม์แซคคาเรสสลายให้กลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวก่อน

โพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharides) เชื้อราสามารถปล่อยน้ำย่อยหรือเอนไซม์ออกมาย่อยสลายแป้งหรือเซลลูโลสอื่นๆ ได้ แหล่งที่สำคัญของโพลีแซคคาไรด์ ได้แก่ เนื้อไม้ ซึ่งมีลิกนินเป็นองค์ประกอบหลัก การย่อยสลายแป้งเชื้อรามักใช้เอนไซม์อะไมเลส เนื่องจากแป้งจะมีองค์ประกอบของอะมัยโลสและอะมัยโลเพคติน เป็นต้น

กรดอินทรีย์และแอลกอฮอล์ (Organic acids and alcohols) เป็นกลุ่มของสารตัวกลางที่เกิดขึ้นในวัฏจักรเครบส์ เชื้อราสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งคาร์บอนได้ เช่น กรดแลกติก กรดทาร์ทาริก กรดอะซิติกและกรดไขมัน เป็นต้น

ไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbons) มีเชื้อราบางชนิดสามารถใช้สารประกอบไฮโดรคาร์บอนเป็นแหล่งคาร์บอนได้ เช่น ยีสต์บางชนิด เป็นต้น

ข. แหล่งไนโตรเจน (Nitrogen sourec)

เชื้อราส่วนใหญ่ สามารถใช้ไนโตรเจนอนินทรีย์ได้ดีกว่าไนโตรเจนอินทรีย์ แหล่งไนโตรเจนที่สำคัญของเชื้อรา ได้แก่

1) ไนเตรท์ (Nitrate) เป็นแหล่งไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของปุ๋ยเคมี เชื้อราหลายชนิดสามารถนำไปใช้ได้ โดยการแพร่เข้าสู่เซลล์ โดยมีเอนไซม์ที่เกี่ยวข้อง คือ ไนเตรทรีดักเตส จะเปลี่ยนไนเตรทเป็นไนไตรท์ และไนไตรท์รีดักเตส จะเปลี่ยนไนไตรท์เป็นแอมโมเนีย

2) แอมโมเนีย (Ammonia) ได้มาจากการสลายตัวของซากพืชซากสัตว์ ตามธรรมชาติ แต่บางครั้งถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปเกลือแอมโมเนียมได้โดยทำปฏิกิริยากับกรดหรือถูกออกซิไดซ์ด้วยไนตริไฟอิงแบคทีเรีย

3) กรดอะมิโน (Amino acid) เชื้อราส่วนใหญ่สามารถใช้กรดอะมิโน เอมีนได้ การเติมสารกลูตาเมต, กลูตามีน, แอสปาเตทและแอสปาราจีน ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ นอกจากจะใช้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เป็นแหล่งไนโตรเจนแล้ว เชื้อรายังใช้กรดอะมิโนเป็นแหล่งคาร์บอนได้ด้วย แหล่งไนโตรเจนที่เชื้อราสามารถนำไปใช้ได้นอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้ว คือ ไคตินและยูเรีย ซึ่งต้องมีการย่อยด้วยเอนไซม์ก่อนนำเข้าสู่เซลล์

ค. แร่ธาตุ (Minerals)

เป็นธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญของเชื้อรา สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ แร่ธาตุที่ต้องการปริมาณมาก (Macro nutrients) เป็นแร่ธาตุที่เชื้อรามีความต้องการในปริมาณมากประมาณ 10^{-3} โมลาร์ ซึ่งได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม ไนโตรเจน ซัลเฟอร์และแคลเซียม สำหรับเชื้อราทะเลจะมีความต้องการโซเดียมเพื่อที่จะทำให้เกิดสมดุลของอิออนแทน โปแตสเซียมและแร่ธาตุที่ต้องการปริมาณน้อย (Micro nutrients) เป็นแร่ธาตุที่เชื้อรามีความต้องการในปริมาณน้อยในการดำรงชีวิต โดยจะต้องการในปริมาณ 10^{-6} โมลาร์ หรือต่ำกว่า ถ้าได้รับในปริมาณที่สูงจะเป็นพิษต่อเซลล์ได้ สารเหล่านี้มักเกิดการตกตะกอนได้ง่าย ทำให้ไม่สามารถนำไปใช้ได้ จึงจำเป็นต้องใช้สารที่มีคุณสมบัติทำให้เกิดการกระจายตัว เช่น ซิเตรท เติมลงไป เป็นต้น เพื่อทำให้อิออนอิสระของแร่ธาตุถูกนำไปใช้ได้

ง. สารช่วยการเจริญและวิตามิน (Growth factors and vitamins)

ในการเจริญของเชื้อราบางชนิด มีความต้องการเพียงกลูโคสสำหรับการเจริญแสดงว่าเชื้อราเหล่านั้นมีความสามารถในการที่จะนำเอากลูโคสมาใช้เป็นแหล่งพลังงาน และเชื้อรามีการสังเคราะห์สารอื่นๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญขึ้นมาเอง แต่มีเชื้อราอีกจำนวนมากที่มีความต้องการสารอินทรีย์ในปริมาณน้อยๆ เพียงมาช่วยให้การเจริญและกิจกรรมภายในเซลล์เกิดขึ้น สารเหล่านี้ คือ สารช่วยการเจริญ (Growth factors) เป็นสารที่เชื้อราต้องการมากถึง 100 ไมโครโมลาร์ ทำหน้าที่เกี่ยวกับโครงสร้างของเซลล์ เช่น กรดอะมิโน พิวรีน ไพริมิดีนและสเตอรอล ส่วนวิตามินเป็นสารที่เชื้อรามีความต้องการน้อยกว่า โดยทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ของปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ แม้ว่าสารทั้งสองชนิดนี้จะต้องการในปริมาณน้อยแต่ไม่สามารถขาดได้เพราะจะมีผลต่อกิจกรรมและการเจริญของเชื้อรา เชื้อราส่วนใหญ่จะไม่สามารถสังเคราะห์วิตามินบีได้ ดังนั้นจึงต้องการจากสารอาหารภายนอก เพื่อนำไปใช้ในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ของเซลล์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3 ยีสต์

ยีสต์ เป็นเชื้อราชนิดหนึ่งที่มีการดำรงชีวิตแบบเซลล์เดียว (Unicellular form) มีรูปร่างหลายแบบ คือ กลม (Round) รี (Oval) สามเหลี่ยม (Triangular) ยาวปลายด้านหนึ่งแหลม (Ogival, boat) รูปร่างแบบมะนาวฝรั่ง (Apiculated) คนโฑ (Flash) ยาว (Elongate) และเป็นสาย (Filamentous) ยีสต์บางชนิดมีการสร้างเส้นใยเทียม การสืบพันธุ์แบบไม่มีเพศและมีเพศ วิธีการสืบพันธุ์แบบไม่มีเพศ ได้แก่ การแตกหน่อ (Budding) การสร้างเซลล์โดยการขยายขนาดของเซลล์แล้วสร้างผนังกั้นแบ่งเซลล์เป็นสองส่วน (Fission) ยีสต์บางชนิดมีการสร้างคอนิเดีย (Conidia) ยีสต์ที่มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศมี 2 พวก คือ พวกที่สร้างแอสโคสปอร์ (Ascosporogenous yeasts) และพวกที่สร้างเบสิดิโอสปอร์ (Basidiosporogenous yeasts) ซึ่งสปอร์ทั้งสองชนิดนี้เกิดขึ้นจากการรวมตัวของนิวเคลียสและตามด้วยการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซีส (Meiosis) (ศศิธร, 2543)

3.4 เห็ด

เห็ด เป็นสิ่งมีชีวิตประเภทเดียวกับรา จัดอยู่ในอาณาจักรย่อยแทลโลไบออนตา (Thallobionta) หมวดเห็ดรา (Fungi) มีเส้นใยรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนเกิดเป็นดอกเห็ดอยู่เหนือพื้นดินหรือสิ่งที่อาศัยอยู่ มีเนื้อในเห็ด (Context) และมีครีบ (Gill) คำว่า เห็ดมิได้ หมายถึง ดอกเห็ดที่มีหมวก มีเนื้อและมีครีบเท่านั้น แต่ยังหมายถึงราอีกหลายชนิดที่ดอกเป็นดอกเห็ด ซึ่งอาจมีเนื้อนุ่ม แข็ง หรือเหนียว มีหมวกหรือไม่มีหมวกก็ได้

เห็ดจัดเป็นราที่มีวิวัฒนาการสูงกว่าราชนิดอื่นๆ ส่วนใหญ่จัดอยู่ในราหมวดย่อย Basidiomycotina ที่สร้างสปอร์บนเบซิเดียม (Basidium) ในโครงสร้างเบสิดิโอคาร์ป (Basidiocarp) และราในหมวดย่อย Ascomycotina ที่สร้างสปอร์ในแอสคัส (Ascus) ในโครงสร้างแอสโคคาร์ป (Ascocarp) ทั้งเบซิเดียมและแอสคัสอยู่ในเยื่อกำเนิดสปอร์ (Hymenium) เยื่อกำเนิดสปอร์ของเห็ดบางชนิดมีเยื่อหนาหรือบางหุ้ม ซึ่งจะฉีกขาดหรือแตกออกเมื่อสปอร์แก่เพื่อให้กระจายพันธุ์ได้ แต่บางชนิดไม่มีเยื่อหุ้ม

เห็ดมีขนาด รูปร่าง สีสัน ลักษณะวิสัย (Habit) และถิ่นกำเนิดแตกต่างกัน ดอกเห็ดมีหลายขนาด ตั้งแต่ขนาดเล็กเท่าก้านไม้ขีดไฟไปจนถึงขนาดใหญ่เท่าลูกฟุตบอลหรือกระด้ง มีหลายสี บางชนิดมีสีกลมกลืนไปกับสิ่งแวดล้อมที่อาศัยอยู่ รูปร่างเห็ดแตกต่างกัน เห็ดเกิดชุกชุมตามธรรมชาติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในฤดูฝน ตามป่า ทุ่งนา ทุ่งหญ้า พื้นดิน ต้นไม้ ขอนไม้ ส่วนใหญ่มีชีวิตอยู่ตามอินทรีย์วัตถุ เช่น กองปุ๋ยหมัก มูลสัตว์ พืชที่ตายแล้ว ทำให้เกิดการผุเปื่อยของอินทรีย์วัตถุ

เห็ดแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ เห็ดกินได้ (Edible mushroom) และเห็ดมีพิษ (Poisonous mushroom หรือ Toadstool) เห็ดที่กินได้ส่วนมากมีเนื้ออ่อนนุ่มหรือกรอบน่ากิน จัดเป็นอาหารที่มีคุณค่าเท่าเทียมผัก ดอกเห็ดมีน้ำเป็นองค์ประกอบถึงร้อยละ 90 นอกนั้นเป็นโปรตีน ไขมัน เกลือแร่ และวิตามิน ซึ่งมีวิตามินบี1 และวิตามินบี2 มากกว่าชนิดอื่นๆ ยกเว้นเห็ดที่มีสีเหลืองซึ่งมีวิตามินเอมาก เห็ดจัดเป็นอาหารที่ย่อยยาก ผู้ที่เป็นโรคกระเพาะไม่ควรกินมาก (ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ, 2539)

เห็ดหลายชนิดได้รับการส่งเสริมให้เพาะเลี้ยงเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือน เช่น เห็ดฟาง เห็ดกระดุมหรือเห็ดแชมปิญอง เห็ดหอม เห็ดหูหนู ซึ่งได้รับความสนใจและจำหน่ายกันแพร่หลาย หลายชนิดใช้เทคโนโลยีและการลงทุนต่ำ เช่น เห็ดฟาง วัสดุที่ใช้เพาะเห็ดเป็นวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร เช่น ฟางข้าว ขี้เลื่อย ผลผลิตจากเห็ดมีหลายอย่าง เช่น นำไปจำหน่ายสด แปรรูปเป็นน้ำเห็ด เห็ดบรรจุกระป๋อง เห็ดแห้ง ผสมในอุตสาหกรรมอาหารชนิดอื่นๆ เช่น น้ำพริกเผา ข้าวเกรียบเห็ด อาหารมังสวิรัติบางชนิดก็ใช้เห็ดแทนเนื้อสัตว์ได้ ทำให้กิจกรรมการเพาะเห็ดขยายกว้างขวางขึ้น (บรรณ, 2547) อาหารเลี้ยงเชื้อเห็ดจากเนื้อเยื่อเห็ดจะใช้อาหารวุ้น PDA เห็ดทุกชนิดจะเจริญได้ดีในอาหารนี้ การเก็บรักษาเชื้อเห็ดไว้ หรือการเพิ่มปริมาณของเชื้อเห็ด ต้องใช้อาหาร PDA เสมอ (สุเทพ, 2543)

4. อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจ

การพิจารณาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราเพื่อการจำแนกชนิดจากเชื้อราบริสุทธิ์ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อในห้องปฏิบัติการสามารถทำได้ง่ายและสะดวกกว่าการตรวจดูเชื้อราที่เจริญบนวัสดุธรรมชาติ นอกจากนี้เรายังสามารถเลี้ยงเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อให้มีปริมาณเพียงพอต่อการนำมาใช้ประโยชน์ในการศึกษาด้านต่างๆ เช่น ทางด้านสรีรวิทยา เป็นต้น เชื้อราก็เหมือนกับมนุษย์ คือ ต้องการแหล่งคาร์บอนเพื่อสร้างพลังงาน แหล่งไนโตรเจนสำหรับการสร้างโปรตีน เกลือแร่บางอย่างตลอดจนวิตามินเพื่อการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ (นงลักษณ์และปรีชา, 2548) อาหารเลี้ยงเชื้อราที่เตรียมในห้องปฏิบัติการ อาจมีลักษณะเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง (Solid media) หรืออาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว (Liquid media) ก็ได้ ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการเลี้ยงเชื้อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับการเลี้ยงเชื้อราเพื่อการจัดจำแนกนิยมใช้อาหารชนิดแข็งเพราะให้ประโยชน์มากกว่า โดยที่เชื้อราสามารถสร้างสปอร์บนอาหารชนิดนี้ได้ดี

อาหารเลี้ยงเชื้อราส่วนใหญ่เตรียมได้โดยการละลายสารอาหารต่างๆ ที่จำเป็นต่อเชื้อราในน้ำ ให้มีสารอาหารที่อยู่ในลักษณะสมดุลและให้ทุกสิ่งที่เชื้อราต้องการใช้เพื่อการเจริญ อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งจะมีส่วนประกอบของวุ้น (Agar) เมื่อเย็นลงก็สามารถทำให้อาหารแข็งตัวเป็นเจล (Gel) เมื่อแรกนั้นมีการใช้เจลลาติน (Gelatin) เพื่อให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัวก่อน แต่เจลลาตินมีข้อเสียเนื่องจากมีโปรตีนเป็นส่วนประกอบ ซึ่งราบางชนิดสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เมื่อราพวกนี้เจริญบนเจลลาตินก็ทำให้อาหารเปลี่ยนสภาพเป็นอาหารเหลวไป ในปี ค.ศ. 1880 มีผู้นำสารที่เรียกกันว่า Agar-Agar หรือวุ้นมาใช้แทนเจลลาติน วุ้นมีคุณสมบัติที่ละลายตัวในอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูงเกือบถึงจุดเดือดของน้ำ แต่จะแข็งตัวที่อุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส จึงสามารถเทวุ้นลงบนเชื้อราที่มีชีวิตได้โดยไม่ทำให้เชื้อราตาย และยังสามารถใช้เลี้ยงเชื้อราที่ต้องการอุณหภูมิสูงในการเจริญได้อีกด้วย วุ้นมีคุณสมบัติค่อนข้างคงที่และจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ยกเว้นแบคทีเรีย 2-3 ชนิดเท่านั้น

อาหารเลี้ยงเชื้อราจะมีคุณสมบัติแตกต่างจากอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย โดยอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรีย ส่วนใหญ่มีคุณสมบัติเป็นกลางหรือค่อนข้างเป็นด่างเล็กน้อย ส่วนอาหารเลี้ยงเชื้อราต้องมีคุณสมบัติเป็นกรดมากกว่า แหล่งคาร์บอนที่สำคัญสำหรับเชื้อรา ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โดยเชื้อราจะใช้กลูโคสได้ดีที่สุดเพื่อเป็นแหล่งพลังงานและใช้ในการเสริมสร้างส่วนต่างๆ ของเซลล์ ส่วนแหล่งไนโตรเจนของเชื้อรา ได้มาจากสารประกอบอนินทรีย์ของไนโตรเจน เช่น เกลือแอมโมเนียมและเกลือไนเตรท เป็นต้น ธาตุต่างๆ ที่เชื้อราต้องการในการเจริญได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม แมกนีเซียมและธาตุเหล็ก โดยเชื้อราต้องการธาตุต่างๆ ในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่ถือเป็นธาตุที่จำเป็นขาดไม่ได้ นอกจากนั้นยังพบว่า การเติมยีสต์สกัด (Yeast extract) ร้อยละ 0.1 ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อจะทำให้อาหารเลี้ยงเชื้อนั้นมีธาตุต่างๆ ที่เชื้อราต้องการอย่างครบถ้วน (Harrigan and McCane, 1976) ส่วนยีสต์ต้องการสารอาหารที่เป็นแหล่งคาร์บอน แหล่งไนโตรเจน แร่ธาตุ และวิตามินต่างๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.1 อาหารเลี้ยงเชื้อราแบ่งตามส่วนผสมหรือองค์ประกอบของอาหารได้เป็น 2 ประเภท คือ

4.1.1 อาหารสังเคราะห์ (Synthetic media หรือ chemically defined media) เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทราบองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณสารเคมีที่แน่นอน ตัวอย่างอาหารเลี้ยงเชื้อแบบสังเคราะห์ ได้แก่

ก. Czapek's solution agar (CZA)

Czapek's solution agar เป็นอาหารสังเคราะห์ที่ใช้กันแพร่หลายในห้องปฏิบัติการราวิทยา ราหลายชนิดเจริญและสร้างโคโลนีหรือ Pigment ที่มีลักษณะเฉพาะบนอาหารชนิดนี้ โดยทั่วไปการเจริญของเส้นใยบนอาหารเลี้ยงเชื้อมีได้จำกัดและการสร้างสปอร์จะเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ราบางชนิดอาจเจริญได้น้อยและไม่มีสร้างสปอร์ เนื่องจากไม่สามารถสังเคราะห์วิตามินได้ (วิจัย, 2531) ส่วนประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อ Czapek's solution agar มีรายละเอียด ดังนี้

Sucrose	30.0	กรัม
$NaNO_3$	3.0	กรัม
K_2HPO_4	1.0	กรัม
$MgSO_4.7H_2O$	0.5	กรัม
KCl	0.5	กรัม
$FeSO_4.7H_2O$	0.5	กรัม
วุ้น	15.0	กรัม
น้ำกลั่น	1,000	มิลลิลิตร

ข. Westergaard and Mitchell's media

Westergaard and Mitchell's media มีลักษณะคล้ายกับ CZA แต่มีวิตามินและแร่ธาตุพวก micronutrient มากกว่า เป็นอาหารที่เหมาะสมกับเชื้อราหลายชนิดที่ไม่สร้างสปอร์บน CZA แต่จะสร้างสปอร์บนอาหารนี้พวก Micronutrient ที่ใช้เป็นจำนวนเล็กน้อยนี้อาจเตรียมได้โดยการทำเป็น stock solution ไว้โดยชั่งสารแต่ละชนิด 1,000 เท่า ของที่ใช้ในสูตรอาหาร ผสมน้ำจนครบ 1 ลิตร แล้วใช้ 1 มิลลิลิตรของ Stock solution ใส่ในอาหารที่ต้องการเตรียม 1 ลิตร ก็จะได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จำนวนสารที่ต้องการตามสูตรอาหาร อาหารนี้ก็เช่นเดียวกับ CZA จะเป็นอาหารสังเคราะห์อย่างแท้จริงถ้าใช้โดยไม่มีวุ้น (วิจัย, 2531) ส่วนประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อ Westergaard and Mitchell's media มีรายละเอียด ดังนี้

Sucrose	30.0	กรัม
KNO_3	1.0	กรัม
KH_2PO_4	1.0	กรัม
$MgSO_4.7H_2O$	0.5	กรัม
$CaCl_2$	0.1	กรัม
$ZnSO_4$	2.0	มิลลิกรัม
$CuCl_2$	0.1	มิลลิกรัม
$FeSO_4$	0.2	มิลลิกรัม
$Na_2MoO_4.2H_2O$	0.2	มิลลิกรัม
H_3BO_3	0.01	มิลลิกรัม
Biotin	4.0	มิลลิกรัม
Thiamine	2.0	มิลลิกรัม
วุ้น	20.0	กรัม
น้ำกลั่น	1,000	มิลลิลิตร

4.1.2 อาหารกึ่งสังเคราะห์ (Artificial media หรือ Non-synthetic media) เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ทราบส่วนประกอบทางเคมีที่แน่นอน อาหารเลี้ยงเชื้อประเภทนี้ประกอบด้วยเนื้อเยื่อพืชและหรือสัตว์ ซึ่งมีสารอินทรีย์อีกมากมาย เช่น เพปโทน (peptone) สารสกัดจากเนื้อ (meat extract) สารสกัดจากยีสต์ (yeast extract) เป็นต้น ตัวอย่างอาหารเลี้ยงเชื้อกึ่งสังเคราะห์ ได้แก่

ก. Modified Leonian's agar

อาหาร Leonian's media เป็นสูตรอาหารของ L.H.Leonian เพื่อส่งเสริมราบางชนิดให้สร้างสปอร์ ต่อมา R. F. Cain พบว่า อาหารชนิดนี้เหมาะในการใช้เลี้ยงเชื้อราพวก Ascomycetes ถ้าเติม Yeast extract ลงไปเล็กน้อย สูตรอาหารนี้จึงใช้คำว่า "Modified" ซึ่งหมายถึง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มีการดัดแปลงไปจากสูตรเดิม (วิจัย, 2531) ส่วนประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อ Modified Leonian's agar มีรายละเอียด ดังนี้

Maltose	6.25	กรัม
Malt extract	6.25	กรัม
KH_2PO4	1.25	กรัม
Yeast extract	1.00	กรัม
$MgSO_4.7H_2O$	0.625	กรัม
Peptone	0.625	กรัม
วุ้น	20.00	กรัม
น้ำกลั่น	1,000	มิลลิลิตร

ข. Martin ' s rose bengal agar

อาหาร Rose bengal อาจเตรียมเป็น Stock solution ในอัตรา 3.3 กรัมต่อลิตร แล้วใส่ลงในอาหาร 10 มิลลิลิตร หลังจากที่ส่วนผสมอื่นๆ ละลายแล้ว ส่วน Streptomycin ใส่ในอาหารหลังการนึ่งฆ่าเชื้อและทิ้งให้เย็นลงแล้วก่อนเทลงจานเลี้ยงเชื้อ Martin ' s rose bengal agar เป็นอาหารที่ใช้แยกเชื้อราจากดิน สามารถทำให้โคโลนีของเชื้อราหลายชนิดที่อยู่ปะปนกันเจริญช้าลง และยังยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ด้วย (วิจัย, 2531) ส่วนประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อ Martin ' s rose bengal agar มีรายละเอียด ดังนี้

Glucose	10.0	กรัม
Peptone	5.0	กรัม
KH_2PO4	1.0	กรัม
$MgSO_4.7H_2O$	0.5	กรัม
Streptomycin	30.0	กรัม
Rose bengal	33.0	กรัม
วุ้น	15.0	กรัม
น้ำกลั่น	1,000	มิลลิลิตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค. V-8 agar V-8 juice

V-8 agar V-8 juice เป็นสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้จากน้ำคั้นผักหลายชนิด ซึ่งมีสารอาหารหลายอย่างที่เชื้อราสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ แต่เราไม่ทราบว่าประกอบด้วยสารอะไรบ้าง V-8 agar เป็นอาหารที่นิยมใช้ทั่วไป ราที่ไม่สามารถสร้างสปอร์ได้บนอาหาร Leonian ' s หรือ PDA มักสร้างสปอร์ได้ดีบน V-8 agar (วิจัย, 2531) ส่วนประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อ V-8 agar มีรายละเอียด ดังนี้

V-8 juice	200.0	มิลลิลิตร
$CaCO_3$	3.0	กรัม
วุ้น	15.0	กรัม
น้ำกลั่น	1,000	มิลลิลิตร

ง. Potato carrot agar

Potato carrot agar จัดเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสารอาหารต่ำ (Weak media) เหมาะสำหรับใช้ในการเก็บรักษาเชื้อรามากกว่าการจำแนกเชื้อรา (วิจัย, 2531) ส่วนประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato carrot agar มีรายละเอียด ดังนี้

มันฝรั่ง	20.0	กรัม
แครอท	20.0	กรัม
วุ้น	20.0	กรัม
น้ำประปา	1,000	มิลลิลิตร

จ. Potato dextrose agar (PDA)

อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA เป็นอาหารที่นิยมใช้กันทั่วไปในห้องปฏิบัติการโรคพืชและราวิทยาจัดเป็น All-purpose media อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ใช้โดยทั่วไปมี 2 ลักษณะ คือ อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA สำเร็จรูป และอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่งสด อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่ American Public Health Association (APHA) แนะนำให้ใช้สำหรับการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพาะเลี้ยงเชื้อราและยีสต์ ในการทดสอบการปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์อาหารและผลิตภัณฑ์จากนม ในการทดสอบการสร้างสปอร์ของเชื้อราและการเก็บรักษาเชื้อรา

วัตถุดิบที่ในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA

อาหารเพาะเลี้ยงเชื้อราและยีสต์ที่นิยมใช้แพร่หลายมากที่สุด คือ PDA ซึ่งมีส่วนผสม คือ มันฝรั่ง น้ำตาลเด็กซ์โตรส วุ้นและน้ำ (Lacy and Bridgemon, 1962; Booth, 1971; Beuchat, 1978; Koburger. 1979; Oxoid Limited, 1982)

1) มันฝรั่ง เป็นพืชที่มีโปรตีนคุณภาพดี มีคาร์โบไฮเดรตสูง มีวิตามินบี 1 วิตามินบี 2 สูง และเกลือแร่ คือ แคลเซียมและเหล็กเป็นส่วนประกอบ (Sawyer, 1984) ซึ่งยีสต์และเชื้อรานำไปใช้เป็นอาหารและเป็นปัจจัยในการเจริญ องค์ประกอบของมันฝรั่งจะแปรผันไปตามปัจจัยต่างๆ หลายประการ เช่น พันธุ์ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำ ปริมาณปุ๋ยในดิน (Mondy and Ponnampalam, 1986) อายุของหัวมันฝรั่งหลังการเก็บเกี่ยวและกระบวนการแปรรูป (Bender, 1969) กระบวนการทำแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของอาหาร ซึ่งมีผลทำให้วิตามิน และสารอาหารอื่นๆ เกิดการสลายตัว เช่น กระบวนการผลิต Potato flakes โดยใช้เครื่อง Drum dryer ทำให้วิตามินซีถูกกำจัดไปเกือบทั้งหมด นอกจากนั้น วิตามินบี 2 และไนอะซินยังถูกทำลายไปเกือบครึ่งหนึ่ง วิตามินบี 2 ยังคงเหลืออยู่ร้อยละ 0.65 ขึ้นกับปริมาณซัลไฟท์ที่เติมระหว่างกระบวนการผลิต ส่วนกรดอะมิโนค่อนข้างคงตัวระหว่างกระบวนการผลิต (Sullivan, 1985) การเตรียม PDA จะใช้มันฝรั่งร้อยละ 20 (น้ำหนักต่อปริมาตร) (Booth, 1971; Harrigan and McCance, 1976) หรือใช้สารสกัดจากมันฝรั่งร้อยละ 0.4 (น้ำหนักต่อปริมาตร) (Oxoid Limited, 1982) หรือใช้น้ำแช่มันฝรั่ง 300-350 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่ออาหาร 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร (มันฝรั่ง 100 กรัม แช่น้ำ 300 ลูกบาศก์เซนติเมตร ค้างคืนในห้องเย็น)

2) น้ำตาลเด็กซ์โตรส ใช้เติมลงใน PDA เพื่อเป็นแหล่งคาร์บอนของเชื้อราและยีสต์ โดยจะใช้เป็นแหล่งพลังงานและใช้ในการเสริมสร้างส่วนต่างๆ ของเซลล์ (Burnett *et al*., 1957) น้ำตาลเด็กซ์โตรสที่เหมาะสมจะใช้ในอาหารเลี้ยงเชื้อทั่วไปๆ ควรมีค่า specific rotation + 52.5 และ + 52.76 และบริสุทธิ์ปราศจากน้ำตาลชนิดอื่นๆ สตาร์ช โปรตีน แอลกอฮอล์ และโลหะหนักอื่นๆ (Difco Labolatories, 1982) น้ำตาลเด็กซ์โตรสที่เติมในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบกึ่งเหลวใช้ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ส่วนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งจะใช้ความเข้มข้นสูงกว่าในอาหาร PDA โดยจะเติมใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณร้อยละ 1.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) (Booth, 1971) หรือร้อยละ 2.0 (น้ำหนักต่อปริมาตร) (Lacy and Bridgmon, 1962; Oxoid Limited, 1982) นอกจาก PDA แล้วน้ำตาลเด็กซ์โตรสยังใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดอื่นๆ อีกหลายชนิด (Oxoid Limited, 1982)

3) วุ้น ตามคำจำกัดความของ U.S. Pharmacopeia หมายถึง สารที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีแดง (Rhodophyceae) ซึ่งมีคุณสมบัติไม่ละลายในน้ำเย็นแต่ละลายได้ในน้ำเดือด สารละลายวุ้นมีความแข็งร้อยละ 1.5 มีลักษณะใส เมื่อทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิ 32-39 องศาเซลเซียส จะแข็งตัวเป็นเจล ซึ่งจะหลอมเหลวอีกครั้งเมื่อได้รับความร้อนที่ 85 องศาเซลเซียส ขึ้นไป (Selby *et al*., 1973)

วุ้นเป็นโพลีแซคคาไลด์ (Booth, 1971; Kouetzka, 1974; Gebhardt และ Nicholas, 1975) โดยเป็นส่วนผสมของโพลีแซคคาไลด์อย่างน้อย 2 ชนิด คือ อะกาโรส (Agarose) และอะกาโรเพคติน (Agaropectin) โดยอะกาโรสเป็นส่วนที่ทำให้เกิดเจล (Tsuchiya and Mong, 1966) วุ้นเป็นสารที่เติมลงในอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ เพื่อทำให้อาหารเกิดการแข็งตัว (Koetzka, 1974) เท่านั้น และไม่มีบทบาทในการเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ (Beck, 1967) จึงเป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลายมากกว่าสารชนิดอื่น ซึ่งได้แก่ ซีรัม ไข่ เจลาติน ซิลิกาเจล สมบัติของวุ้นซึ่งนักจุลชีววิทยาพอใจได้แก่ ความสามารถในการเกิดเจลที่ความเข้มข้นต่ำ (ร้อยละ 1.5-2.0) ทำให้ไม่มีอิทธิพลต่อน้ำในอาหารเลี้ยงเชื้ออย่างมีนัยสำคัญ เจลมีความคงตัวที่อุณหภูมิสูงจะหลอมเหลวต่อเมื่อนำไปต้มหรือนึ่งในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ และเมื่อหลอมเหลวยังสามารถไหลได้ที่อุณหภูมิค่อนข้างต่ำ (ประมาณ 40 องศาเซลเซียส) จึงสามารถผสมกับตัวอย่างอาหารที่อาจมีจุลินทรีย์มีชีวิต สมบัติของวุ้นอีกประการหนึ่งที่เป็นข้อดีในการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ คือไม่ถูกไฮโดรจิไนซ์จากกิจกรรมของจุลินทรีย์ ยกเว้น จุลินทรีย์บางชนิดที่ใช้น้ำตาลกาแลคโตสที่อยู่ในรูป L-form เป็นสารโพลิเมอร์ซึ่งจะมีจุลินทรีย์ประเภทนี้อยู่เพียงไม่กี่ชนิดเท่านั้น

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA สามารถทำได้ 2 ลักษณะ คือ

1) การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA จากน้ำสกัดมันฝรั่งโดยไม่ได้ทำแห้ง เติมผงวุ้นและน้ำตาลเด็กซ์โตรสนำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที จะได้อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA สำหรับทดสอบการเจริญของเชื้อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2) การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA จากผงของน้ำสกัดมันฝรั่ง โดยนำน้ำสกัดมันฝรั่ง มาทำแห้ง เติมผงวุ้น และน้ำตาลเด็กซ์โตรส แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที จะได้อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA สำหรับทดสอบการเจริญของเชื้อ

กรรมวิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA

กรรมวิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ประกอบด้วยขั้นตอนใหญ่ๆ 2 ขั้นตอน คือ กระบวนการเตรียมน้ำสกัดจากมันฝรั่งสดและกระบวนการทำแห้งน้ำสกัดมันฝรั่ง

1) กระบวนการเตรียมน้ำสกัดจากมันฝรั่งสด

Booth (1971) รายงานวิธีการเตรียม PDA เพื่อเพาะเลี้ยงเชื้อราและยีสต์ โดยใช้มันฝรั่งที่ปอกเปลือก นำมาหั่นเป็นชิ้นๆ นำไปล้างน้ำ แล้วเติมน้ำ นำไปต้มในหม้อต้มสองชั้นเป็นเวลา 1 ชั่วโมง คั้นผ่านตะแกรงละเอียดให้กากแยกออกมากที่สุด จะได้น้ำสกัดจากมันฝรั่ง นำมาเติมวุ้นร้อยละ 1.5 และต้มจนกระทั่งละลาย นำออกจากเตาเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 คนกระทั่งละลาย นำไปฆ่าเชื้อที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 20 นาที จะได้ PDA ที่พร้อมจะใช้ในการเพาะเลี้ยงเชื้อราและยีสต์

American Public Health Association Intersociety (APHA) (1974) เสนอวิธีการสกัดสารจากมันฝรั่ง โดยใช้มันฝรั่ง 100 กรัม นำไปบดให้ละเอียดแล้วนำไปแช่ในน้ำ 300 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเก็บในห้องเย็น 1 คืน นำไปกรองแยกเอาส่วนน้ำของมันฝรั่ง 200-300 ลูกบาศก์เซนติเมตร ไปผสมกับส่วนผสมอื่น ต้มให้ละลายก่อนแล้วจึงนึ่งฆ่าเชื้อ จะได้ PDA มีความเป็นกรด-ด่างประมาณ 5.6

พัชรินทร์ (2530) ทดลองเตรียมน้ำสกัดจากมันฝรั่งเพื่อผลิต PDA โดยนำมันฝรั่งทั้งหัวไปนึ่งในหม้อนึ่งความดันที่ 121 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ลอกเปลือกออกด้วยมือ ใช้ช้อนบดให้ละเอียด เติมน้ำกลั่นในอัตราส่วนมันฝรั่งต่อน้ำเท่ากับ 1 ต่อ 4 นำไปนึ่งในหม้อนึ่งความดันที่ 121 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที นำไปแยกกากออกจากน้ำสกัดโดยการเหวี่ยงแยกด้วยเครื่องเหวี่ยงแยก (Centrifuge) ที่ 12,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที จะได้น้ำสกัดใส มีของแข็งที่ละลายน้ำได้ร้อยละ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.0 เมื่อนำไปผสมกับส่วนผสมอื่นในทำนองเดียวกับวิธีของ Booth ในปี ค.ศ. 1971 จะได้ PDA ซึ่งมีประสิทธิภาพในการเพาะเลี้ยงเชื้อราได้ดีเท่ากับ PDA สำเร็จรูปยี่ห้อ Difco

Arithantana and Buckel (1986) เสนอวิธีการแยกน้ำสกัดมันฝรั่งโดยแยกกากขนาดใหญ่ออกก่อนจากการกรองด้วยผ้าขาวบางหรือการเหวี่ยงแยกที่ความเร็วรอบต่ำๆ แล้วตกตะกอนสตาร์ชโดยการเติมเอธานอลในปริมาตรเท่ากับน้ำสกัดที่กรองได้โดยกรองผ่านผ้าขาวบาง แยกเอธานอลออกโดยใช้ Rotary vacuum evaporation ที่ 50 องศาเซลเซียส นำส่วนที่กลั่นได้มาเหวี่ยงที่ 3,000 รอบต่อนาที นาน 5 นาที จะได้น้ำสกัดมันฝรั่งลักษณะใส ไม่มีตะกอน นำมาเติมวุ้นร้อยละ 1.5 และน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 นำไปฆ่าเชื้อที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 20 นาที จะได้ PDA ที่มีประสิทธิภาพในการเพาะเลี้ยงเชื้อราได้ดีเท่ากับ PDA สำเร็จรูปยี่ห้อ Difco

PDA อาจเตรียมได้จากมันฝรั่งดิบ ซึ่งมีข้อดี คือ ราคาถูกกว่า PDA ผงที่ผลิตเชิงการค้า แต่เสียเวลามากกว่าและมีความสม่ำเสมอน้อยกว่า ดังนั้น Lacy and Bridgemon (1962) จึงเสนอการเตรียม PDA โดยใช้มันฝรั่งแห้งบดละเอียด ซึ่งใช้มันฝรั่งแห้งบดละเอียด 22 กรัม ผสมน้ำกลั่น 178 กรัม เมื่อนำไปคืนรูปจะได้เทียบเท่ากับมันฝรั่งสด 200 กรัม PDA ที่ได้หลังฆ่าเชื้อจะมีตะกอนเล็กๆ ของมันฝรั่งตกอยู่ที่ก้นภาชนะ เมื่อทดสอบพบว่า เชื้อสามารถเจริญได้ดีเช่นเดียวกับอาหารที่เตรียมจากมันฝรั่งสดและดีกว่า PDA ผงที่ผลิตเชิงการค้า

2) กระบวนการทำแห้งน้ำสกัดมันฝรั่ง

พัชรินทร์ (2533) รายงานกรรมวิธีการผลิตอาหารเลี้ยงเชื้อผงโดยการผสมสารสกัดจากมันฝรั่งที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 0.6 องศาบริกซ์ น้ำตาลเด็กซ์โตรสชนิด Commercial grade ร้อยละ 2.0 และวุ้นชนิดเส้น ร้อยละ 1.5 และใช้ไตรแคลเซียมฟอสเฟต ร้อยละ 0.05 เป็นสารกันการจับตัว แล้วนำไปทำแห้งด้วยวิธี Spray dry เปรียบเทียบกับวิธี Drum dry ผลการทดสอบประสิทธิภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อพบว่า PDA ที่ได้จากการทำแห้งด้วยวิธี Drum dry มีลักษณะคล้ายกับ PDA เชิงการค้ายี่ห้อ Difco และมีประสิทธิภาพในการเพาะเลี้ยงเชื้อราและยีสต์ได้ดี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การควบคุมคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA

อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA สำเร็จรูป ต้องมีการทดสอบคุณภาพหลังการผสมครั้งสุดท้าย โดยการสุ่มตัวอย่างมาคืนรูปและทดสอบเรื่องสี ความใส ลักษณะการเกิดเจล ความเป็นกรด-ด่าง ขนาด การดูดความชื้น ฯลฯ นอกจากทดสอบคุณสมบัติทางด้านเคมีแล้วยังจำเป็นต้องทดสอบคุณสมบัติทางด้านจุลินทรีย์ โดยผ่านการตรวจสอบโดยใช้จุลินทรีย์ที่คัดเลือกแล้ว (Oxoid Limited, 1982) เช่น Lacy and Bridgemon (1962) ได้ทำการทดสอบการเจริญของเชื้อราและยีสต์ใน PDA ที่ผลิตจากมันฝรั่งแห้งบดละเอียดเปรียบเทียบกับ PDA ผงที่ผลิตขายเชิงการค้า โดยเลือกใช้เชื้อ 9 ชนิด คือ *Mucor racemosus*, *Saccharomyces ellipsides*, *Penicillium* sp., *Neurospora tetrasperma*, *Fusarium oxysporum*, *F. Salani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Actinomyces antibioticus* และ *Xanthomonus phaseoli* พบว่า มีประสิทธิภาพในการเพาะเลี้ยงไม่แตกต่างกับ PDA ผงที่ผลิตเชิงการค้า

การเก็บรักษาอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA

อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ควรเก็บที่อุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส และมีข้อสังเกตว่า ถ้าอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวที่มีสิ่งปนเปื้อน จะมีสีซีดจางหรือมีตะกอนเกิดขึ้น ควรต้องมีการตรวจสอบคุณภาพก่อนนำไปใช้ ส่วนกรณีที่เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง ถ้ามีลักษณะการจับตัวเป็นก้อนแข็งแสดงว่า อาหารเลี้ยงเชื้อนั้นหมดอายุ โดยทั่วไปอาหารเลี้ยงเชื้อที่เก็บที่อุณหภูมิห้องจะมีอายุการเก็บได้นานที่สุดประมาณ 6 เดือน ซึ่งหากมีการนำอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีอายุการเก็บมากกว่านี้ไปใช้ ควรมีการทดสอบคุณภาพอย่างละเอียดก่อนนำมาใช้งาน (Oxoid Limited, 1982)

4.2 อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปสำหรับฟังไจที่มีการผลิตเชิงการค้า

อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป (Dehydrated) สำหรับฟังไจที่มีการผลิตเชิงการค้า (Commercial media) มี 2 ประเภท คือ อาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว (Potato dextrose broth, PDB) และอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง (Potato dextrose agar, PDA) อาหารเลี้ยงเชื้อ PDB และ PDA ที่ผลิตและจำหน่ายเชิงการค้าจะมี ส่วนประกอบที่คล้ายกัน คือ ประกอบด้วยสารสกัดจากมันฝรั่ง น้ำตาลเด็กซ์โตรส แต่อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA จะมีผงวุ้นเป็นส่วนประกอบด้วย ตัวอย่างอาหารเลี้ยงเชื้อ PDB และ PDA ที่ผลิตและจำหน่ายเชิงการค้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2.1 อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Difco

ก. ลักษณะปรากฏ

อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Cat. No. 213400) มีลักษณะปรากฏของผงอาหารเลี้ยงเชื้อ (Dehydrated appearance) จะมีสีเหลือง ผงเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อนำไปละลายในน้ำกลั่นในอัตราส่วนร้อยละ 3.9 อาหารเลี้ยงเชื้อมีลักษณะใส สีเหลืองอำพัน (Light amber) หรือสีเหลืองโอปอล (Slightly opalescent) และมีค่าความเป็นกรด- ด่าง (25 องศาเซลเซียส) 5.6 ± 0.2 สำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDB (Cat. No. 254920) มีลักษณะปรากฏของผงและเมื่อนำไปละลายในน้ำกลั่นในอัตราส่วนร้อยละ 2.4 พบว่า มีลักษณะปรากฏเช่นเดียวกับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และมีค่าความเป็นกรด- ด่าง (25 องศาเซลเซียส) 5.1 ± 0.2 (David and Mary, 2003)

ข. การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์

การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ในการควบคุมคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อสามารถแยกได้เป็น การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ทดสอบต่ออาหารเลี้ยงเชื้อ PDA โดยเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อตามฉลากข้างขวด เพาะเลี้ยงเชื้อและบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 18-48 ชั่วโมง (ยกเว้นเชื้อ *Trichophyton mentagrophytes* จะบ่มเชื้อนาน 7 วัน) ในขณะที่การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ทดสอบต่ออาหารเลี้ยงเชื้อ PDB จะเพาะเลี้ยงเชื้อและบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 40-48 ชั่วโมง ผลการตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ต่ออาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และ PDB แสดงดังตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ในการควบคุมคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Difco)

เชื้อจุลินทรีย์	ATCC ™	เชื้อเริ่มต้น (cfu)	การฟื้นคืน (Recovery)
Aspergillus niger	16404	10^3-10^4	ดี
Candida albicans	10231	10^3-10^4	ดี
Saccharomyces cerevisiae	9763	10^3-10^4	ดี
Trichophyton mentagrophytes	9533	ไม่เจือจาง (Undiluted)	ดี

ที่มา: David and Mary (2003)

ตารางที่ 2 การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ในการควบคุมคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDB (Difco)

เชื้อจุลินทรีย์	ATCC ™	เชื้อเริ่มต้น (cfu)	การฟื้นคืน (Recovery)
Aspergillus niger	16404	10^2-10^3	ดี
Candida albicans	10231	10^2-10^3	ดี
Lactobacillus rhammosus	7469	10^2-10^3	พอใช้ - ดี
Saccharomyces cerevisiae	9763	10^2-10^3	ดี

ที่มา: David and Mary (2003)

ค. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ

สูตรของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และ PDB มีองค์ประกอบต่อลิตร (โดยประมาณ) ดังนี้

แป้งมันฝรั่ง (Potato starch)	4.0	กรัม
น้ำตาลเด็กซ์โตรส	20.0	กรัม
ผงวุ้น	15.0	กรัม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ PDB มีองค์ประกอบเช่นเดียวกับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA แต่ไม่มีผงวุ้นเป็นองค์ประกอบ

ง. วิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA มีขั้นตอนการเตรียมดังนี้ ชั่งผงอาหารเลี้ยงเชื้อ 39.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร กวนผสมให้เข้ากันและต้มให้เดือดนาน 1 นาทีเพื่อให้อาหารเลี้ยงเชื้อละลายเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น (45-50 องศาเซลเซียส) เติมสารละลาย 10% tartaric acid ผสมให้เข้ากันโดยไม่ใช้ความร้อน เทลงในจานเพาะเลี้ยงเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้ว นำไปทดสอบกับเชื้อจุลินทรีย์ สำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDB มีขั้นตอนการเตรียมดังนี้ ชั่งผงอาหารเลี้ยงเชื้อ 24.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร กวนผสมให้เข้ากันและต้มให้เดือดนาน 1 นาทีเพื่อให้อาหารเลี้ยงเชื้อละลายเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปทดสอบกับเชื้อจุลินทรีย์

จ. วิธีการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ

อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA หลังจากกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูงแล้ว ทิ้งไว้ให้เย็น (45-50 องศาเซลเซียส) เทลงในจานเพาะเลี้ยงเชื้อ (Petri dishes) ที่ฆ่าเชื้อแล้ว วางจานเพาะเลี้ยงเชื้อไว้ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งประมาณ 30 นาที Streak ตัวอย่างบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยเข็มเขี่ย (Loop) ที่ฆ่าเชื้อแล้ว เพื่อแยกและนับจำนวนโคโลนีของเชื้อราและเชื้อยีสต์ บ่มจานเพาะเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส โดยการคว่ำจานเพาะเลี้ยงเชื้อเพื่อเพิ่มปริมาณความชื้นให้กับอาหารเลี้ยงเชื้อ สำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อในหลอดเพาะเลี้ยงเชื้อ (Tubed slant) จะใช้สำหรับการทดสอบเชื้อในขั้นต้นและเพื่อการเก็บรักษาเชื้อบริสุทธิ์ โดยการบ่มเชื้อจะใช้สภาวะเช่นเดียวกับการใช้จานเพาะเลี้ยงเชื้อ

ฉ. ข้อจำกัดในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ

การให้ความร้อนกับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA หลังการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อแล้ว อาจมีผลให้เกิดความเสียหายกับคุณสมบัติของอาหารเลี้ยงเชื้อในด้านความ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คงตัวของวุ้นในอาหารเลี้ยงเชื้อ นอกจากนั้นอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ยังเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อทั่วไป ไม่ใช่อาหารเลี้ยงเชื้อเฉพาะ ดังนั้นการทดสอบและจำแนกชนิดของจุลินทรีย์จึงอาจต้องใช้การทดสอบทางชีวเคมีด้วย

ช. การเก็บรักษา

การเก็บรักษาอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และอาหารเลี้ยงเชื้อ PDB จะให้เก็บที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส

4.2.2 อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Merck

ก. ลักษณะปรากฏ

อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Cat. No.1.10130.0500) มีลักษณะปรากฏของผงอาหารเลี้ยงเชื้อ (Dehydrated appearance) จะมีสีเหลือง ผงเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อนำไปละลายในน้ำกลั่นในอัตราส่วนร้อยละ 3.9 อาหารเลี้ยงเชื้อมีลักษณะใส สีเหลือง และมีค่าความเป็นกรด- ด่าง (25 องศาเซลเซียส) 5.6 ± 0.2

ข. การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์

การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ในการควบคุมคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA แสดงดังตารางที่ 3 และ 4 ตามลำดับ (Merck, 1983)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ในการควบคุมคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Merck)

เชื้อจุลินทรีย์	การเจริญของเชื้อ
Geotrichum candidum DSMZ 1240	ดี / ดีมาก
Aspergillus niger ATCC 16404	ดี / ดีมาก
Pennicillium commune ATCC 10428	ปานกลาง / ดี
Trichophyton ajelloi ATCC 28454	ปานกลาง / ดี

ที่มา: (Merck, 1983)

ตารางที่ 4 การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ในการควบคุมคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Merck) แบบ Spiral plating method

เชื้อจุลินทรีย์	เชื้อเริ่มต้น (cfu)	การฟื้นคืน (Recovery) (%)
Aspergillus niger ATCC 16404	$10\text{-}10^2$	50
Candida albicans ATCC 10231	$10\text{-}10^2$	70
Saccharomyces cerevisiae ATCC 9763	$10\text{-}10^2$	70
Saccharomyces cerevisiae ATCC 9080	$10\text{-}10^2$	70
Rhodotorula mucilaginosa DSMZ 70403	$10\text{-}10^2$	70

ที่มา: (Merck, 1983)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ

สูตรของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA มีองค์ประกอบต่อลิตร (โดยประมาณ) ดังนี้

สารสกัดมันฝรั่ง (Potato infusion)	4.0	กรัม
(infusion from 200 กรัม poaotoes)		
น้ำาลเด็กซ์โตรส	20.0	กรัม
ผงวุ้น	15.0	กรัม

ง. วิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA มีขั้นตอนการเตรียมดังนี้ ชั่งผงอาหารเลี้ยงเชื้อ 39.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร กวนผสมให้เข้ากันและต้มให้เดือดนาน 1 นาทีเพื่อให้อาหารเลี้ยงเชื้อละลายเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น (45-50 องศาเซลเซียส) เติมสารละลาย 10% tartaric acid ผสมให้เข้ากันโดยไม่ใช้ความร้อน เทลงในจานเพาะเลี้ยงเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้ว อาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้มีสีเหลือง-น้ำตาล (Yellowish-brown) นำไปทดสอบกับเชื้อจุลินทรีย์

จ. วิธีการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ

อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA หลังจากกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูงแล้ว ทิ้งไว้ให้เย็น (45-50 องศาเซลเซียส) เทลงในจานเพาะเลี้ยงเชื้อ (Petri dishes) ที่ฆ่าเชื้อแล้ว Streak ตัวอย่างบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยเข็มเขี่ย (Loop) ที่ฆ่าเชื้อแล้ว เพื่อแยกและนับจำนวนโคโลนีของเชื้อราและเชื้อยีสต์ บ่มจานเพาะเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส นาน 5 วันโดยการคว่ำจานเพาะเลี้ยงเชื้อเพื่อเพิ่มปริมาณความชื้นให้กับอาหารเลี้ยงเชื้อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2.3 อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Scharlau

ก. การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์

การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ในการควบคุมคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อสามารถแยกได้เป็น การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ทดสอบต่ออาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และอาหารเลี้ยงเชื้อ PDB โดยเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อตามฉลากข้างขวด เพาะเลี้ยงเชื้อและบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 20 - 25 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง - 5 วัน (Anonymous, 2009) ผลการตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ต่ออาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และ PDB แสดงดังตารางที่ 5 และ 6 ตามลำดับ

ตารางที่ 5 การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ในการควบคุมคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Scharlau) แบบ Spiral plating method

เชื้อจุลินทรีย์	เชื้อเริ่มต้น (cfu)	การเจริญ
Aspergillus niger ATCC 16404	$10\text{-}10^2$	> 0.70
Candida albicans ATCC 10231	$10\text{-}10^2$	> 0.70
Saccharomyces cerevisiae ATCC 9763	$10\text{-}10^2$	> 0.70
Escherichia coli ATCC 8739	$10\text{-}10^2$	ดี
Bacillus subtilis ATCC 6633	$10\text{-}10^2$	ปานกลาง - ดี

ที่มา: (Anonymous, 2009)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ในการควบคุมคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDB (Scharlau)

เชื้อจุลินทรีย์	เชื้อเริ่มต้น (cfu)	การเจริญ
Aspergillus niger ATCC 16404	$10\text{-}10^2$	ดี
Candida albicans ATCC 10231	$10\text{-}10^2$	ดี
Saccharomyces cerevisiae ATCC 9763	$10\text{-}10^2$	ดี
Escherichia coli ATCC 8739	$10\text{-}10^2$	ดี
Bacillus subtilis ATCC 6633	$10\text{-}10^2$	ดี

ที่มา: (Anonymous, 2009)

ข. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ

สูตรของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และ PDB มีองค์ประกอบต่อลิตร (โดยประมาณ) ดังนี้

โปเตโต้เปปโตน (Potato peptone)	4.0	กรัม
(infusion from 200 กรัม poaotoes)		
น้ำตาลเด็กซ์โตรส	20.0	กรัม
ผงวุ้น	15.0	กรัม

สำหรับสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ PDB มีองค์ประกอบเช่นเดียวกับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA แต่ไม่มีผงวุ้นเป็นองค์ประกอบ

ค. วิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA มีขั้นตอนการเตรียมดังนี้ ชั่งผงอาหารเลี้ยงเชื้อ 39.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร กวนผสมให้เข้ากันและต้มให้เดือดนาน 1 นาทีเพื่อให้อาหารเลี้ยงเชื้อละลายเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น (45-50 องศาเซลเซียส) เติมสารละลาย 10% tartaric acid ผสมให้เข้ากันโดยไม่ใช้ความร้อน เทลงในจานเพาะเลี้ยงเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้ว นำไปทดสอบกับเชื้อจุลินทรีย์ สำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDB มีขั้นตอนการเตรียมดังนี้ ชั่งผงอาหารเลี้ยงเชื้อ 24.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร กวนผสมให้เข้ากันและต้มให้เดือดนาน 1 นาทีเพื่อให้อาหารเลี้ยงเชื้อละลายเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปทดสอบกับเชื้อจุลินทรีย์

ง. วิธีการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ

อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ยังเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อทั่วไป ไม่ใช่อาหารเลี้ยงเชื้อเฉพาะ แต่การปรับสภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อให้เป็นกรดและปริมาณน้ำตาลที่สูงในอาหารเลี้ยงเชื้อ มีผลให้เชื้อราสามารถสร้างเม็ดสีและเส้นใยได้ดี โดยเฉพาะเชื้อรา *Fusarium Aspergillus* และ *Penicillium* ดังนั้นการเติมสารปฏิชีวนะเช่น chloramphenical หรือ tetracyclines จะทำให้อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA สามารถใช้เพื่อแยกเชื้อราได้ดีขึ้น นอกจากนั้นการให้ความร้อนกับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA หลังการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ของอาหารเลี้ยงเชื้อแล้ว อาจมีผลให้เกิดความเสียหายกับคุณสมบัติของอาหารเลี้ยงเชื้อในด้านความคงตัวของวุ้นในอาหารเลี้ยงเชื้อ

จ. การเก็บรักษา

การเก็บรักษาอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และ PDB จะให้เก็บในที่แห้ง อุณหภูมิ 4-30 องศาเซลเซียสและมีปริมาณความชื้นน้อยกว่า 60 %RH

4.2.4 อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป HiMedia

ก. ลักษณะปรากฏ

อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Cat. No. M096) มีลักษณะปรากฏของผงอาหารเลี้ยงเชื้อ (Dehydrated appearance) จะมีสีครีม- เหลือง ผงเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อนำไปละลายในน้ำกลั่นในอัตราส่วนร้อยละ 3.9 อาหารเลี้ยงเชื้อมีลักษณะใส สีเหลืองอำพัน (Light amber) และมีค่าความเป็นกรด- ด่าง (25 องศาเซลเซียส) 5.6 ± 0.2 สำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDB (Cat. No. M403) มีลักษณะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรากฏของผงและเมื่อนำไปละลายในน้ำกลั่นในอัตราส่วนร้อยละ 2.4 พบว่า มีลักษณะปรากฏเช่นเดียวกับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และมีค่าความเป็นกรด- ด่าง (25 องศาเซลเซียส) 5.1 ± 0.2 (Anonymous, 2009)

ข. การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์

การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ในการควบคุมคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อสามารถแยกได้เป็น การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ทดสอบต่ออาหารเลี้ยงเชื้อ PDA โดยเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อตามฉลากข้างขวด เพาะเลี้ยงเชื้อและบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส นาน 2-5 วัน ในขณะที่การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ทดสอบต่ออาหารเลี้ยงเชื้อ PDB จะเพาะเลี้ยงเชื้อและบ่มเชื้ออุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส นาน 4-5 วัน ผลการตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ต่ออาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และ อาหารเลี้ยงเชื้อ PDB แสดงดังตารางที่ 7 และ 8 ตามลำดับ

ตารางที่ 7 การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ในการควบคุมคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (HiMedia)

เชื้อจุลินทรีย์	เชื้อเริ่มต้น (cfu)	การเจริญ
Aspergillus niger ATCC16404	50-100	ดีมาก
Candida albicans ATCC10231	50-100	ดีมาก
Saccharomyces cerevisiae ATCC9763	50-100	ดีมาก
Trichophyton rubrum ATCC 28191	50-100	ดี
Rhodotorula mucilaginosa DSM 70403	50-100	ดีมาก
*Geotrichum candidum*DSM 1240	*	ดี- ดีมาก
Penicillum communae ATCC 10248	*	ปานกลาง- ดี
Trichophyton ajelloi ATCC 28454	*	ปานกลาง- ดี

ที่มา: (Anonymous, 2009)

หมายเหตุ * หมายถึง ไม่มีการระบุปริมาณเชื้อเริ่มต้นในการทดสอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 การตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ในการควบคุมคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDB (HiMedia)

เชื้อจุลินทรีย์	เชื้อเริ่มต้น (cfu)	การเจริญ
Aspergillus niger ATCC16404	50-100	ดีมาก
Candida albicans ATCC10231	50-100	ดีมาก
Saccharomyces cerevisiae ATCC9763	50-100	ดีมาก

ที่มา: (Anonymous, 2009)

ค. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ

สูตรของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และ PDB มีองค์ประกอบต่อลิตร (โดยประมาณ) ดังนี้

มันฝรั่ง (Infusion from)	200.0	กรัม
น้ำตาลเด็กซ์โตรส	20.0	กรัม
ผงวุ้น	15.0	กรัม

สำหรับสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ PDB มีองค์ประกอบเช่นเดียวกับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA แต่ไม่มีผงวุ้นเป็นองค์ประกอบ

ง. วิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA มีขั้นตอนการเตรียมดังนี้ ชั่งผงอาหารเลี้ยงเชื้อ 39.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร กวนผสมให้เข้ากันและต้มให้เดือดนาน 1 นาทีเพื่อให้อาหารเลี้ยงเชื้อละลายเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น (45-50 องศาเซลเซียส) เติมสารละลาย 10% tartaric acid ผสมให้เข้ากันโดยไม่ใช้ความร้อน เทลงในจานเพาะเลี้ยงเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้ว นำไปทดสอบกับเชื้อจุลินทรีย์ สำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDB มีขั้นตอนการเตรียมดังนี้ ชั่งผงอาหารเลี้ยงเชื้อ 24.0 กรัม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร กวนผสมให้เข้ากันและต้มให้เดือดนาน 1 นาทีเพื่อให้อาหารเลี้ยงเชื้อละลายเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปทดสอบกับเชื้อจุลินทรีย์

จ. วิธีการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ

อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA หลังจากกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูงแล้ว ทิ้งไว้ให้เย็น (45-50 องศาเซลเซียส) เทลงในจานเพาะเลี้ยงเชื้อ (Petri dishes) ที่ฆ่าเชื้อแล้ว วางจานเพาะเลี้ยงเชื้อไว้ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งประมาณ 30 นาที Streak ตัวอย่างบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยเข็มเขี่ย (Loop) ที่ฆ่าเชื้อแล้ว เพื่อแยกและนับจำนวนโคโลนีของเชื้อราและเชื้อยีสต์ บ่มจานเพาะเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส โดยการคว่ำจานเพาะเลี้ยงเชื้อเพื่อเพิ่มปริมาณความชื้นให้กับอาหารเลี้ยงเชื้อ

ฉ. ข้อจำกัดในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ

การให้ความร้อนกับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA หลังการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อแล้ว อาจมีผลให้เกิดความเสียหายกับคุณสมบัติของอาหารเลี้ยงเชื้อในด้านความคงตัวของวุ้นในอาหารเลี้ยงเชื้อ

5. การทำแห้ง

การทำแห้งหรือการกำจัดน้ำ (Drying) หมายถึง การใช้ความร้อนภายใต้สภาวะที่ควบคุมเพื่อกำจัดน้ำส่วนใหญ่ที่อยู่ในอาหาร โดยการระเหยน้ำหรือการระเหิดของแข็งในการอบแห้งแบบระเหิด (Freeze drying) คำจำกัดความนี้จะไม่รวมถึงการกำจัดน้ำออกจากอาหารด้วยวิธีอื่นๆ เช่น การแยกดดยทางกล การทำให้ข้นโดยการใช้เมมเบรน การระเหย และการอบ เนื่องจากในกระบวนการเหล่านี้จะมีการกำจัดน้ำน้อยกว่าการทำให้แห้ง วัตถุประสงค์ของการกำจัดน้ำคือ การยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร โดยการลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และการทำงานของเอนไซม์ โดยทั่วไปอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ในระหว่างกระบวนการมักจะไม่สูงพอที่จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ นอกจากนั้นการลดน้ำหนักและปริมาณของอาหารยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาและขนส่ง เพิ่มความหลากหลายและความสะดวกให้แก่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้บริโภค ตัวอย่างอาหารแห้งที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรมที่สำคัญได้แก่ น้ำตาล กาแฟ นม มันฝรั่ง แป้ง ถั่วลิสง ส่วนผสมสำหรับทำขนมปัง อาหารเช้าประเภทที่ทำจากธัญพืช ชา และเครื่องเทศ (วิไล, 2547)

5.1 กรรมวิธีการทำแห้ง มี 3 วิธี คือ

5.1.1 การทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drying) การทำแห้งแบบฝอย เป็นวิธีการทำแห้งของเหลวซึ่งมีลักษณะเป็นสารละลาย หรือ ของเหลวข้นโดยการฉีด พ่น หรือเหวี่ยงสารละลายดังกล่าวให้เป็นละอองฝอย (Fine droplets) ผ่านเข้าไปสัมผัสกับลมร้อนในเครื่องทำแห้งแบบพ่น เมื่อสัมผัสกับกระแสของลมร้อน ของเหลวจะระเหยไปอย่างรวดเร็ว และแห้งก่อนที่จะตกลงมาทางด้านล่างของห้องอบแห้ง และผงที่ได้จะตกลงมาตามรูปกรวยตรงบริเวณก้นถังซึ่งจะถูกพาลงมาโดยกระแสลมไปยังที่ดักผง (Dust collector) โดยใช้ระบบ Cyclone ลมร้อนส่วนใหญ่ที่ออกจากห้องอบแห้งก็จะออกไปพร้อมกับผลิตภัณฑ์ไปยังส่วนดักผง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพใกล้เคียงกับของสด และผงมีความสม่ำเสมอ คือ มีขนาดรูปร่างและความชื้นเหลืออยู่ในปริมาณที่ใกล้เคียงกันในทุกๆ อนุภาคผง (สมบัติ, 2532)

การทำแห้งด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยจะมีประโยชน์มาก เพราะสามารถทำแห้งได้รวดเร็ว ผลิตภัณฑ์ที่ได้ละลายน้ำได้ง่ายและค่าใช้จ่ายค่อนข้างต่ำ แต่มีข้อเสียสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ค่อยทนความร้อนสูง และสามารถควบคุมขนาดและความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ได้ในระดับหนึ่ง

Master (1991) ได้ทำการศึกษาการผลิตมะเขือเทศผงโดยใช้การทำแห้งแบบพ่นฝอย ในการทดลองได้นำมะเขือเทศปอกเปลือกและทำให้เข้มข้นโดยใช้ระบบสุญญากาศ เพื่อให้มีปริมาณของแข็งประมาณ 26-32 เปอร์เซ็นต์ ใช้อุณหภูมิในการทำแห้งขาเข้า (Inlet temperature) อยู่ระหว่าง 138-150 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้น 3.0-3.5 เปอร์เซ็นต์ และเก็บในภาชนะบรรจุภายใต้ก๊าซไนโตรเจนหรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ละลายน้ำได้ดี และยังคงคุณภาพของสี กลิ่น และเนื้อสัมผัสที่ดีเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 6 เดือน

Rhandri *et al*. (1993) ได้ทำการศึกษาการทำแห้งจากน้ำผลไม้เข้มข้น คือ น้ำจากลูกแบลกเคอเรนท์ (Blackcurrent) น้ำแอพริคอท (Applicot) และน้ำจากผลราสเบอรี่ (Raspberry) โดยใช้สารมอลโทเด็กซ์ทรินในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน โดยทำการศึกษาผลกระทบของส่วนประกอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของน้ำผลไม้และปริมาณเด็กซ์โตส อิควิวาเลนซ์ (Dextrose equivalent) ของสารมอลโทเด็กซ์ทริน ในการทดลองค่าเด็กซ์โตส อิควิวาเลนซ์ ที่ใช้คือ DE 6, DE9 และ DE12 จากผลการทดลองพบว่า สารมอลโทเด็กซ์ทริน ที่ DE 6 ในอัตราส่วนของน้ำผลไม้ต่อสารมอลโทเด็กซ์ทริน 65:35 ของน้ำแบลกเคอเรนท์ 60:40 ของน้ำแอพริคอท และ 55:45 สำหรับน้ำจากผลราสเบอรี่ โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส

รัตนมณีและวราพร (2541) ได้ทำการศึกษาการเก็บรักษาน้ำมะนาวในรูปผงแห้งโดยใช้วิธีการทำแห้งแบบแช่แข็งและวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยนำน้ำมะนาวที่ผสมกับสารมอลโทเด็กซ์ทรินร้อยละ 20 ใช้อุณหภูมิในการทำแห้งที่อุณหภูมิขาเข้าและอุณหภูมิขาออก คือ 128-154 องศาเซลเซียสและ 75-85 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยให้ผงมะนาวที่แห้ง มีความคงตัวกว่าผงมะนาวที่ผ่านวิธีการทำแห้งแบบแช่แข็ง ลักษณะของผงมะนาวที่ผ่านวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นผงสีขาว ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะถูกเก็บในซองอลูมิเนียมฟลอยด์ที่ปิดสนิท ผลการเก็บรักษาพบว่า ผงมะนาวที่ผ่านวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยมีความคงตัวดี โดยเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง ที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียสและ 45 องศาเซลเซียส จะทำให้สามารถเก็บได้นานถึง 4 เดือน

5.1.2 การทำแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze drying) การทำแห้งแบบเยือกแข็ง เป็นวิธีกำจัดน้ำออกจากวัตถุดิบโดยการทำให้น้ำเปลี่ยนจากสถานะของเหลวกลายเป็นไอ หรือเกิดการระเหิด (Sublimination) โดยไม่ผ่านสถานะของเหลว (สุนทรี, 2537) ซึ่งมีข้อดีคือ ผลิตภัณฑ์จะได้รับความเสียหายระหว่างกระบวนการทำแห้งน้อยที่สุด เนื่องจากใช้อุณหภูมิต่ำ โดยขณะที่น้ำไม่ผ่านช่วงที่เป็นของเหลว ทำให้ของแข็งที่ได้มีสภาพใกล้เคียงกับสภาวะเริ่มต้น แต่ข้อเสียของวิธีนี้ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความหนาแน่นต่ำ และมีสมบัติการดูดความชื้นมาก จึงทำให้มีการจับตัวเป็นก้อนได้ง่าย และค่าใช้จ่ายในการทำแห้งสูง จึงเป็นข้อจำกัดในการใช้ทางการค้า (Ammu *et al*., 1977)

5.1.3 การทำแห้งแบบโฟม (Foam-mat-drying) การทำแห้งแบบโฟม จะนิยมใช้กับน้ำผลไม้ซึ่งมีปริมาณของแข็งต่ำและของเหลวที่มีส่วนประกอบของน้ำตาล การทำแห้งแบบโฟมต้องอาศัยสารที่ทำให้เกิดลักษณะเป็นโฟมที่คงที่ ได้แก่ เมทิลเซลลูโลส (Methyl cellulose), Soya albumion เป็นต้น แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นแรกทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นโฟมคงที่ในระหว่างการทำแห้ง ขั้นที่สอง คือ การทำแห้งด้วยลมร้อน ส่วนขั้นสุดท้ายจะทำการบดเพื่อให้แผ่นโฟมมีลักษณะเป็นผง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. ขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ เป็นการพัฒนา ปรับปรุง หรือเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค การพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นกระบวนการที่เป็นระบบ ซึ่งเป็นการรวมเอาความรู้ในสาขาวิชาต่างๆ เช่น ความรู้ทางด้านการตลาด ผู้บริโภค การแปรรูป ลักษณะของผลิตภัณฑ์ การวางแผนการทดลอง ความรู้ทางด้านจิตวิทยา รวมทั้งความรู้ทางด้านวิศวกรรมมาใช้ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ขึ้นมา ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการของตลาดและผู้บริโภคได้ (หทัยรัตน์, 2549)

ไพโรจน์ (2539) เรียบเรียงกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยแบ่งออกเป็น 8 ขั้นตอน ดังนี้

6.1 การรวบรวมความคิดผลิตภัณฑ์และการค้นหรือสร้างความคิดผลิตภัณฑ์ (Exploration or Product Idea Generation) เป็นสิ่งที่ต้องกระทำก่อน โดยแหล่งที่มาของความคิดอาจมาจากแหล่งเดียวหรือหลายแหล่ง ซึ่งอาจหาได้จาก

6.1.1 ผู้บริโภคหรือผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ โดยใช้การสำรวจหรือแบบสอบถามจากผู้บริโภคหรือผู้ใช้ผลิตภัณฑ์โดยตรง ซึ่งจะได้ข้อมูลทั้งข้อดีและข้อเสียของผลิตภัณฑ์ ข้อเสนอแนะเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ เพื่อใช้ในการพิจารณาความเปลี่ยนแปลงจากอุดมคติของผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ สามารถนำไปสู่การปรับปรุงปัญหาต่างๆ

6.1.2 ร้านค้าที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์

6.1.3 การติดตามการดำเนินงานของคู่แข่งขันในธุรกิจเดียวกัน

6.1.4 พนักงานหรือตัวแทนจำหน่ายผลิตภัณฑ์

6.1.5 ผู้บริหารของบริษัท

6.1.6 ผู้จัดการฝ่ายต่างๆ ในบริษัท

6.1.7 นักวิจัย นักวิทยาศาสตร์ หรือที่ปรึกษาของบริษัท

6.1.8 การสำรวจผลิตภัณฑ์ทั้งตลาดในประเทศและต่างประเทศ

6.1.9 แหล่งอื่นๆ เช่น งานแสดงสินค้า งานนิทรรศการ งานแสดงเทคโนโลยี นิตยสาร วรสาร หน่วยงานที่เกี่ยงข้องทั้งภาครัฐและเอกชน เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.2 การกลั่นกรองความคิดผลิตภัณฑ์ (Product Idea Screening)

เป็นการนำความคิดที่รวบรวมได้มากลั่นกรอง เอาความคิดที่ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ออกไป เพื่อนำความคิดที่เป็นไปได้มาปฏิบัติ โดยข้อมูลที่จะนำมากลั่นกรองแนวความคิดผลิตภัณฑ์จะต้องเป็นข้อมูลที่สอดคล้องกับโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งเทคนิคและวิธีการที่นำไปใช้ คือ การคัดเลือกตามลำดับที่เกี่ยวข้อง (Sequential screening) และการคัดเลือกตามลำดับคะแนนของน้ำหนักเกณฑ์ที่กำหนด (Checklist screening)

6.3 การพัฒนาและทดสอบแนวความคิดผลิตภัณฑ์ (Development and Product Concept Testing)

ความคิดที่ผ่านการกลั่นกรองแล้ว จะต้องนำมาศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค โดยพิจารณาว่าผลิตภัณฑ์นั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อใคร มีประโยชน์อย่างไรกับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย มีความสอดคล้องกับนโยบายของบริษัทอย่างไร เป็นต้น แล้วทำการสรุปความคิดนั้นออกมา สุดท้ายจะเหลือความคิดเดียวที่ดีที่สุดที่จะถูกนำไปพัฒนา วิธีการและเทคนิคที่นิยมใช้ได้แก่ การศึกษาความเป็นไปได้ของปัจจัยความสำเร็จต่างๆ (Probability screening) ซึ่งจะมีความยุ่งยากกว่าวิธีที่ใช้ในการกลั่นกรองผลิตภัณฑ์

6.4 การศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิค (Technological Studied)

ความคิดที่ผ่านการกลั่นกรองแล้ว ต้องสอดคล้องและความเป็นไปได้ทางเทคนิคตลอดจนเงินลงทุนในเทคนิค ความพร้อมของบริษัท

6.5 การวิเคราะห์เชิงธุรกิจ (Business Analysis)

เป็นการวิเคราะห์เกี่ยวกับยอดจำหน่าย การคาดคะเนผลกำไรที่จะเกิดขึ้น แนวโน้มความต้องการของผู้บริโภค ความถี่ในการใช้ผลิตภัณฑ์ เพื่อนำไปใช้ในการกำหนดขั้นตอนการผลิตทั้งหมด สามารถวางแผนการผลิต การเหลือสินค้าคงคลัง การตั้งราคาให้สอดคล้องกับการลงทุน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.6 การพัฒนาผลิตภัณฑ์

เป็นการเปลี่ยนจากความคิดผลิตภัณฑ์มาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีตัวตนอยู่จริงๆ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ผู้ที่มีความรู้อยู่จริงๆ เพราะเป็นขั้นตอนที่มีค่าใช้จ่ายและการใช้เวลาเกิดขึ้นอย่างจริงจัง โดยการพัฒนาผลิตภัณฑ์มีทั้งการพัฒนาสูตร พัฒนากรรมวิธีการผลิต และการเปลี่ยนรูปแบบผลิตภัณฑ์

6.7 การทดสอบผลิตภัณฑ์ (Product Testing)

เพื่อเป็นการทดสอบว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาแล้วเหมาะสมในเชิงการค้าตามเป้าหมายที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยการทดสอบผลิตภัณฑ์ จะทำการทดสอบคุณภาพและการเก็บรักษา รวมถึงการทดสอบตลาด

6.8 การทดสอบเชิงพาณิชย์ (Commercialization)

ขั้นตอนนี้จะมีการวางแผน ตั้งแต่การวางแผนการผลิต วางแผนเรื่องการใช้วัตถุดิบจนกระทั่งถึงการขนส่ง การวางผลิตภัณฑ์ แผนการตลาดที่สอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ใหม่

7. วิธีการประเมินความชอบและการยอมรับผลิตภัณฑ์

เพ็ญขวัญ (2550) กล่าวว่า การประเมินความชอบและการยอมรับผลิตภัณฑ์เป็นวิธีการที่ใช้ตัวแทนผู้บริโภคเป้าหมายเป็นผู้ประเมิน การประเมินการยอมรับผลิตภัณฑ์มีความสำคัญมากสำหรับกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์และถูกนำมาใช้ในหลายขั้นตอน เริ่มตั้งแต่การสร้างแนวความคิดผลิตภัณฑ์ การคัดเลือกผลิตภัณฑ์ต้นแบบจากสินค้าในตลาด การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบให้ตรงตามแนวความคิดหรือให้คล้ายกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่เลือกมาและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบสุดท้ายที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภควัตถุประสงค์ของการประเมินความชอบและการยอมรับผลิตภัณฑ์มีดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. เพื่อประเมินความชอบโดยรวมของผู้ประเมินที่มีต่อผลิตภัณฑ์

2. เพื่อประเมินความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์

3. เพื่ออนุมานการตอบสนองของผู้ประเมินโดยสร้างความสัมพันธ์กับฐานข้อมูลค่าของแผนภาพ ลักษณะทางประสาทสัมผัสและ/หรือฐานข้อมูลค่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์

7.1 วิธีการประเมินความชอบของผลิตภัณฑ์

7.1.1 วิธีการเปรียบเทียบตัวอย่างคู่เพื่อหาความชอบ วิธีการนี้จะสามารถวัดความชอบได้โดยตรง ผู้ประเมินจะได้รับตัวอย่าง 2 ตัวอย่าง จะต้องเลือกว่าชอบตัวอย่างใดมากกว่า วิธีนี้จะวัดได้เฉพาะว่าผู้ประเมินชอบผลิตภัณฑ์หนึ่งมากกว่าอีกผลิตภัณฑ์หนึ่งเท่านั้น ไม่สามารถบอกได้ว่า ผู้ประเมินชอบผลิตภัณฑ์นั้นๆ มากน้อยแค่ไหนวิธีการนี้จะต้องใช้ผู้ประเมินอย่างน้อย 30 คน

7.1.2 วิธีการเรียงลำดับความชอบ การนำวิธีการเรียงลำดับความชอบมาใช้ในงานพัฒนาผลิตภัณฑ์มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ประเมินเรียงลำดับความชอบที่มีต่อตัวอย่างตั้งแต่ 3 ตัวอย่างขึ้นไป โดยการเรียงลำดับความชอบจากชอบน้อยไปชอบมาก วิธีการนี้จึงควรใช้ตัวอย่างประมาณ 4-6 ตัวอย่าง เพื่อคัดเลือกตัวอย่างที่ผู้ประเมินชอบมาก 1-2 ตัวอย่าง เพื่อนำไปใช้ทดสอบการยอมรับต่อไปกับผู้จำนวนมากขึ้น เช่น 100-400 คน มากกว่า วิธีนี้ไม่สามารถบอกได้ว่าผู้ประเมินชอบหรือไม่ชอบตัวอย่างมากน้อยแค่ไหน และต้องใช้ผู้ประเมินอย่างน้อย 30 คน

7.2 วิธีการประเมินการยอมรับ

วิธีการประเมินการยอมรับเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากกว่าวิธีการประเมินความชอบ เนื่องจากสามารถประเมินเพียง 1 ตัวอย่างหรือมากกว่าได้ ข้อมูลที่ได้จะทำให้ทราบว่าผู้ประเมินชอบผลิตภัณฑ์มากน้อยแค่ไหน นอกจากนั้นยังสามารถถามผู้ประเมินเรื่องความถี่ในการใช้หรือซื้อผลิตภัณฑ์ จึงเป็นวิธีที่เหมาะจะนำไปใช้ในการประเมินผู้บริโภคเป้าหมายที่มีจำนวนมากๆ วิธีการประเมินการยอมรับที่นิยมใช้ ได้แก่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7.2.1 วิธีการให้คะแนนความชอบ (Hodonic Scaling) วิธีการให้คะแนนความชอบโดยใช้สเกลความชอบ 9 คะแนน เป็นวิธีการที่นิยมใช้มากที่สุดในปัจจุบัน การวิเคราะห์ผลการประเมินความชอบอาจทำได้โดยการหาค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบ หากมีผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ 2 ตัวอย่างขึ้นไป จะสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนและทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการต่างๆ เช่น Duncan's New Multiple Range Test หรือ LSD หรือ Tukey เป็นต้น วิธีการนี้จะต้องใช้ผู้ประเมินอย่างน้อย 30 คน

7.2.2 วิธีการวัดความถี่ในการบริโภค (Food Action Rating Scale, FACT) วิธีการนี้เป็นวิธีที่ผู้ประเมินบอกถึงความถี่ในการบริโภคผลิตภัณฑ์ ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปวิเคราะห์ได้เช่นเดียวกับวิธีการให้คะแนนความชอบ หรืออาจใช้วิธีการวัดความถี่ในการบริโภคร่วมกับการให้คะแนนความชอบเพื่อตรวจสอบว่าความชอบหรือการยอมรับผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กับความต้องการบริโภคผลิตภัณฑ์จริง

7.2.3 วิธีการวัดความพอดี (Just About Right, Scale-JAR) การวัดความพอดีหรือความพอใจของผู้บริโภคเป็นวิธีการทั่วไปในการทดสอบตลาด การนำวิธีการนี้มาปรับใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ จะช่วยในการตัดสินใจว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพัฒนาแล้วมีความเหมาะสมที่จะทดสอบตลาดหรือไม่ สามารถวัดความพอใจในภาพรวมของผลิตภัณฑ์หรือลักษณะเฉพาะที่กำหนด การวิเคราะห์ผลการประเมินความพอดีหรือพอใจทำได้โดยการนับความถี่แล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์

8. การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

อายุการเก็บรักษา หมายถึง ช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่ผลิตภัณฑ์นั้นถูกผลิตออกมาจนกระทั่งผลิตภัณฑ์อยู่ในสภาพที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ การศึกษาอายุการเก็บทำให้ผู้ผลิตสามารถกำหนดวันหมดอายุของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผู้บริโภคทราบและประกันว่าผลิตภัณฑ์มีคุณภาพตรงกับที่แจ้งไว้ในฉลาก (รุ่งนภา, 2549)

วอเตอร์แอคติวิตี้ เป็นพารามิเตอร์สำหรับการควบคุมอาหารที่สำคัญ ซึ่งมีผลสำคัญมากต่อคุณภาพและความปลอดภัยต่างๆ ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ หมายถึง ความดันไอที่อยู่เหนือน้ำในช่องว่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เหนืออาหารที่อยู่ในสมดุลกับภาชนะปิด เมื่อเปรียบเทียบกับความดันไอที่อยู่เหนือน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน

เทคนิคการหา Sorption isotherm เป็นวิธีการประเมินอายุการเก็บผลิตภัณฑ์อาหารวิธีหนึ่ง โดยเป็นการหาสมดุลของตัวอย่างอาหารกับสารอ้างอิงในภาชนะบรรจุปิด โดยเมื่อวางผลิตภัณฑ์อาหารหนึ่งไว้ในภาชนะปิด และความชื้นของอากาศภายในภาชนะบรรจุนั้นถูกควบคุมให้คงที่ตลอดเวลา ตัวอย่างอาจได้รับหรือสูญเสียความชื้นจากหรือไปยังสิ่งแวดล้อม ถ้าค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของสิ่งแวดล้อมหลังจากช่วงเวลาหนึ่งที่สมดุลเกิดขึ้น ปริมาณความชื้นของตัวอย่างจะอยู่ในระดับสมดุล (Equilibrium moisture content, EMC) ขึ้นกับระดับค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (ในภาชนะปิด) ดังนั้นอาหารแห้งจะแห้งขึ้นในสภาวะที่มีความชื้นต่ำ และมีความชื้นมากขึ้นในที่อากาศชื้น เมื่อหาปริมาณความชื้นสมดุลของสารอ้างอิงได้แล้ว ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ซึ่งจะเป็นค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของตัวอย่างด้วยสามารถหาได้จากกราฟมาตรฐานของปริมาณความชื้นสมดุลกับค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ซึ่งกราฟมาตรฐานดังกล่าว คือ Sorption isotherm ค่า Sorption isotherm ของน้ำบอกให้ทราบถึงปริมาณน้ำที่องค์ประกอบหนึ่งๆ ถูกดูดซับไว้เมื่ออยู่ในสมดุลที่อุณหภูมิเดียวกันโดยทราบค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ข้อมูลนี้มีความสำคัญเนื่องจากปริมาณน้ำที่ถูกดูดซับไว้ให้ข้อมูลสำคัญเกี่ยวกับลักษณะการดูดความชื้นขององค์ประกอบ (รุ่งนภา, 2549)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1.วัตถุดิบ

1.1 ปลายข้าวกล้องมะลิ (Hom Mali brown rice flour) จากโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา

1.2 มันฝรั่ง (Potato) พันธุ์สปุนตา (Spunta) จากห้างแม็คโคร สาขาแจ้งวัฒนะ กรุงเทพมหานคร

1.3 น้ำตาลเด็กซ์โตรส (Dextrose) (Commercial grade) จากบริษัทนครหลวงกลูโคส กรุงเทพมหานคร

1.4 วุ้นผง (Agar) (Analytical grade) จากบริษัท U&V Holding กรุงเทพมหานคร

1.5 เอนไซม์แอลฟา- อะไมเลส BAN® 480L (Novo Nordisk, Denmark) จากบริษัท East Asiatic (Thailand) Public Company Limited.

2. อุปกรณ์ในการเตรียมวัตถุดิบ

2.1 เครื่องอบแห้งแบบใช้ลมร้อน (Tray dryer) ของ B.W.S. Trading Ltd., Thailand

2.2 เครื่องบดชนิด Pin mill

2.3 เครื่องร่อนแป้ง บริษัท กล้วยน้ำไทเตาอบ จำกัด, ประเทศไทย

2.4 เครื่องปิดผนึกด้วยความร้อน (Kingstar PFS-F350x2, บริษัทเบทเตอร์แพค จำกัด, ประเทศไทย)

3. อุปกรณ์ในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและการเพาะเลี้ยงเชื้อ

3.1 เชื้อจุลินทรีย์บริสุทธิ์

- เชื้อรา *Aspergillus niger* TISTR 3089 จากสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย
- เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5049 จากสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- เชื้อเห็ด *Pleurotus sorja-caju* จากกลุ่มวิจัยและพัฒนาธนาคารเชื้อพันธุ์พืชและจุลินทรีย์ สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร

3.2 อาหารเลี้ยงเชื้อสูตรพื้นฐานเชิงการค้า

- Potato dextrose broth (PDB) สำเร็จรูป Difco (Cat. No. 254920) จากประเทศสหรัฐอเมริกา

- Potato dextrose agar (PDA) สำเร็จรูป Difco (Cat. No. 213400) จากประเทศสหรัฐอเมริกา

3. 3 อุปกรณ์ในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและการเพาะเลี้ยงเชื้อ

- ตู้ถ่ายเชื้อ (Laminar flow)

- หม้อนึ่งความดันสูงแบบไฟฟ้า (Autoclave) รุ่น RTA 25 บริษัท FnB Machinery & Solutions ประเทศไทย

- เครื่องให้ความร้อน (Hot plate)

- เครื่องเขย่า (Shaker)

- เครื่องกรอง (Vacuum filter)

- กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1

- อุปกรณ์เครื่องแก้วสำหรับการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและการเจริญของเชื้อ

4. อุปกรณ์ในการผลิตอาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

4.1 เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (spray dry)

- ระดับห้องปฏิบัติการ ออกแบบและประกอบโดยนายบุญชัย หฤทัยธนาสันติ์

- ระดับนำร่อง

- อ่างน้ำไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)

- เครื่องให้ความร้อน (Hot plate)

- เครื่องเหวี่ยงแยก (Centrifuge) ยี่ห้อ TOMMY รุ่น GRX 220 High speed refrigerated centrifuge, ประเทศญี่ปุ่น

4.2 เครื่องผสม (Mixer) บริษัท กล้วยน้ำไทเตาอบ จำกัด, ประเทศไทย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพ

5.1 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- เครื่องชั่งวิเคราะห์อย่างละเอียด 4 ตำแหน่ง รุ่น BL 210S ประเทศเยอรมัน
- เครื่องวัดสี Lovibond PFX 195 ยี่ห้อ Tintometer รุ่น RT100 Reflectance บริษัท The Tintometer Ltd. ประเทศอังกฤษ
- เครื่องวัดวอเตอร์แอคทิวิตี้ (Water activity) ยี่ห้อ Novasiana MS1-Aw ประเทศสวิสเซอร์แลนด์
- เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) ยี่ห้อ Lloyd รุ่น TA 500 Plus บริษัท Intro Enterprise Co. Ltd. ประเทศอังกฤษ
- เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter, WTW) ประเทศญี่ปุ่น
- อ่างน้ำไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิ (Water bath, Memmert Type WB 14, ประเทศเยอรมันนี
- ตู้อบไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิ (Hot air oven)
- อุปกรณ์เครื่องแก้วสำหรับการวิเคราะห์

5.2 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (Proximate analysis)
- เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Hand refractometer N-1α, ATAGO, ประเทศญี่ปุ่น
- เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) รุ่น UV 9200 ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน
- อุปกรณ์เครื่องแก้วสำหรับการวิเคราะห์

5.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

- แบบสอบถาม

5.4 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูล

- โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ SPSS Version 11.0
- เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

1. การสำรวจผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับจุลินทรีย์และผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจ

ทำการสำรวจผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับจุลินทรีย์และฟังไจ (เห็ด รา ยีสต์) ที่นำเข้าและจำหน่ายในประเทศไทย จากข้อมูลสถิติการนำเข้าของกรมศุลกากรและบริษัทตัวแทนนำเข้าและจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อ ในระหว่างเดือนมกราคม-ธันวาคม ปี พ. ศ. 2544-2552 เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ข้อมูลที่ทำการสำรวจ ได้แก่ สถิติการนำเข้า ปริมาณการนำเข้า มูลค่าการนำเข้าประเทศต่อปี ประเทศที่ผลิต บริษัทตัวแทนนำเข้าและจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อ ขนาดบรรจุและชนิดของบรรจุภัณฑ์

2. การสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

ทำการสำรวจผู้บริโภคโดยใช้แบบสอบถาม เพื่อรวบรวมข้อมูลพฤติกรรมการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ ความคิดเห็นและความต้องการของผู้บริโภคที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และ PDB ทั้งชนิดสำเร็จรูป (Ready-to use) และชนิดที่เตรียมจากมันฝรั่งสด การสำรวจมีขั้นตอน ดังนี้

2.1 ออกแบบสอบถาม โดยแบบสอบถามประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม ข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการ ลักษณะการใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อ และข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อ ผู้บริโภคที่ทำการสำรวจประกอบด้วย อาจารย์ นักวิจัย/นักวิทยาศาสตร์ นิสิต/นักศึกษา เจ้าหน้าที่ตรวจวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ เจ้าหน้าที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพและเจ้าของฟาร์มเพาะเห็ด

2.2 ทดสอบความเข้าใจและความสมบูรณ์ของแบบสอบถามเบื้องต้นกับกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย จำนวน 20 ชุด และทำการแก้ไขให้สมบูรณ์ หาค่าสัดส่วนของประชากร โดยใช้แบบสอบถามที่แก้ไขแล้ว ทดสอบกับกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายเพื่อหาสัดส่วนของผู้บริโภคที่สนใจผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจ จำนวน 30 ชุด และกำหนดขนาดผู้บริโภคโดยการคำนวณประมาณค่าสัดส่วนจากสูตรการแจกแจงค่าสัดส่วนตัวอย่าง คือ $n = Z^2pq/E^2$ (กุณฑลี, 2546) วิธีการคำนวณโดยละเอียดแสดงในภาคผนวก ก-1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยที่ p = สัดส่วนของประชากรที่คาดว่าสนใจซื้อผลิตภัณฑ์
q = 1-p
Z = ความเชื่อมั่นที่กำหนด
E = ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้นได้

2.3 ทำการสำรวจพฤติกรรมการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ ความคิดเห็นและความต้องการของผู้บริโภคทั่วประเทศ ตามขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการคำนวณใน ข้อ 2.2 คือ 73 คน ขึ้นไป ดังนั้นจึงทำการสำรวจผู้บริโภคจำนวน 123 คนโดยการส่งแบบสอบถามดังแสดงในภาคผนวก ก-2 ทางไปรษณีย์

2.4 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยนับความถี่ ร้อยละและความสำคัญของปัจจัยที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ

3. การเตรียมแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ มันฝรั่งสดและการวิเคราะห์คุณภาพ

3.1 การเตรียมแป้งข้าวกล้องหอมมะลิและการวิเคราะห์คุณภาพ

วัตถุดิบที่ใช้เพื่อเตรียมแป้งข้าวกล้องหอมมะลิจะใช้ปลายข้าวกล้องหอมมะลิ จากโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา (Royal Chitralada Projects)

3.1.1 การผลิตแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

โดยนำปลายข้าวกล้องหอมมะลิมาคัดเอาสิ่งปนเปื้อนออก นำมาล้างและอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง นำมาบดด้วยเครื่อง Pin mill ร่อนผ่านตะแกรงที่มีความละเอียด 100 เมช (ณัชนก, 2549) แสดงดังภาพที่ 3 นำแป้งข้าวกล้องหอมมะลิไปบรรจุในถุงพลาสติกชนิด Polyethylene (PE) ถุงละ 2 กิโลกรัม ปิดผนึกโดยใช้ความร้อนและเก็บรักษาในตู้แช่แข็ง (อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส)

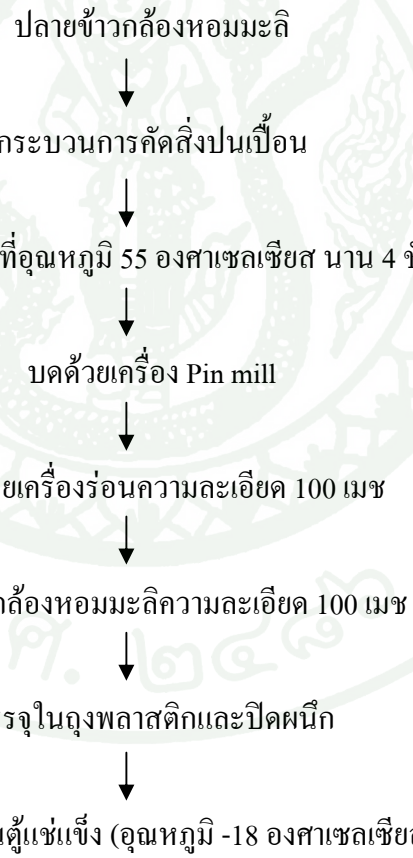
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1.2 การวิเคราะห์คุณภาพแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

นำแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ได้มาทำการวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

ก. ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity) โดยใช้เครื่องวัด Water activity (Novasiana MS1-AW, Switzerland) เตรียมตัวอย่างโดยบดให้ละเอียด ใส่ตัวอย่างในตลับวัดค่าประมาณ 3 ส่วน 4 ของตลับ และปิดฝาพักไว้ ทำการปรับมาตรฐานของเครื่องทุกครั้งก่อนการใช้งานโดยใช้เกลืออิ่มตัวมาตรฐานให้ครอบคลุมช่วงที่ทำการวัด ทำการวัดค่าและบันทึกข้อมูล

ข. การวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (Proximate analysis) ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบและคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีการของ A.O.A.C. (2000)



ภาพที่ 3 กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าวกล้องหอมมะลิจากปลายข้าวกล้องหอมมะลิ

ที่มา: ณัชนก (2549)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 การเตรียมมันฝรั่งและการวิเคราะห์คุณภาพ

3.2.1 การเตรียมมันฝรั่งพันธุ์สปุนตา

นำมันฝรั่งพันธุ์สปุนตา (Spunta) จากห้างแม็คโคร สาขาแจ้งวัฒนะ กรุงเทพมหานคร มาล้าง ผึ่งให้แห้ง นำมาแบ่งบรรจุใส่ถุงพลาสติกชนิด Polyethylene (PE) ถุงละ 2 กิโลกรัม ปิดผนึกโดยใช้ความร้อนและเก็บรักษาในตู้แช่แข็ง (อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส)

3.2.2 การวิเคราะห์คุณภาพของมันฝรั่งพันธุ์สปุนตา

นำมันฝรั่งที่ได้มาทำการวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (Proximate analysis) ตามข้อ 3.1.2 ข.

4. การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรพื้นฐานและการวัดค่าคุณภาพ

4.1 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรพื้นฐานจากอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป (Ready-to use)

4.1.1 อาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว (Liquid media)

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวหรือ PDB (Difco, USA) (Cat. No. 254920) มีขั้นตอนการเตรียมดังนี้ ชั่งผงอาหารเลี้ยงเชื้อ 24.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร กวนผสมให้เข้ากันและต้มให้เดือดนาน 1 นาทีเพื่อให้อาหารเลี้ยงเชื้อละลายเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น ใช้เป็นการทดลองควบคุม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.1.2 อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง (Solid media)

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งหรือ PDA (Difco, USA) (Cat. No. 213400) มีขั้นตอนการเตรียมดังนี้ ชั่งผงอาหารเลี้ยงเชื้อ 39.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร กวนผสมให้เข้ากันและต้มให้เดือดนาน 1 นาทีเพื่อให้อาหารเลี้ยงเชื้อละลายเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น (45-50 องศาเซลเซียส) เติมสารละลาย 10% tartaric acid ผสมให้เข้ากันโดยไม่ใช้ความร้อน ใช้เป็นการทดลองควบคุม

4.2 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรพื้นฐานจากมันฝรั่งสด

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรพื้นฐานจากมันฝรั่งสด มีขั้นตอนการเตรียม ดังนี้

4.2.1 การเตรียมน้ำสกัดมันฝรั่ง

นำมันฝรั่งสด ในข้อ 3.2 มาปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมลูกเต๋า ขนาด 1 x 1 x 1 เซนติเมตร ชั่งมันฝรั่งสดน้ำหนัก 200 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 2,000 มิลลิลิตรเติมน้ำกลั่นปริมาตร 800 มิลลิลิตร (1:4) นำไปสกัดสารสกัดจากมันฝรั่งตามวิธีของ Alexopoulos and Beneke (1961) แสดงดังภาพที่ 4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 4 ขั้นตอนการเตรียมน้ำสกัดมันฝรั่ง

ที่มา: Alexopoulos and Beneke (1961)

4.2.2 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อจากมันฝรั่งสด สามารถทำได้ทั้งอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวและอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งเช่นเดียวกับการเตรียมจากอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป

ก. อาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวทำได้โดย นำน้ำสกัดจากมันฝรั่งจากข้อ 4.2.1 เติมน้ำกลั่น เพื่อปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรส 20.0 กรัม แบ่งใส่ฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร ปริมาตรฟลาสก์ละ 50 มิลลิลิตร ปิดด้วยจุกสำลีแล้วหุ้มด้วยอะลูมิเนียมฟลอยด์ นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข. อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวทำได้โดย นำน้ำสกัดจากมันฝรั่งจากข้อ 4.2.1เติมน้ำกลั่น เพื่อปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร ใส่ในฟลาสก์ขนาด 2,000 มิลลิลิตร เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสและผงวุ้นร้อยละ 2.0 และ 1.5 ตามลำดับ ปิดด้วยสำลีแล้วหุ้มด้วยอะลูมิเนียมฟอยด์ นำไปละลายโดยใช้ความร้อนบน Hot plate stirrer (ใช้ความร้อนระดับ 8) และใช้ Magnetic bar กวนตลอดเวลาจนผงวุ้นละลายและได้สารละลายใส เทใส่ในขวด Duran ขนาด 250 มิลลิลิตร นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูงที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที นำออก แล้วนำไปแช่ในอ่างน้ำไฟฟ้าควบคุมอุณหภูมิที่ 45 องศาเซลเซียส เทอาหารเลี้ยงเชื้อลงในจานเลี้ยงเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

4.3 การวัดค่าคุณภาพอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรพื้นฐานแบบเหลว

นำอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรพื้นฐานแบบเหลวจากข้อ 4.1 และ 4.2 มาวัดค่าคุณภาพ ดังนี้

4.3.1 ค่าสี (Color L* a* b*) การวัดค่าสีในระบบ CIFLAB ด้วยเครื่อง Automatic Reflectance Colorimeter Model RT 100 แหล่งกำเนิดแสง D65 ค่าที่วัดได้แก่ L* a* b* โดยค่า L* จะอธิบายความสว่างของผลิตภัณฑ์ (L*=100 คือสีขาว, L*=0 คือสีดำ) ส่วนค่า a* ใช้กำหนดความเป็นสีแดงหรือสีเขียว (a* เป็นบวก=สีแดง, a* เป็นลบ=สีเขียว) ค่า b* ใช้กำหนดความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (b* เป็นบวก=สีเหลือง, b* เป็นลบ=สีน้ำเงิน) และค่า ΔE* เป็นค่าที่บอกความแตกต่างของสีทั้งหมด ใช้แทนความแตกต่างของสีระหว่างตัวอย่างและมาตรฐาน โดยค่า ΔE* เป็นค่าที่บอกได้เพียงขนาดของความแตกต่างแต่ไม่บอกทิศทาง (วิษฐิดา, 2549)

4.3.2 ค่าความขุ่น (Turbidity) ด้วยเครื่อง Automatic Reflectance Colorimeter Model RT 100 ที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร (Sodhi and Singh, 2002)

4.3.3 ค่า Optical density (OD) ด้วยเครื่อง Automatic Reflectance Colorimeter Model RT 100 ที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร (Sodhi and Singh, 2002)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.3.4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter (WTW, ประเทศญี่ปุ่น)

4.3.5 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solids, TSS, องศาบริกซ์) ด้วยเครื่อง Hand Refractometer (ATAGO, ประเทศญี่ปุ่น)

4.3.6 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid, TS) โดยชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ 10 กรัม ใส่ในจานเพาะเลี้ยงเชื้อที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน นำไประเหยน้ำจนแห้งบนอ่างน้ำร้อนไฟฟ้าควบคุมอุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส นำจานเพาะเลี้ยงเชื้อไปอบต่อในตู้อบไฟฟ้าที่ 95 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง นำไปใส่ในเดสิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก และคำนวณเป็นปริมาณร้อยละของแข็งทั้งหมด ดัดแปลงจากวิธีของ A.O.A.C. (2000)

4.3.7 ค่าร้อยละน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่ง (Reducing sugar, RS) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer รุ่น UV 9200 ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ตามวิธีของ Somogyi และNelson (1952)

4.4 การวัดค่าคุณภาพอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรพื้นฐานแบบแข็ง

นำอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรพื้นฐานแบบแข็งจากข้อ 4.1 และ 4.2 มาวัดค่าคุณภาพ ดังนี้

ก. ค่าสี (Color L* a* b*) ตามข้อ 4.3.1

ข. ค่าความเป็นกรด-ด่าง ตามข้อ 4.3.4

ค. ค่าความคงตัวของเจล (Gel strength) ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างดัดแปลงจากกรรมวิธีของยุพินทรา (2550) โดยเทตัวอย่างใส่หลอดพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 มิลลิเมตร ยาว 250 มิลลิลิตร รัดด้วยยาง วางตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิห้องแล้วเก็บที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน ตัดตัวอย่างให้มีความยาว 20 ± 0.5 มิลลิเมตร โดยตัวอย่างจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 22 ± 0.5 มิลลิเมตร วัดค่าความคงตัวของเจลโดยใช้เครื่อง Texture Analyzer (Lloyd TA 500, Lloyd Instrument, Ltd., ประเทศอังกฤษ) คำนวณโดยโปรแกรม NEXYGEN^{TM} (A Metek, Inc., ประเทศอังกฤษ) กดเจลประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ของความสูงของเจล ด้วยหัวกดแบบทรงกระบอก (Cylindrical plunger) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 นิ้ว อัตราเร็วในการเคลื่อนที่ขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และลงของหัวกดเท่ากับ 1.0 มิลลิเมตรต่อนาที ซึ่งดัดแปลงจากวิธีของ Marinho-Soriano and Bourret (2003) ในแต่ละสิ่งทดลองวัดค่า 10 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ยลักษณะเนื้อสัมผัสที่วิเคราะห์ คือ ความแข็ง (hardness)

5. การศึกษากรรมวิธีในการเตรียมน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN ®480L)

5.1 การศึกษากรรมวิธีการเตรียมน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

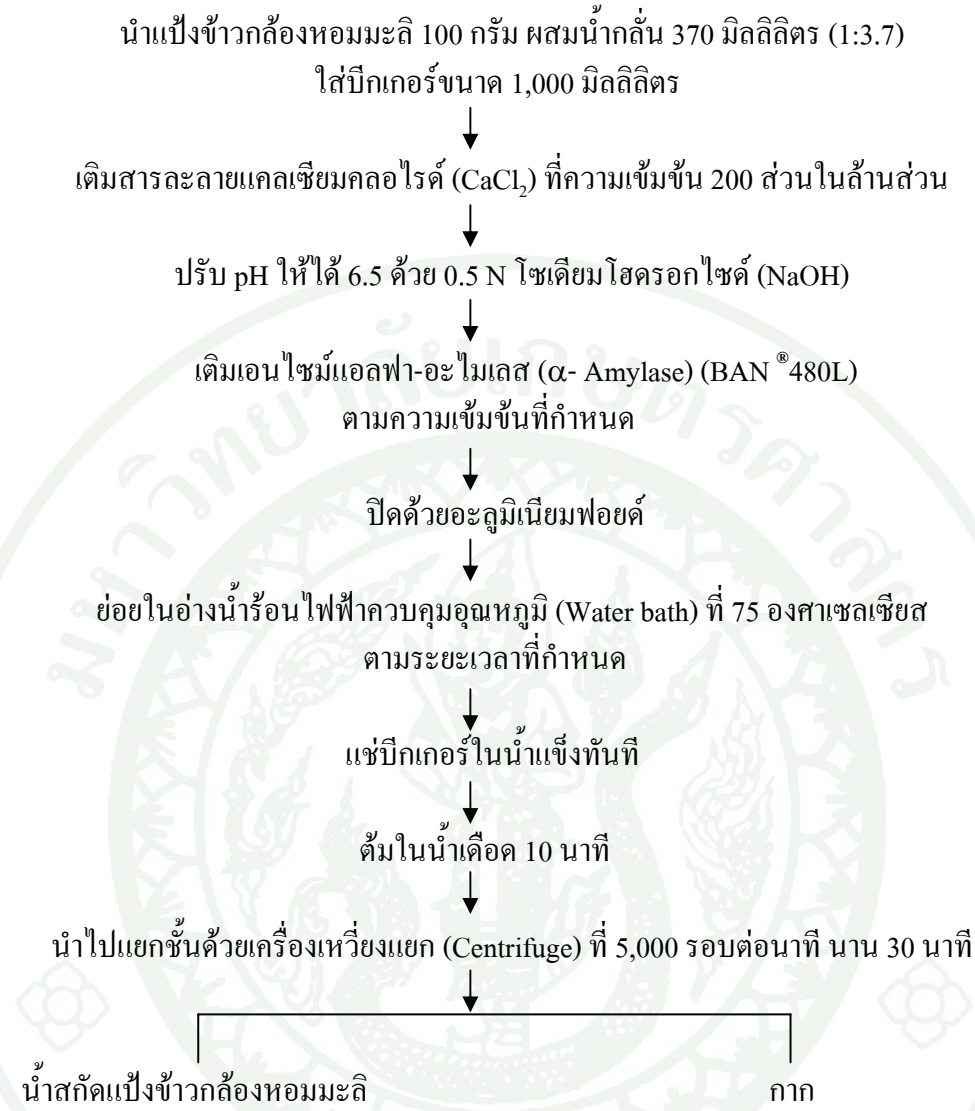
ทำการย่อยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN® 480L) ชนิดไม่ทนความร้อน โดยดัดแปลงจากกรรรมวิธีของรุ่งนภา (2539) แสดงดังภาพที่ 5 ศึกษาสภาวะการย่อยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่เหมาะสมโดยจัดการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomized Design เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการย่อย 2 ปัจจัย คือ

1) ความเข้มข้นของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (% w/v) โดยศึกษาที่ความเข้มข้นของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN® 480L) 4 ระดับ คือ 0.025 0.050 0.075 และ 0.100 % w/v

2) ระยะเวลาในการย่อย (นาที) โดยศึกษาที่เวลาในการย่อย 5 ระดับ คือ 15 20 25 30 และ 35 นาที

โดยมีจำนวนสิ่งทดลองทั้งหมด 20 สิ่งทดลอง ดังตารางที่ 9

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการย่อยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN® 480L)

ที่มา: ดัดแปลงกรรมวิธีของรุ่งนภา (2539)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 สิ่งทดลองที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomized Design สำหรับ 2 ปัจจัย ในการศึกษากรรมวิธีการเตรียมน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

สิ่งทดลอง	ปัจจัย	
	ความเข้มข้นของเอนไซม์ (%w/v)	ระยะเวลาในการย่อย (นาที)
1	0.025	15
2	0.025	20
3	0.025	25
4	0.025	30
5	0.025	35
6	0.050	15
7	0.050	20
8	0.050	25
9	0.050	30
10	0.050	35
11	0.075	15
12	0.075	20
13	0.075	25
14	0.075	30
15	0.075	35
16	0.100	15
17	0.100	20
18	0.100	25
19	0.100	30
20	0.100	35

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทำการทดลอง 2 ซ้ำ และวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

- ปริมาณของแข็งทั้งหมด (% Total solid, TS) ตามวิธีของ A.O.A.C. (2000)

- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids, TSS) โดยใช้ Hand Refractometer (ATAGO, ประเทศญี่ปุ่น)

นำข้อมูลที่ได้จากการวัดค่ามาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan' s New Multiple' s Rang Test (DMRT) เพื่อทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของค่าคุณภาพและทดสอบอิทธิพล (Effect) ของปัจจัยที่มีต่อค่าคุณภาพของสิ่งทดลอง เพื่อคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและปริมาณของแข็งทั้งหมด

5.2 การวัดค่าคุณภาพน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

นำน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในข้อที่ 5.1 มาวัดค่าคุณภาพ ดังนี้

5.2.1 ค่าสี (Color L* a* b*) ตามข้อ 4.3.1

5.2.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ตามข้อ 4.3.4

5.2.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ตามข้อ 4.3.5

5.2.4 ปริมาณของแข็งทั้งหมด ตามข้อ 4.3.6

5.2.5 ค่าร้อยละของน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่ง ตามข้อ 4.3.7

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.3 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

5.3.1 การเตรียมกล้าเชื้อ

นำเชื้อรา *Aspergillus niger* TISTR 3089 บริสุทธิ์ จากสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ที่ทำการเก็บรักษาในหลอดแก้วที่มีอาหาร PDA (PDA slant) มาถ่ายเชื้อลงบนจานเพาะเลี้ยงเชื้อที่มีอาหาร PDA (PDA plate Difco, USA) เริ่มต้น บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 4 วัน เพื่อปรับสภาพของเชื้อราให้อยู่ในสภาวะที่มีเส้นใยและสปอร์เจริญเต็มที่ เก็บรักษาเชื้อราที่เจริญเต็มที่แล้วใน PDA slant ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สำหรับเป็น Stock culture เพื่อใช้เป็นเชื้อราเริ่มต้นในทุกการทดลอง ก่อนการทดสอบการเจริญนำเชื้อราที่เก็บรักษาใน PDA slant มาถ่ายเชื้อลงบน PDA plate บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นใช้คอกบอเรอร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เซนติเมตร ตัดเชื้อราบริเวณปลายเส้นใยเพื่อใช้เป็นเชื้อราสำหรับการทดสอบ (วัชรินทร์, 2545)

5.3.2 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้ ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว คือ ผลของน้ำตาลเด็กซ์โตรส และปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง คือ ผลของน้ำตาลเด็กซ์โตรสและผลของปริมาณผงวุ้น การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อจะใช้น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ได้จากการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN® 480L) ที่ความเข้มข้น 0.050 %w/v และใช้เวลาในการย่อย 30 นาที ในข้อที่ 5.1 เตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวโดยวางแผนการทดลองแบบ CRD เพื่อศึกษาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปที่ใช้เป็นการทดลองควบคุม (Difco)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ก. อาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว

ศึกษาผลของน้ำตาลเด็กซ์โตรสต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* โดยนำน้ำสกัดที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบ CRD 10 ระดับ คือ น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 และ 10 เปอร์เซ็นต์ มาเตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวแสดงดังภาพที่ 6

น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิจากการวางแผนการทดลองแบบ CRD

↓

เติมหรือไม่เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0

↓

แบ่งใส่ฟลาสก์ ขนาด 250 มิลลิลิตร ปริมาตรฟลาสก์ละ 50 มิลลิลิตร
ปิดด้วยสำลีหุ้มด้วยอะลูมิเนียมฟอยด์

↓

นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูงที่อุณหภูมิ 121องศาเซลเซียส 15 นาที

↓

ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

↓

อาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

ภาพที่ 6 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

ที่มา: พรดรัล (2545)

ข. อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง

- ผลของน้ำตาลเด็กซ์โตรส

ศึกษาผลของน้ำตาลเด็กซ์โตรสต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* บนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งโดยใช้น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ 6 ระดับ คือ 5 6 7 8 9 และ 10 เปอร์เซ็นต์ มาเตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง แสดงดังภาพที่ 7

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นำน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิจากการวางแผนการทดลองแบบ CRD
ใส่ฟลาสก์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร

↓

เติมผงวุ้นร้อยละ 0.50, 0.75, 1.00, 1.25 และ 1.50 ตามลำดับ
ปิดด้วยกระจกนาฬิกา

↓

นำไปละลายโดยใช้ความร้อนบน Hot plate (ใช้ความร้อนระดับ 8) และใช้ Magnetic bar กวน
ตลอดเวลาจนผงวุ้นละลายและได้สารละลายใส

↓

เทใส่ในขวด Duran ขนาด 250 มิลลิลิตร

↓

นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที

↓

นำไปแช่ในอ่างน้ำไฟฟ้าควบคุมอุณหภูมิที่ 45 องศาเซลเซียส

↓

เทอาหารเลี้ยงเชื้อลงในจานเลี้ยงเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้ว

↓

อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง

ภาพที่ 7 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

ที่มา: พรดรัล (2545)

- ผลของปริมาณผงวุ้น

-

ศึกษาผลของปริมาณผงวุ้นต่อค่าความคงตัวของเจลและการเจริญของเชื้อรา *A. niger* บนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งโดยวางแผนการทดลองแบบ CRD เพื่อศึกษาปริมาณของผงวุ้น 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0.50, 0.75, 1.00, 1.25 และ 1.50 ตามลำดับ การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งทำเช่นเดียวกับการศึกษาผลน้ำตาลเด็กซ์โตรส การเตรียมเจลเพื่อวัดค่าความคงตัวของเจลจะทำเช่นเดียวกับข้อ 4.4 ค.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.3.3 การทดสอบและวัดการเจริญของเชื้อรา

การทดสอบและวัดการเจริญของเชื้อรา *A. niger* สามารถทำได้ ดังนี้

ก. อาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว

การทดสอบการเจริญของเชื้อราในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว จะใช้เชื้อรา *A. niger* บริสุทธิ์ในข้อ 5.3.1 การวัดการเจริญของเชื้อราในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวใช้การหาน้ำหนักเซลล์แห้ง (Cell dry weight) ตามวิธีของ พรดรัล (2545) แสดงดังภาพ 8

อาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวในฟลาสก์

↓

เติมเชื้อรา *A.niger* บริสุทธิ์ จากข้อ 5.3.1 (1 คอกบอเรอร์)

↓

บ่มเชื้อบนเครื่องเขย่า (Shaker) ที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที (rpm) นาน 4 วัน ที่อุณหภูมิห้อง

↓

กรองเซลล์ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 (Whatman No.1)

↓

ล้างเซลล์ด้วยน้ำกลั่น ปริมาตร 50 มิลลิลิตร 2 ครั้ง

↓

นำไปอบในตู้อบ (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส (ข้ามคืน)

↓

นำออกจากตู้อบและเก็บในเดสิเคเตอร์

↓

ชั่งน้ำหนักเซลล์จนมีน้ำหนักคงที่

↓

เซลล์แห้ง

ภาพที่ 8 การวัดการเจริญของเชื้อราในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว

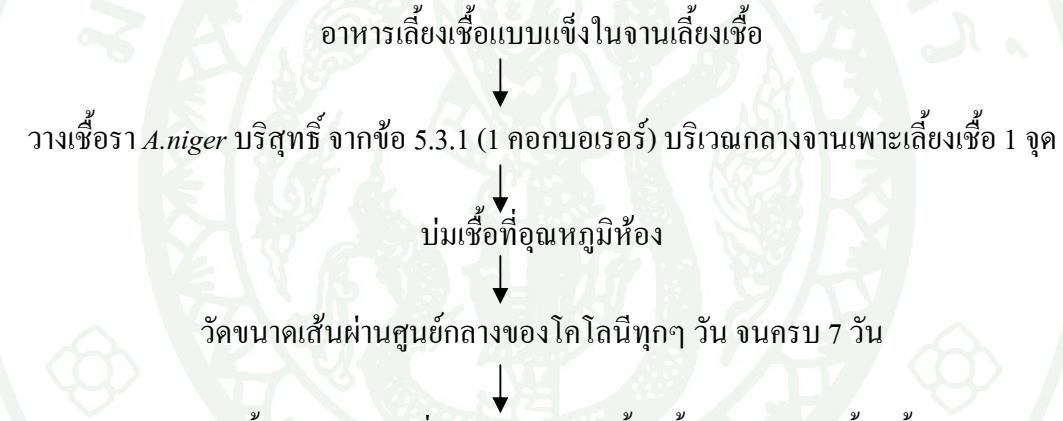
ที่มา: พรดรัล (2545)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นำผลการทดสอบการเจริญของเชื้อรา *A. niger* มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเมื่อพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะใช้วิธี DMRT เพื่อทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยกับการทดลองควบคุม (PDB, Difco)

ข. อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง

การทดสอบการเจริญของเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง จะใช้เชื้อรา *A. niger* บริสุทธิ์ในข้อ 5.3.1 วัดการเจริญของเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งโดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี (Colony diameter) ทุกๆ วัน จนครบ 7 วัน ตามวิธีของ Lopez-Malo *et al*. (2005) แสดงดังภาพ 9



ภาพที่ 9 การวัดการเจริญของเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง

ที่มา: Lopez-Malo *et al*. (2005)

นำผลการทดสอบการเจริญของเชื้อรา *A. niger* มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเมื่อพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะใช้วิธี DMRT เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกับการทดลองควบคุม (PDA, Difco)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. การศึกษากระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

6.1 ศึกษากระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิและการผลิตผงในระดับห้องปฏิบัติการ (Lab scale)

ทำการศึกษากระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิจากการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN® 480L) ที่ระดับความเข้มข้น 0.050 %w/v และใช้เวลาในการย่อยนาน 30 นาที โดยดัดแปลงจากกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยของทิพวดี (2550) แสดงดังภาพที่ 10 วางแผนการทดลองแบบ CRD เพื่อศึกษาปัจจัยของอุณหภูมิลมร้อนของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยก่อนเข้าทำแห้ง (inlet air temperature) 3 ระดับ คือ 150 160 และ 170 องศาเซลเซียส โดยใช้อุณหภูมิลมร้อนหลังทำแห้ง (outlet air temperature) ที่ 90 องศาเซลเซียส (Chen and Tang, 1998) สภาวะของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย มีดังนี้ ความดันของลมที่หัวเหวี่ยง 2 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือคิดเป็นความเร็วของหัวเหวี่ยง 25,000 รอบต่อนาที ใช้หัวฉีดแบบใช้ความดัน (pressure nozzles) มีอัตราของลมร้อนเท่ากับ 48.5 เมตรต่อวินาที อัตราการป้อนน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 5 มิลลิลิตรต่อนาที ทิศทางการเคลื่อนที่ของลมร้อนเป็นการเคลื่อนที่แบบผสม (Mixed flow or complex vertical downward) โดยลมร้อนถูกพ่นเข้าด้านข้างค่อนไปทางด้านบนของห้องทำแห้ง ละอองของเหลวจะถูกพ่นออกจากด้านบน มีเครื่องดูดอากาศออกทางด้านบน ทำให้ลมร้อนเกิดการผสมวนเวียนกับละอองของเหลวภายในห้องทำแห้ง โดยในแต่ละการทดลองจะใช้น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 2.0 ลิตร วัดค่าร้อยละผลผลิตโดยคำนวณจากปริมาณผงที่ได้และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง เก็บผงที่ได้ในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ แล้วนำไปวัดค่าคุณภาพ เพื่อใช้คัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในข้อที่ 5.1 ปรับให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ 15.0 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2.0 ลิตร ใส่ในบีกเกอร์

↓

นำบีกเกอร์ไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิเพื่อปรับให้น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิมีอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส

↓

ทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยในระดับห้องปฏิบัติการ

↓

ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

ภาพที่ 10 กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในระดับห้องปฏิบัติการ

ที่มา: ดัดแปลงจากกรรมวิธีของทิพวดี (2550)

นำผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ มาวัดค่าคุณภาพ ดังนี้

6.1.1 ค่าสี (Color L* a* b*) ตามข้อ 4.3.1

6.1.2 วอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity, a_w) ตามข้อ 3.1.2 ก.

6.1.3 ปริมาณความชื้น (Moisture content) ตามวิธีของ A.O.A.C. (2000)

นำค่าร้อยละปริมาณผง เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง และค่าคุณภาพของผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT คัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งโดยพิจารณาจากร้อยละปริมาณผงที่สูง เวลาในการทำแห้งที่สั้น ค่า a_w และปริมาณความชื้น

6.2 การวิเคราะห์คุณภาพผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

ทำการวิเคราะห์คุณภาพผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ ที่คัดเลือกจากข้อ 6.1 ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.2.1 ค่าสี (Color L* a* b*) ตามข้อ 4.3.1

6.2.2 วอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity, a_w) ตามข้อ 3.1.2 ก.

6.2.3 ปริมาณความชื้น (Moisture content) ตามวิธีของ A.O.A.C. (2000)

6.2.4 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่ง (Reducing sugar) ตามข้อ 4.3.7

6.2.5 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar) ตามวิธีของ A.O.A.C. (2000)

6.2.6 ดัชนีการละลายน้ำ (Water solubility index, WSI) ตามวิธีของรุ่งนภา (2539)

6.2.7 ดัชนีการดูดซับน้ำ (Water absorption index, WAI) ตามวิธีของรุ่งนภา (2539)

6.3 การผลิตผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิโดยกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยในระดับนำร่อง (Pilot scale)

นำน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ 15.0 องศาบริกซ์ มาผลิตผงในระดับนำร่อง (Pilot scale) โดยใช้สภาวะของกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย คือ ใช้อุณหภูมิขาเข้า 160 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิขาออก 90 องศาเซลเซียส

6.4 การวิเคราะห์คุณภาพผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

วิเคราะห์คุณภาพของผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในระดับนำร่อง ตามข้อ 6.2 เปรียบเทียบกับคุณภาพของผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในระดับห้องปฏิบัติการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. การพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger*

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวและแบบแข็งจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับเชื้อรา *A. niger* อาศัยผลการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในข้อ 5.3 คือ เชื้อรา *A. niger* ที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ 6.0 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกับการทดลองควบคุม ดังนั้นการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวและแบบแข็งจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ จึงวางแผนการทดลองเพื่อให้ครอบคลุมช่วงที่เหมาะสมของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้คือ ระหว่าง 5-10 เปอร์เซ็นต์

7.1 อาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว

นำผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในข้อที่ 6. มาเตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD เพื่อศึกษาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ที่ 6 ระดับ คือ 5 6 7 8 9 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ขั้นตอนการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวทำเช่นเดียวกับข้อที่ 5.3.2 ก. การทดสอบและวัดการเจริญของเชื้อรา *A. niger* จะทำเช่นเดียวกับข้อ 5.3.3 ก.

นำผลการทดสอบการเจริญของเชื้อรา *A. niger* มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเมื่อพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะใช้วิธี DMRT เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกับการทดลองควบคุม (PDB, Difco)

7.2 อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง

นำผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในข้อที่ 6. มาเตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD เพื่อศึกษาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ที่ 6 ระดับ คือ 5 6 7 8 9 และ 10 เปอร์เซ็นต์ และใช้ปริมาณผงวุ้นร้อยละ 1.0 ขั้นตอนการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งทำเช่นเดียวกับข้อที่ 5.3.2 ข. การทดสอบและวัดการเจริญของเชื้อรา *A. niger* จะทำเช่นเดียวกับข้อ 5.3.3 ข.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นำผลการทดสอบการเจริญของเชื้อรา *A. niger* มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเมื่อพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะใช้วิธี DMRT เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกับการทดลองควบคุม (PDA, Difco)

8. การพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิต่อการเจริญของเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae*

8.1 การเตรียมกล้าเชื้อ

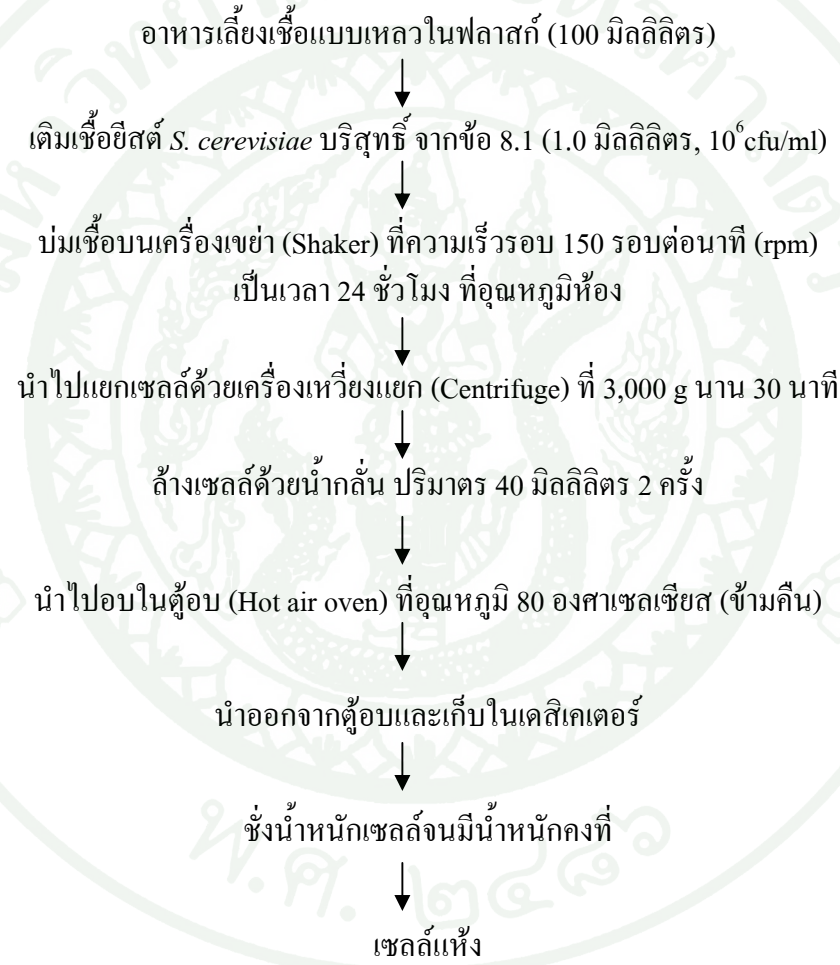
นำเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5049 บริสุทธิ์ จากสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ที่ทำการเก็บรักษาในหลอดแก้วที่มีอาหาร Yeast malt agar (YMA slant) มาถ่ายเชื้อลงบนจานเลี้ยงเชื้อที่มีอาหาร PDA (PDA plate, Difco, USA) เริ่มต้น บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เก็บรักษาเชื้อยีสต์ที่เจริญเต็มที่แล้วใน PDA slant ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สำหรับเป็น Stock culture เพื่อใช้เป็นเชื้อเริ่มต้นในทุกการทดลอง ก่อนการทดสอบการเจริญ นำเชื้อยีสต์ที่เก็บรักษาใน PDA slant มาถ่ายเชื้อลงบน PDA plate บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ใช้ห่วงเขี่ยเชื้อ (loop) ที่ฆ่าเชื้อแล้วแตะโคโลนีเชื้อยีสต์บริสุทธิ์ 1 โคโลนี ใส่ลงในฟาสก์ที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว PDB (Difco, USA) เขย่าเชื้อบนเครื่องเขย่า (Shaker) ที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 18 ชั่วโมง เพื่อใช้เป็นเชื้อยีสต์สำหรับการทดสอบ (Hjortmo *et al*., 2007)

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวและแบบแข็งที่ใช้ผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* อาศัยผลการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในข้อ 7.1 และ 7.2 คือ เชื้อรา *A. niger* ที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ 7.5 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งไม่แตกต่างกับการทดลองควบคุม ดังนั้นการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวและแบบแข็งจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ จึงวางแผนการทดลองเพื่อให้ครอบคลุมช่วงที่เหมาะสมของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8.2 อาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว

นำผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ ในข้อ 6. มาเตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ ขั้นตอนการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อทำเช่นเดียวกับการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวสำหรับเชื้อรา *A. niger* ในข้อ 5.3.2 ก. แต่ใช้ปริมาณอาหารเลี้ยงเชื้อ 100 มิลลิลิตร ตามวิธีของ Hjortmo *et al*. (2007) การวัดการเจริญของเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว แสดงดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 การวัดการเจริญของเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว

ที่มา: Hjortmo *et al*. (2007)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นำผลการทดสอบการเจริญของเชื้อรา *A. niger* มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเมื่อพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะใช้วิธี DMRT เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกับการทดลองควบคุม (PDB, Difco)

8.3 อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง

นำผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ ในข้อ 6. มาเตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยมีขั้นตอนการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อตามข้อ 5.3.2 ข. และใช้เชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* เริ่มต้น 10^6cfu / ml (Hjortmo *et al*., 2007) วัดการเจริญของเชื้อยีสต์โดยการนับจำนวนโคโลนี (Colony counting) ของเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ หลังการบ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

นำผลการทดสอบการเจริญของเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเมื่อพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะใช้วิธี DMRT เพื่อทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยกับการทดลองควบคุม (PDA, Difco)

9. การพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิต่อการเจริญของเชื้อเห็ดนางฟ้า

9.1 การเตรียมกล้าเชื้อ

นำเชื้อเห็ดนางฟ้า จากกลุ่มวิจัยและพัฒนาธนาคารเชื้อพันธุ์พืชและจุลินทรีย์ สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร ที่ทำการเก็บรักษาในขวดแก้วที่มีอาหาร PDA มาถ่ายเชื้อลงบนจานเลี้ยงเชื้อที่มีอาหาร PDA (PDA plate, Difco, USA) เริ่มต้น บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 วัน เพื่อปรับสภาพของเชื้อให้อยู่ในสภาวะที่มีเส้นใยเจริญเต็มที่ เก็บรักษาเชื้อที่เจริญเต็มที่แล้วใน PDA slant ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สำหรับใช้เป็น Stock culture เพื่อเป็นเชื้อเริ่มต้นในทุกการทดลอง ก่อนการทดสอบการเจริญนำเชื้อที่เก็บรักษาใน PDA slant มาถ่ายเชื้อลงบน PDA plate บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 วัน จากนั้นใช้คอกบอเรอร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เซนติเมตร ตัดเชื้อที่เจริญบริเวณปลายเส้นใย เพื่อใช้เป็นเชื้อสำหรับการทดสอบ (กรมวิชาการเกษตร, 2541)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับเชื้อเห็ดนางฟ้า อาศัยผลการทดสอบการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในข้อ 7.1

9.2 อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง

นำผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ ในข้อ 6. มาเตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง ตามข้อ 5.3.2 ข. การทดสอบและวัดการเจริญของเชื้อเห็ดนางฟ้า ทำตามข้อ 5.3.3 ข.

นำผลการทดสอบการเจริญของเชื้อเห็ดนางฟ้า มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเมื่อพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะใช้วิธี DMRT เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกับการทดลองควบคุม (PDA, Difco)

10. กรรมวิธีการผลิตผงและสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับการเจริญของฟังไจ

10.1 กรรมวิธีการการผลิตผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

กรรมวิธีการผลิตผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิเริ่มจากการเตรียมน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิจากการย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN® 480L) ที่ความเข้มข้น 0.05 %w/v นาน 30 นาที เพื่อให้ได้น้ำสกัดแป้งข้สวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ทั้งหมด 15.0 เปอร์เซ็นต์ นำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้อุณหภูมิลมร้อนของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยก่อนเข้าทำแห้ง (inlet air temperature) 160 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิลมร้อนหลังทำแห้ง (outlet air temperature) ที่ 90 องศาเซลเซียส จะได้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

10.2 สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับการเจริญของฟังไจ

นำผลการศึกษาการพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิต่อการเจริญของเชื้อ 3 สายพันธุ์ คือ เชื้อรา *A. niger* เชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* และเชื้อเห็ดนางฟ้า มาเปรียบเทียบกับสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่งสด นำไปสู่การศึกษาต้นทุนการผลิตผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิและต้นทุนการผลิตอาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิต่อไป

10.3 การวิเคราะห์คุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อจากผงที่ได้จากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

10.3.1 อาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว

ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อผง 2.4 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 200 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร ซึ่งเป็นอัตราส่วนเดียวกับการทดลองควบคุม (PDB, Difco) ใช้แท่งแก้วคนให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปวัดค่าคุณภาพ ตามข้อ 4.3

10.3.2 อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง

นำอาหารเลี้ยงเชื้อผงมาวัดค่าคุณภาพ ตามวิธีของพัชรินทร์ (2539) ดังนี้

ก. วอเตอร์แอคทิวิตี้ (Water activity, aW) ตามข้อ 3.1.2 ก.

ข. ความเป็นกรด-ด่าง โดยชั่งผงน้ำหนัก 10 กรัม ใส่ในขวด Duran เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร นำไปละลายโดยใช้ความร้อนบน Hot plate starrier (ใช้ความร้อนระดับ 8) และใช้ Magnetic bar กวนตลอดเวลาจนผงวุ้นละลายและได้สารละลายใส นำไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค. ค่าสี (Color L* a* b*) ของอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยชั่งผงน้ำหนัก 10 กรัม ใส่ในขวด Duran เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร นำไปละลายโดยใช้ความร้อนบน Hot plate starrier (ใช้ความร้อนระดับ 8) และใช้ Magnetic bar กวนตลอดเวลาจนผงวุ้นละลายและได้สารละลายใส วางไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้เจลคงตัว นำไปวัดค่าสี ตามข้อ 4.3.1

ง. สมบัติการละลายเมื่อนำมาคืนรูป โดยชั่งผงน้ำหนัก 5.0 กรัม ใส่ขวดแก้วสำหรับการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร วางไว้ที่อุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที แล้วนำขวดอาหารเลี้ยงเชื้อไปให้ความร้อนในหม้ออังไอน้ำ อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส พร้อมทั้งคนสารละลายด้วยแท่งแก้ว จับเวลาโดยใช้นาฬิกาจับเวลาหลังจากเติมน้ำกลั่นจนกระทั่งอาหารเลี้ยงเชื้อละลายหมดและได้สารละลายใส โดยการสังเกตจากลักษณะของวุ้นที่จับที่ปลายแท่งแก้ว

จ. วัดความแข็งของเจล โดยนำอาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่คืนรูปและฆ่าเชื้อแล้วมาวัดความแข็งของเจล ตามข้อ 4.4 ค.

ฉ. สมบัติการหลอมเหลว โดยนำอาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่คืนรูปและฆ่าเชื้อแล้วปริมาณ 100 มิลลิลิตร ในขวดแก้วเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ วางทิ้งไว้ให้แข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง 2 ชั่วโมง แล้วนำมาให้ความร้อนในหม้ออังไอน้ำอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จับเวลาจนกระทั่งอาหารหลอมหมดจนได้สารละลายใส

11. การคำนวณต้นทุนในการผลิต

การศึกษาต้นทุนของผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแบบเหลวและแบบแข็ง

11.1 การศึกษาต้นทุนผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

คำนวณต้นทุนผลิตภัณฑ์จากค่าวัตถุดิบและค่าใช้จ่ายอื่นๆ โดยประมาณค่าจากวัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบของผงที่ได้จากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิเท่ากับ 1 กิโลกรัม โดยค่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุดิบคิดเป็นร้อยละ 52 ของต้นทุนทั้งหมด ส่วนค่าใช้จ่ายอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 48 ของต้นทุนทั้งหมด (จีรพรรณ, 2530)

11.2 การศึกษาต้นทุนของผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแบบเหลวและแบบแข็ง

คำนวณต้นทุนผลิตภัณฑ์จากค่าวัตถุดิบและค่าใช้จ่ายอื่นๆ โดยประมาณค่าจากวัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบของผงที่ได้จากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิเท่ากับ 1 กิโลกรัม โดยค่าวัตถุดิบคิดเป็นร้อยละ 52 ของต้นทุนทั้งหมด ส่วนค่าใช้จ่ายอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 48 ของต้นทุนทั้งหมด (จีรพรรณ, 2530)

12. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิกับผู้บริโภคเป้าหมายที่ประกอบด้วยอาจารย์ นักวิจัย/นักวิทยาศาสตร์ นิสิต/นักศึกษา เจ้าหน้าที่ตรวจวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ เจ้าหน้าที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพ จำนวน 30 คน ด้วยวิธี Home Use Test (HUT) โดยส่งแบบสอบถาม (แสดงในภาคผนวก ก-3) และตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทางไปรษณีย์ แบบสอบถามที่ใช้ในการสำรวจแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลด้านประชากรศาสตร์ของผู้บริโภค และส่วนที่ 2 ข้อมูลด้านความคิดเห็นและการยอมรับในผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแบบแข็ง นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนาในรูปของค่าเฉลี่ยและร้อยละด้วยโปรแกรมทางสถิติสำเร็จรูป

13. การนำผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิไปทดลองใช้ในระดับฟาร์ม

นำผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่บรรจุในขวดพลาสติกทรงสี่เหลี่ยม น้ำหนัก 100 กรัม ไปทดลองใช้ในระดับฟาร์ม 2 แห่ง คือ โรงเพาะเห็ดในโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา กรุงเทพมหานคร และฟาร์มเพาะเห็ดบัวทอง-บัวขาว อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี เพื่อทดสอบการเจริญของเชื้อเห็ดเปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อที่ฟาร์มเพาะเห็ดใช้อยู่ คือ อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่งสดที่ใช้เป็นการทดลองควบคุม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขั้นตอนการนำอาหารเลี้ยงเชื้อไปทดลองใช้เริ่มตั้งแต่การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและทดสอบการเจริญของเชื้อเห็ดใน 4 ระยะการเจริญ คือ ระยะเส้นใย ระยะหัวเชื้อ ระยะบ่มเชื้อ และระยะออกดอก ดังนี้

13.1 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและวัสดุหมัก

13.1.1 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ มีขั้นตอนการเตรียมดังนี้ ชั่งผงอาหารเลี้ยงเชื้อ 50.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร กวนผสมให้เข้ากันและต้มให้เดือดนาน 1 นาที เพื่อให้อาหารเลี้ยงเชื้อละลายเป็นเนื้อเดียวกัน เทอาหารเลี้ยงเชื้อลงในขวดเพาะเลี้ยงเชื้อ ปิดด้วยจุกสำลี นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

13.1.2 การเตรียมวัสดุหมัก

วัสดุที่ใช้ในการทดลองคือ เมล็ดข้าวฟ่าง โดยนำเมล็ดข้าวฟ่างมาทำความสะอาด แบ่งใส่ขวด ปิดด้วยจุกสำลี นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

13.2 การทดสอบการเจริญของเชื้อเห็ดระยะเส้นใยในขวดเพาะเลี้ยงเชื้อ

การทดสอบการเจริญของเชื้อเห็ดในขวดเพาะเลี้ยงเชื้อในระดับฟาร์ม มีเชื้อเห็ด 4 ชนิด คือ เห็ดฟาง เห็ดขอนขาว เห็ดหลินจือ และเห็ดนางรมหลวง โดยนำอาหารเลี้ยงเชื้อในข้อ 13.1 มาทดสอบการเจริญกับเชื้อเห็ดระยะเส้นใย ในขวดเพาะเลี้ยงเชื้อทั้ง 4 ชนิด ด้วยวิธี Point inoculation บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง วัดการเจริญจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี เมื่อเพาะเลี้ยงเชื้อ 7 10 และ 14 วัน เปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

13.3 การทดสอบการเจริญของเชื้อเห็ดระยะหัวเชื้อบนวัสดุหมัก

การทดสอบการเจริญของเชื้อเห็ดบนวัสดุหมัก มีขั้นตอนดังนี้ ใช้เข็มเขี่ยเชื้อที่เผาไฟและทิ้งให้เย็น เขี่ยเส้นใยของเชื้อเห็ดที่เจริญในขวดอาหารเลี้ยงเชื้อในข้อ 13.2 วางบนเมล็ดข้าวฟ่างในข้อ 13.1.2 ซึ่งเป็นการเจริญในระยะหัวเชื้อ บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง สังเกตลักษณะของเส้นใยและการเดินของเส้นใยที่เจริญบนเม็ดข้าวฟ่าง เมื่อเพาะเลี้ยงเชื้อ 7 10 และ 14 วัน เปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม

13.4 การทดสอบการเจริญของเชื้อเห็ดระยะบ่มเชื้อในแปลงหรือถุง

การทดสอบการเจริญของเชื้อเห็ดระยะบ่มเชื้อแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ การทดสอบการเจริญในแปลงขนาด 120 x 30 x 25 เซนติเมตร และใช้วัสดุเพาะฟางข้าว ขี้เลื่อย ผักตบชวาสด เปลือกมัน เปลือกถั่วเขียว ทำการทดสอบกับเชื้อเห็ดฟาง และการทดสอบการเจริญในถุงพลาสติกขนาด 15 x 30 เซนติเมตร บรรจุวัสดุเพาะผสมขี้เลื่อยน้ำหนัก 500 กรัมต่อถุง โดยทำการทดสอบกับเชื้อเห็ดขอนขาว เห็ดหลินจือ และเห็ดนางรมหลวง ตามลำดับ สังเกตการเจริญของเส้นใยบนวัสดุเพาะเชื้อเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม

13.5 การทดสอบการเจริญของเชื้อเห็ดระยะออกดอก

การทดสอบการเจริญของเชื้อเห็ดระยะออกดอกในแปลงและถุงเพาะเชื้อแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การเจริญของเชื้อเห็ดฟางในแปลงและเชื้อเห็ดขอนขาว เห็ดหลินจือ และเห็ดนางรมหลวงในถุงเพาะ ระยะออกดอกของเชื้อเห็ดฟางมี 4 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวหลังการเพาะ 10 11 12 และ 13 วัน ตามลำดับ โดยเก็บผลผลิต (กิโลกรัม) ต่อ 10 กิโลกรัมฟาง และน้ำหนักของดอกเห็ด (กรัม) เปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม สำหรับระยะออกดอกของเห็ดขอนขาว เห็ดหลินจือ และเห็ดนางรมมี 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวหลังการเพาะ 60-75 และ 76-90 วัน ตามลำดับ โดยเก็บผลผลิต (กรัม) ต่อถุงเพาะ เปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

14. การประเมินอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปสำหรับฟังไจจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

ศึกษาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปสำหรับฟังไจจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ โดยบรรจุใส่ขวดพลาสติกทรงสี่เหลี่ยม สีขาว ทึบแสงและมีฝาปิดสนิท 2 ขนาด คือ น้ำหนักบรรจุ 100 กรัม และ 500 กรัม ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) เปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปเชิงการค้า (PDA, Difco) ที่เก็บในสภาวะเดียวกัน ตรวจสอบทุกๆ เดือน เป็นเวลา 6 เดือน โดยการวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

14.1วอเตอร์แอคทิวิตี้ (Water activity, a_w) ตามข้อ 3.1.2 ก.

14.2 ปริมาณความชื้น ตามวิธีของ A.O.A.C (2000)

14.3 การทดสอบการเจริญของเชื้อรา *A. niger* โดยมีขั้นตอนการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อตามข้อ 5.3.2 ข. และการวัดการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ตามข้อ 5.3.3 ข.

นำผลการทดสอบการเจริญของเชื้อรา *A. niger* มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเมื่อพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะใช้วิธี DMRT เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกับการทดลองควบคุม (PDA, Difco)

15. การจัดทำข้อกำหนดผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจ

จัดทำรายละเอียดผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจ ประกอบด้วย ข้อกำหนดสำหรับวัตถุดิบ กรรมวิธีการเตรียมน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ กรรมวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยเพื่อผลิตผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ กรรมวิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป วิธีการใช้และวิธีการเก็บรักษา โดยการรวบรวมข้อมูลจากผลการทดลอง ผลการวิเคราะห์คุณภาพและจากผู้ขาย (supplier)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

16. สถานที่ทำการวิจัย

16.1 หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีแปรรูปข้าว สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร

16.2 ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

17. ระยะเวลาทำการวิจัย

เริ่มการทดลองตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2548 สิ้นสุดเดือนมีนาคม 2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

1. ผลการสำรวจผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับจุลินทรีย์และผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจ

ผลการสำรวจตลาดผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ระหว่างปี พ.ศ. 2544 - 2552 พบว่ามูลค่าการนำเข้าอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2544 - 2546 แต่มูลค่าการนำเข้าอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ลดลงในปี พ.ศ. 2547 ซึ่งอาจเป็นผลกระทบจากปัญหาทางเศรษฐกิจ ทำให้ความต้องการอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ลดลง และมูลค่าการนำเข้าอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องระหว่างปี พ.ศ. 2548 - 2552 โดยมูลค่าการนำเข้าสูงสุดในปี พ.ศ. 2553 คิดเป็นมูลค่า 295,579,366 บาท ทั้งนี้เป็นผลจากเหตุผลหลายประการ คือ ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำให้มีความต้องการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อของนักวิจัยและนักวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของสถาบันการศึกษา มหาวิทยาลัย จึงมีผลให้เกิดสาขาวิชาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพิ่มขึ้น ทำให้ความต้องการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อการเรียน-การสอน เพิ่มมากขึ้นด้วย นอกจากนั้นยังเป็นผลจากข้อกำหนดด้านความปลอดภัยในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการควบคุมอย่างเข้มงวด มีผลให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่จำหน่ายในประเทศและส่งออกต่างประเทศ ต้องมีความปลอดภัย ปราศจากการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์ การเจ็บป่วยและเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ดังนั้นจึงมีผลให้ความต้องการอาหารเลี้ยงเชื้อเพิ่มสูงขึ้น ดังตารางที่ 10 และจากการสำรวจตลาดผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) และ Potato Dextrose Broth (PDB) พบว่า ประเทศไทยมีการนำเข้าผลิตภัณฑ์นี้ทั้งหมด 6 ยี่ห้อ คือ Difco Mercks Hi-media Scharlau Sigma (Fluka) และ Oxoid และมีบริษัทนำเข้า 5 บริษัท คือ บริษัทแบงเทรดดิ้ง บริษัท Mercks ประเทศไทย บริษัทโมเลกุล บริษัทเบคไทย และบริษัทเอสเอ็มเคมิคอล ประเทศผู้ผลิตอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และ PDB ได้แก่ สหรัฐอเมริกา เยอรมันนี อังกฤษ และอินเดีย โดยทุกยี่ห้อจะบรรจุในขวดพลาสติกสีขาว ทึบแสง และมีฝาปิดสนิท ขนาดบรรจุ 500 กรัม การเก็บรักษาอาหารเลี้ยงเชื้อจะเก็บที่อุณหภูมิ 2-30 องศาเซลเซียส และมีราคาระหว่าง 1,872 - 4,066 บาท โดยราคาของผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อมีราคาค่อนข้างสูง มีเพียงผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อยี่ห้อ Hi-media ที่ผลิตในประเทศอินเดียเพียงยี่ห้อเดียวที่มีราคาถูกกว่า อาจเป็นผลจากเป็นประเทศในทวีปเอเชีย ซึ่งมีผลต่อต้นทุนการผลิตต่ำกว่า แสดงดังตารางที่ 11

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 มูลค่าตลาดผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ระหว่างปี พ.ศ. 2544 - 2552

ปี พ. ศ.	มูลค่า (บาท)
2544	140,247,098
2545	155,168,436
2546	262,526,440
2547	189,755,880
2548	226,192,356
2549	223, 166,040
2550	253,920,822
2551	295,579,366
2552	295,606,985

ที่มา: กรมศุลกากร (2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และ PDB ที่นำเข้าและจำหน่ายโดยตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย

ยี่ห้อ	ชนิดผลิตภัณฑ์		ประเทศผู้ผลิต	บริษัทนำเข้า / ตัวแทนจำหน่าย	ลักษณะบรรจุภัณฑ์	ราคา* (บาท)	
	PDA	PDB				PDA	PDB
Difco	/	/	สหรัฐอเมริกา	แบงเทรดดิ้ง	ขวดพลาสติกสีขาว ทรงกลมมน ทึบแสง มีฝาปิดสนิท	2,516	2,515
Mercks	/	-	เยอรมันนี	Mercks ประเทศไทย	ขวดพลาสติกทรงสี่เหลี่ยม สีขาว ทึบแสง มีฝาปิดสนิท	3,253	-
Hi-media	/	/	อินเดีย	โมเลกุล	ขวดพลาสติกทรงสี่เหลี่ยม สีขาว ทึบแสง มีฝาปิดสนิท	1,872	2,515
Scharlau	/	/	เยอรมันนี	เบคไทย	ขวดพลาสติกทรงสี่เหลี่ยม สีขาว ทึบแสง มีฝาปิดสนิท	1,926	2,247
Sigma (Fluka)	/	/	เยอรมันนี	เอสเอ็มเคมิคอล	ขวดพลาสติกทรงสี่เหลี่ยม สีขาว ทึบแสง มีฝาปิดสนิท	3,220	3,424
Oxoid	/	-	อังกฤษ	แบงเทรดดิ้ง	ขวดพลาสติกทรงสี่เหลี่ยม สีขาว ทึบแสง มีฝาปิดสนิท	4,066	-

หมายเหตุ / มีการผลิตและจำหน่าย

- ไม่มีการผลิต

* ราคาขายสุทธิรวมภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ผลการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ โดยแบบสอบถาม

2.1 จากการสำรวจผู้บริโภคโดยใช้แบบสอบถามที่แก้ไขแล้วกับกลุ่มตัวอย่างเป้าหมาย จำนวน 30 คน เพื่อทราบถึงสัดส่วนของประชากรที่คาดว่าสนใจซื้อผลิตภัณฑ์พบว่า ผู้ตอบถามสนใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ ร้อยละ 95 และไม่สนใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ ร้อยละ 5 ดังนั้นสัดส่วนของประชากรที่คาดว่าสนใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ (p) เท่ากับ 0.95 นำมาคำนวณหากลุ่มตัวอย่าง ดังแสดงในภาคผนวก ก-1 พบว่าต้องทำการสำรวจผู้บริโภคโดยมีขนาดกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 73 ขึ้นไป ดังนั้นจึงทำการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคทั้งหมด 123 ชุด

2.2 ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม

จากการสำรวจผู้บริโภคโดยการออกแบบสอบถามกับกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายที่ใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจ จากจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 123 คน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเพศหญิง ร้อยละ 81.30 เพศชายร้อยละ 18.70 มีอายุในช่วง 20-30 ปี มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 52.00 รองลงมาคือ ช่วงอายุ 31-40 ปี ร้อยละ 38.20 ช่วงอายุ 41-50 ปี ร้อยละ 5.70 และน้อยที่สุดคือ อายุ 51 ปี ขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 4.10 ผู้ตอบแบบสอบถามประกอบอาชีพ อาจารย์/เจ้าหน้าที่ตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 54.00 รองลงมาคือ อาชีพนักวิจัย/นักวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 21.00 อาชีพนักศึกษา คิดเป็นร้อยละ 13.00 และเจ้าหน้าที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพ/ผู้เพาะเลี้ยงเห็ด คิดเป็นร้อยละ 12.00 ตามลำดับ ผู้ตอบแบบสอบถามมีการศึกษาระดับปริญญาตรีสูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 48.00 รองลงมา คือ การศึกษาระดับปริญญาโท ร้อยละ 32.50 และสูงกว่าระดับปริญญาโทคิดเป็นร้อยละ 19.50 แสดงดังตารางที่ 12

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคจากการสำรวจความต้องการและพฤติกรรมของผู้บริโภคที่ใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจ

N = 123

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	ความถี่	ร้อยละ
เพศ		
หญิง	100	81.30
ชาย	23	18.70
อายุ		
20-30 ปี	64	52.00
31-40 ปี	47	38.20
41-50 ปี	7	5.70
51 ปี ขึ้นไป	5	4.10
อาชีพ		
อาจารย์/เจ้าหน้าที่ตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา	58	54.00
นักวิจัย/นักวิทยาศาสตร์	34	21.00
นักศึกษา	26	13.00
เจ้าหน้าที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพ/ผู้เพาะเลี้ยงเห็ด	5	12.00
การศึกษา		
ปริญญาตรี	59	48.00
ปริญญาโท	40	32.50
สูงกว่าปริญญาโท	24	19.50

2.3 ผลการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคเกี่ยวกับการใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจ

จากผลการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคเกี่ยวกับการใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจ จากจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 123 คน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามจะใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจ น้อยกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์บ่อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 48.00 รองลงมาคือ มากกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ร้อยละ 30.00 และใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1 ครั้งต่อสัปดาห์ น้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 22.00 สำหรับปริมาณการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อต่อครั้งพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ 1 ลิตรต่อครั้งมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 52.80 และใช้อาหารเลี้ยงเชื้อน้อยกว่า 1 ลิตรต่อครั้ง ร้อยละ 47.20 โดยการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจเพื่อการเรียน/การสอน/และการวิจัยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 59.30 เพื่อการตรวจวิเคราะห์/ประกอบอาชีพหรือกิจการ คิดเป็นร้อยละ 40.70 ตามลำดับ และผู้ตอบแบบสอบถามเห็นด้วยกับแนวความคิดผลิตภัณฑ์คิดเป็นร้อยละ 95.10 ไม่เห็นด้วยกับแนวความคิดผลิตภัณฑ์ร้อยละ 4.90 และสนใจผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ คิดเป็นร้อยละ 97.60 และไม่สนใจร้อยละ 4.90 แสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 พฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจ

N = 123

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	ความถี่	ร้อยละ
ความถี่ในการใช้		
น้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	59	48.00
มากกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	37	30.00
1 ครั้ง/สัปดาห์	27	22.00
ปริมาณการใช้/ครั้ง		
1 ลิตร	65	52.80
น้อยกว่า1 ลิตร	58	47.20
วัตถุประสงค์ในการใช้		
การเรียน/การสอน/การวิจัย	73	59.30
ตรวจวิเคราะห์/ประกอบอาชีพ/กิจการ	50	40.70
ความเห็นแนวความคิดผลิตภัณฑ์		
เห็นด้วย	117	95.10
ไม่เห็นด้วย	6	4.90
ความสนใจ		
สนใจ	120	97.60
ไม่สนใจ	3	2.40

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นอกจากนั้น จากการสำรวจผู้บริโภคจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 123 คน ยังสามารถแบ่งกลุ่มผู้บริโภคจากรูปแบบของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป (Ready-to used) คิดเป็นร้อยละ 50.40 กลุ่มที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสองแบบ คือ ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง ร้อยละ 29.27 และกลุ่มสุดท้ายคือ กลุ่มที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง คิดเป็นร้อยละ 20.33 แสดงดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 กลุ่มของผู้ตอบแบบสอบถามแบ่งตามรูปแบบของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้

N = 123

กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้	ความถี่	ร้อยละ
อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป	62	50.40
อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง	36	29.27
อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง	25	20.33

2.3.1 กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป

ก. ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป มีจำนวนทั้งหมด 62 คน คิดเป็นร้อยละ 50.40 ลักษณะข้อมูลประชากรศาสตร์ ดังนี้ เพศหญิง ร้อยละ 87.10 เพศชายร้อยละ 12.90 มีอายุในช่วง 20-30 ปี มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 50.00 รองลงมาคือ ช่วงอายุ 31-40 ปี ร้อยละ 43.55ช่วงอายุ 41-50 ปี ร้อยละ 4.80 และน้อยที่สุดคือ มากกว่า 50 ปี คิดเป็นร้อยละ 1.60 ผู้ตอบแบบสอบถามประกอบอาชีพอาจารย์/เจ้าหน้าที่ตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 67.74รองลงมาคือ อาชีพนักวิจัย/นักวิทยาศาสตร์และอาชีพเจ้าหน้าที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพ/ผู้เพาะเลี้ยงเห็ดเท่ากันร้อยละ 16.13 ผู้ตอบแบบสอบถามมีการศึกษาระดับปริญญาตรีสูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 59.70 รองลงมา คือ การศึกษาระดับปริญญาโท ร้อยละ 24.20 และสูงกว่าระดับปริญญาโทคิดเป็นร้อยละ 16.10 ซึ่งข้อมูลดังกล่าว แสดงดังตารางที่ 15

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคจากการสำรวจความต้องการและพฤติกรรมผู้บริโภค (กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป)

N = 62

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	ความถี่	ร้อยละ
เพศ		
หญิง	54	87.10
ชาย	8	12.90
อายุ		
20-30 ปี	31	50.00
31-40 ปี	27	43.55
41-50 ปี	3	4.84
51 ปี ขึ้นไป	1	1.16
อาชีพ		
อาจารย์/เจ้าหน้าที่ตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา	42	67.74
นักวิจัย/นักวิทยาศาสตร์	10	16.13
เจ้าหน้าที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพ/ผู้เพาะเลี้ยงเห็ด	10	16.13
การศึกษา		
ปริญญาตรี	37	59.70
ปริญญาโท	15	24.20
สูงกว่าปริญญาโท	10	16.10

ข. ผลการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคในการใช้และซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจ (กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป)

จากการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคพบว่า พฤติกรรมการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อของผู้ตอบแบบสอบถามกลุ่มที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป มีการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อบ่อยที่สุดคือ น้อยกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 41.94 รองลงมาคือ มากกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ร้อยละ 30.64 และใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ น้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 27.42 สำหรับปริมาณการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อต่อครั้งพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ 1 ลิตรต่อครั้งมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 51.60 และใช้อาหารเลี้ยงเชื้อน้อยกว่า 1 ลิตรต่อครั้ง ร้อยละ 48.40 โดย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อการเรียน/การสอน/และการวิจัยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 58.10 และเพื่อการตรวจวิเคราะห์/ประกอบอาชีพหรือกิจการ คิดเป็นร้อยละ 41.90 ผู้บริโภคใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปยี่ห้อ Merks มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 54.80 รองลงมาคือ ยี่ห้อ Difco ร้อยละ 19.40 ยี่ห้อ Hi-media ร้อยละ 12.90 และยี่ห้ออื่นๆ (Scharlau, Oxoid) คิดเป็นร้อยละ 12.90 โดยมีพฤติกรรมการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อคือ มีปริมาณการซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อ 1 ขวดต่อครั้งมากที่สุดคือ คิดเป็นร้อยละ 46.80 รองลงมาคือ มากกว่า 2 ขวดต่อครั้ง ร้อยละ 29.00 และน้อยที่สุดคือ ปริมาณการซื้อ 2 ขวดต่อครั้ง คิดเป็นร้อยละ 24.20 ระยะเวลาการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อต่อ 1 ขวด สูงที่สุดคือ ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ 3-4 เดือนต่อขวด คิดเป็นร้อยละ 41.90 รองลงมา คือ ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อมากกว่า 4 เดือนต่อขวด ร้อยละ 32.30 และใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ 1-2 เดือนต่อขวด ร้อยละ 25.80 โดยผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่าอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปมีราคาเหมาะสมแล้วคิดเป็นร้อยละ 53.20 และไม่เหมาะสมโดยมีราคาสูงเกินไป คิดเป็นร้อยละ 46.80 ตามลำดับ และผู้ตอบแบบสอบถามเห็นด้วยกับแนวความคิดผลิตภัณฑ์และมีความสนใจผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ คิดเป็นร้อยละ 100 แสดงดังตารางที่ 16

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 16 พฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อ (กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป)

N = 62

ปัจจัย	ความถี่	ร้อยละ
ความถี่ในการใช้		
น้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	26	41.94
มากกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	19	30.64
1 ครั้ง/สัปดาห์	17	27.42
ปริมาณการใช้/ครั้ง		
1 ลิตร	32	51.60
น้อยกว่า1 ลิตร	30	48.40
ลักษณะการใช้		
การเรียน/การสอน/การวิจัย	36	58.10
ตรวจวิเคราะห์/ประกอบอาชีพ/กิจการ	26	41.90
ยี่ห้อที่ใช้บ่อย		
Merks	34	54.80
Difco	12	19.40
Hi-media	8	12.90
อื่นๆ (Scharlau, Oxiod)	8	12.90
ปริมาณการซื้อ/ครั้ง		
1 ขวด/ครั้ง	29	46.80
มากกว่า 2 ขวด/ครั้ง	18	29.00
2 ขวด/ครั้ง	15	24.20
ระยะเวลาการใช้/ขวด		
3-4 เดือน	26	41.90
มากกว่า 4 เดือน	20	32.30
1-2 เดือน	16	25.80
ราคา		
เหมาะสม	33	53.20
ไม่เหมาะสมโดยมีราคาสูงเกินไป	29	46.80

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ปัจจัย	ความถี่	ร้อยละ
ความเห็นแนวความคิดผลิตภัณฑ์		
เห็นด้วย	62	100
ความสนใจ		
สนใจ	62	100

นอกจากนั้นผลจากการสำรวจเกี่ยวกับความสำคัญของปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามใช้พิจารณาต่อความพึงพอใจในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ คือ ประสิทธิภาพในการเพาะเลี้ยงเชื้อและความสะดวกในการใช้งาน ในระดับมากที่สุด และให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านลักษณะปรากฏ การจับตัวของอนุภาค ขนาดของอนุภาค การละลายเมื่อคืนรูป ความใส ความแข็งของเจล การหลอมเหลว ความเป็นกรด- ด่าง ส่วนประกอบ ปริมาณบรรจุ วัสดุที่ใช้เป็นบรรุภัณฑ์ ตราสินค้า/ยี่ห้อ และราคาในระดับมาก ส่วนความสำคัญของปัจจัยด้านประเทศผู้ผลิตและบริษัทนำเข้าหรือจัดจำหน่ายจะให้ความสำคัญในระดับปานกลาง แสดงดังตารางที่ 17

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 ความถี่ของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามระดับความสำคัญของปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามใช้พิจารณาต่อความพึงพอใจในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ (กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป)

N = 62

ความต้องการ	ความถี่แต่ละระดับคะแนน (คน)					ค่าคะแนนเฉลี่ย*	ความสำคัญของปัจจัย
	1	2	3	4	5		
ลักษณะปรากฏ	2	1	18	35	6	3.68	มาก**
การจับตัวของอนุภาค	0	1	14	29	18	4.03	มาก**
ขนาดของอนุภาค	0	2	16	37	7	3.79	มาก**
การละลายเมื่อคืนรูป	0	3	11	32	16	3.98	มาก**
ความใส	0	3	15	30	14	3.89	มาก**
ความแข็งของเจล	0	1	8	33	20	4.16	มาก**
การหลอมเหลว	0	0	16	28	18	4.03	มาก**
ความเป็นกรด – ด่าง	0	1	12	35	14	4.00	มาก**
ส่วนประกอบ	0	2	9	38	13	4.00	มาก**
ปริมาณบรรจุ	1	4	15	29	13	3.79	มาก**
วัสดุที่ใช้เป็นบรรุภัณฑ์	1	5	19	27	10	3.65	มาก**
ประสิทธิภาพในการเลี้ยงเชื้อฟังไจ	0	0	6	21	35	4.67	มากที่สุด***
ความสะดวกในการใช้งาน	0	0	4	20	38	4.55	มากที่สุด***
ตราสินค้า/ยี่ห้อ	1	4	23	25	9	3.60	มาก**
ราคา	0	5	17	26	14	3.79	มาก**
ประเทศผู้ผลิต	3	5	26	26	2	3.31	ปานกลาง*
บริษัทที่นำเข้า/จำหน่าย	7	6	22	25	2	3.15	ปานกลาง*

หมายเหตุ * คะแนนเฉลี่ย = $\frac{\sum (\text{จำนวนผู้บริโภคที่ระดับความถี่ต่างๆ} \times \text{คะแนนความถี่})}{\text{จำนวนผู้ทดสอบ}}$

* ปานกลาง หมายถึง ช่วงคะแนน 2.61-3.40 ** มาก หมายถึง ช่วงคะแนน 3.41-4.20

*** มากที่สุด หมายถึง ช่วงคะแนน 4.21-5.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3.2 กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง

ก. ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผลการสำรวจผู้ตอบแบบสอบถามกลุ่มที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง มีจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 25 คน คิดเป็นร้อยละ 20.33 พบว่า มีลักษณะข้อมูลประชากรศาสตร์ ดังนี้ เพศหญิง ร้อยละ 68.00 เพศชาย ร้อยละ 32.00 โดยมีช่วงอายุ 20-30 ปี มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 60.00 รองลงมาคือ ช่วงอายุ 31-40 ปี ร้อยละ 28.00 อายุมากกว่า 51 ปี ร้อยละ 8.00 และช่วงอายุ 41-50 ปี น้อยที่สุด ร้อยละ 4.0 โดยผู้ตอบแบบสอบถามประกอบอาชีพอาจารย์/เจ้าหน้าที่ตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 32.00 รองลงมาคือ ประกอบอาชีพนักศึกษา นักวิจัย/นักวิทยาศาสตร์ เท่ากันร้อยละ 24.00 และประกอบอาชีพเจ้าหน้าที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพ/ผู้เพาะเลี้ยงเห็ดน้อยที่สุด ร้อยละ 20.00 สำหรับข้อมูลทางด้านการศึกษาพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม มีการศึกษาระดับปริญญาโทสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 44.00 รองลงมาคือ สูงกว่าระดับปริญญาโท ร้อยละ 36.00 และระดับปริญญาตรีน้อยที่สุดร้อยละ 20.00 แสดงดังตารางที่ 18

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 18 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคจากการสำรวจความต้องการและพฤติกรรมผู้บริโภค (กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง)

N = 25

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	ความถี่	ร้อยละ
เพศ		
หญิง	17	68.00
ชาย	8	32.00
อายุ		
20-30 ปี	15	60.00
31-40 ปี	7	28.00
51 ปี ขึ้นไป	2	8.00
41-50 ปี	1	4.00
อาชีพ		
อาจารย์/เจ้าหน้าที่ตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา	8	32.00
นักศึกษา	6	24.00
นักวิจัย/นักวิทยาศาสตร์	6	24.00
เจ้าหน้าที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพ/ผู้เพาะเลี้ยงเห็ด	5	20.00
การศึกษา		
ปริญญาโท	11	44.00
สูงกว่าปริญญาโท	9	36.00
ปริญญาตรี	5	20.00

ข. ผลการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคเกี่ยวกับการใช้และซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อ (กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง)

ผลการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่งพบว่า พฤติกรรมของผู้บริโภคในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อบ่อยที่สุดคือ น้อยกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 56.00 รองลงมาคือ มากกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ร้อยละ 28.00 และใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ 1 ครั้งต่อสัปดาห์น้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 16.00 สำหรับปริมาณการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อต่อครั้งพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ 1 ลิตรต่อครั้งมากที่สุด คิดเป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ร้อยละ 52.00 และใช้อาหารเลี้ยงเชื้อน้อยกว่า 1 ลิตรต่อครั้ง ร้อยละ 48.00 โดยมีวัตถุประสงค์ของการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อการเรียน/การสอน/การวิจัยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 56.00 และเพื่อการตรวจวิเคราะห์/ประกอบอาชีพหรือกิจการส่วนตัว ร้อยละ 44.00 นอกจากนั้นผลการสำรวจพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามซื้อมันฝรั่งที่ตลาดสดสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 68.00 และซื้อมันฝรั่งที่ซุปเปอร์มาเก็ต เช่น ท๊อป ฟูดแลนด์/ดิสเคาท์สโตร์ เช่น โลตัส บิ๊กซี คิดเป็นร้อยละ 32.00 โดยมีปริมาณการซื้อต่อครั้งน้อยกว่า 1 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 44.00 รองลงมาคือ 1-2 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 32.00 และมากกว่า 2 กิโลกรัม น้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 24.00 สำหรับราคาของมันฝรั่งที่ซื้อต่อกิโลกรัมมีราคา 20-30 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 56.00 รองลงมาคือ มากกว่า 40 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 24.00 และราคา 31-40 บาทต่อกิโลกรัม น้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 20.00 ปริมาณการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อต่อครั้งมากที่สุดคือ เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ 1-2 ลิตรต่อครั้ง คิดเป็นร้อยละ 52.00 รองลงมาคือ เตรียมมากกว่า 2 ลิตรต่อครั้ง คิดเป็นร้อยละ 28.00 และน้อยกว่า 1 ลิตรต่อครั้ง คิดเป็นร้อยละ 20.00 มีระยะเวลาการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อต่อครั้ง สูงที่สุดคือ 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 72.00 รองลงมา คือ 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 28.00 และผู้ตอบแบบสอบถามเห็นด้วยกับแนวความคิดผลิตภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 88.00 ไม่เห็นด้วยกับแนวความคิดผลิตภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 12.00 และมีความสนใจผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ คิดเป็นร้อยละ 96.00 ไม่สนใจคิดเป็นร้อยละ 4.00 แสดงดังตารางที่ 19

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 19 พฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อ (กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง)

N = 25

ปัจจัย	ความถี่	ร้อยละ
ความถี่ในการใช้		
น้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	14	56.00
มากกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	7	28.00
1 ครั้ง/สัปดาห์	4	16.00
ปริมาณการใช้/ครั้ง		
1 ลิตร	13	52.00
น้อยกว่า 1 ลิตร	12	48.00
วัตถุประสงค์ในการใช้		
เพื่อการเรียน/การสอน/เพื่อการวิจัย	14	56.00
เพื่อประกอบอาชีพ/กิจการ	11	44.00
สถานที่ซื้อมันฝรั่ง		
ตลาดสด	17	68.00
ซุปเปอร์มาเก็ต เช่น ท๊อป ฟูดแลนด์/ ดิสเคาท์สโตร์	8	32.00
ปริมาณการซื้อ/ครั้ง		
น้อยกว่า 1 กิโลกรัม	11	44.00
1-2 กิโลกรัม	8	32.00
มากกว่า 2 กิโลกรัม	6	24.00
ราคา/กิโลกรัม		
20-30 บาท	14	56.00
มากกว่า 40 บาท	6	24.00
31-40 บาท	5	20.00
ปริมาณการเตรียม/ครั้ง		
1-2 ลิตร	13	52.00
มากกว่า 2 ลิตร/ครั้ง	7	28.00
น้อยกว่า 1ลิตร	5	20.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ปัจจัย	ความถี่	ร้อยละ
ระยะเวาลาการใช้/ครั้ง		
1-2 /สัปดาห์	18	72.00
3-4 /สัปดาห์	7	28.00
ความเห็นแนวความคิดผลิตภัณฑ์		
เห็นด้วย	22	88.00
ไม่เห็นด้วย	3	12.00
ความสนใจ		
สนใจ	24	96.00
ไม่สนใจ	1	4.00

นอกจากนั้นผลจากการสำรวจพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญกับทุกปัจจัยคือ ลักษณะปรากฏ การจับตัวของอนุภาคเมื่อละลาย ขนาดของอนุภาคเมื่อละลาย การละลายเมื่อคืนรูป ความใสเมื่อละลาย ความแข็งของเจล การหลอมเหลว ความเป็นกรด- ด่าง เมื่อละลายส่วนประกอบ ประสิทธิภาพในการเพาะเลี้ยงเชื้อฟังไจ ความสะดวกในการใช้งาน และราคาในระดับมาก แสดงดังตารางที่ 20

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 20 ความถี่ของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามระดับความสำคัญของปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามใช้พิจารณาต่อความพึงพอใจในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ (กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง)

N = 25

ความต้องการ	ความถี่แต่ละระดับคะแนน (คน)					ค่าคะแนนเฉลี่ย *	ความสำคัญของปัจจัย
	1	2	3	4	5		
ลักษณะปรากฏ	0	1	10	12	2	3.60	มาก**
การจับตัวของอนุภาคเมื่อละลาย	0	0	7	17	1	3.76	มาก**
ขนาดของอนุภาคเมื่อละลาย	0	0	8	16	1	3.72	มาก**
การละลายเมื่อคืนรูป	0	1	9	13	2	3.64	มาก**
ความใสเมื่อละลาย	0	0	14	8	3	3.56	มาก**
ความแข็งของเจล	0	1	10	10	4	3.68	มาก**
การหลอมเหลว	0	0	11	11	3	3.68	มาก**
ความเป็นกรด–ด่างเมื่อละลาย	0	0	13	8	4	3.64	มาก**
ส่วนประกอบ	0	0	12	7	6	3.76	มาก**
ประสิทธิภาพในการเพาะเลี้ยงเชื้อฟังไจ	0	0	7	8	10	4.12	มาก**
ความสะดวกในการใช้งาน	0	4	7	7	7	3.68	มาก**
ราคา	0	1	7	10	7	3.92	มาก**

หมายเหตุ * คะแนนเฉลี่ย = $\frac{\sum (\text{จำนวนผู้บริโภคที่ระดับความถี่ต่างๆ} \times \text{คะแนนความถี่})}{\text{จำนวนผู้ทดสอบ}}$

* ปานกลาง หมายถึง ช่วงคะแนน 2.61-3.40 ** มาก หมายถึง ช่วงคะแนน 3.41-4.20

*** มากที่สุด หมายถึง ช่วงคะแนน 4.21-5.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3.3 กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและอาหารเลี้ยงเชื้อจากมันฝรั่ง

ก. ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผลการสำรวจผู้ตอบแบบสอบถามกลุ่มที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อจากมันฝรั่ง มีจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 36 คน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 29.27 พบว่า มีลักษณะข้อมูลประชากรศาสตร์ ดังนี้ เพศหญิงร้อยละ 80.60 เพศชายร้อยละ 19.40 มีอายุ 20-30 ปี มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 50.00 รองลงมาคือ ช่วงอายุ 31-40 ปี ร้อยละ 36.10 ช่วงอายุ 41-50 ปี ร้อยละ 8.30 และอายุ 51 ปี ขึ้นไปน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 5.60 โดยผู้ตอบแบบสอบถามประกอบอาชีพอาจารย์/เจ้าหน้าที่ตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 44.40 รองลงมาคือประกอบอาชีพนักศึกษา คิดเป็นร้อยละ 27.80 และนักวิจัย/นักวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 27.80 สำหรับข้อมูลทางด้านการศึกษาพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีการศึกษาระดับปริญญาตรีสูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 47.20 รองลงมาคือ ระดับปริญญาโท ร้อยละ 38.90 และสูงกว่าระดับปริญญาโทน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 13.90 แสดงดังตารางที่ 21

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 21 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคจากการสำรวจความต้องการและพฤติกรรมผู้บริโภค (กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและอาหารเลี้ยงเชื้อจากมันฝรั่ง)

N = 36

ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	ความถี่	ร้อยละ
เพศ		
หญิง	29	80.60
ชาย	7	19.40
อายุ		
20-30 ปี	18	50.00
31-40 ปี	13	36.10
41-50 ปี	3	8.30
51 ปี ขึ้นไป	2	5.60
อาชีพ		
อาจารย์/เจ้าหน้าที่ตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา	16	44.40
นักศึกษา	10	27.80
นักวิจัย/นักวิทยาศาสตร์	10	27.80
การศึกษา		
ปริญญาตรี	17	47.20
ปริญญาโท	14	38.90
สูงกว่าปริญญาโท	5	13.90

ข. ผลการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคเกี่ยวกับการใช้และซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อ (กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและอาหารเลี้ยงเชื้อจากมันฝรั่ง)

ผลจากการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อจากมันฝรั่งพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีพฤติกรรมการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อบ่อยที่สุด คือ น้อยกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 52.78 รองลงมาคือ มากกว่า 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ร้อยละ 30.55 และใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ 1 ครั้งต่อสัปดาห์ น้อยที่สุด ร้อยละ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

16.67 โดยปริมาณการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อต่อครั้ง พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ 1 ลิตรต่อครั้ง มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 55.60 และใช้อาหารเลี้ยงเชื้อน้อยกว่า 1 ลิตรต่อครั้ง ร้อยละ 44.40 โดยมีวัตถุประสงค์ในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อการเรียน/การสอน/การวิจัย มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 63.90 และเพื่อการตรวจวิเคราะห์/ประกอบอาชีพหรือกิจการ คิดเป็นร้อยละ 36.10 ผู้ตอบแบบสอบถามใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปยี่ห้อ Difco มากที่สุด โดยคิดเป็นร้อยละ 36.10 รองลงมาคือ ยี่ห้ออื่นๆ (Scharlau, Oxoid) คิดเป็นร้อยละ 25.00 ยี่ห้อ Merks คิดเป็นร้อยละ 22.20 และน้อยที่สุดคือ ยี่ห้อ Hi-media คิดเป็นร้อยละ 16.70 มีปริมาณการซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อ 1 ขวดต่อครั้งมากที่สุดคือ ร้อยละ66.67 รองลงมาคือ มากกว่า 2 ขวดต่อครั้ง คิดเป็นร้อยละ 27.78 และน้อยที่สุดคือ ปริมาณการซื้อ 2 ขวดต่อครั้ง คิดเป็นร้อยละ 5.55 ระยะเวลาการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อต่อ 1 ขวด สูงที่สุดคือ ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อมากกว่า 4 เดือน คิดเป็นร้อยละ 44.40 รองลงมาคือ ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ 3-4 เดือน คิดเป็นร้อยละ 30.60 และใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ 1-2 เดือน น้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 25.00 ด้านความเหมาะสมของราคาอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่าอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปมีราคาไม่เหมาะสมโดยมีราคาสูงเกินไป คิดเป็นร้อยละ 58.30 และมีราคาเหมาะสม คิดเป็นร้อยละ 41.70

นอกจากนั้นผลจากการสำรวจยังพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามซื้อมันฝรั่งที่ตลาดสดสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 52.78 และซื้อมันฝรั่งที่ซุปเปอร์มาเก็ต เช่น ท๊อป ฟูดแลนด์/ดิสเคาท์สโตร์ เช่น โลตัส บิ๊กซี คิดเป็นร้อยละ 47.22 โดยมีปริมาณการซื้อมันฝรั่งน้อยกว่า 1 กิโลกรัมต่อครั้ง คิดเป็นร้อยละ 58.30 รองลงมาคือ 1-2 กิโลกรัมต่อครั้ง คิดเป็นร้อยละ 41.70 ราคาของมันฝรั่งที่ซื้อต่อกิโลกรัมมีราคา 31-40 บาทต่อกิโลกรัมมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 47.20 รองลงมาคือ ราคา 20-30 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 27.80 และมากกว่า 40 บาทต่อกิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 25.00 ปริมาณการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อมากที่สุดคือ เตรียม 1-2 ลิตรต่อครั้ง คิดเป็นร้อยละ 72.20 รองลงมาคือ เตรียมน้อยกว่า 1 ลิตรต่อครั้ง คิดเป็นร้อยละ 16.70 และมากกว่า 2 ลิตรต่อครั้ง คิดเป็นร้อยละ 11.10 โดยมีระยะเวลาการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 55.60 รองลงมา คือ 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 44.40 และผู้ตอบแบบสอบถามเห็นด้วยกับแนวความคิดผลิตภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 91.70 ไม่เห็นด้วยกับแนวความคิดผลิตภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 8.30 มีความสนใจผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ คิดเป็นร้อยละ 94.40 และไม่สนใจคิดเป็นร้อยละ 5.60 แสดงดังตารางที่ 22

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 22 พฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อ (กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและอาหารเลี้ยงเชื้อจากมันฝรั่ง)

N = 36

ปัจจัย	ความถี่	ร้อยละ
ความถี่ในการใช้		
น้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	19	52.78
มากกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	11	30.55
1 ครั้ง/สัปดาห์	6	16.67
ปริมาณการใช้/ครั้ง		
1 ลิตร	20	55.60
น้อยกว่า 1 ลิตร	16	44.40
วัตถุประสงค์ในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ		
การเรียน/การสอน/การวิจัย	23	63.90
ตรวจวิเคราะห์/ประกอบอาชีพ/กิจการ	13	36.10
ยี่ห้อใช้บ่อย		
Difco	13	36.10
อื่นๆ (Scharlau, Oxiod)	9	25.00
Merks	8	22.20
Hi-media	6	16.70
ปริมาณการซื้อ/ครั้ง		
1 ขวด/ครั้ง	24	66.67
มากกว่า 2 ขวด/ครั้ง	10	27.78
2 ขวด/ครั้ง	2	5.55
ระยะเวลาการใช้/ขวด		
มากกว่า 4 เดือน	16	44.40
3-4 เดือน	11	30.60
1-2 เดือน	9	25.00
ราคา		
ไม่เหมาะสมโดยมีราคาสูงเกินไป	21	58.30
เหมาะสม	15	41.70

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 22 (ต่อ)

N = 36

ปัจจัย	ความถี่	ร้อยละ
สถานที่ซื้อมันฝรั่ง		
ตลาดสด	19	52.78
ซุปเปอร์มาเก็ต เช่น ท๊อป ฟูดแลนด์/ ดิสเคาท์สโตร์ เช่น โลตัส บิ๊กซี	17	47.22
ปริมาณการซื้อ/ครั้ง		
น้อยกว่า 1 กิโลกรัม	21	58.30
1-2 กิโลกรัม	15	41.70
ราคา/กิโลกรัม		
31-40 บาท	17	47.20
20-30 บาท	10	27.80
มากกว่า 40 บาท	9	25.00
ปริมาณการเตรียม/ครั้ง		
1-2 ลิตร	26	72.20
น้อยกว่า 1ลิตร	6	16.70
มากกว่า 2 ลิตร/ครั้ง	4	11.10
ระยะเวลาการใช้/ครั้ง		
1-2 /สัปดาห์	20	55.60
3-4 /สัปดาห์	16	44.40
ความเห็นแนวความคิดผลิตภัณฑ์		
เห็นด้วย	33	91.70
ไม่เห็นด้วย	3	8.30
ความสนใจ		
สนใจ	34	94.40
ไม่สนใจ	2	5.60

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นอกจากนั้นผลจากการสำรวจพบว่า ปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความสำคัญต่อความพึงพอใจ คือ ด้านความสะดวกในการใช้งานในระดับมากที่สุด ลักษณะปรากฏ การจับตัวของอนุภาคเมื่อละลาย ขนาดของอนุภาคเมื่อละลาย การละลายเมื่อคืนรูป ความใสเมื่อละลาย ความแข็งของเจล การหลอมเหลว ความเป็นกรด–ด่าง เมื่อละลายส่วนประกอบ ปริมาณบรรจุ วัสดุที่ใช้เป็นบรรุภัณฑ์ ประสิทธิภาพในการเพาะเลี้ยงเชื้อฟังไจ และราคาในระดับมาก ตราสินค้า/ยี่ห้อ ประเทศผู้ผลิต บริษัทที่นำเข้า/จำหน่ายในระดับปานกลาง แสดงดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 ความถี่ของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามระดับความสำคัญของปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามใช้พิจารณาต่อความพึงพอใจในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ (กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและอาหารเลี้ยงเชื้อจากมันฝรั่ง)

N = 36

ความต้องการ	ความถี่แต่ละระดับคะแนน (คน)					ค่าคะแนนเฉลี่ย*	ความสำคัญของปัจจัย
	1	2	3	4	5		
ลักษณะปรากฏ	0	0	10	22	4	3.83	มาก**
การจับตัวของอนุภาคเมื่อละลาย	0	1	6	22	7	3.98	มาก**
ขนาดของอนุภาคเมื่อละลาย	0	0	9	26	1	3.78	มาก**
การละลายเมื่อคืนรูป	0	1	6	21	8	4.00	มาก**
ความใสเมื่อละลาย	0	2	5	19	10	4.03	มาก**
ความแข็งของเจล	0	1	7	20	8	3.97	มาก**
การหลอมเหลว	0	1	7	19	9	4.00	มาก**
ความเป็นกรด–ด่าง เมื่อละลาย	0	1	6	24	5	3.92	มาก**
ส่วนประกอบ	0	1	7	22	6	3.92	มาก**
ปริมาณบรรจุ	0	4	12	16	4	3.56	มาก**
วัสดุที่ใช้เป็นบรรุภัณฑ์	0	1	9	22	4	3.81	มาก**
ประสิทธิภาพในการเพาะเลี้ยงเชื้อฟังไจ	0	0	6	20	10	4.11	มาก**
ความสะดวกในการใช้	0	0	3	17	16	4.36	มากที่สุด***

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 23 (ต่อ)

ความต้องการ	ความถี่แต่ละระดับคะแนน (คน)					ค่าคะแนนเฉลี่ย *	ความสำคัญของปัจจัย
	1	2	3	4	5		
ตราสินค้า/ยี่ห้อ	2	6	10	17	1	3.25	ปานกลาง*
ราคา	2	9	8	11	6	3.28	ปานกลาง*
ประเทศผู้ผลิต	3	4	12	15	2	3.25	ปานกลาง*
บริษัทที่นำเข้า/จำหน่าย	4	4	15	11	2	3.08	ปานกลาง*
ลักษณะปรากฏ	0	4	12	17	3	3.53	มาก**
การจับตัวของอนุภาคเมื่อละลาย	0	3	15	13	5	3.56	มาก**
ขนาดของอนุภาคเมื่อละลาย	0	7	10	15	4	3.44	มาก**
การละลายเมื่อคืนรูป	0	2	9	19	6	3.81	มาก**
ความใสเมื่อละลาย	0	9	6	14	7	3.53	มาก**
ความแข็งของเจล	0	1	10	20	5	3.81	มาก**
การหลอมเหลว	0	2	12	18	4	3.67	มาก**
ความเป็นกรด–ด่าง เมื่อละลาย	0	3	13	17	3	3.56	มาก**
ส่วนประกอบ	0	3	8	21	4	3.72	มาก**
ประสิทธิภาพในการเพาะเลี้ยงเชื้อฟังไจ	0	0	5	22	9	4.11	มาก**
ความสะดวกในการใช้	2	9	9	8	8	3.31	ปานกลาง*
ราคา	2	1	6	20	7	3.81	มาก**

หมายเหตุ * คะแนนเฉลี่ย = $\frac{\sum (\text{จำนวนผู้บริโภคที่ระดับความถี่ต่างๆ} \times \text{คะแนนความถี่})}{\text{จำนวนผู้ทดสอบ}}$

* ปานกลาง หมายถึง ช่วงคะแนน 2.61-3.40 ** มาก หมายถึง ช่วงคะแนน 3.41-4.20

*** มากที่สุด หมายถึง ช่วงคะแนน 4.21-5.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพ และการศึกษากับพฤติกรรมการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อกับผู้ตอบแบบสอบถาม 123 คน เพื่อหาผู้บริโภคเป้าหมาย โดยการวิเคราะห์ χ^2 แบบ Crosstab พบว่า ปัจจัยส่วนบุคคล คือ เพศ มีผลต่อวัตถุประสงค์ในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ อาชีพ มีผลต่อวัตถุประสงค์ในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อและรูปแบบของอาหารเลี้ยงเชื้อ ในขณะที่การศึกษามีผลต่อความถี่ในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อและรูปแบบของอาหารเลี้ยงเชื้อ แสดงดังตารางที่ 24 โดยมีแนวโน้มว่า ผู้ตอบแบบสอบถามที่ประกอบอาชีพอาจารย์และเจ้าหน้าที่ตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาจะใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปมากกว่าการเตรียมจากมันฝรั่ง อาจเป็นผลจากการตรวจวิเคราะห์ต้องการความแม่นยำในการตรวจวิเคราะห์ และผู้ตอบแบบสอบถามที่ประกอบอาชีพเจ้าหน้าที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพและผู้เพาะเลี้ยงเห็ดจะใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง เนื่องจากอาจสามารถลดต้นทุนของอาหารเลี้ยงเชื้อได้ แสดงดังตารางที่ 25 26 27 28 และ 29 นอกจากนั้นยังพบว่า เพศ อาชีพ และการศึกษา ไม่มีผลต่อการเห็นด้วยกับแนวความคิดผลิตภัณฑ์และความสนใจในผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 30

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยปัจจัยส่วนบุคคล (เพศ อายุ อาชีพ และการศึกษา) กับพฤติกรรมการใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจ

ปัจจัยส่วนบุคคล	พฤติกรรมการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ	p-value
เพศ	ความถี่ในการใช้	0.613
	ปริมาณการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ	0.054
	วัตถุประสงค์ในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ	0.029*
	รูปแบบของอาหารเลี้ยงเชื้อ	0.117
อายุ	ความถี่ในการใช้	0.819
	ปริมาณการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ	0.190
	วัตถุประสงค์ในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ	0.620
	รูปแบบของอาหารเลี้ยงเชื้อ	0.639
อาชีพ	ความถี่ในการใช้	0.129
	ปริมาณการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ	0.780
	วัตถุประสงค์ในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ	0.000*
	รูปแบบของอาหารเลี้ยงเชื้อ	0.000*
การศึกษา	ความถี่ในการใช้	0.001*
	ปริมาณการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ	0.122
	วัตถุประสงค์ในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ	0.113
	รูปแบบของอาหารเลี้ยงเชื้อ	0.011*

หมายเหตุ * ข้อมูลมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 25 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล (เพศ) กับวัตถุประสงค์ในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ

วัตถุประสงค์ในการใช้ต่อเพศ	ร้อยละ		p-value
	ชาย	หญิง	
การเรียน/การสอน/การวิจัย	39.13	64.00	0.029*
ตรวจวิเคราะห์/ประกอบอาชีพ/กิจการ	60.87	36.00	

หมายเหตุ * ข้อมูลมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 26 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล (อาชีพ) กับวัตถุประสงค์ในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ

วัตถุประสงค์ในการใช้ต่ออาชีพ	ร้อยละ				p-value
	อาจารย์/เจ้าหน้าที่ตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา	นักวิจัย/นักวิทยาศาสตร์	นักศึกษา	เจ้าหน้าที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพ/ผู้เพาะเลี้ยงเห็ด	
การเรียน/การสอน/การวิจัย	77.59	52.94	38.46	0.00	0.000*
ตรวจวิเคราะห์/ประกอบอาชีพ/กิจการ	22.41	47.06	61.54	100.00	

หมายเหตุ * ข้อมูลมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 27 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล (อาชีพ) กับรูปแบบของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้

รูปแบบของอาหารเลี้ยงเชื้อต่ออาชีพ	ร้อยละ				p-value
	อาจารย์/เจ้าหน้าที่ตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา	นักวิจัย/นักวิทยาศาสตร์	นักศึกษา	เจ้าหน้าที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพ/ผู้เพาะเลี้ยงเห็ด	
อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป	72.41	29.41	38.46	0.00	0.000*
อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและที่เตรียมจากมันฝรั่ง	10.35	23.53	23.08	100.00	
อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง	17.24	47.06	38.46	0.00	

หมายเหตุ * ข้อมูลมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 28 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล (การศึกษา) กับความถี่ในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ

ความถี่ในการใช้ต่อการศึกษา	ร้อยละ			p-value
	ปริญญาตรี	ปริญญาโท	สูงกว่าปริญญาโท	
น้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	40.68	30.00	4.17	0.001*
มากกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	27.12	20.00	12.50	
1 ครั้ง/สัปดาห์	32.20	50.00	83.33	

หมายเหตุ * ข้อมูลมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 29 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล (การศึกษา) กับรูปแบบของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้

รูปแบบของอาหารเลี้ยงเชื้อต่อการศึกษา	ร้อยละ			p-value
	ปริญญาตรี	ปริญญาโท	สูงกว่าปริญญาโท	
อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป	62.71	37.50	41.67	0.011*
อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและที่เตรียมจากมันฝรั่ง	8.48	27.50	37.50	
อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง	28.81	35.00	20.83	

หมายเหตุ * ข้อมูลมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 30 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยปัจจัยส่วนบุคคล (เพศ อาชีพ และการศึกษา) กับการเห็นด้วยกับแนวความคิดผลิตภัณฑ์และความสนใจในผลิตภัณฑ์

ปัจจัยส่วนบุคคล	แนวความคิดผลิตภัณฑ์และความสนใจในผลิตภัณฑ์	p-value
เพศ	การเห็นด้วยกับแนวความคิดผลิตภัณฑ์	0.346
	ความสนใจในผลิตภัณฑ์	0.400
อาชีพ	การเห็นด้วยกับแนวความคิดผลิตภัณฑ์	0.150
	ความสนใจในผลิตภัณฑ์	0.053
การศึกษา	การเห็นด้วยกับแนวความคิดผลิตภัณฑ์	0.117
	ความสนใจในผลิตภัณฑ์	0.189

ดังนั้น จากการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคโดยใช้แบบสอบถาม สามารถสรุปแนวความคิดผลิตภัณฑ์ (Product concept) ของผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ได้รับการพัฒนาควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ ใช้ปลายข้าวกล้องหอมมะลิมาเตรียมเป็นแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ ซึ่งเป็นการใช้วัตถุดิบภายในประเทศและเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบทางการเกษตร ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิต้องมีความสะดวกในการใช้งาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในห้องปฏิบัติการและมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกับอาหารเลี้ยงเชื้อที่เคยใช้ทั้งอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่งสด ผู้บริโภคที่คาดว่าจะเป็นผู้บริโภคเป้าหมาย คือ อาจารย์/เจ้าหน้าที่ตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา นักวิจัย/นักวิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพและผู้เพาะเลี้ยงเห็ด

3. การเตรียมแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ มันฝรั่งและ การวิเคราะห์คุณภาพ

3.1 ผลการเตรียมแป้งข้าวกล้องหอมมะลิและการวิเคราะห์คุณภาพ

3.1.1 ผลการผลิตแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

ผลจากการโม่และร่อนแป้งข้าวกล้องหอมมมะลิพบว่า มีผลผลิต (Yield) จากการโม่ร้อยละ 87.80 และผลผลิต (Yield) จากการร่อนผ่านตะแกรง 100 เมช ร้อยละ 67.58 ดังแสดงในตารางที่ 31

ตารางที่ 31 ผลผลิต (ร้อยละ) ของการผลิตแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

ส่วนประกอบ	ผลผลิต (ร้อยละ)
ปลายข้าวกล้องหอมมะลิ	100.00
หลังอบแห้ง	93.50
หลังโม่	87.80
หลังร่อนที่ 100 เมช	67.58

3.1.2 ผลการวัดค่าคุณภาพแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

จากการวัดค่าคุณภาพของแป้งข้าวกล้องหอมมะลิพบว่า แป้งข้าวกล้องหอมมะลิมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ 0.52 ค่าความชื้นร้อยละ 10.61 ไขมันร้อยละ 3.18 โปรตีนร้อยละ 7.80 เส้นใยหยาบร้อยละ 1.62 เถ้าร้อยละ 1.30 และคาร์โบไฮเดรต (difference)ร้อยละ 86.10 แสดงดังตารางที่ 32 จากปริมาณคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนที่สูง จึงนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการเตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการเจริญของฟังไจ เพราะนอกจากคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนซึ่งใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนได้แล้ว ผลการศึกาายังพบว่าแป้งข้าวกล้องหอมมะลิยังประกอบด้วยวิตามินและแร่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธาตุที่สำคัญเช่นเหล็กและฟอสฟอรัสที่เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญและสืบพันธุ์ของจุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรียและฟังไจ ยิ่งไปกว่านั้นแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ได้จากปลายข้าวกล้องหอมมะลิยังเป็นวัตถุดิบทางการเกษตรที่มีราคาถูกและเป็นการใช้ประโยชน์จากเศษเหลือในกระบวนการสีข้าว ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบทางการเกษตรอีกทางหนึ่ง เพื่อสามารถลดการนำเข้าอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปได้

ตารางที่ 32 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และองค์ประกอบทางเคมี(โดยประมาณ) ของแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

ค่าคุณภาพ	แป้งข้าวกล้องหอมมะลิ
วอเตอร์แอคติวิตี้	0.52
ความชื้น (ร้อยละ)	10.61
ไขมัน (ร้อยละ)	3.18
โปรตีน (ร้อยละ)	7.80
เส้นใยหยาบ (ร้อยละ)	1.62
เถ้า (ร้อยละ)	1.30
คาร์โบไฮเดรต (difference) (ร้อยละ)	86.10

3.2 ผลการเตรียมมันฝรั่งพันธุ์สปุนตาและการวิเคราะห์คุณภาพ

จากการวิเคราะห์ค่าคุณภาพของมันฝรั่งพันธุ์สปุนตา (มันฝรั่งสด) พบว่า มันฝรั่งพันธุ์สปุนตามีค่าความชื้นร้อยละ 82.00 ไขมันร้อยละ0.20โปรตีนร้อยละ 2.50 คาร์โบไฮเดรต(difference) ร้อยละ 15.30 ไม่พบเถ้าและเส้นใยหยาบ ดังแสดงในตารางที่ 33 ผลจากค่าคุณภาพทางเคมีของมันฝรั่งพบว่า มันฝรั่งมีคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนปริมาณน้อย เนื่องจากเป็นมันฝรั่งสด จึงมีปริมาณความชื้นสูง แต่ผลการศึกษาพบว่า มันฝรั่งสดมีวิตามินและเกลือแร่โดยเฉพาะฟอสฟอรัสในปริมาณสูงซึ่งจำเป็นต่อการเจริญของฟังไจโดยเฉพาะเชื้อราและเชื้อเห็ด เพราะแม้จะต้องการในปริมาณน้อยแต่ก็มีความจำเป็นและขาดไม่ได้สำหรับการเจริญและการสืบพันธุ์ (นงลักษณ์และปรีชา, 2548) นอกจากนั้นปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ต่ำในมันฝรั่งสด จึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อจากมันฝรั่งสดจะต้องเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสลงไป โดยปริมาณของน้ำตาลเด็กซ์โตรสที่เติมจะแตกต่างไปตามชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 33 ค่าองค์ประกอบทางเคมี(โดยประมาณ) ของมันฝรั่งพันธุ์สปุนตา

ค่าคุณภาพ	มันฝรั่งพันธุ์สปุนตา
ความชื้น (ร้อยละ)	82.00
ไขมัน (ร้อยละ)	0.20
โปรตีน (ร้อยละ)	2.50
เส้นใยหยาบ (ร้อยละ)	ไม่พบ
เถ้า (ร้อยละ)	ไม่พบ
คาร์โบไฮเดรต (difference) (ร้อยละ)	15.30

4. ผลการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรพื้นฐานสำหรับฟังไจและการวัดค่าคุณภาพ

4.1 อาหารเลี้ยงเชื้อสูตรพื้นฐานที่เตรียมจากอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป

อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และ PDB เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรพื้นฐานสำหรับการเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มฟังไจที่ใช้กันทั่วไปในห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยา จุดประสงค์ของการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อทั้งสองอย่างนี้ คือ เพื่อการทดสอบการเจริญของเชื้อซึ่งอาจปนเปื้อนมากับผลิตภัณฑ์อาหารที่สำคัญและเพื่อการเก็บรักษาเชื้อสำหรับใช้ในงานวิจัยต่างๆ ผลจากการสำรวจผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และ PDB ที่จำหน่ายทั้ง 6 ยี่ห้อ จะมีส่วนประกอบที่เหมือนกัน คือ ประกอบด้วย Potato starch หรือ Potato infusion น้ำตาลเด็กซ์โตรส ซึ่งเหมือนกันทั้งในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และ PDBและผงวุ้นในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA โดย Potato starch หรือ Potato infusion และน้ำตาลเด็กซ์โตรสมีผลกระตุ้นการเจริญของเชื้อราและยีสต์ ความเป็นกรด- ด่าง ที่ต่ำ (3.5) ของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA จะมีผลยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่เตรียมได้จะมีลักษณะปรากฏคือ สารละลายใส ไม่มีตะกอน มีสีเหลืองอำพัน มีค่าความเป็นกรด- ด่าง 5.1± 0.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA จะแข็งตัวเมื่อวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากมีผงวุ้นเป็นส่วนประกอบ อาหารเลี้ยงเชื้อ PDB จะมีลักษณะปรากฏเช่นเดียวกับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA แต่เป็นของเหลวและไม่แข็งตัวเมื่อวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (David and Mary, 2003)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2 อาหารเลี้ยงเชื้อสูตรพื้นฐานที่เตรียมจากมันฝรั่งสด

อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่งสดเริ่มขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1971 โดย Booth ที่ศึกษาการเตรียมน้ำสกัดจากมันฝรั่งโดยการนำไปต้มและกรองแยกส่วนกากออกด้วยผ้าขาวบาง แล้วจึงเติมน้ำตาลและผงวุ้น แล้วใช้ทดสอบการเจริญของเชื้อราและยีสต์ ซึ่งให้ผลการทดสอบไม่แตกต่างกับอาหารเลี้ยงสำเร็จรูปเชื้อเชิงการค้า จากนั้นมีการศึกษากรรมวิธีการเตรียมน้ำสกัดด้วยวิธีอื่นๆ อีกหลายวิธี รวมทั้งมีการนำน้ำสกัดมันฝรั่งมาทำแห้งแล้วพัฒนาเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อแบบผงข้อดีของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่เตรียมจากมันฝรั่งสด คือ มีราคาถูกกว่าอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA สำเร็จรูปเชิงการค้ามาก แต่ก็มีข้อเสียที่ต้องใช้เวลาในการเตรียมมากกว่าเนื่องจากมีหลายขั้นตอนและคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อมีความสม่ำเสมอน้อยกว่า ซึ่งเป็นผลจากคุณภาพของมันฝรั่งแต่ละครั้งที่เตรียมไม่แน่นอนอันเป็นผลจาก พันธุ์ ฤดู และสภาพภูมิอากาศ ที่มีผลต่อคุณภาพของมันฝรั่ง ดังนั้น Lacy and Bridgemon (1962) จึงเสนอแนวทางการแก้ปัญหา โดยใช้มันฝรั่งแห้งบดละเอียดแทน ซึ่งการใช้มันฝรั่งแห้งบดละเอียด 22 กรัม ผสมน้ำกลั่น 178 กรัม เมื่อนำไปคืนรูปจะได้เทียบเท่ากับมันฝรั่งสด 200 กรัม แต่อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ได้หลังการฆ่าเชื้อจะมีตะกอนเล็กๆ ของมันฝรั่งตกอยู่ที่ก้นภาชนะ แต่เมื่อทดสอบการเจริญของเชื้อยังพบว่าสามารถเจริญได้ดีเช่นเดียวกับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่เตรียมจากมันฝรั่งสดและ PDA สำเร็จรูปเชิงการค้า

ผลจากการวัดค่าคุณภาพทางเคมี- กายภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่งสดพบว่า อาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวที่เตรียมจากมันฝรั่งมีค่า OD_{640} มีค่ามากกว่าอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป เนื่องน้ำสกัดมันฝรั่งจะกรองแยกกากด้วยผ้าขาวบางเท่านั้นจึงยังคงมีตะกอน และเศษมันฝรั่งอยู่บางส่วน ในขณะที่อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปแม้จะมีสีเข้มกว่าแต่สารละลายมีลักษณะใส และไม่มีตะกอน นอกจากนั้นจากการวัดค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้และปริมาณของแข็งทั้งหมดยังพบว่า อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปมีค่าสูงกว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้และปริมาณของแข็งทั้งหมดในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่งจะเป็นผลจากปริมาณของน้ำตาลเด็กซ์โตรสที่เติมในอาหารเลี้ยงเชื้อ เนื่องจากปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของน้ำสกัดมันฝรั่งมีค่าเท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ ก่อนเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 แสดงดังตารางที่ 34

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 34 ค่าคุณภาพทางเคมี- กายภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและอาหารเลี้ยงเชื้อจากมันฝรั่ง

คุณสมบัติทางเคมี-กายภาพ	อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป		อาหารเลี้ยงเชื้อจากมันฝรั่ง	
	PDA	PDB	PDA	PDB
ค่าสี				
L*	30.90	93.15	34.90	85.12
a*	3.77	-0.57	6.55	1.49
b*	11.67	5.67	13.76	9.31
Transmittance $_{640\ nm}$	-	77.49	-	54.54
Optical density (OD) $_{640\ nm}$	-	0.11	-	0.26
Gel strength (N)	1.84	-	2.22	-
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	5.28	5.05	5.97	5.93
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	-	3.0	-	2.0
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)	-	2.99	-	2.41

หมายเหตุ Potato dextrose broth (PDB) Difco (Cat. No. 254920)

Potato dextrose agar (PDA) Difco (Cat. No. 213400)

- ไม่มีการวัดค่าคุณภาพ

5. การศึกษากรรมวิธีในการเตรียมน้ำสกัดจากแป้งข้าวหอมมะลิด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN® 480L)

กรรมวิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และ PDB จากมันฝรั่ง โดยการนำมันฝรั่งมาปอกเปลือก หั่น นำไปต้ม แล้วกรอง นำน้ำสกัดที่ได้มาเตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ (Alexopoulos and Beneke, 1961) จากกรรมวิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อดังกล่าว เมื่อเปลี่ยนจากการใช้มันฝรั่งมาใช้แป้งข้าวกล้องหอมมะลิและใช้วิธีการเช่นเดียวกับการใช้มันฝรั่งพบว่า ไม่สามารถเตรียมเป็นน้ำสกัดได้ เนื่องจากแป้งที่ได้มีลักษณะเหมือนแป้งเปียก ไม่สามารกรองได้ ดังนั้นจึงต้องอาศัยการทำงาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของเอนไซม์อะไมเลส ทำหน้าที่ย่อยดมเลกุลของแป้งให้มีขนาดเล็กลง โดยเลือกใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสชนิดไม่ทนความร้อน (BAN®480L) (ความหนาแน่น 1.2 กรัมต่อมิลลิลิตร, 480 KNUต่อกรัม) เนื่องจากผลการศึกษาของรุ่งนภา (2539) พบว่า เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสชนิดไม่ทนความร้อนสามารถนำมาใช้ในกระบวนการย่อยโมเลกุลของแป้งให้มีขนาดโมเลกุลที่เล็กลง นั่นคือ โมเลกุลของโพลีแซคคาไรด์จะถูกย่อยเป็นเด็กซ์ตรินและโอลิโกแซคคาไรด์ จึงมีผลให้น้ำสกัดที่ได้จากกระบวนการย่อยด้วยเอนไซม์มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงขึ้นด้วย มีผลให้สามารถนำน้ำสกัดจากกระบวนการย่อยไปทำแห้งได้ ดังนั้นการศึกษาในขั้นตอนนี้จึงเป็นการศึกษากรรมวิธีการเตรียมน้ำสกัดจากแป้งข้าวหอมมะลิโดยใช้เอนไซม์แอลฟา- อะไมเลส (BAN®480L) และศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์แอลฟา- อะไมเลส (BAN®480L)

5.1 การศึกษากรรมวิธีการเตรียมน้ำสกัดจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

ผลการศึกษากรรมวิธีการเตรียมน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสชนิดไม่ทนความร้อน (BAN®480L) โดยทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยแป้ง คือ ความเข้มข้นของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN®480L) (%w/v) และระยะเวลาในการย่อย (นาที) ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณของแข็งทั้งหมด พบว่า ความเข้มข้นของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN®480L) (%w/v) และระยะเวลาในการย่อย (นาที) มีอิทธิพลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณของแข็งทั้งหมดและพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (%w/v) และระยะเวลาในการย่อย (นาที) แสดงดังตารางที่ 35

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 35 อิทธิพลของปัจจัยระยะเวลาในการย่อยและความเข้มข้นของเอนไซม์ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณของแข็งทั้งหมด

ค่าคุณภาพ		ปัจจัย		
		A	B	A*B
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	F-test	1080.468*	5740.393*	326.440*
	p-value	0.000	0.000	0.000
ปริมาณของแข็งทั้งหมด	F-test	116.483*	665.948*	36.453*
	p-value	0.000	0.000	0.000

หมายเหตุ * หมายถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าคุณภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ปัจจัย A คือ ความเข้มข้นของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN®480L) (ความหนาแน่น 1.2 กรัมต่อมิลลิลิตร, 480 KNUต่อกรัม), ปัจจัย B คือ ระยะเวลาในการย่อยแป้ง

โดยทั้งความเข้มข้นของเอนไซม์ (BAN®480L) (%w/v) และระยะเวลาในการย่อย (นาที) ที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณของแข็งทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN®480L) เป็นเอนไซม์ประเภท endo-enzyme คือ เอนไซม์ที่มีปฏิกิริยาหรือมีกิจกรรมเกิดขึ้นภายในโมเลกุลของแป้ง โดยทำหน้าที่ย่อยโมเลกุลแป้งให้มีขนาดของโมเลกุลที่เล็กลง (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2543) ซึ่งก็คือมีผลให้โมเลกุลของแป้งที่เป็นสายของ polysaccharide ถูกย่อยจนได้ disaccharide มีผลให้แป้งกลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ และยังพบว่าการใช้เอนไซม์แอลฟาอะ-ไมเลส (BAN®480L) ที่ความเข้มข้น 0.025 %w/v และใช้เวลาในการย่อย 35 นาที และ 0.050 0.075 และ 0.100 %w/v และใช้เวลาในการย่อย 30 และ 35 นาที มีผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าสูงและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการใช้เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN®480L) ที่ความเข้มข้น 0.050 %w/v และใช้เวลาในการย่อย 30 นาที มีผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าสูงที่สุด จากการใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN®480L) ทั้ง 3 ระดับ คือ 0.050 0.075 และ 0.100 %w/v ที่มีผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำสกัดมีค่าสูงและไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า การใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN®480L) 0.050 %w/v น่าจะเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสม เนื่องจากแม้จะเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์เป็น0.075 และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

0.100 %w/v ก็ไม่มีผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำสกัดแตกต่างกัน และเพื่อประโยชน์ในด้านต้นทุนการผลิตที่ใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์ในระดับต่ำ แสดงดังตารางที่ 36

ดังนั้นเพื่อยืนยันสภาวะที่เหมาะสมจากการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN®480L) จึงศึกษาต่อโดยใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์แอลฟาอะ-ไมเลส (BAN®480L) คงที่ 0.050 %w/v และเพิ่มเวลาในการย่อยให้นานขึ้นเป็น 40 และ 45 นาที แล้ววัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำสกัดที่ได้ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมจากการใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN®480L) ต่ำที่สุดและใช้เวลาในการย่อยน้อยที่สุดแต่ให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงสุดสำหรับการนำน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิไปทำแห้งแบบพ่นฝอยในขั้นตอนต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 36 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำสกัดจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

การทดลอง	ความเข้มข้นของเอนไซม์ * (%w/v)	ระยะเวลาย่อย (นาที)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)
1	0.025	15	9.5^{f}	10.30 ± 0.38^{f}
2	0.025	20	11.8^{d}	12.99 ± 0.19^{d}
3	0.025	25	12.5^{b}	13.41 ± 0.06^{b}
4	0.025	30	14.3^{b}	15.08 ± 0.03^{b}
5	0.025	35	15.8^{a}	16.41 ± 0.12^{a}
6	0.050	15	9.5^{f}	10.29 ± 0.21^{f}
7	0.050	20	12.4^{d}	13.48 ± 0.07^{d}
8	0.050	25	12.5^{d}	13.84 ± 0.16^{d}
9	0.050	30	16.4^{a}	17.08 ± 0.47^{a}
10	0.050	35	16.4^{a}	17.11 ± 0.10^{a}
11	0.075	15	9.5^{f}	10.35 ± 0.32^{f}
12	0.075	20	12.5^{e}	12.99 ± 0.13^{e}
13	0.075	25	14.5^{b}	15.28 ± 0.04^{b}
14	0.075	30	16.2^{a}	16.80 ± 0.07^{a}
15	0.075	35	16.4^{a}	16.96 ± 0.16^{a}
16	0.100	15	13.2^{c}	14.12 ± 0.11^{c}
17	0.100	20	14.5^{b}	15.08 ± 0.05^{b}
18	0.100	25	14.5^{b}	15.12 ± 0.08^{b}
19	0.100	30	16.2^{a}	16.74 ± 0.13^{a}
20	0.100	35	16.2^{a}	17.02 ± 0.02^{a}

หมายเหตุ $^{a-f}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ความเข้มข้นของเอนไซม์ * หมายถึง เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN®480L) (ความหนาแน่น 1.2 กรัมต่อมิลลิลิตร, 480 KNUต่อกรัม)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อนำค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำสกัดมาวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า เมื่อเพิ่มเวลาในการย่อยให้นานขึ้นจาก 35 นาที เป็น 40 และ 45 นาที ไม่มีผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณของแข็งทั้งหมดเพิ่มขึ้นและไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณของแข็งทั้งหมดจะมีค่าสูงที่สุดเมื่อใช้เวลาในการย่อยนาน 30 นาที โดยสามารถวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณของแข็งทั้งหมดได้ 16.80 เปอร์เซ็นต์ และร้อยละ 17.58 ตามลำดับ นั่นคือประสิทธิภาพของเอนไซม์นอกจากมีผลจากความเข้มข้นของเอนไซม์แล้วเวลาที่ใช้ในการย่อยก็มีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพของเอนไซม์ (Wong, 1995) แสดงให้เห็นว่า การใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (BAN® 480L) 0.050 %w/v และใช้เวลาในการย่อย 30 นาที นั้นเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการย่อย เนื่องจากให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณของแข็งทั้งหมดได้สูง แสดงดังตารางที่ 37

ดังนั้นผลยืนยันสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN® 480L) จึงใช้เอนไซม์แอลฟา- อะไมเลส (BAN® 480L) ที่มีความเข้มข้น 0.050 %w/v และใช้เวลาในการย่อยนาน 30 นาที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 37 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำสกัดจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ความเข้มข้นของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN®480L) คงที่ 0.050 %w/v

การทดลอง	ระยะเวลาย่อย (นาที)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)
1	15	9.60 ± 0.00^{e}	10.99 ± 0.26^{d}
2	20	13.20 ± 0.00^{d}	14.50 ± 0.30^{c}
3	25	14.50 ± 0.00^{c}	15.80 ± 0.36^{c}
4	30	16.80 ± 0.00^{a}	17.58 ± 0.15^{a}
5	35	15.60 ± 0.00^{b}	16.63 ± 0.47^{b}
6	40	15.20 ± 0.00^{b}	16.28 ± 0.60^{b}
7	45	15.20 ± 0.00^{b}	16.43 ± 0.80^{b}

หมายเหตุ $^{a-d}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5.2 ผลการวัดค่าคุณภาพของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

ผลการวิเคราะห์ค่าคุณภาพน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ใช้ระดับความเข้มข้นของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN®480L) คงที่ 0.050 %w/v และใช้เวลาในการย่อย 15 20 25 30 35 40 และ 45 นาที พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดและร้อยละน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิจะเพิ่มขึ้นในช่วงแรก (15 20 25 และ 30 นาที) ซึ่งเป็นผลจากประสิทธิภาพของเอนไซม์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการย่อยเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มเวลาในการย่อยเป็น 35 40 และ 45 นาที มีผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมด และร้อยละน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิมีค่าคงที่ และจะมีค่าสูงที่สุดเมื่อใช้เวลาในการย่อยนาน 30 นาที โดยสามารถวัดค่าได้ 16.80 เปอร์เซ็นต์ ร้อยละ 17.58 และร้อยละ 6.78 ตามลำดับ เนื่องจากที่เวลาในการย่อยนาน 30 นาที เป็นเวลาที่ใช้ในการย่อยที่เหมาะสมที่สุด จากความสมดุลของปัจจัยความเข้มข้นของเอนไซม์และเวลาในการย่อย ในขณะที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่เวลาการย่อยต่างกันนั้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติ นั่นคือ เวลาในการย่อยไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด- ด่าง เนื่องจากขั้นตอนการย่อยแป้งนั้น มีการปรับค่าความเป็นกรด- ด่าง เริ่มต้นให้เท่ากันแล้ว และคุณสมบัติของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN® 480L) ไม่มีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำสกัดจากกิจกรรมของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN® 480L) แสดงดังตารางที่ 38

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 38 ค่าคุณภาพเคมี- กายภาพของน้ำสกัดจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ใช้ระดับความเข้มข้นของเอนไซม์แอลฟา- อะไมเลส (BAN® 480L) คงที่ 0.050 %w/v

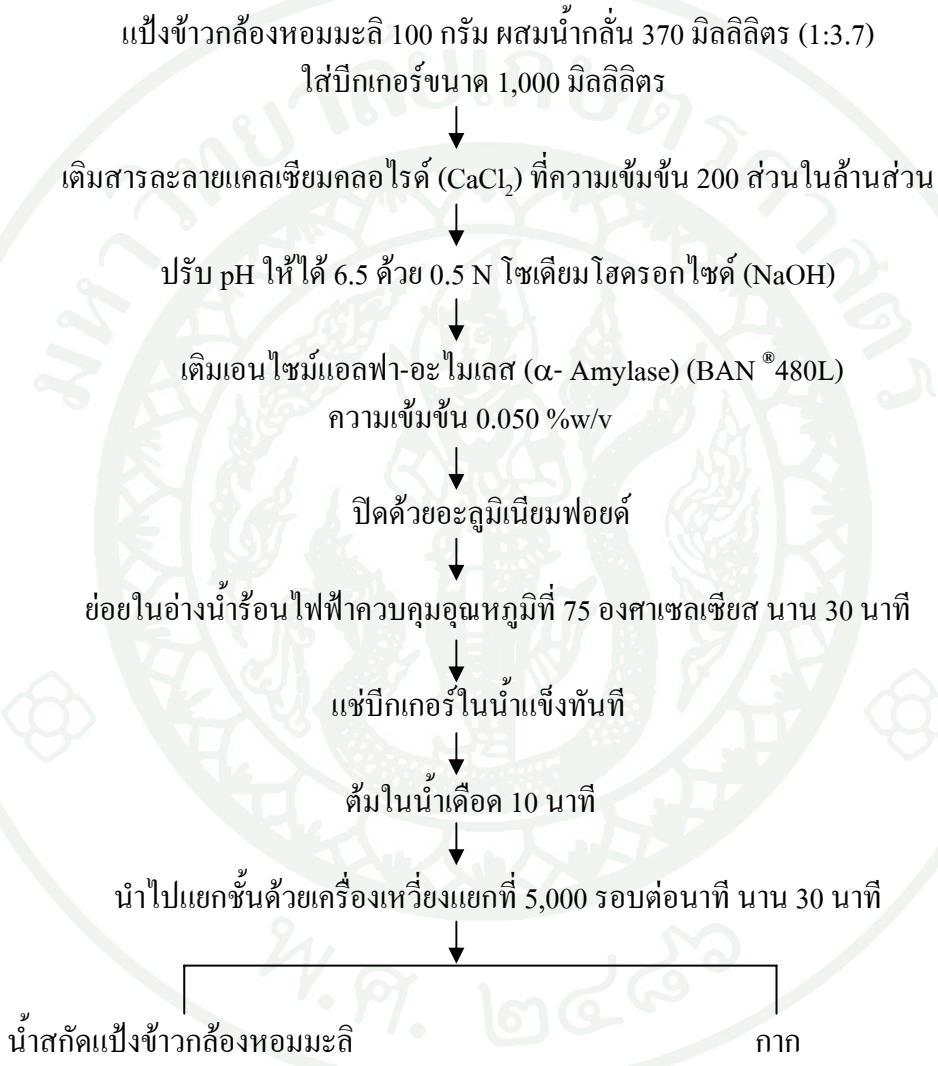
การทดลอง	ระยะเวลาย่อย (นาที)	ค่าสี			ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)	น้ำตาลรีดิวซ์ซิ่ง (ร้อยละ)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง [ns]
		L*	a*	b*				
1	15	45.64^{d}	1.23^{d}	6.56^{d}	9.6±0.00^{e}	10.99±0.26^{d}	4.83±0.07^{d}	5.82
2	20	50.44^{c}	1.33^{c}	7.46^{c}	13.2±0.00^{d}	14.50±0.30^{c}	5.33±0.28^{c}	5.83
3	25	58.12^{b}	1.43^{b}	8.12^{b}	14.5±0.00^{c}	15.80±0.36^{c}	5.76±0.09^{bc}	5.83
4	30	61.44^{a}	1.83^{a}	8.48^{a}	16.8±0.00^{a}	17.58±0.15^{a}	6.78±0.04^{a}	5.85
5	35	59.14^{b}	1.58^{b}	8.02^{b}	15.6±0.00^{b}	16.63±0.47^{b}	5.93±0.09^{bc}	5.85
6	40	57.12^{b}	1.48^{b}	8.28^{b}	15.2±0.00^{b}	16.28±0.60^{b}	5.77±0.07^{bc}	5.85
7	45	58.42^{b}	1.46^{b}	8.24^{b}	15.2±0.00^{b}	16.43±0.80^{b}	5.81±0.01^{bc}	5.85

หมายเหตุ [a-d] หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

[ns] หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดังนั้นกรรมวิธีการเตรียมน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN®480L) จากสภาวะในการย่อยที่เหมาะสม เพื่อให้ได้น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับใช้ในการทดสอบการเจริญของเชื้อรา *A. niger* และการทำแห้งแบบพ่นฝอยในการทดลองขั้นต่อไป แสดงดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 กรรมวิธีการเตรียมน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN®480L)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.3 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิและการพัฒนาอาหารเลี้ยงเชื้อ

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อรา คือ คาร์บอน ไนโตรเจน วิตามิน และแร่ธาตุ คาร์บอนและไนโตรเจนจัดเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเจริญและสืบพันธุ์ของเชื้อรา ส่วนวิตามินและแร่ธาตุแม้ไม่ใช่ปัจจัยหลักแต่ก็มีความจำเป็นและขาดไม่ได้ (นงลักษณ์ และ ปรีชา, 2548) แหล่งของคาร์บอนที่สำคัญ คือ น้ำตาลโดยเฉพาะน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวพวกกลูโคส อาหารเลี้ยงเชื้อโดยทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งหรือแบบเหลวจำเป็นต้องเติมน้ำตาลเพื่อใช้เป็นแหล่งคาร์บอน ส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลเด็กซ์โตรสหรือกลูโคส เนื่องจากเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่เชื้อราสามารถนำไปใช้ได้เลย ปริมาณน้ำตาลเด็กซ์โตรสที่เติมในอาหารเลี้ยงเชื้อจะมีปริมาณแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อและวัตถุประสงค์ในการเพาะเลี้ยงเชื้อ แต่โดยทั่วไปจะเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสระหว่างร้อยละ 1.5-2.0 (Alexopoulos and Beneke, 1961) ดังนั้นการทดสอบการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ จึงมีการศึกษาผลของการเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger*

5.3.1 อาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว

จากผลการวัดค่าคุณภาพของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิมีค่าสูงถึง 16.80 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป (PDB, Difco) มีค่าเพียง 3.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเป็นเกณฑ์ในการใช้น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิมาเตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ จึงจำเป็นต้องเจือจางน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิเพื่อให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้อยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกับอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป ดังนั้นเพื่อให้น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ครอบคลุมเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป จึงเจือจางน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิให้มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ระหว่าง 1-10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการทดสอบการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ก. ผลของน้ำตาลเด็กซ์โตรสต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger*

การศึกษาผลจากการเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 และ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยการเติมและไม่เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 เช่นเดียวกับในอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป (PDB, Difco) และอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง เมื่อนำผลการเจริญของเชื้อรา *A. niger* มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้การทดสอบ ANOVA เปรียบเทียบกับการเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป (PDB, Difco) พบว่า เชื้อรา *A. niger* สามารถเจริญได้ทุกการทดลองและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม (PDB, Difco) โดยการเจริญของเชื้อรา *A. niger* จะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น แสดงว่าเมื่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นจะมีผลให้ปริมาณน้ำตาลในน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิเพิ่มขึ้นจึงทำให้เชื้อรา *A. niger* สามารถเจริญได้ดีกว่าการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในน้ำสกัดที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำ

เมื่อพิจารณาผลของการเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรส พบว่า การเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 มีผลให้การเจริญของเชื้อรา *A. niger* สูงกว่าการไม่เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรส การเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 1 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ การเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสไม่มีผลต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* โดยการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่การเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 4 5 6 7 8 9 และ10 เปอร์เซ็นต์ การเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสมีผลให้การเจริญของเชื้อรา *A. niger* สูงกว่าการไม่เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าการเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 มีผลช่วยเพิ่มการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ให้สูงขึ้น นั่นคือมีผลเพิ่มปริมาณน้ำตาลซึ่งเป็นแหล่งคาร์บอนที่สำคัญและมีผลต่อการเจริญของเชื้อรา การเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 5.0 เปอร์เซ็นต์ และเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม (PDB, Difco) และ สามารถวัดน้ำหนักเซลล์แห้งได้เท่ากับ 6.96 กรัมต่อลิตร ในขณะที่การเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 6.0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เปอร์เซ็นต์ และไม่เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 นั้น ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม (PDB, Difco) และสามารถวัดน้ำหนักเซลล์แห้งได้เท่ากับ 7.56 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่งสดและเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 พบว่า เชื้อรา *A. niger* มีการเจริญสูงกว่าการทดลองควบคุม (PDB, Difco) แต่เมื่อไม่เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 พบว่า เชื้อรา *A. niger* มีการเจริญต่ำกว่าการทดลองควบคุม แสดงดังตารางที่ 39

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า สามารถใช้น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิมาเตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ได้ และผลการทดลองยังพบว่า ไม่มีความจำเป็นที่ต้องต้องเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 ในอาหารเลี้ยงเชื้ออีก เนื่องจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ได้จากกระบวนการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์มีปริมาณน้ำตาลเพียงพอและเชื้อรา *A. niger* สามารถนำไปใช้ในการเจริญได้ แต่อย่างไรก็ตามการเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 ยังคงมีความจำเป็นในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมมันฝรั่ง เนื่องจากน้ำสกัดที่ได้ยังมีปริมาณน้ำตาลไม่เพียงพอต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* แม้ว่าในน้ำสกัดมันฝรั่งจะมีวิตามินและเกลือแร่ที่จำเป็นต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* แล้วก็ตาม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 39 ผลของการเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger**

การทดลอง	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	
		เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรส	ไม่เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรส
1	การทดลองควบคุม^{ns}	7.12 ± 0.45^{f}	7.22 ± 0.65^{e}
2	1^{ns}	1.61 ± 0.07^{j}	1.58 ± 0.07^{j}
3	2^{ns}	3.02 ± 0.15^{i}	3.00 ± 0.18^{i}
4	3^{ns}	4.22 ± 0.26^{h}	4.16 ± 0.05^{h}
5	4	$A5.51 \pm 0.16^{g}$	$B5.17 \pm 0.34^{g}$
6	5	$A6.96 \pm 0.39^{f}$	$B6.24 \pm 0.27^{f}$
7	6	$A13.06 \pm 0.42^{e}$	$B7.56 \pm 0.43^{e}$
8	7	$A18.24 \pm 0.41^{d}$	$B8.38 \pm 0.52^{d}$
9	8	$A20.67 \pm 0.73^{c}$	$B10.02 \pm 0.72^{c}$
10	9	$A24.11 \pm 0.58^{b}$	$B10.80 \pm 0.71^{b}$
11	10	$A33.90 \pm 0.69^{a}$	$B12.36 \pm 0.70^{a}$
12	น้ำสกัดมันฝรั่ง	$A10.66 \pm 0.25^{c}$	$B1.16 \pm 0.09^{g}$

หมายเหตุ $^{a-j}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

A-B หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การทดลองควบคุม หมายถึง อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป PDB (Difco, Cat. No. 254920)

น้ำสกัดมันฝรั่ง หมายถึง น้ำสกัดจากมันฝรั่งสด 200 กรัม ต้ม 30 นาที

* หมายถึง การเจริญของเชื้อรา *A. niger* โดยใช้เชื้อเริ่มต้น 1 คอกบอเรอร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เซนติเมตร บนเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 4 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากผลการศึกษาผลของน้ำตาลเด็กซ์โตรสในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* พบว่า การเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 ไม่มีผลต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวโดยใช้น้ำสกัดจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 1.0-3.0 เปอร์เซ็นต์ แต่มีผลทำให้การเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้น้ำสกัดที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 4.0-10.0 เปอร์เซ็นต์สูงกว่าการไม่เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรส และเมื่อเปรียบเทียบกับการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในการทดลองควบคุมพบว่า การเจริญของเชื้อรา *A. niger* อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 6.0 เปอร์เซ็นต์และไม่เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 มีผลให้การเจริญของเชื้อรา *A. niger* ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม ดังนั้นการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ทั้งหมด 6.0 เปอร์เซ็นต์ เพื่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* จึงไม่จำเป็นต้องเติมน้ำตาลเด็กซโตรส

ดังนั้นสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* คือ การเตรียมน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 6.0 เปอร์เซ็นต์ ไม่เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรส นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที แล้วจึงนำไปทดสอบการเจริญของเชื้อรา *A. niger*

5.3.2 อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง

การศึกษาการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ จะอาศัยผลการศึกษาการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวในการใช้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพื่อเตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ

ก. ผลของน้ำตาลเด็กซ์โตรสต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger*

จากผลการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวที่ใช้น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิพบว่า เชื้อรา *A. niger* สามารถเจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวที่เตรียมโดยใช้น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 6.0 เปอร์เซ็นต์และไม่เติม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 ดังนั้นการศึกษาผลของน้ำตาลเด็กซ์โตรสในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งจึงอาศัยผลการทดลองที่ได้ในขั้นต้น ดังนั้นการศึกษาผลของน้ำตาลเด็กซ์โตรสต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง จึงเตรียมโดยใช้น้ำสกัดจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 5 6 7 8 9 และ 10 เปอร์เซ็นต์ และใช้ปริมาณผงวุ้นร้อยละ 1.5 โดยเพาะเชื้อแบบ point inoculation บนอาหารเลี้ยงเชื้อและบ่มเชื้อเป็นเวลา 4 7 และ 14 วัน การเจริญของเชื้อรา *A. niger* บนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งจะใช้การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีที่เจริญบนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อ ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้การทดสอบ ANOVA พบว่า เชื้อรา *A. niger* สามารถเจริญได้ในทุกการทดลองและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การเจริญของเชื้อรา *A. niger* จะสูงขึ้นเมื่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเชื้อราเจริญครบ 7 วัน โดยเชื้อรา *A. niger* จะมีการเจริญสูงกว่าในการทดลองควบคุม (PDA, Difco) สามารถวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีได้ 9.0 เซนติเมตรในทุกการทดลอง ในขณะที่การเจริญของเชื้อรา *A. niger* บนอาหารเลี้ยงเชื้อควบคุมวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีได้ 6.2 การเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 ไม่มีผลต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* โดยการเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเดียวกันมีผลให้การเจริญของเชื้อรา *A. niger* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ทุกการทดลองเชื้อรา *A. niger* จะเจริญเต็มจานเลี้ยงเชื้อ (9.0 เซนติเมตร) เมื่อเจริญครบ 7 วัน ในขณะที่การเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งเป็นการทดลองควบคุมนั้นต้องใช้เวลามากกว่าเชื้อราจึงเจริญเต็มจานเลี้ยงเชื้อ และเมื่อเปรียบเทียบการเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่งพบว่า เมื่อบ่มเชื้อนาน 7 วัน เชื้อรา *A. niger* สามารถเจริญได้จนเต็มจานเพาะเลี้ยงเชื้อ (9.0 เซนติเมตร) เช่นเดียวกับการเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิและมีการเจริญสูงกว่าการทดลองควบคุม (PDA, Difco) แสดงดังตารางที่ 40

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 40 ผลของการเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* *

การทดลอง	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี (เซนติเมตร)					
		4 วัน		7 วัน		14 วัน	
		เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรส	ไม่เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรส	เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรส	ไม่เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรส	เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรส	ไม่เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรส
1	การทดลองควบคุม	3.5± 0.45		6.2± 0.64		9.0± 0.00	
2	5.0 ns	6.0± 0.45	6.0± 0.45	9.0± 0.00	9.0± 0.00	9.0± 0.00	9.0± 0.00
3	6.0 ns	6.5± 0.20	6.5± 0.45	9.0± 0.00	9.0± 0.00	9.0± 0.00	9.0± 0.00
4	7.0 ns	6.8± 0.40	6.8± 0.20	9.0± 0.00	9.0± 0.00	9.0± 0.00	9.0± 0.00
5	8.0 ns	7.0± 0.56	7.0± 0.68	9.0± 0.00	9.0± 0.00	9.0± 0.00	9.0± 0.00
6	9.0 ns	7.5±0.20	7.3±0.45	9.0± 0.00	9.0± 0.00	9.0± 0.00	9.0± 0.00
7	10.0 ns	8.0± 0.45	8.0±0.12	9.0± 0.00	9.0± 0.00	9.0± 0.00	9.0± 0.00
8	น้ำสกัดมันฝรั่ง	5.0± 0.74		9.0± 0.45		9.0± 0.00	

หมายเหตุ ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันแสดงความไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 การทดลองควบคุม หมายถึง อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป PDA (Difco, Cat. No. 213400) น้ำสกัดมันฝรั่ง หมายถึง น้ำสกัดจากมันฝรั่งสด 200 กรัม ต้ม 30 นาที * หมายถึง การเจริญของเชื้อรา *A. niger* โดยใช้เชื้อเริ่มต้น 1 คอกบอเรอร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เซนติเมตร บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 4 7 และ 14 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากผลการทดลองจึงทำการศึกษาต่อ โดยใช้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดระหว่าง 4.0-6.0 เปอร์เซ็นต์ และวัดการเจริญทุกๆ วันจนครบ 7 วัน เพื่อหาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* และไม่เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 โดยมีขั้นตอนการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและการวัดการเจริญเช่นเดียวกับการศึกษาในขั้นต้น ผลการทดลองพบว่า เชื้อรา *A. niger* สามารถเจริญได้ในทุกการทดลอง เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้การทดสอบ ANOVA พบว่า การเจริญของเชื้อรา *A. niger* บนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ทุกการทดลองจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการบ่มเชื้อนานขึ้นและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเจริญของเชื้อรา *A. niger* บนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 5.0 5.5 และ 6.0 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม ในขณะที่การเจริญของเชื้อรา *A. niger* บนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 4.0 และ 4.5 เปอร์เซ็นต์ จะต่ำกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม นอกจากนั้นยังพบว่า การเจริญของเชื้อรา *A. niger* บนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 5.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อบ่มเชื้อจนครบ 7 วัน เชื้อรา *A. niger* จะเจริญเต็มจานเพาะเลี้ยงเชื้อ (9.0 เซนติเมตร) ในขณะที่การเจริญของเชื้อรา *A. niger* บนอาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งเป็นการทดลองควบคุมที่เวลาในการบ่มเชื้อเท่ากันสามารถวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้เพียง 6.5 เซนติเมตร นอกจากนั้นจากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับการเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่งยังพบว่า การเจริญของเชื้อรา *A. niger* ไม่แตกต่างกันโดยในช่วงวันแรกๆ ของการบ่มเชื้อพบว่า การเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในทุกการทดลองสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อจากมันฝรั่ง แต่เมื่อบ่มเชื้อจนครบ 7 วัน พบว่า เชื้อรา *A. niger* สามารถเจริญจนเต็มจานเพาะเชื้อเช่นเดียวกัน แสดงดังตารางที่ 41

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 41 การเจริญของเชื้อรา *A. niger* * ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิเมื่อบ่มเชื้อนาน 7 วัน

การทดลอง	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี (เซนติเมตร)						
		1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน
1	การทดลองควบคุม	0.50 ± 0.2^{b}	1.48 ± 0.2^{b}	3.03 ± 0.3^{c}	4.97 ± 0.6^{b}	5.45 ± 0.5^{c}	5.97 ± 0.4^{e}	6.50 ± 0.5^{c}
2	4.0	0.50 ± 0.1^{b}	1.50±0.2b	3.00 ± 0.2^{c}	4.80 ± 0.2^{b}	5.50 ± 0.2^{c}	6.50 ± 0.0^{d}	7.00 ± 0.0^{b}
3	4.5	0.50 ± 0.2^{b}	1.50 ± 0.2^{b}	3.00 ± 0.3^{c}	4.80 ± 0.3^{b}	5.50 ± 0.3^{c}	6.50 ± 0.0^{d}	7.00 ± 0.0^{b}
4	5.0	1.00 ± 0.2^{a}	2.38 ± 0.2^{a}	5.03 ± 0.2^{a}	6.30 ± 0.3^{a}	7.95 ± 0.3^{a}	8.47 ± 0.1^{b}	9.00 ± 0.0^{a}
5	5.5	1.00 ± 0.1^{a}	2.53 ± 0.1^{a}	5.03 ± 0.2^{a}	6.55 ± 0.1^{a}	8.13 ± 0.2^{a}	8.53 ± 0.1^{b}	9.00 ± 0.0^{a}
6	6.0	1.00 ± 0.2^{a}	2.42 ± 0.3^{a}	5.02 ± 0.1^{a}	6.52 ± 0.4^{a}	8.02 ± 0.2^{a}	9.00 ± 0.0^{a}	9.00 ± 0.0^{a}
8	น้ำสกัดมันฝรั่ง	1.00 ± 0.2^{a}	2.50 ± 0.4^{a}	4.00 ± 0.1^{b}	5.00 ± 0.2^{b}	6.50 ± 0.4^{b}	8.00 ± 0.0^{c}	9.00 ± 0.0^{a}

หมายเหตุ $^{a-e}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การทดลองควบคุม หมายถึง อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป PDA (Difco, Cat. No. 213400)

น้ำสกัดมันฝรั่ง หมายถึง น้ำสกัดจากมันฝรั่งสด 200 กรัม ต้ม 30 นาที เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 ผงวุ้นร้อยละ 1.5

* หมายถึง การเจริญของเชื้อรา *A. niger* โดยใช้เชื้อเริ่มต้น 1 คอกบอเรอร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เซนติเมตร บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 7 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการศึกษาผลของน้ำตาลเด็กซ์โตรสต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งพบว่า อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่เติมผงวุ้นร้อยละ 1.5 ซึ่งเป็นปริมาณเท่ากับในอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่งที่ใช้โดยทั่วๆ ไป (Alexopoulos and Beneke, 1961) นั้น พบว่า อาหารเลี้ยงเชื้อมีการ form gel เร็วกว่าอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง ดังนั้น จึงทำการศึกษาผลของปริมาณผงวุ้นที่เติมในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งต่อค่า gel strength และการเจริญของเชื้อรา *A. niger*

ข. ผลของปริมาณผงวุ้นต่อค่า gel strength

จากปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ใช้ในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่ได้ในข้อ 4.2.1 คือ ใช้น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 5.0 เปอร์เซ็นต์และไม่เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 มาเตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งโดยใช้ปริมาณผงวุ้นร้อยละ 0.50 0.75 1.00 1.25 และ 1.50 แล้วจึงนำมาวัดค่า gel strength ผลการศึกษาพบว่า ค่า gel strength (แรงหน่วยเป็นนิวตันที่ทำให้เจลแตก) ของเจลที่ปริมาณผงวุ้นร้อยละ 0.50 0.75 1.00 1.25 และ 1.50 ในน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิพบว่า ตัวอย่างเจลในน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณผงวุ้นร้อยละ 0.50 แม้จะสามารถ form gel ได้แต่เนื่องจากปริมาณผงวุ้นที่น้อยเพียงร้อยละ 0.50 มีผลทำให้ไม่สามารถวัดค่า gel strength ได้ นอกจากนั้นยังพบว่า ค่า gel strength จะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อปริมาณผงวุ้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณผงวุ้นที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้โครงสร้างมีความแข็งแรงขึ้นจึงต้องใช้แรงเพิ่มขึ้นในการทำให้เจลแตก (ยุพินทรา, 2550) และจากการวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้การทดสอบ ANOVA พบว่า ค่า gel strength ของเจลในน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่คัดเลือกที่มีปริมาณผงวุ้นร้อยละ 1.00 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับค่า gel strength ในการทดลองควบคุม แสดงดังตารางที่ 42 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ปริมาณผงวุ้นร้อยละ 1.0 ที่เติมในน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งนั้น มีผลให้ค่า gel strength ไม่แตกต่างกับค่า gel strength ในการทดลองควบคุม (PDA, Difco)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 42 ผลของปริมาณผงวุ้นต่อค่า gel strength ของอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

การทดลอง	ปริมาณผงวุ้น (%)	ค่า Hardness (N)
1	การทดลองควบคุม	1.84 ± 0.11^{b}
2	0.50	ไม่สามารถวัดค่าได้
3	0.75	1.12 ± 0.03^{c}
4	1.00	1.76 ± 0.04^{b}
5	1.25	1.88 ± 0.05^{b}
6	1.50	2.32 ± 0.07^{a}

หมายเหตุ การทดลองควบคุม หมายถึง อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป PDA (Difco, Cat. No. 213400)
$^{a-c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ค. ปริมาณผงวุ้นต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger*

จากผลการศึกษาปริมาณผงวุ้นที่ปริมาณต่างๆ กัน คือ ร้อยละ 0.75 1.00 1.25 และ 1.50 ต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งพบว่า เชื้อรา *A. niger* สามารถเจริญได้ในทุกการทดลองและปริมาณผงวุ้นมีผลให้การเจริญของเชื้อรา *A. niger* ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุมเมื่อบมเชื้อเป็นเวลา 7 วัน เชื้อรา *A. niger* มีการเจริญของเส้นใยเต็มจานเพาะเชื้อ (9.0 เซนติเมตร) นอกจากนั้นยังพบว่า การเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในทุกการทดลองจะสูงกว่าการทดลองควบคุม และสูงกว่าการเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่งซึ่งผลการทดลองที่ได้เป็นไปในทำนองเดียวกันกับผลของน้ำตาลเด็กซ์โตรสแสดงดังตารางที่ 43 แต่การเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่ใช้ปริมาณผงวุ้นร้อยละ 0.75 แม้ว่าเชื้อรา *A. niger* จะสามารถเจริญได้แต่ขั้นตอนการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อหลังการเทอาหารเลี้ยงเชื้อลงในจานเพาะเลี้ยงเชื้อมีผลให้การ form gel เกิดขึ้นช้าและความคงตัวของเจลไม่ดีเท่าที่ควร และผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อไม่แห้งเนื่องจากมีปริมาณน้ำสูงซึ่งอาจมีผลต่อการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียได้ นอกจากนั้นยังอาจมีผลให้การนำเชื้อราไปใช้ในการทดสอบในขั้นตอนต่อไปทำได้ยากเนื่องจากการ form gel ของอาหารเลี้ยงเชื้อไม่ดีพอ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 43 ปริมาณผงวุ้นที่เติมในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger**

การทดลอง	ปริมาณผงวุ้น	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี (เซนติเมตร)						
	(%w/v)	1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน
1	การทดลองควบคุม	0.50 ± 0.2^{b}	1.50 ± 0.3^{b}	3.00 ± 0.1^{c}	5.00 ± 0.2^{b}	5.50 ± 0.2^{c}	6.10 ± 0.2^{c}	6.70 ± 0.2^{b}
2	0.75	1.00 ± 0.2^{a}	2.50 ± 0.2^{a}	5.00 ± 0.2^{a}	6.30 ± 0.2^{a}	8.00 ± 0.2^{a}	8.30 ± 0.0^{a}	9.00 ± 0.0^{a}
3	1.00	1.00 ± 0.1^{a}	2.50 ± 0.2^{a}	5.00 ± 0.3^{a}	6.50 ± 0.3^{a}	8.00 ± 0.3^{a}	8.50 ± 0.0^{a}	9.00 ± 0.0^{a}
4	1.25	1.00 ± 0.2^{a}	2.50 ± 0.2^{a}	5.00 ± 0.3^{a}	6.50 ± 0.3^{a}	8.10 ± 0.3^{a}	8.50 ± 0.2^{a}	9.00 ± 0.0^{a}
5	1.50	1.00 ± 0.1^{a}	2.50 ± 0.1^{a}	5.00 ± 0.3^{a}	6.50 ± 0.1^{a}	8.10 ± 0.2^{a}	8.50 ± 0.1^{a}	9.00 ± 0.0^{a}
8	น้ำสกัดมันฝรั่ง	1.00 ± 0.2^{a}	2.50 ± 0.4^{a}	3.8 ± 0.2^{b}	5.00 ± 0.2^{b}	6.80 ± 0.6^{b}	8.00 ± 0.0^{b}	9.00 ± 0.0^{a}

หมายเหตุ $^{a\text{-}c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การทดลองควบคุม หมายถึง อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป PDA (Difco, Cat. No. 213400)

น้ำสกัดมันฝรั่ง หมายถึง น้ำสกัดจากมันฝรั่งสด 200 กรัม ต้ม 30 นาที เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 ผงวุ้นร้อยละ 1.5

* หมายถึง การเจริญของเชื้อรา *A. niger* โดยใช้เชื้อเริ่มต้น 1 คอกบอเรอร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เซนติเมตร บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 7 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดังนั้นสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* คือ การเตรียมน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 5.0 เปอร์เซ็นต์ ไม่เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรส และเติมผงวุ้นร้อยละ 1.0 นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที แล้วจึงนำไปทดสอบการเจริญของเชื้อรา *A. niger*

6. การศึกษากระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในระดับห้องปฏิบัติการ (Lab-scale)

6.1 การศึกษากระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

ผลการศึกษากระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD เพื่อศึกษาปัจจัยของอุณหภูมิขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย 3 ระดับ คือ 150 160 และ 170 องศาเซลเซียส และให้อุณหภูมิขาออก 90 องศาเซลเซียส โดยใช้น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิจากการย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ที่ความเข้มข้น 0.050 %w/v และใช้เวลาในการย่อยนาน 30 นาที ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 75 องศาเซลเซียส ซึ่งวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 16.80 เปอร์เซ็นต์ มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นเพื่อให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เท่ากันในทุกการทดลอง คือ 15.0 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2.0 ลิตร ในทุกการทดลอง ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิขาเข้ามีผลต่อปริมาณผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิและเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง อุณหภูมิขาเข้าที่ต่างกันมีผลให้ร้อยละผลผลิตผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิและเวลาที่ใช้ในการทำแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอุณหภูมิขาเข้าที่สูงขึ้นมีผลให้ร้อยละผลผลิตผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิและเวลาที่ใช้ในการทำแห้งลดลง การใช้อุณหภูมิขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยที่150 องศาเซลเซียส แม้จะให้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิร้อยละ 65.0 ซึ่งมากกว่าการใช้อุณหภูมิขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยที่160 และ 170 องศาเซลเซียส ที่ให้ผลผลิตผงร้อยละ 57.23 และ 56.71 ตามลำดับ แต่การควบคุมอุณหภูมิขาออกของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยให้ไม่ต่ำกว่า 90 องศาเซลเซียส จะทำได้ยาก ในขณะที่การใช้อุณหภูมิขาเข้า 160 องศาเซลเซียส แม้ให้ปริมาณผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิน้อยกว่าแต่การควบคุมอุณหภูมิขาออกของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยทำได้ง่าย การใช้อุณหภูมิขาเข้า 170 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการทำแห้งพบว่า เมื่ออุณหภูมิขาออกของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยเพิ่มขึ้นมีผลให้ใช้เวลาในการทำแห้งลดลง โดยการใช้เวลาในการทำแห้งเมื่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุณหภูมิขาออกของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยที่ 150 160 และ 170 องศาเซลเซียส มีผลให้ต้องใช้เวลาในการทำแห้ง 8.0 7.0 และ 6.5 ชั่วโมง ตามลำดับ และเมื่อนำผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิไปวัดค่าคุณภาพพบว่า การใช้อุณหภูมิขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยที่160 และ 170 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น วอเตอร์แอคติวิตี้ และลักษณะปรากฏของผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ แต่การใช้อุณหภูมิขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยที่150 องศาเซลเซียสนั้น มีผลให้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิมีค่าปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคติวิตี้สูงขึ้น เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการทำแห้งที่นานกว่ามีผลให้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิมีการสะสมของความชื้นเพิ่มขึ้นจึงมีผลต่อผลิตผลิตที่ได้เพิ่มขึ้น แสดงดังตารางที่ 44

ดังนั้นกระบวนการในการทำแห้งน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแบบพ่นฝอย จึงใช้อุณหภูมิขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยที่ 160 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิขาออกของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยที่ 90 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เนื่องจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิมีลักษณะปรากฏ ค่าปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ไม่แตกต่างกับการใช้อุณหภูมิขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยที่ 170 องศาเซลเซียส ด้วยเหตุผลที่จะสามารถลดพลังงานในการทำแห้งลงได้ ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ได้ นำไปใช้ในการพัฒนาเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการทดสอบการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ต่อไป

ตารางที่ 44 ค่าคุณภาพผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิจากการทำแห้งแบบพ่นฝอย

การทดลอง	อุณหภูมิขาเข้า (^{o}C)	อุณหภูมิขาออก (^{o}C)	ความชื้น (ร้อยละ)	วอเตอร์แอคติวิตี้ (a_W) ^{ns}	ลักษณะปรากฏ
1	150	90 ± 2.0	2.60^{a}	0.24	ผง สีขาว
2	160	90 ± 2.0	2.56^{b}	0.22	ผง สีขาว
3	170	90 ± 2.0	2.54^{b}	0.22	ผง สีขาว

หมายเหตุ $^{a-b}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันแสดงความไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.2 ค่าคุณภาพผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

จากกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ โดยใช้อุณหภูมิขาเข้าของเครื่องทำแห้งที่ 160 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิขาออกของเครื่องทำแห้ง 90 องศาเซลเซียส เมื่อนำผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิมาวิเคราะห์ค่าคุณภาพพบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิมีค่าร้อยละ 3.45 นั้น มีค่าสูงกว่าในน้ำสกัดมันฝรั่งมาก (ร้อยละ 0.21) ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งที่มีค่าสูง มีผลให้เกิดข้อดีในด้านสามารถลดต้นทุนในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อลงได้ เนื่องจากไม่มีความจำเป็นต้องเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสเหมือนกับอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง และยังเพิ่มความสะดวกในการใช้งาน นอกจากนั้นผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิยังมีค่าร้อยละการละลายที่สูงถึงร้อยละ 81.75 และดัชนีการดูดต่ำเพียง 0.11 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีผลให้สามารถละลายในน้ำได้ดี ซึ่งส่งผลให้สารอาหารต่างๆ ละลายน้ำได้ดีด้วย เชื้อราจึงสามารถนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตได้ดีขึ้นด้วย แสงดังตารางที่ 45

ตารางที่ 45 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ	ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ
ค่าสี	
L*	84.52
a*	-0.52
b*	7.68
วอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w)	0.22
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	2.56
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่ง (กรัม/100 กรัม)	3.45
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)	31.79
การละลายน้ำ (ร้อยละ)	81.25
ดัชนีการดูดซับน้ำ (กรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง)	0.13

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.3 การผลิตผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิโดยกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยในระดับนำร่อง (Pilot scale)

จากผลการศึกษากระบวนการที่เหมาะสมในการทำแห้งน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย ทำให้ได้สภาวะที่เหมาะสมคือ การใช้น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 15.0 เปอร์เซ็นต์ และใช้อุณหภูมิขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย160 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิขาออก 90 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงผลิตผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในระดับนำร่องเพื่อเพิ่มปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิเพื่อในการทดสอบการเจริญของเชื้อรา เชื้อยีสต์และเชื้อเห็ดต่อไป ผลการทดลองพบว่า จะได้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิคิดเป็นร้อยละ 66.67 ซึ่งมากกว่าผลผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ วัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และปริมาณความชื้นได้ 0.18 และ 2.49 ตามลำดับ โดยพบว่าค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และปริมาณความชื้นมีค่าน้อยกว่าการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ เนื่องจากระยะเวลาในการทำแห้งน้อยกว่ามีผลให้เวลาที่แป้งผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิจะอยู่ในถัง (chamber) ของเครื่องทำแห้งสั้นลง มีผลให้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และปริมาณความชื้นต่ำกว่า

6.4 การวิเคราะห์ค่าคุณภาพผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิจากในระดับนำร่อง

ผลการวิเคราะห์ค่าคุณภาพผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิจากในระดับนำร่อง พบว่า ค่าคุณภาพของผงจากการผลิตในระดับนำร่องไม่แตกต่างกับการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ มีเพียงค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และปริมาณความชื้นเท่านั้นที่ต่ำกว่า แสดงให้เห็นว่าการผลิตผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในระดับนำร่องเพื่อเพิ่มปริมาณการผลิตนั้น สามารถใช้สภาวะการทำแห้งเช่นเดียวกับการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ โดยค่าคุณภาพทางเคมี- กายภาพของผงที่ได้จากการผลิตในระดับนำร่องไม่แตกต่างกับผงจากการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ แสดงดังตารางที่ 46

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 46 ค่าคุณภาพทางเคมี–กายภาพของผงจากการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการเปรียบเทียบกับการผลิตในระดับนำร่อง

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ	ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	
	ระดับห้องปฏิบัติการ	ระดับนำร่อง
ค่าสี		
L*	84.52	86.52
a*	-0.52	-0.52
b*	7.68	7.68
วอเตอร์แอคติวิตี้	0.22	0.18
ดัชนีการดูดซับน้ำ (กรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง)	0.12	0.11
การละลายน้ำ (ร้อยละ)	81.25	81.75
องค์ประกอบทางเคมี (โดยประมาณ)		
ความชื้น (ร้อยละ)	2.56	2.49
โปรตีน (ร้อยละ)	-	1.44
เถ้า (ร้อยละ)	-	1.14
ไขมัน (ร้อยละ)	-	0.35
เส้นใยหยาบ (ร้อยละ)	-	0.13
คาร์โบไฮเดรต (difference) (ร้อยละ)	-	96.94
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่ง (กรัม/100 กรัม)	3.45	3.45
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)	31.79	31.99
แคลเซียม (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	-	169.97
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	-	2.53
เหล็ก (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	-	1,505

หมายเหตุ – หมายถึง ไม่มีการวัดค่าคุณภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากผลการวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบทางเคมีของผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในระดับนำร่องพบว่า มีปริมาณร้อยละของคาร์โบไฮเดรตสูงถึง 96.94 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งและปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่มีค่า 3.45 และ 31.99 นั้น แสดงให้เห็นว่า ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิมีปริมาณน้ำตาลซึ่งเป็นแหล่งคาร์บอนที่สำคัญที่สามารถนำมาเตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อได้ โดยปริมาณน้ำตาลที่สูงยังทำให้การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อไม่จำเป็นต้องเติมน้ำตาลอีก นอกจากนั้น ปริมาณฟอสฟอรัสที่พบในผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีค่า 2.53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมนั้น น่าจะเป็นปัจจัยสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่มีผลให้เชื้อราสามารถเจริญได้ เนื่องจากฟอสฟอรัสจัดเป็นแร่ธาตุที่มีความจำเป็นในการเจริญและการสืบพันธุ์ของเชื้อรา แม้จะต้องการในปริมาณน้อยแต่มีความจำเป็นต้องเติมลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ จึงเป็นการยืนยันได้ว่าสามารถใช้ผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในการเตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อได้

7. การพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger*

7.1 อาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว

จากผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* พบว่า การเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 ไม่มีผลต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* และการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวโดยใช้น้ำสกัดจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 6.0 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม (PDB, Difco) ดังนั้นขั้นตอนต่อจากนี้ จึงไม่เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสในอาหารเลี้ยงเชื้ออีก

นอกจากนั้นผลการศึกษากรรมวิธีการเตรียมน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในข้อ 5.1 พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งและการเจริญของเชื้อรา *A. niger* โดยเมื่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น มีผลให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งและการเจริญของเชื้อรา *A. niger* เพิ่มขึ้นด้วย และจากผลการวิเคราะห์ค่าคุณภาพผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิพบว่า ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งน้อยกว่าในอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปซึ่งเป็นการทดลองควบคุม (PDB, Difco) (เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ร้อยละ 2.0) โดยวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งได้เท่ากับร้อยละ 3.45 และ 6.19 ตามลำดับ จากปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งที่น้อยกว่าประมาณ 2 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป ดังนั้นการทดลองในขั้นตอนนี้ จึงเตรียมผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 5 6 7 และ 8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าประมาณ 2 เท่า ของอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปที่มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 3.0 เปอร์เซ็นต์

การเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวที่ใช้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิพบว่า เชื้อรา *A. niger* สามารถเจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวที่เตรียมโดยใช้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ และผลจากการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติแสดงให้เห็นว่า การเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวที่เตรียมโดยใช้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 5.0 6.0 และ 7.0 %w/v ต่ำกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม แสดงว่าปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิยังมีปริมาณน้อย ส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลในอาหารเลี้ยงเชื้อยังไม่เพียงพอสำหรับเชื้อราจะใช้ในการเจริญเติบโต ในขณะที่การเจริญของเชื้อรา *A. niger* เมื่อใช้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 8.0 %w/v จะสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม (PDB, Difco) โดยมีค่าน้ำหนักเซลล์แห้งสูงที่สุดคือ 8.51 กรัมต่อลิตร แต่อย่างไรก็ตามการเจริญของเชื้อรา *A. niger* จากการใช้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 8.0 %w/v นั้น มีค่าน้อยกว่าการเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง ซึ่งมีค่าน้ำหนักเซลล์แห้ง 10.56 กรัมต่อลิตร จากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติการเจริญของเชื้อรา *A. niger* เมื่อเทียบกับการทดลองควบคุม (PDB, Difco) พบว่า เชื้อรา *A. niger* มีการเจริญอยู่ระหว่างการใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 7.0 ถึง 8.0 %w/v แสดงดังตารางที่ 47 และผลการทดลองยังพบแนวโน้มของความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (liner correlation) ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและน้ำหนักเซลล์แห้งของเชื้อรา *A. niger* ด้วย แสดงดังภาพที่ 13

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 47 การเจริญของเชื้อรา *A. niger* * ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวที่ใช้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิระหว่าง 5.0-8.0 %w/v

การทดลอง	ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ (%w/v)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)
1	การทดลองควบคุม		7.11 ± 0.25^{c}
2	5.0	5.0	3.78 ± 0.44^{f}
3	6.0	6.0	4.55 ± 0.61^{e}
4	7.0	7.0	6.02 ± 0.72^{d}
5	8.0	8.0	8.51 ± 0.81^{b}
6	น้ำสกัดจากมันฝรั่ง		10.56 ± 1.16^{a}

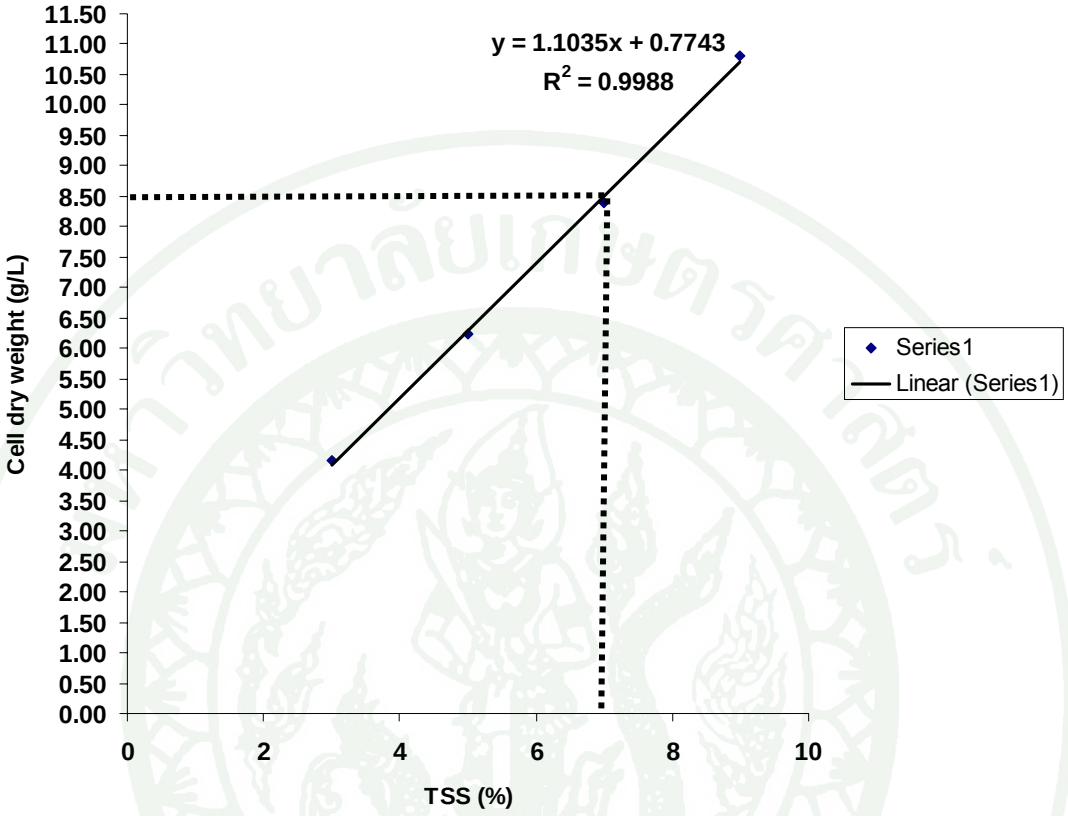
หมายเหตุ $^{a-f}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การทดลองควบคุม หมายถึง อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป PDB (Difco, Cat. No. 254920)

น้ำสกัดมันฝรั่ง หมายถึง น้ำสกัดจากมันฝรั่งสด 200 กรัม ต้ม 30 นาที

* หมายถึง การเจริญของเชื้อรา *A. niger* โดยใช้เชื้อเริ่มต้น 1 คอกบอเรอร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เซนติเมตร บนเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 4 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและน้ำหนักเซลล์แห้งของเชื้อรา *A. niger*

ผลของกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและน้ำหนักเซลล์แห้งของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวพบว่า จะต้องเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อโดยการใช้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิระหว่าง 7.0-8.0 %w/v ดังนั้นการพัฒนาสูตรในขั้นตอนต่อไปจึงอาศัยความสัมพันธ์ที่ได้ในการกำหนดปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ ดังนั้นจึงใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิระหว่าง 7.1-7.9 %w/v เตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวเพื่อการทดสอบการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 48

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 48 การเจริญของเชื้อรา *A. niger* * ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวที่ใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิระหว่าง 7.1-7.9 %w/v

การทดลอง	ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ (%w/v)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)
1	การทดลองควบคุม		7.48 ± 0.80^{c}
2	7.1	7.1	5.78 ± 0.60^{d}
3	7.2	7.2	5.88 ± 0.80^{d}
4	7.3	7.3	5.92 ± 0.88^{d}
5	7.4	7.4	6.32 ± 0.70^{d}
6	7.5	7.5	7.50 ± 1.46^{c}
7	7.6	7.6	7.31 ± 1.05^{c}
8	7.7	7.7	7.70 ± 0.66^{c}
9	7.8	7.8	8.10 ± 0.56^{b}
10	7.9	7.9	8.50 ± 0.26^{b}
11	น้ำสกัดจากมันฝรั่ง		11.06 ± 0.80^{a}

หมายเหตุ $^{a-d}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การทดลองควบคุม หมายถึง อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป PDB (Difco, Cat. No. 254920)

น้ำสกัดมันฝรั่ง หมายถึง น้ำสกัดจากมันฝรั่งสด 200 กรัม ต้ม 30 นาที

* หมายถึง การเจริญของเชื้อรา *A. niger* โดยใช้เชื้อเริ่มต้น 1 คอกบอเรอร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เซนติเมตร บนเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 4 วัน

จากผลการศึกษาปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่เหมาะสมสำหรับใช้เตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวเพื่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่า เชื้อรา *A. niger* ที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวที่เตรียมโดยใช้ปริมาณผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 7.1 7.2 7.3 และ 7.4 %w/v มีการเจริญน้อยกว่าและแตกต่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม (PDB, Difco) ในขณะที่การเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 7.8 และ 7.9 %w/v มีการเจริญสูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม (PDB, Difco) และการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ที่ใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 7.5 7.6 และ 7.7 %w/v นั้น มีการเจริญไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีน้ำหนักเซลล์แห้ง 7.50 7.31 และ 7.70 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ดังนั้นสูตรของอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* จึงใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิร้อยละ 7.5 %w/v เพื่อลดต้นทุนในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ เพราะจะใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิน้อยที่สุด นั่นคือ อาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับการเจริญของเชื้อรา *A. niger* สามารถเตรียมได้โดยใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 75.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1.0 ลิตร (ในขณะที่อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปจะใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ 24.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1.0 ลิตร)

7.2 อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง

จากผลการทดลองการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว ดังนั้นการศึกษาในขั้นตอนต่อไป จึงนำผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิมาเตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง โดยใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิระหว่าง 5.0-10.0 %w/v และใช้ผงวุ้นร้อยละ 1.0 ในทุกการทดลอง วัดการเจริญจากขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีที่เจริญบนอาหารในจานเพาะเลี้ยงเชื้อเมื่อบ่มเชื้อนาน 7 วัน ผลการทดลองที่ได้ แสดงดังตารางที่ 49จากการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่า เชื้อรา *A. niger* สามารถเจริญได้ในทุกการทดลองและการเจริญของเชื้อรา *A. niger* บนอาหารเลี้ยงเชื้อในทุกการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม (PDA, Difco) โดยการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในทุกการทดลองจะสูงกว่าเมื่อบ่มเชื้อนานขึ้น โดยเชื้อรา *A. niger* ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในทุกการทดลองจะเจริญเต็มจานเพาะเลี้ยงเชื้อและสามารถวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ 9.0 เซนติเมตร เมื่อบ่มเชื้อนาน 7 วัน ในขณะที่การเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในการทดลองควบคุม (PDA, Difco) วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้เพียง 6.2 เซนติเมตร เมื่อบ่มเชื้อนานถึง 7 วัน และต้องใช้เวลาในการบ่มเชื้อนาน 10 วัน เชื้อรา *A. niger*

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จึงเจริญเต็มจานเพาะเลี้ยงเชื้อและสามารถวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ 9.0 เซนติเมตร และเมื่อเปรียบเทียบการเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่งพบว่า การเจริญของเชื้อรา *A. niger* บนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิทุกการทดลองจะสูงกว่าการเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่งเมื่อบ่มเชื้อนาน 7 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 49 การเจริญของเชื้อรา *A. niger* * บนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ปริมาณ 5.0-10.0 %w/v และบ่มเชื้อนาน 7 วัน

การทดลอง	ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ (%w/v)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี (เซนติเมตร)						
			1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน
1	การทดลองควบคุม		0.50±0.2^{e}	1.50±0.3^{e}	3.00±0.1^{d}	3.50±0.2^{e}	5.50±0.2^{e}	6.10±0.2^{d}	6.70±0.2^{b}
2	5.0	5.0	1.00±0.2^{d}	2.50±0.2^{c}	4.20±0.2^{b}	6.00± 0.2^{c}	7.00± 0.2^{c}	8.00 ±0.2^{b}	9.00±0.0^{a}
3	6.0	6.0	1.50±0.2^{c}	2.50±0.2^{c}	4.50±0.2^{b}	6.00± 0.1^{c}	7.00± 0.1^{c}	8.00 ±0.1^{b}	9.00±0.0^{a}
4	7.0	7.0	1.50±0.2^{c}	2.50±0.2^{c}	4.50±0.2^{b}	6.50 ± 0.2^{a}	7.80± 0.2^{b}	8.20 ±0.2^{b}	9.00±0.0^{a}
5	8.0	8.0	2.00±0.2^{b}	4.00±0.2^{b}	4.20±0.2^{b}	6.80 ± 0.2^{b}	7.50± 0.2^{b}	8.00 ±0.2^{b}	9.00±0.0^{a}
6	9.0	9.0	2.50±0.2^{a}	4.50±0.2^{a}	6.00±0.2^{a}	7.20 ± 0.1^{a}	8.00± 0.1^{a}	8.50±0.1^{a}	9.00±0.0^{a}
7	10.0	10.0	2.50±0.2^{a}	4.50±0.2^{a}	6.00±0.2^{a}	7.60 ± 0.2^{a}	8.20± 0.2^{a}	8.50±0.2^{a}	9.00±0.0^{a}
8	น้ำสกัดมันฝรั่ง		1.00±0.2^{d}	2.00±0.4^{d}	3.5±0.2^{c}	5.00±0.2^{d}	6.50±0.6^{d}	7.50±0.0^{c}	9.00±0.0^{a}

หมายเหตุ $^{a-e}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
การทดลองควบคุม หมายถึง อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป PDA (Difco, Cat. No. 213400) น้ำสกัดมันฝรั่ง หมายถึง น้ำสกัดจากมันฝรั่งสด 200 กรัม ต้ม 30 นาที เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 ผงวุ้นร้อยละ 1.5 * หมายถึง การเจริญของเชื้อรา *A. niger* โดยใช้เชื้อเริ่มต้น 1 คอกบอเรอร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เซนติเมตร บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 7 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เชื้อรา *A. niger* สามารถเจริญได้บนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่ใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิระหว่าง 5.0-10.0 %w/v เมื่อบ่มเชื้อนาน 7 วัน พบว่า เชื้อรา *A. niger* สามารถเจริญได้เต็มจานเพาะเลี้ยงเชื้อ ดังนั้นการทดลองในขั้นตอนต่อไป จึงจะลดปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิลง โดยใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิระหว่าง 4.0-7.0 %w/v ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 50 จากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่า เชื้อรา *A. niger* สามารถเจริญได้ในทุกการทดลองและผลการทดลองสอดคล้องกับผลที่ได้ในขั้นต้น คือ การเจริญของเชื้อรา *A. niger* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิมากขึ้น เชื้อรา *A. niger* ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่ใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 4.0 และ 4.5 %w/v เชื้อรา *A. niger* เจริญได้ไม่เต็มจานเพาะเลี้ยงเชื้อเมื่อบ่มเชื้อนาน 7 วัน โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ 6.50 และ 7.00 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเชื้อรา *A. niger* ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่ใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 5.0 5.5 และ 6.0 %w/v เชื้อรา *A. niger* สามารถเจริญได้เต็มจานเพาะเลี้ยงเชื้อเมื่อบ่มเชื้อนาน 7 วัน และวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ 9.0 เซนติเมตร และเมื่อเปรียบเทียบกับการเจริญของเชื้อรา *A. niger* บนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่งก็ให้ผลการทดลองในทำนองเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 5.0 %w/v นั้น มีปริมาณน้ำตาลเพียงพอต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger*

ดังนั้นสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของเชื้อรา *A. niger* คือ การใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 5.0 %w/v ซึ่งเป็นปริมาณที่น้อยที่สุดโดยการเจริญของเชื้อราไม่แตกต่างกับการทดลองควบคุม (PDA, Difco) และเติมผงวุ้นร้อยละ 1.0 นั่นคือ อาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสามารถเตรียมได้โดยใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 50 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1.0 ลิตร เติมผงวุ้นร้อยละ 10 กรัม ตามลำดับ (ในขณะที่อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปจะใช้ปริมาณอาหารเลี้ยงเชื้อ 39.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1.0 ลิตร)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 50 การเจริญของเชื้อรา *A. niger* บนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ปริมาณ 4.0-7.0 %w/v และบ่มเชื้อ 7 วัน

การทดลอง	ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ (%w/v)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี (เซนติเมตร)						
			1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน
1	การทดลองควบคุม		0.50±0.2^{c}	1.50±0.3^{c}	3.00±0.1^{c}	5.00±0.2^{c}	5.50±0.2^{d}	6.10±0.2^{c}	6.70±0.2^{c}
2	4.0	4.0	0.50±0.2^{c}	1.00±0.3^{d}	2.50±0.1^{d}	4.50±0.2^{d}	5.50±0.2^{d}	6.00±0.2^{c}	6.50±0.0^{c}
3	4.5	4.5	0.50±0.2^{c}	1.00±0.0^{d}	3.00±0.2^{c}	4.50±0.2^{d}	5.50±0.1^{d}	6.00±0.2^{c}	7.00±0.2^{b}
4	5.0	5.0	1.00±0.2^{b}	2.50±0.2^{a}	4.20±0.2^{a}	6.0 ± 0.2^{b}	7.0 ± 0.2^{b}	8.0 ± 0.2^{a}	9.0 ± 0.0^{a}
5	5.5	5.5	1.00±0.2^{b}	2.50±0.2^{a}	4.20±0.2^{a}	6.0 ± 0.2^{b}	7.0 ± 0.2^{b}	8.0 ± 0.2^{a}	9.0 ± 0.0^{a}
6	6.0	6.0	1.50±0.2^{a}	2.50±0.2^{a}	4.50±0.2^{a}	6.0 ± 0.1^{b}	7.0 ± 0.1^{b}	8.0 ± 0.1^{a}	9.0 ± 0.0^{a}
7	6.5	6.5	1.50±0.2^{a}	2.50±0.2^{a}	4.50±0.2^{a}	6.5 ± 0.2^{a}	7.5 ± 0.2^{a}	8.0 ± 0.2^{a}	9.0 ± 0.0^{a}
8	7.0	7.0	1.50±0.2^{a}	2.50±0.2^{a}	4.50±0.2^{a}	6.5 ± 0.2^{a}	7.8 ± 0.2^{a}	8.2 ± 0.2^{a}	9.0 ± 0.0^{a}
9	น้ำสกัดมันฝรั่ง		1.00±0.2^{b}	2.00±0.4^{b}	3.5±0.2^{b}	5.00±0.2^{c}	6.50±0.6^{c}	7.50±0.0^{b}	9.00±0.0^{a}

หมายเหตุ $^{a-e}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
การทดลองควบคุม หมายถึง อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป PDA (Difco, Cat. No. 213400) น้ำสกัดมันฝรั่ง หมายถึง น้ำสกัดจากมันฝรั่งสด 200 กรัม ต้ม 30 นาที เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 ผงวุ้นร้อยละ 1.5 * หมายถึง การเจริญของเชื้อรา *A. niger* โดยใช้เชื้อเริ่มต้น 1 คอกบอเรอร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เซนติเมตร บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 7 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8. การพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิต่อการเจริญของเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae*

จากผลการศึกษาการพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* พบว่า สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวที่เหมาะสมที่เตรียมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* คือ การใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 7.5 %w/v ในขณะที่สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่เหมาะสม คือ ใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 5.0 %w/v ผสมกับผงวุ้นร้อยละ 1.0 ดังนั้น การทดลองในขั้นตอนการทดสอบการเจริญกับฟังไจสายพันธุ์อื่น จึงใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิเช่นเดียวกับการทดสอบการเจริญของเชื้อรา *A. niger*

8.1 การเจริญของเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว

การพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมโดยใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิต่อการเจริญของเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* จะใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิระหว่าง 7.3-7.7 %w/v การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวจะทำเช่นเดียวกับการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวสำหรับการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในข้อ 5.2.1แต่ใช้ปริมาณอาหารเลี้ยงเชื้อ 100 มิลลิลิตรและวัดการเจริญโดยการหาน้ำหนักเซลล์แห้ง (Hjortmo *et al*., 2007) ผลการทดลองพบว่า เชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* สามารถเจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมโดยใช้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในทุกการทดลอง และการเจริญของเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม (PDB, Difco) ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่า การเจริญของเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 7.3 7.4 และ 7.5 %w/v ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม (PDB, Difco) แสดงดังตารางที่ 51 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ถ้าลดปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิลงเป็น 7.2 และ 7.1 %w/v อาจมีผลให้การเจริญของการเจริญของเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม (PDB, Difco) จึงทำการทดลองต่อ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เมื่อลดปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิลงเป็น 7.2 และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7.1 %w/v การเจริญของเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae*จะน้อยกว่าการทดลองควบคุม (PDB, Difco) โดยสามารถวัดน้ำหนักเซลล์แห้งได้ 1.45 และ 1.67 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ดังนั้นสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวที่เหมาะสมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับการเจริญของเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* คือ ใช้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิปริมาณ 7.3 %w/w หรือการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อทำได้โดยใช้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 73 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1.0 ลิตร

ตารางที่ 51 การเจริญของเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* * ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวที่เตรียมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

การทดลอง	ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ (%w/v)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)
1	การทดลองควบคุม		1.89 ± 0.29^{b}
2	7.3	7.3	1.97 ± 0.20^{b}
3	7.4	7.4	2.23 ± 0.29^{b}
4	7.5	7.5	2.27 ± 0.28^{b}
5	7.6	7.6	2.99 ± 0.63^{a}
6	7.7	7.7	3.52 ± 0.32^{a}
7	น้ำสกัดจากมันฝรั่ง		3.55 ± 0.84^{a}

หมายเหตุ $^{a-b}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การทดลองควบคุม หมายถึง อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป PDB (Difco, Cat. No. 254920)

น้ำสกัดมันฝรั่ง หมายถึง น้ำสกัดจากมันฝรั่งสด 200 กรัม ต้ม 30 นาที เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0

* หมายถึง การเจริญของเชื้อรา *S. cerevisiae* โดยใช้เชื้อเริ่มต้น 10^{6} cfu/ml บนเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 24 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8.2 การเจริญของเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง

การพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่เหมาะสมโดยใช้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ อาศัยผลการเจริญของเชื้อรา *A. niger* และใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิเท่ากัน แต่ใช้เวลาในการบ่มเชื้อ 24 ชั่วโมง และใช้จำนวนเซลล์ของเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* เริ่มต้น 1 x 10^6 (Hjortmo *et al*., 2007) วัดการเจริญของเชื้อจากการนับจำนวนโคโลนีที่เจริญบนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 52 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* สามารถเจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมโดยใช้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในปริมาณเดียวกับการเจริญของเชื้อรา *A. niger* และผลวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่า การเจริญของเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* จะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิเพิ่มขึ้น และการเจริญของเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* บนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 5.0 % w/v และผงวุ้นร้อยละ 1.0 หลังการบ่มเชื้อ 24 ชั่วโมง พบว่า จำนวนโคโลนีที่เจริญบนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม (PDA, Difco) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่งพบว่า จำนวนโคโลนีที่เจริญบนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อมีจำนวนน้อยกว่า และเมื่อลดปริมาณแป้งผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 4.0 %w/v กลับพบว่าจำนวนโคโลนีที่เจริญบนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อมีจำนวนลดลง โดยสามารถนับจำนวนโคโลนีที่เจริญบนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อได้ 7.84 log cfu/ml แสดงให้เห็นว่า สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่เหมาะสมคือ การใช้ปริมาณแป้งผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 5.0 %w/v และเติมผงวุ้นร้อยละ 1.0 นั้น การเจริญของเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* ไม่แตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม (PDA, Difco)

ดังนั้นสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่เหมาะสมจากการใช้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับการเจริญของเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* คือ ใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 5.0 %w/v และผงวุ้นร้อยละ 1.0 นั่นคือ อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งสามารถเตรียมได้โดยการใช้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 50 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 1.0 ลิตร และเติมผงวุ้น 10 กรัม เช่นเดียวกับอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งสำหรับเชื้อรา *A. niger*

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 52 การเจริญของเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* * ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่ใช้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

การทดลอง	ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ (%w/v)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	Colony forming unit (log cfu/ml)
1	การทดลองควบคุม		7.88 ± 0.58^{d}
2	5.0	5.0	7.88 ± 1.00^{d}
3	5.5	5.5	7.95 ± 1.00^{c}
4	6.0	6.0	7.98 ± 1.00^{b}
5	6.5	6.5	7.99 ± 1.53^{a}
6	7.0	7.0	8.01 ± 0.58^{a}
7	น้ำสกัดจากมันฝรั่ง		7.90 ± 1.00^{d}

หมายเหตุ $^{a-d}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การทดลองควบคุม หมายถึง อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป PDA (Difco, Cat. No. 213400)

น้ำสกัดมันฝรั่ง หมายถึง น้ำสกัดจากมันฝรั่งสด 200 กรัม ต้ม 30 นาที เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 และผงวุ้นร้อยละ 1.5

* หมายถึง การเจริญของเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* โดยใช้เชื้อเริ่มต้น 10^{6}cfu/ml บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 24 วัน

9. การพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิต่อการเจริญของเชื้อเห็ดนางฟ้า

การพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่เหมาะสมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิต่อการเจริญเชื้อเห็ดนางฟ้า ทำได้โดยใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิเช่นเดียวกับการทดสอบการเจริญของเชื้อรา *A. niger* การเตรียมอาหารและการวัดการเจริญของเชื้อทำเช่นเดียวกับการทดสอบการเจริญของเชื้อรา *A. niger*

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

9.1 การเจริญของเชื้อเห็ดนางฟ้าในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง

การเจริญของเชื้อเห็ดนางฟ้าในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่เตรียมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ จะใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 5.0-7.0 %w/v ผสมผงวุ้นร้อยละ 1.0 ผลการทดลองพบว่า เชื้อเห็ดนางฟ้าสามารถเจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในทุกการทดลอง ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่า การเจริญของเชื้อเห็ดนางฟ้าจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิเพิ่มขึ้น โดยการเจริญของเชื้อเห็ดนางฟ้าในทุกการทดลองจะสูงกว่าการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม (PDA, Difco) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่งพบว่า การเจริญไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และเมื่อบ่มเชื้อจนครบ 10 วัน พบว่า เชื้อเห็ดนางฟ้าในทุกการทดลองจะเจริญจนเต็มจานเพาะเลี้ยงเชื้อและสามารถวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ 9.0 เซนติเมตร ในขณะที่การเจริญของเชื้อเห็ดนางฟ้าในการทดลองควบคุม (PDA, Difco) วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ 7.9 เซนติเมตร และต้องใช้เวลาในการบ่มเชื้อนาน 14 วัน เชื้อเห็ดนางฟ้าจึงเจริญจนเต็มจานเพาะเลี้ยงเชื้อ แสดงดังตารางที่ 53 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 5.0 %w/v ผสมผงวุ้นร้อยละ 1.0 น่าจะเป็นสูตรที่เหมาะสมในการเจริญของเชื้อเห็ดนางฟ้า และเมื่อศึกษาต่อเพื่อยืนยันสูตรที่เหมาะสมโดยลดปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิลง เมื่อวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีจากการบ่มเชื้อ 10 วัน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 54 จากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่า เมื่อลดปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิลงเหลือ 4.5 และ 4.0 %w/v เมื่อบ่มเชื้อจนครบ 10 วัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีกลับน้อยกว่าการใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 5.0 %w/v และเจริญไม่เต็มจานเพาะเลี้ยงเชื้อ แสดงว่า การใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิน้อยกว่า 5.0 %w/v เป็นปริมาณที่น้อยเกินไปสำหรับการเจริญของเชื้อเห็ดนางฟ้าเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม (PDA, Difco)

ดังนั้นสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่เหมาะสมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับการเจริญของเชื้อเห็ดนางฟ้าคือ การใช้ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 5.0 %w/v และผงวุ้นร้อยละ 1.0 นั่นคือ อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งสามารถเตรียมได้โดยการใช้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 50 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 1.0 ลิตร และเติมผงวุ้น 10 กรัม เช่นเดียวกับอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งสำหรับเชื้อรา *A. niger* และเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae*

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 53 การเจริญของเชื้อเห็ดนางฟ้า * ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่ใช้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 5.0-7.0 %w/v

การทดลอง	ปริมาณผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ (%w/v)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี (เซนติเมตร)			
			4 วัน	7 วัน	10 วัน	14 วัน [ns]
1	การทดลองควบคุม		2.7±0.1[d]	5.2±0.1[d]	7.9±0.1[b]	9.0±0.0
2	5.0	5.0	3.3±0.1[c]	5.9±0.1[c]	9.0±0.1[a]	9.0±0.0
3	5.5	5.5	3.7±0.1[b]	6.0±0.1[c]	9.0±0.1[a]	9.0±0.0
4	6.0	6.0	3.7±0.1[b]	6.3±0.1[bc]	9.0±0.1[a]	9.0±0.0
5	6.5	6.5	3.7±0.1[b]	6.9±0.1[ab]	9.0±0.1[a]	9.0±0.0
6	7.0	7.0	4.3±0.1[a]	7.2±0.1[a]	9.0±0.1[a]	9.0±0.0
7	น้ำสกัดจากมันฝรั่ง		3.4±0.1[c]	6.6±0.1[bc]	9.0±0.1[a]	9.0±0.0

หมายเหตุ [a-d] หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

[ns] หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันแสดงความไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การทดลองควบคุม หมายถึง อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป PDA (Difco, Cat. No. 213400)

น้ำสกัดมันฝรั่ง หมายถึง น้ำสกัดจากมันฝรั่งสด 200 กรัม ต้ม 30 นาที เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 ผงวุ้นร้อยละ 1.5

* หมายถึง การเจริญของเชื้อรา *A. niger* โดยใช้เชื้อเริ่มต้น 1 คอกบอเรอร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เซนติเมตร บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 14 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 54 การเจริญของเชื้อเห็ดนางฟ้า * ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่ใช้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 4.0-6.0 %w/v

การทดลอง	ปริมาณผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ (%w/v)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี (เซนติเมตร)						
			4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน	8 วัน	9 วัน	10 วัน
1	การทดลองควบคุม		2.7±0.1[b]	3.8±0.2[b]	4.6±0.4[c]	5.2±0.1[c]	6.0±0.0[c]	7.2±0.2[c]	7.9±0.2[c]
2	4.0	4.0	2.5±0.2[b]	3.6±0.3[b]	4.5±0.4[c]	4.8±0.2[d]	5.8±0.4[c]	6.8±0.4[d]	8.2±0.4[b]
3	4.5	4.5	2.5±0.1[b]	3.6±0.3[b]	4.5±0.3[c]	5.0±0.2[d]	6.0±0.2[c]	7.0±0.1[c]	8.2±0.5[b]
4	5.0	5.0	3.3±0.1[a]	4.0±0.2[a]	5.2±0.2[b]	5.9±0.1[b]	7.2±0.1[b]	8.5±0.1[b]	9.0±0.0[a]
5	5.5	5.5	3.5±0.6[a]	4.2±0.4[a]	5.2±0.2[b]	6.0±0.2[b]	7.5±0.2[b]	9.0±0.0[a]	9.0±0.0[a]
6	6.0	6.0	3.5±0.1[a]	4.2±0.2[a]	5.8±0.3[a]	6.2±0.1[b]	9.0±0.0[a]	9.0±0.0[a]	9.0±0.0[a]
8	น้ำสกัดมันฝรั่ง		3.4±0.1[a]	4.5±0.2[a]	5.5±0.2[a]	6.6±0.1[a]	7.5±0.2[b]	8.5±0.1[b]	9.0±0.0[a]

หมายเหตุ [a-d] หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การทดลองควบคุม หมายถึง อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป PDA (Difco, Cat. No. 213400)

น้ำสกัดมันฝรั่ง หมายถึง น้ำสกัดจากมันฝรั่งสด 200 กรัม ต้ม 30 นาที เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 ผงวุ้นร้อยละ 1.5

* หมายถึง การเจริญของเชื้อรา *A. niger* โดยใช้เชื้อเริ่มต้น 1 คอกบอเรอร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เซนติเมตร บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 10 วัน

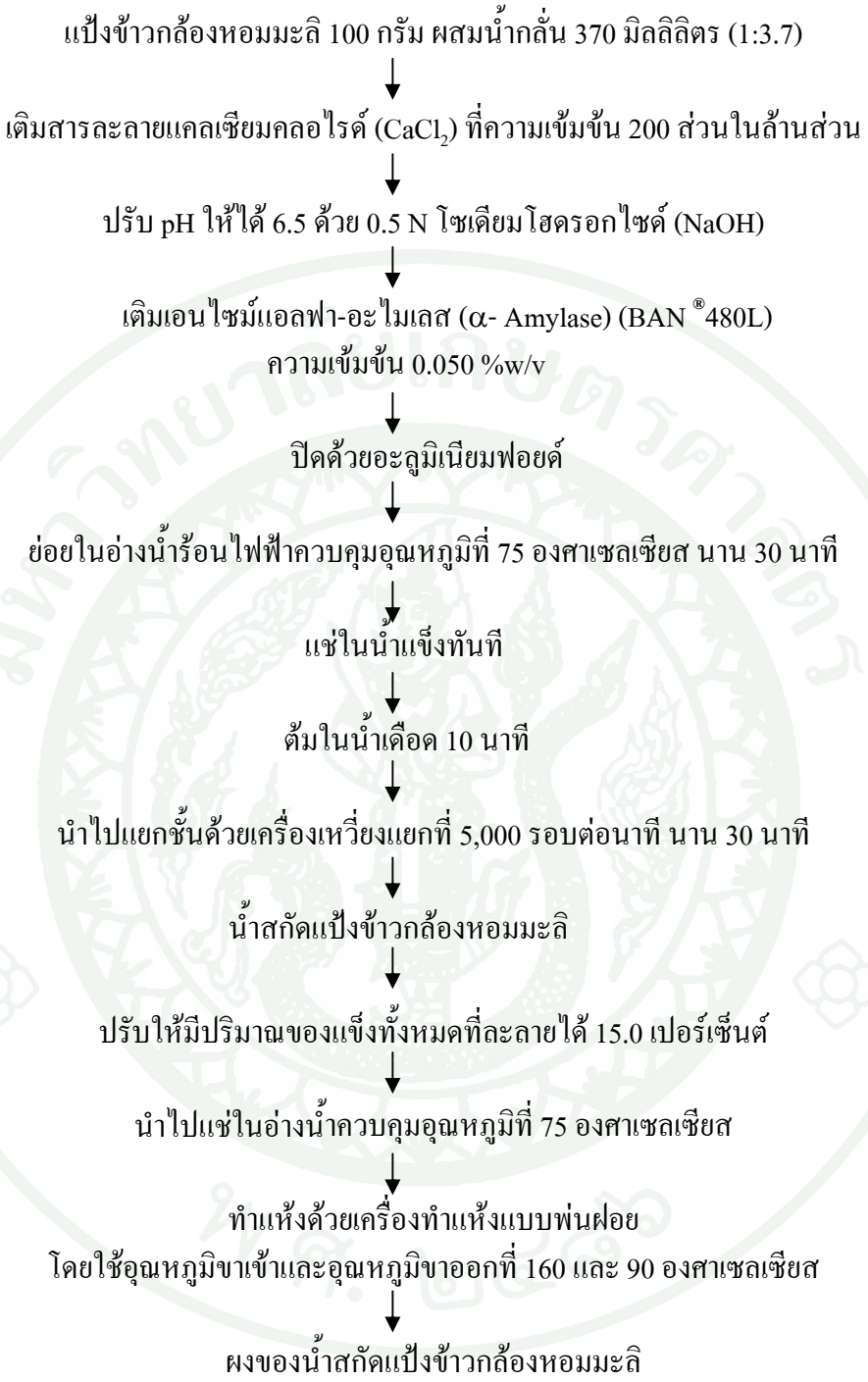
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

10. กรรมวิธีการผลิตผง สูตรและค่าคุณภาพอาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับการเจริญของฟังไจ

10.1 กรรมวิธีการการผลิตผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

กรรมวิธีการผลิตผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ เริ่มจากนำแป้งข้าวกล้องหอมมะลิความละเอียด 100 เมช เติมน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:3.7 เติมเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN®480L) ที่ความเข้มข้นของ 0.050 %w/v ย่อยในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 75 องศาเซลเซียส 30 นาที แช่ในน้ำเย็นทันที นำไปต้มในน้ำเดือด 10 นาที เพื่อหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ นำไปแยกด้วยเครื่องเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 5,000 รอบต่อนาที นาน 30 นาที จะได้น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลินำไปเจือจางให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 15.0 เปอร์เซ็นต์ นำไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 75 องศาเซลเซียส แล้วนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้อุณหภูมิขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยที่ 160 องศาเซลเซียสโดยให้อุณหภูมิขาออกของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยคงที่ 90 องศาเซลเซียส จะได้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีลักษณะปรากฏเป็นผงสีขาว โดยมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 2.56 และมีค่ามีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ไม่เกิน 0.22 แสดงดังภาพที่ 14

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 14 กรรมวิธีการผลิตผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

10.2 สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับการเจริญของฟังไจ

สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิต่อการเจริญของเชื้อรา เชื้อยีสต์และเชื้อเห็ดทั้งอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวและแบบแข็งแสดงดังตารางที่ 55

10.2.1 สูตรที่เหมาะสมของอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการเจริญของเชื้อรา *A. niger*

จากผลการศึกษาการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิพบว่า เชื้อรา *A. niger* สามารถเจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อทั้งแบบเหลวและแบบแข็งที่เตรียมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวทำได้โดยใช้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 75.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1.0 ลิตร นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที สำหรับการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งจะใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ 50.0 กรัม (ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ: ผงวุ้น อัตราส่วน 5: 1) ละลายในน้ำกลั่น 1.0 ลิตร นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

10.2.2 สูตรที่เหมาะสมของอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการเจริญของเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae*

จากผลการศึกษาการเจริญของเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิพบว่า เชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* สามารถเจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อทั้งแบบเหลวและแบบแข็งที่เตรียมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวทำได้โดยใช้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 73.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1.0 ลิตร นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที สำหรับการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งจะใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ 50.0 กรัม (ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ: ผงวุ้น อัตราส่วน 5: 1) ละลายในน้ำกลั่น 1.0 ลิตร นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

10.2.3 สูตรที่เหมาะสมของอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการเจริญของเชื้อเห็ดนางฟ้า

จากผลการศึกษาการเจริญของเชื้อเห็ดนางฟ้าในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิพบว่า เชื้อเห็ดนางฟ้าสามารถเจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่เตรียมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งจะใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ 50.0 กรัม (ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ: ผงวุ้น อัตราส่วน 5: 1) ละลายในน้ำกลั่น 1.0 ลิตร นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

ตารางที่ 55 สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิต่อการเจริญของเชื้อรา เชื้อยีสต์และเชื้อเห็ด

เชื้อ	ปริมาณของอาหารเลี้ยงเชื้อ (กรัมต่อลิตร)	
	อาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว	อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง
เชื้อรา *A. niger*	75.0 [1]	50.0 [2]
เชื้อยีสต์ *S. cerevisiae*	75.0 [1]	50.0 [2]
เชื้อเห็ดนางฟ้า	-	50.0 [2]

หมายเหตุ [1] หมายถึง ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

[2] หมายถึง ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ: ผงวุ้น อัตราส่วน 5: 1

\- หมายถึง ไม่ได้ทำการทดลอง

10.3 คุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อ

การวัดค่าคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิเปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป (Difco) และอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง มีผลการวัดค่าคุณภาพ ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

10.3.1 ค่าคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว

ผลการวัดค่าคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวที่เตรียมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ เปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป (PDB, Difco) และอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง แสดงดังตารางที่ 56

ตารางที่ 56 ค่าคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ เปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและอาหารเลี้ยงเชื้อจากมันฝรั่ง

คุณสมบัติทางเคมี-กายภาพ	อาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป [1]	อาหารเลี้ยงเชื้อจากมันฝรั่ง [2]
ค่าสี			
L*	73.85	93.15	85.12
a*	2.72	-0.57	1.49
b*	11.43	5.67	9.31
Transmittance $_{640\ nm}$	50.55	77.49	54.54
Optical density (OD) $_{640\ nm}$	0.30	0.11	0.26
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	5.85	5.05	5.93
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(เปอร์เซ็นต์)	16.80	3.0	2.0
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)	17.58	2.99	2.41
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่ง (กรัม/100 กรัม)	3.45	6.19	6.45
การเจริญของเชื้อรา *A. niger* (กรัมต่อลิตร)	7.50	7.48	11.06
การเจริญของเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* (กรัมต่อลิตร)	1.97	1.89	3.55

หมายเหตุ [1] หมายถึง อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป PDB (Difco, Cat. No. 254920)

[2] หมายถึง น้ำสกัดจากมันฝรั่งสด 200 กรัม ต้ม 30 นาที เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

10.3.2 ค่าคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง

ผลการวัดค่าคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่เตรียมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ เปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป (PDA, Difco) และอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง แสดงดังตารางที่ 57

ตารางที่ 57 ค่าคุณภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ เปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง

คุณสมบัติทางเคมี-กายภาพ	อาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป [1]	อาหารเลี้ยงเชื้อจากมันฝรั่ง [2]
ค่าสี			
L*	28.07	30.90	
a*	2.07	3.77	
b*	8.46	11.67	
a_w	0.18	0.28	-
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.22	5.28	5.97
ความแข็งของเจล	1.76	1.84	2.22
สมบัติการละลายเมื่อนำมาคืนรูป (นาที) ต่ออาหารเลี้ยงเชื้อปริมาตร100 มิลลิลิตร	22	24	18
สมบัติการหลอมเหลวต่อ100 มิลลิลิตร(นาที) ต่ออาหารเลี้ยงเชื้อปริมาตร100 มิลลิลิตร	18	16	12
การเจริญของเชื้อรา *A. niger* (เซนติเมตร)	9.0 / 7 วัน	9.0 / 7 วัน	9.0 / 7 วัน
การเจริญของเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae*			
การเจริญของเชื้อเห็ดนางฟ้า (เซนติเมตร)	9.0 / 7 วัน	9.0 / 14 วัน	9.0 / 10 วัน

หมายเหตุ [1] หมายถึง อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป PDA (Difco, Cat. No. 213400)

[2] หมายถึง น้ำสกัดจากมันฝรั่งสด 200 กรัม ต้ม 30 นาที เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

11. ผลการคำนวณต้นทุนในการผลิต

ผลการศึกษาต้นทุนของผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจ จากการคิดค่าใช้จ่ายโดยประมาณค่าจากวัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจที่มีขนาดเท่ากับ 100 กรัม รายละเอียดการคำนวณแสดงดังภาคผนวก ข

ปลายข้าวกล้องหอมมะลิราคากิโลกรัมละ 8.00 บาท จะได้ปลายข้าวกล้องหอมมะลิที่คัดเอาสิ่งปนเปื้อนออกแล้ว จะได้ปลายข้าวกล้องหอมมะลิคุณภาพดีร้อยละ 99.50 คิดเป็นราคากิโลกรัมละ 8.04 บาท เมื่อนำไปทำความสะอาด อบแห้ง โม่ และร่อนผ่านตแกรงขนาด 100 เมช จะได้แป้งข้าวกล้องหอมมะลิขนาด 100 เมช ร้อยละ 95.00 ดังนั้นแป้งข้าวกล้องหอมมะลิขนาด 100 เมช จำนวน 1 กิโลกรัม จะมีราคา 8.46 บาท เมื่อนำมาคำนวณรวมกับวัตถุดิบอื่นๆ พบว่า ต้นทุนในการผลิตผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ คิดเป็นกิโลกรัมละ 287.56 บาท แสดงดังภาพที่ 15 และผลการคำนวณต้นทุนผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแบบเหลวและแบบแข็งสำหรับฟังไจ จะมีราคา 28.76 และ 42.06 บาทต่อขวด (น้ำหนักบรรจุ 100 กรัม) ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 58

ปลายข้าวกล้องหอมมะลิ (100.00 %)
↓ คัดเอาสิ่งปนเปื้อน
ปลายข้าวกล้องหอมมะลิคุณภาพดี (99.50 %)
↓ ทำความสะอาด อบ และโม่
แป้งข้าวกล้องหอมมะลิ
↓ ร่อนด้วยตะแกรงขนาด 100 เมช
แป้งข้าวกล้องหอมมะลิขนาด 100 เมช (95.00 %)
↓ ย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN®480L)
น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ (60.67 %)
↓ ทำแห้งแบบพ่นฝอย
ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ (10.00 %)

ภาพที่ 15 ปริมาณผลผลิตของส่วนประกอบต่างๆ จากกระบวนการผลิตผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 58 ราคาวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ (100 กรัม)

ชนิดของอาหารเลี้ยงเชื้อ	ส่วนผสม	ราคาต่อหน่วย (บาท/กก.)	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)	ราคา *(บาท)
แบบเหลว	ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	287.56	100.00	28.76
	รวมราคาวัตถุดิบทั้งหมด			28.76
แบบแข็ง	ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	287.56	83.00	23.87
	ผงวุ้น	1,070.00	17.00	18.19
	รวมราคาวัตถุดิบทั้งหมด			42.06

หมายเหตุ * หมายถึง ราคายังไม่รวมบรรจุภัณฑ์

12. ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยวิธี Home Use Test (HUT) กับกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่เตรียมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ สำหรับการเจริญของเชื้อรา เชื้อยีสต์ และเชื้อเห็ด จำนวน 30 คน การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ มีขั้นตอนดังนี้ ชั่งผงอาหารเลี้ยงเชื้อ 50.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร กวนผสมให้เข้ากันและต้มให้เดือดนาน 1 นาที เพื่อให้อาหารเลี้ยงเชื้อละลายเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที แล้วจึงนำไปทดสอบการเจริญของเชื้อ

ผลการทดสอบการยอมรับกับกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย สามารถแบ่งกลุ่มผู้บริโภคตามลักษณะอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป (Ready-to used) คิดเป็นร้อยละ 53.34 กลุ่มที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อจากมันฝรั่ง คิดเป็นร้อยละ 33.33 และกลุ่มที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อทั้งสองแบบ คือ ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและอาหารเลี้ยงเชื้อจากมันฝรั่ง คิดเป็นร้อยละ 13.33 ตามลำดับ นอกจากนั้นอาจแบ่งกลุ่มผู้บริโภคตามชนิดของฟังไจที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มเช่นกัน คือ กลุ่มที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับเพาะเลี้ยงเชื้อเห็ด เชื้อรา และเชื้อยีสต์ ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

12.1 ข้อมูลด้านประชากรศาสตร์

กลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายจำนวน 30 คน มีลักษณะทางประชากรศาสตร์ดังนี้ ผู้บริโภคมีช่วงอายุ 31-40 ปี มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 43.33 รองลงมาคือ ช่วงอายุ 20-30 ปี คิดเป็นร้อยละ 36.67 ช่วงอายุ 41-50 ปี คิดเป็นร้อยละ 16.67 และ ช่วงอายุ 51 ปี ขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 3.33 โดยผู้บริโภคประกอบอาชีพนักวิจัย/นักวิทยาศาสตร์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 36.67 รองลงมาคือ อาชีพอาจารย์และอาชีพเจ้าหน้าที่ตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีวิทยาในปริมาณที่เท่ากัน คิดเป็นร้อยละ 23.33 อาชีพเจ้าหน้าที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพร้อยละ 10.00 และผู้เพาะเลี้ยงเห็ด คิดเป็นร้อยละ 6.67 ตามลำดับ ผู้บริโภคมีการศึกษาระดับปริญญาตรีสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 50.00 รองลงมาคือระดับปริญญาโท คิดเป็นร้อยละ 43.33 และสูงกว่าระดับปริญญาโทคิดเป็นร้อยละ 6.67 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 59

ตารางที่ 59 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคเป้าหมายจากการทดสอบการยอมรับ

N = 30

ผู้บริโภคเป้าหมาย	ความถี่	ร้อยละ
อายุ		
31-40 ปี	13	43.33
20-30 ปี	11	36.67
41-50 ปี	5	16.67
51 ปี ขึ้นไป	1	3.33
อาชีพ		
นักวิจัย/นักวิทยาศาสตร์	11	36.67
อาจารย์	7	23.33
เจ้าหน้าที่ตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีวิทยา	7	23.33
เจ้าหน้าที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพ	3	10.00
ผู้เพาะเลี้ยงเห็ด	2	6.67
การศึกษา		
ปริญญาตรี	15	50.00
ปริญญาโท	13	43.33
สูงกว่าปริญญาโท	2	6.67

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 59 (ต่อ)

ผู้บริโภคเป้าหมาย	ความถี่	ร้อยละ
กลุ่มผู้บริโภคแบ่งตามชนิดของเชื้อฟังไจ		
เชื้อรา	16	53.33
เชื้อยีสต์	9	30.00
เชื้อเห็ด	5	16.67

12.2 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่เตรียมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

ผลการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคเมื่อนำผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิมาทดลองใช้แยกการทดสอบเป็น 2 ส่วน คือ ก่อนการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและหลังการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยก่อนการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อพบว่า ปัจจัยที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญและมีผลต่อความพึงพอใจ คือ ด้านลักษณะปรากฏของอาหารเลี้ยงเชื้อ (สีและการจับตัวของผง) โดยผู้บริโภคให้ความสำคัญในด้านลักษณะปรากฏทั้งคุณลักษณะด้านสีและการจับตัวของผงของอาหารเลี้ยงเชื้อในระดับมาก โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.53 และ 3.57 ตามลำดับ หลังการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อปัจจัยที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญและมีผลต่อความพึงพอใจ คือ ความยาก-ง่ายในการละลาย ความใสของอาหารเลี้ยงเชื้อ ความคงตัวของวุ้นและความสะดวกในการใช้งานในระดับมาก โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.47 3.53.3.67 และ 3.77 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 60

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 60 ความถี่ของผู้บริโภค จำแนกตามระดับความสำคัญของปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามใช้พิจารณาต่อความพึงพอใจในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ

N = 30

ปัจจัย	ความถี่แต่ละระดับคะแนน (คน)					ค่าคะแนนเฉลี่ย*	ความสำคัญของปัจจัย
	1	2	3	4	5		
ก่อนการเตรียม							
ลักษณะปรากฏ							
- สี	0	0	16	12	2	3.53	มาก**
- การจับตัวของผง	0	0	15	13	2	3.57	มาก**
หลังการเตรียม							
ความยาก-ง่ายในการละลาย	0	0	17	12	1	3.47	มาก**
ความใสของอาหารเลี้ยงเชื้อ	0	0	15	14	1	3.53	มาก**
ความคงตัวของวุ้น	0	0	11	18	1	3.67	มาก**
ความสะดวกในการใช้งาน	0	0	9	19	2	3.77	มาก**

หมายเหตุ * คะแนนเฉลี่ย = $\frac{\sum (\text{จำนวนผู้บริโภคที่ระดับความถี่ต่างๆ} \times \text{คะแนนความถี่})}{\text{จำนวนผู้ทดสอบ}}$

* ปานกลาง หมายถึง ช่วงคะแนน 2.61-3.40

** มาก หมายถึง ช่วงคะแนน 3.41-4.20

*** มากที่สุด หมายถึง ช่วงคะแนน 4.21-5.00

ผลการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อระดับความพึงพอใจในกลุ่มผู้บริโภคที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการเพาะเลี้ยงเชื้อเห็ดพบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านลักษณะของโคโลนีและสีของโคโลนีที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อในระดับมากโดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากันคือ 4.00 ปัจจัยด้านลักษณะของเส้นใยของเชื้อเห็ดที่ปรากฏบนอาหารเลี้ยงเชื้อในระดับมากที่สุดโดยมีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.80 จะเห็นได้ว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านนี้มาก เนื่องจากผู้บริโภคที่ทดสอบอาหารเลี้ยงเชื้อในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะนำเชื้อเห็ดที่เพาะเลี้ยงไปใช้ประโยชน์ต่อโดยการนำไปใช้เป็นหัวเชื้อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับการเพาะเห็ดในถุงหรือแปลงเพาะเชื้อ ดังนั้นลักษณะของเส้นใยที่ปรากฏจึงถือเป็นปัจจัยสำคัญและบอกถึงลักษณะและคุณภาพของเชื้อ เพราะจะมีผลต่อการออกดอกของเห็ดในขั้นตอนการเพาะเห็ดและการเปิดดอก สำหรับปัจจัยด้านสีของเส้นใย จำนวนโคโลนี การนับจำนวนโคโลนีและเวลาในการเจิญของเชื้อเห็ดบนอาหารเลี้ยงเชื้อนั้นผู้บริโภคให้ความสำคัญในระดับมากโดยมีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.00 4.00 3.80 และ 4.00 ตามลำดับ

ผลการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อระดับความพึงพอใจในกลุ่มผู้บริโภคที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการเพาะเลี้ยงเชื้อราพบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญในทุกปัจจัยในระดับมาก โดยในลักษณะของโคโลนีและสีของโคโลนีที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อมีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.00 และ 4.06 เส้นใยและสีของเส้นใยเชื้อราที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อมีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.81 และ 3.69 จำนวนโคโลนี การนับจำนวนโคโลนีและระยะเวลาในการเจริญมีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.88 4.13 และ 4.00 ตามลำดับ จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าผู้บริโภคจะให้ความสำคัญในทุกๆ ปัจจัยในระดับความสำคัญที่เท่ากันคือระดับมาก เนื่องจากผู้บริโภคที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อในการทดสอบการเจริญของเชื้อรานั้น ส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์ในการทดสอบเพื่อแยกชนิดและจำนวนของเชื้อราในตัวอย่างทดสอบเช่น ดิน น้ำ เป็นต้น ดังนั้นผู้ทดสอบจึงเพียงต้องการทราบว่าในตัวอย่างทดสอบนั้นมีเชื้อราสายพันธุ์ใดและมีในปริมาณมาก-น้อยเท่าไรและผู้บริโภคอีกส่วนหนึ่งใช้อาหารเลี้ยงเชื้อในการตรวจสอบว่ามีเชื้อราปนเปื้อนในตัวอย่างทดสอบหรือไม่และจำนวนเท่าใด ไม่ได้ต้องการนำเชื้อราที่ได้ไปใช้ทดสอบอย่างอื่น ดังนั้นผู้บริโภคจึงไม่ได้ให้ความสำคัญกับปัจจัยใดปัจจัยหนึ่ง

ผลการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อระดับความพึงพอใจในกลุ่มผู้บริโภคที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการเพาะเลี้ยงเชื้อยีสต์พบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญในปัจจัยด้านจำนวนและสีของโคโลนีที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อหลังการบ่มเชื้อในระดับมากที่สุด โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.56 และ 4.44 ตามลำดับ สำหรับปัจจัยด้านอื่นๆ คือ การนับจำนวนโคโลนีและระยะเวลาในการเจริญของเชื้อยีสต์ผู้บริโภคจะให้ความสำคัญในระดับมากโดยมีค่าเฉลี่ย 3.78 และ 3.67 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 61

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 61 ความถี่ของผู้บริโภค จำแนกตามระดับความสำคัญของปัจจัยที่ผู้ตอบแบบสอบถามใช้พิจารณาต่อความพึงพอใจในการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ แบ่งตามชนิดของฟังไจ

ปัจจัย	ความถี่แต่ละระดับคะแนน (คน)					ค่าคะแนนเฉลี่ย*	ความสำคัญของปัจจัย
	1	2	3	4	5		
1. เชื้อเห็ด (N=5)							
โคโลนี	0	0	1	3	1	4.00	มาก**
สีของโคโลนี	0	0	1	3	1	4.00	มาก**
เส้นใย	0	0	0	1	4	4.80	มากที่สุด***
สีของเส้นใย	0	0	1	3	1	4.00	มาก**
จำนวนโคโลนี	0	0	1	3	1	4.00	มาก**
การนับจำนวนโคโลนี	0	0	1	4	0	3.80	มาก**
เวลาในการเจริญ	0	0	1	3	1	4.00	มาก**
2. เชื้อรา (N=16)							
โคโลนี	0	0	1	14	1	4.00	มาก**
สีของโคโลนี	0	0	0	15	1	4.06	มาก**
เส้นใย	0	0	4	11	1	3.81	มาก**
สีของเส้นใย	0	0	6	9	1	3.69	มาก**
จำนวนโคโลนี	0	0	2	14	0	3.88	มาก**
การนับจำนวนโคโลนี	0	0	1	12	3	4.13	มาก**
เวลาในการเจริญ	0	0	3	10	3	4.00	มาก**
3. เชื้อยีสต์ (N=9)							
จำนวนโคโลนี	0	0	0	4	5	4.56	มากที่สุด***
สีของโคโลนี	0	0	1	3	5	4.44	มากที่สุด***
การนับจำนวนโคโลนี	0	0	3	5	1	3.78	มาก**
เวลาในการเจริญ	0	0	4	4	1	3.67	มาก**

หมายเหตุ * คะแนนเฉลี่ย = $\frac{\sum (\text{จำนวนผู้บริโภคที่ระดับความถี่ต่างๆ} \times \text{คะแนนความถี่})}{\text{จำนวนผู้ทดสอบ}}$

* ปานกลาง หมายถึง ช่วงคะแนน 2.61-3.40 ** มาก หมายถึง ช่วงคะแนน 3.41-4.20

*** มากที่สุด หมายถึง ช่วงคะแนน 4.21-5.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดสอบความชอบของผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในแต่ละคุณลักษณะต่างๆ ผลการทดสอบผลิตภัณฑ์แสดงดังตารางที่ 62 พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ ความชอบต่อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิโดยภาพรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง คือ 7.43 ความชอบด้านลักษณะปรากฏของอาหารเลี้ยงเชื้อผงก่อนการเตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อเท่ากับ 7.27 ความชอบด้านขั้นตอนการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิเท่ากับ 7.30 ความชอบด้านประสิทธิภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิเท่ากับ 7.30

ตารางที่ 62 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้บริโภคที่ใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

N = 30

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ
ลักษณะปรากฏของอาหารเลี้ยงเชื้อผงก่อนการเตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ	7.27±0.78
ขั้นตอนการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	7.30±0.65
ประสิทธิภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	7.30±0.65
ความชอบต่อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิโดยภาพรวม	7.43±0.57

จากการสอบถามด้านการยอมรับของผู้บริโภคต่ออาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่ใช้แป้งผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิพบว่า ผู้บริโภคทั้ง 3 กลุ่ม คือ ผู้บริโภคที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อการเพาะเชื้อเห็ด เชื้อราและเชื้อยีสต์ยอมรับในผลิตภัณฑ์ร้อยละ 100 โดยให้เหตุผลว่า ลักษณะของอาหารเลี้ยงเชื้อก่อนการเตรียมคล้ายกับอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปแม้สีของอาหารเลี้ยงเชื้อจะแตกต่างแต่ไม่มีผลต่อการเจริญของเชื้อภายหลังการบ่มเชื้อและไม่เป็นอุปสรรคในการนับจำนวนเชื้อเนื่องจากอาหารเลี้ยงเชื้อมีความใสมากพอ ไม่มีผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการนับจำนวน สำหรับการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อไม่ยุ่งยากไม่ต่างกับอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป นอกจากนั้นเวลาที่ใช้ในการละลายอาหารเลี้ยงเชื้อก่อนนำไปฆ่าเชื้อใช้เวลาน้อยกว่าอาหารสำเร็จรูปและเมื่อเปรียบ เทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่งพบว่า จะใช้เวลาและมีขั้นตอนการเตรียมน้อยกว่ามาก ไม่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ยุ่งยาก และไม่มีเศษเหลือทิ้งเมื่อเปรียบเทียบกับการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อจากมันฝรั่งซึ่งมีส่วนกากมันที่ได้จากการต้มเป็นส่วนเหลือ ด้านประสิทธิภาพของอาหารเลี้ยงเชื่อที่เตรียมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลินั้นพบว่า มีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกับการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป ซึ่งจากผลการสำรวจสอดคล้องกับการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภค แสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจที่เตรียมจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่พัฒนานั้น สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในด้าน ความสะดวกและประสิทธิภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งเป็นปัจจัยที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญในระดับมากที่สุด

จากการสอบถามด้านการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคต่ออาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่เตรียมจากแป้งผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิพบว่า ผู้บริโภคที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการเพาะเลี้ยงเชื้อเห็ดจะตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 80.00 และไม่แน่ใจว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 20 ผู้บริโภคที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการเพาะเลี้ยงเชื้อราจะตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 68.75 ไม่แน่ใจว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 25.00 และไม่ซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 6.25 ผู้บริโภคที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการเพาะเลี้ยงเชื้อยีสต์จะตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 77.78 และไม่แน่ใจว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 22.22 เมื่อสอบถามด้านการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์พบว่า ผู้บริโภคทั้ง 3 กลุ่มจะตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์มากกว่าร้อยละ 68.75 ไม่แน่ใจว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 25.00 และตัดสินใจไม่ซื้อผลิตภัณฑ์ระหว่างร้อยละ 6.25 ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าแม้ผู้บริโภคจะยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่เตรียมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแต่มีการตัดสินใจซื้อเพียงร้อยละ 68.75 แม้จะยอมรับในผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากเหตุผลที่ว่ามีความสะดวกในการใช้และมีประสิทธิภาพในการเลี้ยงเชื้อไม่แตกต่างกับอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป โดยให้เหตุผลว่า ปัจจัยด้านราคาของอาหารเลี้ยงเชื้อจะมีผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค ผู้บริโภคจะตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อเพิ่มมากขึ้นถ้ามีราคาต่ำกว่าอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป สำหรับผู้บริโภคที่ไม่แน่ใจว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์ ให้เหตุผลว่า ปัจจัยด้านราคาของอาหารเลี้ยงเชื้อมีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์และจะตัดสินใจซื้อเพิ่มขึ้นถ้ามีราคาต่ำกว่าอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปเช่นกัน นอกจากนั้นผู้บริโภคที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการเพาะเชื้อราให้เหตุผลเพิ่มเติมว่า การเจริญของเชื้อราบางชนิดบนอาหารเลี้ยงเชื้อพบว่าเส้นใยที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิจะมีลักษณะฟูและหนาแน่นน้อยกว่าเส้นใยที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป แต่เส้นใยสามารถเจริญเต็มจานเพาะเลี้ยงเชื้อเมื่อบ่มเชื้อในระยะเวลาที่เท่ากัน ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 63

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 63 ข้อมูลการทดสอบการยอมรับและการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

ปัจจัย	ความถี่	ร้อยละ
1. เชื้อเห็ด (N=5)		
การยอมรับ		
ยอมรับ	5	100
การตัดสินใจซื้อ		
ซื้อ	4	80
ไม่แน่ใจ	1	20
2. เชื้อรา (N=16)		
การยอมรับ		
ยอมรับ	16	100
การตัดสินใจซื้อ		
ซื้อ	11	68.75
ไม่แน่ใจ	4	25.00
ไม่ซื้อ	1	6.25
3. เชื้อยีสต์ (N=9)		
การยอมรับ		
ยอมรับ	9	100
การตัดสินใจซื้อ		
ซื้อ	7	77.78
ไม่แน่ใจ	2	22.22

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

13. ผลการนำผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิไปใช้ในระดับฟาร์ม

ผลการนำผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิไปใช้ในระดับฟาร์มจำนวน 2 ฟาร์ม คือ โรงเพาะเห็ดในโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดาและฟาร์มเพาะเห็ดบัวทอง-บัวขาว พบว่า ผู้ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิและเมื่อสอบถามด้านการตัดสินใจซื้อพบว่า ผู้ใช้จากทั้ง 2 ฟาร์ม ตัดสินใจซื้อ ถ้าผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิมีราคาถูกกว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง (ไม่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป) โดยให้เหตุผลคล้ายกับการทดสอบการยอมรับกับกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย คือ ความสะดวกในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและขั้นตอนการเตรียมไม่ยุ่งยาก และมีประสิทธิภาพในการเพาะเลี้ยงเชื้อไม่แตกต่างกับการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง

13.1 ผลการเจริญของเชื้อเห็ดระยะเส้นใยในขวดเพาะเลี้ยงเชื้อ

การทดสอบการเจริญของเชื้อเห็ดระยะเส้นใยในขวดเพาะเลี้ยงเชื้อจะใช้การเจริญของเชื้อเห็ดบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่งเป็นการทดลองควบคุม เนื่องจากการเพาะเห็ดในระดับฟาร์มจะไม่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปเนื่องจากมีราคาแพง แต่จะใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่งแทน โดยมีเชื้อเห็ดที่ใช้ในการทดสอบ 4 ชนิด คือ เห็ดฟาง เห็ดขอนขาว เห็ดหลินจือ และเห็ดนางรมหลวง ผลการทดลองพบว่า เชื้อเห็ดทั้ง 4 ชนิด สามารถเจริญได้บนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่เตรียมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิและการเจริญของเส้นใยจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการบ่มเชื้อนานขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่า การเจริญของเชื้อเห็ดทั้ง 4 ชนิด บนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่เตรียมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิจะสูงกว่าการเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง เส้นใยของเชื้อเห็ดฟาง เห็ดขอนขาว และเห็ดหลินจือจะเจริญเต็มผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ (9.0 เซนติเมตร) เมื่อใช้เวลาบ่มเชื้อนาน 10 วัน เช่นเดียวกับการทดลองควบคุม มีเพียงเชื้อเห็ดนางรมหลวงเท่านั้นที่เมื่อใช้เวลาบ่มเชื้อนาน 10 วัน จะวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีได้ 7.5 และ 5.0 เซนติเมตรบนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่เตรียมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิและอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่งตามลำดับ เส้นใยของเชื้อเห็ดนางรมหลวงจะต้อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใช้เวลาบ่มเชื้อนาน 12 วัน จึงสามารถเจริญเต็มจานเพาะเลี้ยงเชื้อในขณะที่การเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่งต้องใช้เวลาบ่มเชื้อนาน 14 วัน แสดงดังตารางที่ 64 จากผลการทดลองที่ได้จึงทำการย้ายเชื้อเห็ดในระยะเส้นใยไปเพาะเชื้อต่อในขั้นตอนการเจริญของเชื้อเห็ดระยะหัวเชื้อบนวัสดุหมัก

ตารางที่ 64 การเจริญของเชื้อเห็ดฟาง เห็ดขอนขาว เห็ดหลินจือ และเห็ดนางรมหลวงระยะเส้นใยในขวดเพาะเลี้ยงเชื้อ

เชื้อทดสอบ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี (เซนติเมตร)							
	7 วัน		10 วัน		12 วัน		14 วัน	
	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*
เห็ดฟาง	7.5	6.5	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
เห็ดขอนขาว	6.5	5.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
เห็ดหลินจือ	5.0	6.5	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
เห็ดนางรมหลวง	6.0	3.5	7.5	5.0	9.0	7.5	9.0	9.0

หมายเหตุ 1* หมายถึง อาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจ 50 กรัมต่อลิตร

2* หมายถึง อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่งสด 200 กรัม ต้ม 30 นาที เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 ผงวุ้นร้อยละ 1.5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

13.2 ผลการเจริญของเชื้อเห็ดระยะหัวเชื้อบนวัสดุหมัก

ผลจากการนำเชื้อเห็ดในข้อ 12.1 ไปเพาะเชื้อต่อบนวัสดุหมัก ซึ่งจะใช้เมล็ดข้าวฟ่างที่ฆ่าเชื้อแล้วพบว่า เชื้อเห็ดทั้ง 4 ชนิดสามารถเจริญได้ดี เส้นใยมีลักษณะฟู การเดินของเส้นใยเชื้อรามีความสม่ำเสมอ และการเจริญของเส้นใยบนวัสดุหมักไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อเห็ดที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง การเจริญของเส้นใยจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการบ่มเชื้อนานขึ้น เส้นใยของเชื้อเห็ดฟาง เห็ดขอนขาว และเห็ดหลินจือจะใช้เวลาบ่มเชื้อนาน 12 วัน เส้นใยจึงเจริญเต็มผิวหน้าเมล็ดข้าวฟ่าง และใช้เวลาในการบ่มเชื้อเท่ากับการทดลองควบคุม มีเพียงเชื้อเห็ดนางรมหลวงเท่านั้นที่ต้องใช้เวลาบ่มเชื้อนาน 14 วัน แต่เวลาที่ใช้ในการบ่มเชื้อก็ไม่แตกต่างกับการทดลองควบคุม แสดงดังภาพที่ 16 จากนั้นจึงย้ายเชื้อเห็ดระยะหัวเชื้อบนวัสดุหมักไปเพาะเชื้อต่อในระยะบ่มเชื้อในแปลงหรือถุง

เชื้อเห็ดหลินจือ

เชื้อเห็ดนางรมหลวง

เชื้อเห็ดฟาง

เชื้อเห็ดขอนขาว

ภาพที่ 16 การเจริญของเชื้อเห็ดระยะหัวเชื้อบนวัสดุหมัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

13.3 ผลการเจริญของเชื้อเห็ดในระยะบ่มเชื้อในแปลงหรือถุง

การเจริญของเชื้อเห็ดในระยะบ่มเชื้อแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ลักษณะ คือ การบ่มเชื้อในแปลงใช้กับเชื้อเห็ดฟาง และการบ่มเชื้อในถุงใช้กับเชื้อเห็ดขอนขาว เห็ดหลินจือและเห็ดนางรมหลวง ผลการทดสอบการเจริญของเชื้อเห็ดทั้ง 4 ชนิดที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ เมื่อนำไปบ่มเชื้อในแปลงหรือถุงนั้น พบว่า การเจริญของเชื้อเห็ดในระยะบ่มเชื้อในแปลงหรือถุงไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง แสดงดังภาพที่ 17 จากนั้นจึงบ่มเชื้อในแปลงหรือถุงเพื่อศึกษาการเจริญของเชื้อในระยะออกดอกต่อไป

เชื้อเห็ดหลินจือ

เชื้อเห็ดนางรมหลวง

เชื้อเห็ดฟาง

เชื้อเห็ดขอนขาว

ภาพที่ 17 การเจริญของเชื้อเห็ดในระยะบ่มเชื้อในแปลงหรือถุง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

13.4 ผลการเจริญของเชื้อเห็ดระยะออกดอก

ผลจากการเจริญของเชื้อเห็ดระยะออกดอกแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ลักษณะ คือ การทดสอบในแปลงใช้กับเชื้อเห็ดฟาง และการทดสอบในถุงใช้กับเชื้อเห็ดขอนขาว เห็ดหลินจือ และเห็ดนางรมหลวง ผลการทดสอบพบว่า หัวเชื้อเห็ดฟางที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสามารถเจริญและเปิดดอกได้เช่นเดียวกับการใช้เชื้อเห็ดที่เจริญบนอาหารควบคุม และจากช่วงเวลาของการเก็บดอกเห็ดทั้ง 4 ช่วง ไม่พบความแตกต่างทั้งผลผลิตของดอกเห็ดฟางที่ได้จากการใช้ฟางในแปลง 10 กิโลกรัมและน้ำหนักดอกเห็ดฟางเทียบกับการทดลองควบคุม แสดงให้เห็นว่า เชื้อเห็ดฟางที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิเมื่อนำไปเพาะเชื้อสำหรับใช้เป็นหัวเชื้อในเมล็ดข้าวฟ่างแล้วนำไปลงแปลงเพาะสามารถให้ผลผลิตของดอกเห็ดไม่แตกต่างกับการทดลองควบคุม แสดงดังตารางที่ 65

สำหรับการทดสอบการเกิดดอกเห็ดของเชื้อเห็ดขอนขาว เห็ดหลินจือ และเห็ดนางรมหลวงนั้น ผลการทดลองที่ได้ให้ผลในทำนองเดียวกัน นั่นคือ เมื่อนำหัวเชื้อไปทดสอบการเกิดดอกเห็ดและเปิดดอกพบว่า จากการเก็บผลผลิตที่ได้จากการเก็บทั้ง 2 ช่วงเวลาการเก็บนั้นไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อเห็ดจากการทดลองควบคุม แสดงดังตารางที่ 66

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 65 ผลผลิตที่ได้จากหัวเชื้อเห็ดฟางที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม

ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว	ผลผลิต/10 กิโลกรัมฟาง		น้ำหนักของดอกเห็ด (กรัม)	
	C	H	C	H
1[ns]	0.8	0.7	18.0	18.2
2[ns]	1.5	1.6	20.8	20.7
3[ns]	2.0	2.0	22.6	22.5
4[ns]	0.5	0.5	15.2	15.0

หมายเหตุ C หมายถึง อาหารเลี้ยงเชื้อควบคุม (Control) เตรียมจากมันฝรั่งสด 200 กรัม ต้ม 30 นาที เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 ผงวุ้นร้อยละ 1.5

H หมายถึง อาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจ 50 กรัมต่อลิตร

1 หมายถึง ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 หลังการเพาะ 10 วัน

2 หมายถึง ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 หลังการเพาะ 11วัน

3 หมายถึง ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 หลังการเพาะ 12 วัน

4 หมายถึง ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 4 หลังการเพาะ 13 วัน

[ns] หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันและที่ปัจจัยการศึกษาเดียวกัน แสดงความไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 66 ผลผลิตที่ได้จากหัวเชื้อเห็ดขอนขาว เห็ดหลินจือ และเห็ดนางรมหลวงที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม

ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว	ผลผลิต (กรัม/ถุง)					
	เห็ดขอนขาว		เห็ดหลินจือ		เห็ดนางรมหลวง	
	C	H	C	H	C	H
1[ns]	91.5	90.5	70.5	70.0	45.5	44.5
2[ns]	72.5	75.5	50.0	50.2	40.2	40.0

หมายเหตุ C หมายถึง อาหารเลี้ยงเชื้อควบคุม (Control) เตรียมจากมันฝรั่งสด 200 กรัม ต้ม 30 นาที เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 ผงวุ้นร้อยละ 1.5

H หมายถึง อาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจ 50 กรัมต่อลิตร

1 หมายถึง ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 หลังการเพาะ 60-75 วัน

2 หมายถึง ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 หลังการเพาะ 76-90 วัน

[ns] หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันและที่ปัจจัยการศึกษาเดียวกัน แสดงความไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

14. ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษา

จากผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจ ซึ่งบรรจุในขวดพลาสติกที่มีฝาปิดสนิทขนาดบรรจุ 100 และ 500 กรัม โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อโดยวัดค่าคุณภาพทางกายภาพ คือ ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ปริมาณความชื้น และประสิทธิภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อโดยการทดสอบการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ทุกๆ เดือน เป็นเวลานาน 6 เดือน ผลการตรวจสอบคุณภาพและประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อ มีดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

14.1 คุณภาพทางกายภาพ

ผลการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจพบว่า ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ของอาหารเลี้ยงเชื้ออยู่ในช่วง 0.18-0.24 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของอาหารเลี้ยงเชื้อจะเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น ขนาดของภาชนะบรรจุไม่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ โดยระยะเวลาในการเก็บรักษาตลอด 6 เดือน มีผลให้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ร้อยละปริมาณความชื้นของอาหารเลี้ยงเชื้อจะอยู่ในช่วง 2.50-2.80 ร้อยละปริมาณความชื้นของอาหารเลี้ยงเชื้อจะเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นและขนาดของภาชนะบรรจุไม่มีผลต่อปริมาณความชื้น โดยระยะเวลาในการเก็บรักษาตลอด 6 เดือน มีผลให้ปริมาณความชื้นของอาหารเลี้ยงเชื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงดังตารางที่ 67

ตารางที่ 67 คุณภาพทางกายภาพตามระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)

เวลา (เดือน)	วอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w)		ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	
	100 กรัม	500 กรัม	100 กรัม	500 กรัม
0^{NS}	0.18^{b}	0.20^{a}	2.50^{e}	2.52^{f}
1^{NS}	0.18^{b}	0.20^{a}	2.50^{e}	2.52^{f}
2^{NS}	0.18^{b}	0.20^{a}	2.52^{e}	2.54^{e}
3^{NS}	0.18^{b}	0.21^{a}	2.59^{d}	2.61^{d}
4^{NS}	0.20^{a}	0.21^{a}	2.62^{c}	2.65^{c}
5^{NS}	0.21^{a}	0.21^{a}	2.69^{a}	2.72^{b}
6^{NS}	0.21^{a}	0.24^{a}	2.78^{a}	2.80^{a}

หมายเหตุ $^{a-f}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

^{NS} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันและที่ปัจจัยการศึกษาเดียวกันไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

14.2 การทดสอบประสิทธิภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจที่เก็บรักษา โดยทดสอบการเจริญกับเชื้อรา *A. niger* ทุกๆ เดือนเป็นเวลานาน 6 เดือน ผลการทดสอบการเจริญของเชื้อรา *A. niger* พบว่า เชื้อรา *A. niger* สามารถเจริญได้บนอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปสำหรับฟังไจจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 เดือน โดยการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปสำหรับฟังไจจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิจะสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม (PDA, Difco) หลังการบ่มเชื้อนาน 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) ขนาดของภาชนะบรรจุไม่มีผลต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* ผลการทดสอบประสิทธิภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปสำหรับฟังไจจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ แสดงดังตารางที่ 68

ตารางที่ 68 การเจริญของเชื้อรา *A. niger* * บนอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจที่เวลาการเก็บรักษานาน 6 เดือน

เวลา (เดือน)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี (เซนติเมตร)		
	การทดลองควบคุม	อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	
		100 กรัม	500 กรัม
0	8.0	9.0	9.0
1	8.0	9.0	9.0
2	8.0	9.0	9.0
3	8.0	9.0	9.0
4	7.8	9.0	9.0
5	8.0	9.0	9.0
6	8.0	9.0	9.0

หมายเหตุ การทดลองควบคุม หมายถึง อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป PDA (Difco, Cat. No. 213400)
* หมายถึง การเจริญของเชื้อรา *A. niger* โดยใช้เชื้อเริ่มต้น 1 คอกบอเรอร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เซนติเมตร บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 7 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

15. การจัดทำข้อกำหนดสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจ

การจัดทำข้อกำหนดผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจ พิจารณาจากขั้นตอนการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่แสดงดังภาพที่ 18 ผลการกำหนดรายละเอียดผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจ ประกอบด้วยรายละเอียด ดังนี้

15.1 รายละเอียดวัตถุดิบและส่วนผสม

15.1.1 แป้งข้าวกล้องหอมมะลิ ได้จากการนำปลายข้าวกล้องหอมมะลิมาคัดสิ่งปนเปื้อนออก ทำความสะอาดโดยการล้างด้วยน้ำสะอาด อบแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง นำมาบดด้วยเครื่องบดแห้งแบบ Pin mill แล้วแยกขนาดของเม็ดแป้งด้วยตะแกรงร่อนขนาด 100 เมช จะได้แป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีขนาด 100 เมช นำไปบรรจุในถุงพลาสติกและปิดสนิท เก็บรักษาในตู้แช่แข็ง ค่าคุณภาพทางกายภาพของแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ คือ มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ไม่เกิน 0.52 ค่าคุณภาพทางเคมี มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10.61 ไขมันไม่เกินร้อยละ 3.18 โปรตีนไม่เกินร้อยละ 7.80 เส้นใยหยาบไม่เกินร้อยละ 1.62 เถ้าไม่เกินร้อยละ 1.30 และคาร์โบไฮเดรตไม่ต่ำกว่าร้อยละ 86.10

15.1.2 เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส BAN® 480L จากบริษัท East Asiatic (Thailand) Public Company Limited. มีลักษณะปรากฏเป็นของเหลวสีน้ำตาล มีค่าความหนาแน่นประมาณ 1.2 กรัม/มิลลิลิตร ได้จากกระบวนการหมักของเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ *Bacillus amylollquefaciens* เอนไซม์อแลฟา-อะไมเลส มีชื่อว่า 1,4- alpha- D- glucano-hydrolase (EC 3.2.1.1) การนำเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ไปประยุกต์ใช้เนื่องจากเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส BAN® 480L เป็นเอนไซม์ประเภท endo-amylase ดังนั้น จึงสามารถย่อยโมเลกุลของแป้ง (Starch) โดยการตัดพันธะ 1,4-alpha-glucosidic linkages ที่เชื่อมระหว่างโมเลกุลของ amylase และ amylopectin ในโมเลกุลแป้งได้อย่างอิสระ มีผลให้ได้ dextrin ที่มีความยาวของสายแตกต่างกัน รวมทั้งได้โมเลกุลของ oligosaccharide ด้วย สภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส BAN® 480L จะสามารถทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิกว้าง คือ 70-90 องศาเซลเซียส (158-194 องศาฟาเรนไฮต์)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

15.1.3 น้ำตาลเด็กซ์โตรส (Commercial grade) จากบริษัทนครหลวงกลูโคส น้ำตาลเด็กซ์โตรสเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว มีลักษณะปรากฏเป็นของแข็ง สีขาว ไม่มีกลิ่นและรส ผลึกของน้ำตาลเด็กซ์โตรสจะมี 2 ลักษณะ คือ ชนิดที่ไม่มีน้ำในผลึกเรียกว่า เด็กซ์โตรสแอนไฮดรัส (Dextrose anhydrous) และชนิดที่มีน้ำในผลึกหนึ่งโมเลกุลเรียกว่า เด็กซ์โตรสโมโนไฮเดรต (Dextrose monohydrate) ทั้ง 2 ชนิดสามารถผลิตได้จากแป้ง (Starch) แป้งที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเด็กซ์โตรสคือ แป้งมันสำปะหลัง เพราะมีราคาถูก

15.1.4 ผงวุ้น จากบริษัท U&V Holding วุ้น เป็นสารประกอบ Hydrocolloids ได้จากการสกัดสาหร่ายแดง Gracilaria ผงวุ้นมีลักษณะเป็นผงแห้งละเอียด เป็นเนื้อเดียวกัน มีค่า วอเตอร์แอคติวิตี้ไม่เกิน 0.40 ไม่พบสิ่งแปลกปลอมอื่นๆ มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ ไม่ละลายในน้ำเย็น แต่ละลายได้ในน้ำเดือด สารละลายวุ้นจะมีลักษณะใส เมื่อทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิ 32-39 องศาเซลเซียส จะแข็งตัวเป็นเจล ยืดหยุ่นได้ จะหลอมเหลวอีกครั้งเมื่อได้รับความร้อนที่ 85 องศาเซลเซียส ขึ้นไป และเมื่อหลอมเหลวยังสามารถไหลได้ที่อุณหภูมิค่อนข้างต่ำ (ประมาณ 40 องศาเซลเซียส)

15.2 รายละเอียดขั้นตอนการผลิต

รายละเอียดขั้นตอนการผลิตได้แก่ แป้งข้าวกล้องหอมมะลิ น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ และผงของน้ำสกัดแป้งข้วกล้องหอมมะลิ แสดงดังตารางที่ 69 70 และ 71 ตามลำดับ สำหรับรายละเอียดขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจ แสดงดังตารางที่ 72

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 69 รายละเอียดขั้นตอนการผลิตแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

ลำดับที่	ขั้นตอนการผลิต	รายละเอียดของขั้นตอน
1	ปลายข้าวกล้องหอมมะลิ	ปลายข้าวกล้องหอมมะลิบรรจุในถุง ปิดผนึก
2	กระบวนการคัดสิ่งปนเปื้อน	คัดสิ่งปนเปื้อน
3	ทำความสะอาด	ล้างทำความสะอาดด้วยประปา
4	อบแห้ง	อบแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง
5	บด	บดด้วยเครื่องบดแห้งแบบ Pin mill
6	ร่อน	แยกขนาดของเม็ดแป้งด้วยตะแกรงร่อนขนาด 100 เมช
7	บรรจุ	บรรจุในถุงพลาสติกและผนึกปากถุงให้สนิท เก็บรักษาในตู้แช่แข็ง (อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 70 รายละเอียดขั้นตอนการเตรียมน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

ลำดับที่	ขั้นตอนการผลิต	รายละเอียดของขั้นตอน
1	น้ำแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	ผสมแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีขนาด 100 เมช และน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1 ต่อ 3.7
2	กระบวนการย่อย	เติมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) ที่ความเข้มข้น 200 ส่วนในล้านส่วน ปรับความเป็นกรด-ด่าง ให้ได้ 6.5 ด้วย 0.5 โซเดียมไดออกไซม์ (NaOH) เติมเอนไซม์โดยใช้ที่ความเข้มข้นของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส BAN® 480L 0.050 %w/v และย่อยในอ่างน้ำไฟฟ้าควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ที่ 75 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และแช่ในอ่างน้ำเย็นทันที
3	การหยุดปฏิกิริยา	นำไปต้มในน้ำเดือด 10 นาที เพื่อหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์
4	แยกส่วนใส	นำไปแยกส่วนใสด้วยเครื่องเหวี่ยงแยกที่ควบคุมอุณหภูมิ (Centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 5,000 รอบต่อนาที นาน 30 นาที จะได้น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ
5	น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 16.80 เปอร์เซ็นต์
6	บรรจุ	บรรจุในถุงพลาสติกและผนึกปากถุงให้สนิท เก็บรักษาในตู้แช่แข็ง (อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 71 รายละเอียดขั้นตอนการผลิตผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

ลำดับที่	ขั้นตอนการผลิต	รายละเอียดของขั้นตอน
1	น้ำสกัดจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ 15.0 เปอร์เซ็นต์
2	กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย	โดยใช้อุณหภูมิขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยที่ 160 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิขาออกของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยที่ 90 องศาเซลเซียส จะได้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ
3	ผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ได้มีลักษณะปรากฏเป็นผงสีขาว มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้และปริมาณความชื้น 0.18 และร้อยละ 2.49 ตามลำดับ และค่าองค์ประกอบทางเคมี (โดยประมาณ) ของผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิพบว่า มีค่าโปรตีนร้อยละ 1.44 เถ้าร้อยละ 1.14 ไขมันร้อยละ 0.35 เส้นใยหยาบร้อยละ 0.13 และคาร์โบไฮเดรต (difference) ร้อยละ 96.94 นอกจากนั้นจากการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุยังพบว่า ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิมีปริมาณแคลเซียม 169.97 ฟอสฟอรัส 2.53 และเหล็ก 1,505 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ
4	บรรจุ	นำไปบรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ แล้วผนึกปากถุงให้สนิท นำไปเก็บในตู้แช่แข็ง (อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 72 รายละเอียดขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจ

ลำดับที่	ขั้นตอนการผลิต	รายละเอียดของขั้นตอน
1	ผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ	ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์
2	ผงวุ้น	ผงวุ้นมีลักษณะเป็นผงแห้งละเอียด เป็นเนื้อเดียวกัน มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ไม่เกิน 0.40 ไม่พบสิ่งแปลกปลอมอื่นๆ
3	ผสมวัตถุดิบและส่วนผสม	ผสมวัตถุดิบและส่วนผสมด้วยเครื่องผสม
4	บรรจุ	บรรจุในขวดพลาสติกชนิด PE ทรงสี่เหลี่ยม สีขาว ทึบแสง มีฝาปิดสนิท และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

15.3 รายละเอียดผลิตภัณฑ์

รายละเอียดผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจ แสดงดังตารางที่ 73

ตารางที่ 73 รายละเอียดผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจ

1. ชื่อผลิตภัณฑ์	ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจ
2. กรรมวิธีการผลิต	ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจ ได้จากการนำแป้งข้าวกล้องหอมมะลิขนาด 100 เมช มาผ่านกระบวนการย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส BAN® 480L ที่ความเข้มข้น 0.050 %w/v และย่อยในอ่างน้ำไฟฟ้าควบคุมอุณหภูมิที่ 75 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และแช่ในอ่างน้ำเย็นทันที นำไปต้มในน้ำเดือด 10 นาที เพื่อหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ นำไปแยกส่วนใสด้วยเครื่องเหวี่ยงแยกที่ควบคุมอุณหภูมิที่ความเร็วรอบ 5,000 รอบต่อนาที นาน 30 นาที จะได้น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ได้นำมาผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้อุณหภูมิขาเข้าของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยที่ 160 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิขาออกของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยที่ 90 องศาเซลเซียส นำผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ได้มาเติมผงวุ้นในอัตราส่วน 1:5 แล้วนำมาทดสอบการเจริญของเชื้อในอัตราส่วน 50 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1.0 ลิตร
3. ลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์สุดท้าย	เป็นผงละเอียดสีขาว เป็นเนื้อเดียวกัน มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ 0.18 ค่าความเป็นกรด- ด่าง 6.22 ค่าความคงตัวของเจลจากการความแข็งมีค่า 1.76 นิวตัน สมบัติการละลายเมื่อนำมาคืนรูปต่ออาหารเลี้ยงเชื้อปริมาตร 100 มิลลิลิตร คือ สามารถละลายได้ในเวลา 22 นาที สมบัติการหลอมเหลวต่อ 100 มิลลิตรต่ออาหารเลี้ยงเชื้อปริมาตร 100 มิลลิลิตร คือ สามารถหลอมเหลวได้หมดในเวลา 18 นาที
4. การควบคุมคุณภาพ	ผลิตภัณฑ์สุดท้ายต้องมีค่ามีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ไม่เกิน 0.18 และผลการทดสอบประสิทธิภาพการเจริญของเชื้อรา เชื้อยีสต์และเชื้อเห็ดต้องไม่แตกต่างกับการเจริญของเชื้อในการทดลองควบคุม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 73 (ต่อ)

5. วิธีการใช้ผลิตภัณฑ์	วิธีการใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจ มีขั้นตอนการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อดังนี้ ชั่งผงอาหารเลี้ยงเชื้อ 50.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร กวนผสมให้เข้ากันแล้วนำไปต้มให้เดือดนาน 1 นาที เพื่อให้ผงวุ้นที่เป็นส่วนประกอบในอาหารเลี้ยงเชื้อละลายเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูง (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที อาหารเลี้ยงเชื้อหลังจากกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอสูงแล้ว ทิ้งไว้ให้เย็น (45-50 องศาเซลเซียส) เทลงในจานเพาะเลี้ยงเชื้อ (Petri dishes) ที่ฆ่าเชื้อแล้ว วางจานเพาะเลี้ยงเชื้อไว้ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งประมาณ 30 นาที Streak ตัวอย่างบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยเข็มเขี่ย (Loop) ที่ฆ่าเชื้อแล้ว เพื่อแยกและนับจำนวนโคโลนีของเชื้อเห็ด เชื้อราและเชื้อยีสต์ บ่มจานเพาะเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) โดยการคว่ำจานเพาะเลี้ยงเชื้อเพื่อเพิ่มปริมาณความชื้นให้กับอาหารเลี้ยงเชื้อ
6. ภาชนะบรรจุ	ขวดพลาสติกชนิด PE ทรงสี่เหลี่ยม สีขาว ทึบแสง มีฝาปิดสนิท
7. ขนาดบรรจุ	100 กรัม
8. การเก็บรักษา	เก็บที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) ได้นานมากกว่า 6 เดือน โดยค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และปริมาณความชื้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น แต่ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจ ยังไม่มีการจับตัวเป็นก้อนและผลการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจต่อการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus niger* พบว่า ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจ ยังคงมีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ในการเพาะเลี้ยงเชื้อได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การพัฒนาอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ มีขั้นตอนการดำเนินงาน คือ การสำรวจข้อมูลทางการตลาดของผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจ การสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อ ศึกษาคุณภาพวัตถุดิบ ศึกษากรรมวิธีในการเตรียมน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิด้วยเอนไซม์แอลฟา- อะไมเลส BAN® 480L และศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อรา ศึกษากรรมวิธีในการทำแห้งน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในระดับห้องปฏิบัติการและการผลิตผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในระดับนำร่อง นำผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิมาพัฒนาเป็นสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับเชื้อรา เชื้อยีสต์และเชื้อเห็ด การวัดค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ ศึกษาการยอมรับ การนำไปใช้ในระดับฟาร์ม และการศึกษาอายุการเก็บ ผลการดำเนินการทั้งหมด สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การสำรวจข้อมูลทางการตลาดผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี Potato dextrose agar และ Potato dextrose broth เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปสำหรับฟังไจที่นำเข้าจากต่างประเทศ ผลการสำรวจพบว่ามีการนำเข้า 6 ยี่ห้อ โดยผลิตภัณฑ์บรรจุในขวดพลาสติก สีขาว ทึบแสง มีฝาปิดสนิท ขนาดบรรจุ 500 กรัม มีราคา 1,872-4,066 บาท/ขวด500 กรัม

2. การสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจพบว่า สามารถแบ่งผู้บริโภคได้เป็น 3 กลุ่ม ตามลักษณะอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ คือ 1) กลุ่มที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป 2) กลุ่มที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่งและ 3) กลุ่มที่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง ตามลำดับ ผู้บริโภคประกอบอาชีพอาจารย์ นักวิจัย/นักวิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา เจ้าหน้าที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพและผู้เพาะเลี้ยงเห็ด โดยปัจจัยที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญมากที่สุดคือ ประสิทธิภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อและความสะดวกในการใช้งาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. จากการวัดค่าคุณภาพของแป้งข้าวกล้องหอมมะลิซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อพบว่า แป้งข้าวกล้องหอมมะลิมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ 0.52 ค่าความชื้นร้อยละ 10.61 ไขมันร้อยละ 3.18 โปรตีนร้อยละ 7.80 เส้นใยหยาบร้อยละ 1.62 เถ้าร้อยละ 1.30 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 86.10

4. จากการวัดค่าคุณภาพอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Potato dextrose broth (PDB) Difco (Cat. No. 254920) Potato dextrose agar (PDA) Difco (Cat. No. 213400) และอาหารเลี้ยงเชื้อจากมันฝรั่ง พบว่า ค่าคุณภาพทางเคมี- กายภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อทั้ง 2 แบบ คือ อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปจะมีสีเข้มกว่าแต่สารละลายมีลักษณะใส และไม่มีตะกอนในขณะที่อาหารเลี้ยงเชื้อจากมันฝรั่งจะมีตะกอนจากเศษมันฝรั่ง ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้และปริมาณของแข็งทั้งหมดของอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปมีค่าสูงกว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง

5. สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิคือ การใช้แป้งข้าวกล้องหอมมะลิต่อน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1 ต่อ 3.7 และใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส BAN® 480L 0.050 %w/v ย่อยใน water bath ที่ 75 องศาเซลเซียส 30 นาที แช่ในอ่างน้ำเย็นทันที นำไปต้มในอ่างน้ำเดือด 10 นาที เพื่อหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ แยกส่วนใสด้วยเครื่องเหวี่ยงแยก (Centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 5,000 รอบต่อนาที 30 นาที จะได้น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 16.80 เปอร์เซ็นต์

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* พบว่า การเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสไม่มีผลต่อการเจริญของเชื้อราทั้งในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวและแบบแข็ง การเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 6.0 เปอร์เซ็นต์และไม่เติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 และอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 5.0 เปอร์เซ็นต์และเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสร้อยละ 2.0 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม (PDB, Difco) โดยมีน้ำหนักเซลล์แห้ง 6.96 และ 7.56 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเจริญของเชื้อรา *A. niger* ในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิพบว่า เชื้อรา *A. niger* ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 5.0 เปอร์เซ็นต์และเติมผงวุ้นร้อยละ 1.0 มีการเจริญสูงกว่าการทดลองควบคุม (PDA, Difco) โดยสามารถวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ 9.0 เซนติเมตร หลังจากบ่มเชื้อ 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) ผลการวิเคราะห์ค่าคุณภาพของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิพบว่า มีค่า Optical density (OD) $_{640\ nm}$ 0.30 ค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.58 และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่ง 6.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

6. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยในระดับห้องปฏิบัติการพบว่า สภาวะที่เหมาสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอย คือ การใช้น้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ 15.0 เปอร์เซ็นต์ และใช้อุณหภูมิขาเข้าและอุณหภูมิขาออกของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยที่ 160 และ 90 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จะได้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่มีลักษณะปรากฏเป็นผงสีขาว มีปริมาณความชื้นร้อยละ 2.56 มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ 0.22 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่ง 3.45 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 31.99 ค่าการละลายน้ำร้อยละ 81.75 และมีค่าดัชนีการดูดซับน้ำ 0.11 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และการผลิตผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิในระดับนำร่องโดยใช้สภาวะเช่นเดียวกับการการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ได้มีค่าคุณภาพใกล้เคียงกับผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิที่ผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ มีเพียงค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้และปริมาณความชื้นเท่านั้นที่มีค่าน้อยกว่าสามารถวัดค่าได้ 0.18 และร้อยละ 2.49 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบทางเคมี (โดยประมาณ) ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิพบว่า มีค่าโปรตีนร้อยละ 1.44 เถ้าร้อยละ 1.14 ไขมันร้อยละ 0.35 เส้นใยหยาบร้อยละ 0.13 และคาร์โบไฮเดรต (difference) ร้อยละ 96.94 นอกจากนั้นจากการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุพบว่า ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิมีปริมาณแคลเซียม 169.97 ฟอสฟอรัส 2.53 และเหล็ก 1,505 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

7. การพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิต่อการเจริญของเชื้อรา *A. niger* พบว่า เมื่อใช้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 75 กรัมละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร เชื้อรา *A. niger* มีการเจริญไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม (PDB, Difco) โดยมีน้ำหนักเซลล์แห้ง 7.50 กรัมต่อลิตร ในขณะที่การเจิญบนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งพบว่า การใช้ส่วนผสมของผง 50 กรัมละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร (ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ: ผงวุ้น ในอัตราส่วน 5: 1) เชื้อรา *A. niger* มีการเจริญ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สูงกว่าการทดลองควบคุม (PDA, Difco) โดยสามารถวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ 9.0 เซนติเมตร หลังจากบ่มเชื้อ 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส)

8. การพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิต่อการเจริญของเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* พบว่า การใช้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 73 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร มีผลให้เชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* มีการเจริญไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม (PDB, Difco) และมีน้ำหนักเซลล์แห้ง 1.97 กรัมต่อลิตร สำหรับสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งพบว่า การใช้ส่วนผสมของผง 50 กรัมละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร (ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ: ผงวุ้น ในอัตราส่วน 5: 1) เชื้อยีสต์สามารถเจริญได้ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองควบคุม (PDA, Difco) และสามารถนับจำนวนโคโลนีที่เจริญบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อได้ 7.88 log cfu/ml

9. การพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมจากผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิต่อการเจริญของเชื้อเห็ดนางฟ้า พบว่า การใช้ส่วนผสมของผง 50 กรัมละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร (ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ: ผงวุ้น ในอัตราส่วน 5: 1) เชื้อเห็ดนางฟ้าสามารถเจริญได้สูงกว่าการทดลองควบคุม (PDA, Difco) เชื้อเห็ดนางฟ้าจะเจริญเต็มจานเพาะเลี้ยงเชื้อและสามารถวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ 9.0 เซนติเมตร หลังจากบ่มเชื้อ 10 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) สำหรับการเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้เป็นการทดลองควบคุมจะต้องใช้เวลานาน 14 วัน

10. การวัดค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจพบว่า มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ 0.18 ค่าความเป็นกรด- ด่าง 6.22 ความแข็งของเจล 1.76 สมบัติการละลายเมื่อนำมาคืนรูปต่ออาหารเลี้ยงเชื้อปริมาตร 100 มิลลิลิตร 22 นาที และสมบัติการหลอมเหลวต่ออาหารเลี้ยงเชื้อปริมาตร 100 มิลลิลิตร 18 นาที

11. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคพบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจโดยรวมในระดับชอบปานกลาง (7.43) ผู้บริโภคทั้งหมดยอมรับผลิตภัณฑ์และจะซื้อผลิตภัณฑ์มากกว่าร้อยละ 68 เนื่องจากมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปและอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

12. การนำผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจไปใช้ในระดับฟาร์มพบว่า ผู้ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจและตัดสินใจซื้อถ้ามีราคาถูกกว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง จากเหตุผลคือความสะดวกในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและขั้นตอนการเตรียมไม่ยุ่งยาก และมีประสิทธิภาพในการเพาะเลี้ยงเชื้อไม่แตกต่างกับการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง

13. การศึกษาอายุการเก็บโดยเก็บผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจในขวดพลาสติกที่มีฝาปิดสนิท 2 ขนาด คือ ขนาดบรรจุ 100 และ 500 กรัม ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 6 เดือน พบว่าผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาได้ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา โดยมีการเปลี่ยนแปลงของค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้และปริมาณความชื้นเล็กน้อย แต่ผลการทดสอบประสิทธิภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อในการเจริญของเชื้อรา *A. niger* พบว่า เชื้อรา *A. niger* สามารถเจริญได้เต็มจานเพาะเลี้ยงเชื้อและวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ 9.0 เซนติเมตร หลังจากบ่มเชื้อ 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส)

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการทดสอบการเจริญของเชื้อในกลุ่มฟังไจสายพันธุ์อื่นๆ เพิ่มเติม เพื่อเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อว่าสามารถใช้ได้กับการเจริญของเชื้ออื่นๆ ในกลุ่มฟังไจ

2. ควรมีการขยายการผลิตให้เพิ่มมากขึ้นและมีการส่งเสริมให้ใช้กับกลุ่มผู้เพาะเลี้ยงเชื้อเห็ด เนื่องจากผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคพบว่า เป็นกลุ่มที่ให้การยอมรับและยินดีที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ถ้ามีราคาต่ำกว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่ง นอกจากนั้นจากการสอบถามพบว่ากลุ่มผู้เพาะเลี้ยงเชื้อเห็ดมีปริมาณการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสูงอีกด้วย

3. ศึกษาการผลิตอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผู้บริโภคกลุ่มอื่นๆ เช่น กลุ่มผู้เพาะเลี้ยงกล้วยไม้ เป็นต้น โดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานและกรรมวิธีการผลิตที่มีอยู่แล้ว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กมลสิริ เพชรบูรณ์, อุไรวรรณ พงษ์พยัคเลิศ, ฉัฐพร คุ้นวงศ์ และจุลภาค คุ้นวงศ์. 2550. การทดสอบสูตรอาหารที่เหมาะสมในการเลี้ยงเชื้อรา Phytophthora infestans. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.** 38 (2): 135-141.

กรมศุลกากร. 2552. **สถิติการนำเข้า- ส่งออก.** แหล่งที่มา: http : // www. Customs. go.th., กุมภาพันธ์ 2552.

กรมวิชาการเกษตร. 2541. **ข้อมูลเชื้อพันธุ์เห็ดบริการ.** กลุ่มงานจุลชีววิทยาประยุกต์ กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กัมปนาท มุขดี. 2533. **การวิจัยและพัฒนาข้าวในพื้นที่ความรับผิดชอบของศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี.** ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2543. **เทคโนโลยีของแป้ง.** พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กุณฑลี เวชสาร. 2546. **การวิจัยการตลาด.** โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ. 2539. **เห็ดกินได้และเห็ดมีพิษในประเทศไทย ฉบับราชบัณฑิตยสถาน.** กรุงเทพฯ.

จีรพรรณ กุลดิลก. 2530. การวิเคราะห์อุปสงค์และต้นทุน, น. 568-631. *ใน* มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, บรรณาธิการ. **เอกสารการสอนชุดวิชาเศรษฐศาสตร์อุตสาหกรรมและทฤษฎีต้นทุน**. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ณัชนก นุกิจ. 2549. **การพัฒนาบัตเตอร์เค้กลดพลังงานและลดน้ำตาลจากแป้งข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทิพวดี จิตพิศุทธิ์. 2550. **การสกัดแอนโธไซยานินจากเมล็ดถั่วดำและประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

นงลักษณ์ และ ปรีชา สุวรรณพินิจ. 2548. **จุลชีววิทยาทั่วไป.** สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์, มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

บรรณ บูรณะชนบท. 2547. **คู่มือเพาะเห็ด Mushroom Handbook.** กรุงเทพฯ.

พรดรัล จุลกัลป์. 2545. **การแยกเชื้อราจากป่าชายเลนและการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายพันธะ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พัชรินทร์ พรหมเสน. 2530. **วิธีการสกัดสารจากมันฝรั่งเพื่อผลิตโพเตโตเด็กซ์โตรสอะการ์.** ปัญหาพิเศษปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

_____. 2533. **การผลิตและประสิทธิภาพของโพเตโตเด็กซ์โตรสอะการ์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. 2550. การประเมินความชอบและการยอมรับผลิตภัณฑ์, น. 127-140. *ใน* กาญจนา หงษ์หยก, บรรณาธิการ. **การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2539. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร.** ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

ยุพินทรา ขันติวัฒนะกุล. 2550. **ผลของแซนแทนกัมและกัวร์กัมต่อสมบัติทางกายภาพของสตาร์ชข้าว.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รัตนมณี จักรเมธากุล และ วราพร เลียบทวี. 2541. **การศึกษาการเก็บรักษาน้ำมะนาวในรูปผงแห้ง**. รายงานการศึกษา. คณะเภสัชศาสตร์. มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2549. ภาชนะบรรจุกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์, น. *423-436. ใน* รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, บรรณาธิการ. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รุ่งนภา ประดิษฐ์พงษ์. 2539. **การผลิตมอลโทเดกซ์ทรินจากแป้งข้าวโดยเอนไซม์แอลฟา-อะมิเลสเพื่อใช้รักษากลิ่นหอมของข้าวสาร.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วาสนา ฉัตรดำรง. 2544. **ราวิทยาเบื้องต้น Introductory Mycology.** ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

วัชรินทร์ ศรีสวัสดิ์สกุลมี. 2545. **ความหลากหลายทางชีวภาพของเชื้อราในป่าชายเลน ณ พื้นที่สงวนชีวมณฑลระนอง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วิษฐิดา จันทราพรชัย. 2549. การประเมินคุณภาพทางกายภาพด้านสี, น. 368-388. *ใน* รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, บรรณาธิการ. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิจัย รักวิทยาศาสตร์. 2531. **คู่มือปฏิบัติการราวิทยา.** ภาควิชาโรคพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

———— . 2546. **ราวิทยาเบื้องต้น.** ภาควิชาโรคพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิชัย หฤทัยธนาสันติ์. 2548. **เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงวิชาการ.** สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิไล รังสาดทอง. 2547. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร**. ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

ศศิธร จินดามรกฏ. 2543. **การพิสูจน์ความเหมือนเพื่อระบุชื่อ การเก็บรักษา และการผลิตสารประกอบโนลิออลของยีสต์ทนเค็มที่แยกได้ในประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สมบัติ ขอทวีวัฒนา. 2532. ไอศกรีมและผลิตภัณฑ์นม, **คู่มือประกอบการอบรมวิชาชีพ**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

———— . 2549. การแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหาร กึ่งอาหารและไม่ใช่อาหาร, น. *230-249.ใน* รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, บรรณาธิการ. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุนทรี วราอุบล. 2537. **การทำแห้งน้ำมะนาวแบบเยือกแข็ง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

สุเทพ ญาดี. 2543. **การเพาะเห็ด.** ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หทัยรัตน์ ริมคีรี. 2549. กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์, น. 22-38. *ใน* รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, บรรณาธิการ. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547.**ข้าว:วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Alexopoulos, J. and E. S. Beneke. 1961. **Laboratory Manual for Introductory Mycology.** Department of Botany and Plant Pathology. Michigan State College. Burgess Publishing Company. USA.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

American Public Health Association Intersociety, Agency committee on microbiological methods for foods. 1974. **Standard Methods for the examination of dairy product**, pp. 64-87. *In* W.J. Hausler (ed.). Compending of Methods for the Microbiology Examination of Foods. American Public Health Association, Washington, D.C.

Ammus, K., K. Radhakrishma., K. V. Subramanmain and H. Nath. 1977. Storage behavior of Freeze-dried juice. Poeder. **J. Food. Tech**. 12 : 541-544.

Anonymous, 2009. **Scharlau Microbiology-Technical data sheet**. Available Source: hppt:// www.scharlau.com, December 5, 2009.

————. 2009. **HiMedia Laboratories- Technical data.** Available Source: hppt:// www.himedialabs. com/ products. aspx, December 5, 2009.

Arithantana, M.B. and K.A. Buckle. 1986. Effect of non-enzymic browning starch and sugars on total cyanide determination in cassava by an enzymic assay. **J. Fd. Technol**. 21: 189-197.

Association of Official Analytical Chemists. (AOAC). 2000. **Official Method of Analysis Association of Official** 17 th (ed.), The Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C. Gaithersburg, MD, USA.

Beck, V. 1967. **Laboratory Manual for General Mocrobiology**. Burgess Pual. Co. Inc., Minneapolis, Minnesota.

Bender, A.E. 1969. Nutrition, pp. 326-347. *In* A. Woollen (ed.). **Food Industries Manual.** 20 th, Leonard Hill, London.

Beuchat, R. 1978. **Food and Beverage Mycology**. AVI Publ. Co. Inc., Westport, Connecticut.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Booth, C. 1971. **The Genus Fusarium.** *In*. C. Booth (ed.). Methods in Microbiology. Commonwealth Mycological Institute Kew, Surrey. Academic Press. The Eastern Press Limited, England.

Burnett, G.W., M. J. Peiczar and H. J. Conn. 1957. **Manual of Microbiological Methods**. Preparation of media. *In* H.J. Conn (ed.) McGraw-Hill Book Co. Inc., New York.

Chen, B.H. and Y.C. Tang. 1998. Processing and stability of carotenoid powder from carrot pulp waste. **J. Agric. Food Chem.** 46: 2312-2318.

David, A and J. Z. Mary. 2003. **Difco & BBL Manual**. Manual of Microbiological Culture Media. BD Diagnostic Systems, Becton, Dickinson and Company, USA.

———— . 2009. **Difco & BBL Manual**: Manual of Microboilogical Culture Media. Becton, Dickinson and Company, USA.

Difco Laboratories. 1971. **Difco Manual of Dehydrated Culture Media and Reagents for Microbiological and Clinical Laboratory Proceduces. 9th**, Difco Laboratories incorporated, Michigan.

Gebhardt, L.P. and S. Nicholas. 1975. **Microbiology : Laboratory Manual; a sequnce of experiments**. 2nd ed.The C. V. Mosby Co. Inc., St. Louis.

Harrigan, W. F. and E. McCance. 1976. **Laboratory Method in Food and Diary Microbiology**. *In*: W.F. Harigon and M.E. McCan (eds.). Academic Press, New York.

Hjortmo, Sofia., Johan Patring and Thomas Andlid. 2007. Growth rate and medium composition strongly affect folate content in Saccharomyces cerevisiae. **International Journal of Food Microbiology.** 123 (93-100)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Koburger, J.A. 1979. Enumeration of fungi by planting techniques. In E. Rhodes. **Food Mycology**. G.K. Hall & Co. Inc. Boston.

Koetzka, A. 1974. **Basic Microbiological Techniques An Audio-Tutorial Approach**. Bruger Pual. Co. Inc., Minneapolis, Min-esota.

Lacy, M.L. and G.B.Bridgmon. 1962. Potato Dextrose agar prepared from dehydrated mashed potatoes. **J. Phytopathol**. 52:173.

Lopez-Malo, A., M. A. Stella and P. Enrique. 2005. *Aspergillus flavus* growth in the presence of chemical preservatives and naturally occurring antimicrobial compounds. **Int. J. Food Microbiol.** 99:119-128.

Marinho-Soriao, E. and E. Bourret. 2003. Effects of season on the yield and quality of agar from Gracilaria species (Gracilariaceae, Rhodophyta). **Bioresource Technology**. 90: 329-333.

Masters, K. 1991. **Spray drying Handbook.** Longman Sciencetific and Technical, England.

Merck, E. 1983. **Handbook Culture Media.** Merck sharp & Dohme Corp, USA.

Mondy, I. and Ponnampalam. 1986. Potato quality as affected by source of magnesium fertilizer; nitrogen, minerals and ascorbic acid. **J. of Fd Sci.** 51: 352-354.

Oxoid Limited. 1982. The Oxoid Manual of Culture Media. **Ingredients and other Laboratory Services. 5 th ed**.Turnergraphic Ltd., Baringstoke.

Rhandri-R.P; A. Senoussi; E.D. Dumoulin. 1993. Spray drying of concentrated Fruit Juice. **Drying Technology**. 11(5). 1081-1092.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Sawyer, L. 1984. **Potatoes for the Dveloping World.** International Potato Center. Lima, Peru.

Selby, H.H., W.M. Wynne and Whistler. 1973. **Industrial Gums. 2 nd ed**. Academic Press, New York.

Somogyi, S. and N. Ne. 1952. Note in sugar determination. **J. Biol. Chem.** 195: 19-23.

Sullivan, F. 1985. Loss of amino acids and water soluble vitamins during potato processing. **J.of Food Sci**. 50: 1249-1253.

Tsuchiya, Y. And K.C. Mong. 1966. Agarose and Agaropectin in Gelidium and Gracilaria Agar. **Proceeding of the Fifth International Seaweed Symposium**. Pergamon Press, Oxford.

Wong, W.S. 1995. **Food Enzymes**: Structure and Mechanism. Chapman & Hall, New York.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

การคำนวณกลุ่มตัวอย่าง

แบบสอบถาม

การคำนวณความสำคัญของปัจจัย

แบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก-1

การคำนวณกลุ่มตัวอย่างในการสำรวจผู้บริโ ภค

จากการสำรวจผู้บริโภคโดยใช้แบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เพื่อทราบถึงสัดส่วนของประชากรที่คาดว่าสนใจใช้ผลิตภัณฑ์ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามสนใจใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจ ร้อยละ 93.30 และไม่สนใจใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจ ร้อยละ 6.70 ดังนั้นสัดส่วนของประชากรที่คาดว่าจะสนใจใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจ (p) เท่ากับ 0.93 โดยสามารถคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างจากสูตรการแจกแจงค่าสัดส่วนตัวอย่าง คือ

$$n = \frac{Z^2 pq}{E^2}$$

โดยที่ p = สัดส่วนของประชากรที่คาดว่าสนใจซื้อผลิตภัณฑ์

q= 1-p

Z = ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ร้อยละ 95) = 1.96

E = ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ (ร้อยละ 5)

แทนค่า $$n = \frac{[(1.96)^2 (0.93) (1-0.93)]}{(0.05)^2}$$

$$n = 96$$

ดังนั้นการสำรวจผู้บริโภคต้องมีขนาดกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 96 คน ขึ้นไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก-2

แบบสอบถาม

การสำรวจพฤติกรรมและความต้องการในผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงจากปลายข้าวกล้องหอมมะลิ

เรียน ท่านผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง ขอความร่วมมือตอบแบบสอบถามการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงจากปลายข้าว

คำชี้แจง แบบสอบถามชุดนี้จัดทำขึ้นเพื่อ เป็นการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการในผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผง เพื่อประกอบการทำวิจัยของนางสาวพรดรัล จุลกัลป์ นิสิตปริญญาเอก ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงจากปลายข้าวกล้องหอมมะลิ ให้ตรงตามความต้องการของท่านซึ่งเป็นผู้บริโภคเป้าหมาย ซึ่งความคิดเห็นของท่านจะนำไปใช้เป็นประโยชน์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงจากปลายข้าวกล้องหอมมะลิที่ต้องการต่อไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่านในการตอบแบบสอบถามให้สมบูรณ์ ทั้งนี้ข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบมานี้ **จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยและจะไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อท่านทั้งสิ้น** ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

แบบสอบถามนี้มี 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม
ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการและลักษณะการใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงสำหรับฟังไจ
ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงสำหรับฟังไจ

ขอขอบคุณ
ผู้ทำวิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

คำแนะนำ กรุณาใส่เครื่องหมาย √ ในช่อง ( )

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

( ) ชาย ( ) หญิง

2. อายุ

( ) 20-30 ปี ( ) 31-40 ปี

( ) 41-50 ปี ( ) 51 ปี ขึ้นไป

3. อาชีพ

( ) นักเรียน/นักศึกษา ( ) อาจารย์

( ) เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ( ) นักวิจัย

( ) พนักงานบริษัทเอกชน ( ) ธุรกิจส่วนตัว

( ) อื่นๆ โปรดระบุ……..

4. วุฒิทางการศึกษาสูงสุดที่สำเร็จการศึกษาแล้ว

( ) อนุปริญญา (ปวช./ปวส.) ( ) ปริญญาตรี

( ) ปริญญาโท ( ) สูงกว่าปริญญาโท

( ) อื่นๆ โปรดระบุ……..

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

<u>ส่วนที่ 2</u> ข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการและลักษณะการใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงสำหรับฟังไจ

ท่านเคยใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงสำหรับฟังไจหรือไม่

( ) เคยใช้ ( ) ไม่เคยใช้

5. ท่านใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจบ่อยเพียงใด

( ) มากกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์ ( ) 1 ครั้ง/สัปดาห์

( ) น้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์ ( ) อื่นๆ โปรดระบุ……..

6. ปริมาณการใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจ (ต่อการเตรียม 1 ครั้ง)

( ) น้อยกว่า 1/2 ลิตร/ครั้ง ( ) 1/2 ลิตร/ครั้ง

( ) มากกว่า 1 ลิตร/ครั้ง ( ) อื่นๆ โปรดระบุ……..

7. ลักษณะการใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจของท่านเพื่ออะไร

( ) เพื่อการเรียน/การสอน ( ) เพื่อการวิจัย

( ) เพื่อการตรวจวิเคราะห์ ( ) เพื่อประกอบอาชีพ/กิจการ

( ) อื่นๆ โปรดระบุ……..

8. ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจที่ท่านใช้มีลักษณะอย่างไร

( ) ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป

( ) เตรียมเองโดยใช้มันฝรั่งเป็นวัตถุดิบ (ข้ามไปตอบในข้อ. 17)

( ) ใช้ทั้ง 2 ลักษณะ

9. ท่านเลือกใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงสำหรับฟังไจยี่ห้อใดบ่อยที่สุด

(เลือกตอบเพียง 1 ข้อ เท่านั้น)

( ) Difco ( ) Merks

( ) Hi- media ( ) Scharlau

( ) อื่นๆ โปรดระบุ…….

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

10. ปริมาณของผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปสำหรับฟังไจ ที่ท่านซื้อในแต่ละครั้ง
(1 ขวดมีน้ำหนักสุทธิ 500 กรัม)

( ) 1 ขวด/ครั้ง ( ) 2 ขวด/ครั้ง

( ) มากกว่า 2 ขวด/ครั้ง ( ) อื่นๆ โปรดระบุ……..

11. ระยะเวลาในการใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปสำหรับฟังไจต่อ 1 ขวด
(1 ขวดมีน้ำหนักสุทธิ 500 กรัม)

( ) 1- 2 เดือน ( ) 3- 4 เดือน

( ) 5- 6 เดือน ( ) มากกว่า 6 เดือน

12. ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปสำหรับฟังไจที่ท่านใช้มีราคาอย่างไร

( ) เหมาะสม ( ) ไม่เหมาะสม....โดยมีราคาต่ำเกินไป

( )ไม่เหมาะสม....โดยมีราคาสูงเกินไป ( ) อื่นๆ โปรดระบุ……..

13. ปัญหาที่พบจากการใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป

…….

…….

…….

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงสำหรับฟังไจ

เพื่อการศึกษาได้แบ่งการพิจารณาออกเป็น 5 ระดับคะแนนความสำคัญที่มีผลต่อความพึงพอใจ ดังนี้

คะแนนระดับ 5 หมายถึง ระดับความสำคัญที่มีผลต่อความพึงพอใจมากที่สุด

คะแนนระดับ 4 หมายถึง ระดับความสำคัญที่มีผลต่อความพึงพอใจมาก

คะแนนระดับ 3 หมายถึง ระดับความสำคัญที่มีผลต่อความพึงพอใจปานกลาง

คะแนนระดับ 2 หมายถึง ระดับความสำคัญที่มีผลต่อความพึงพอใจน้อย

คะแนนระดับ 1 หมายถึง ระดับความสำคัญที่มีไม่มีผลต่อความพึงพอใจ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

<u>คำแนะนำ</u> กรุณาทำเครื่องหมายวงกลม O ระดับคะแนนความสำคัญที่มีผลต่อความพึงพอใจของแต่ละปัจจัยที่ท่านพิจารณาว่ามีความสำคัญตามระดับคะแนนและพิจารณาปัจจัยเพิ่มเติมที่ท่านต้องการในตัวผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงสำหรับฟังไจ

ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงสำหรับฟังไจ		**ระดับคะแนนที่มีผลต่อความพึงพอใจ**				
		มีผลมากที่สุด	**มาก**	**ปานกลาง**	**น้อย**	**ไม่มีผล**
คุณสมบัติทางกายภาพ	ลักษณะปรากฏ - สี	5	4	3	2	1
	การจับตัวของอนุภาค	5	4	3	2	1
	ขนาดของอนุภาค	5	4	3	2	1
	การละลายเมื่อคืนรูป	5	4	3	2	1
	ความใส	5	4	3	2	1
	ความแข็งของเจล	5	4	3	2	1
	การหลอมเหลว	5	4	3	2	1
คุณสมบัติทางเคมี	ความเป็นกรด - ด่าง	5	4	3	2	1
	ส่วนประกอบ	5	4	3	2	1
บรรจุภัณฑ์	ปริมาณบรรจุ	5	4	3	2	1
	วัสดุที่ใช้เป็นบรรุภัณฑ์	5	4	3	2	1
ประสิทธิภาพในการเพาะเลี้ยงเชื้อฟังไจ		5	4	3	2	1
ความสะดวกในการใช้งาน		5	4	3	2	1
ตราสินค้า/ยี่ห้อ		5	4	3	2	1
ราคา		5	4	3	2	1
ประเทศผู้ผลิต		5	4	3	2	1
บริษัทที่นำเข้า/จำหน่าย		5	4	3	2	1
ปัจจัยเพิ่มเติมอื่นๆ ที่มีผลต่อความพึงพอใจ		5	4	3	2	1
.....		5	4	3	2	1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจ

<u>แนวความคิดผลิตภัณฑ์</u> (Product Concept) ของผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงจากปลายข้าวกล้องหอมมะลิ

ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงจากปลายข้าวกล้องหอมมะลิ ที่เตรียมจากวัตถุดิบหลักในการผลิตคือ ปลายข้าวกล้องหอมมะลิ ทำได้โดยนำปลายข้าวกล้องหอมมะลิมาต้มกับน้ำกลั่น นำน้ำสกัดที่ได้มาเตรียมเป็นปลายข้าวกล้องหอมมะลิผงโดยการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dry) นำมาเตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อผงโดยการเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสและผงวุ้น ซึ่งถือเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่วัตถุดิบทางการเกษตรและเป็นการลดปริมาณการนำเข้าอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจสำเร็จรูปจากต่างประเทศ

14. ท่านเห็นด้วยกับแนวความคิดของผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงจากปลายข้าวกล้องหอมมะลิหรือไม่

( ) เห็นด้วย ( ) ไม่เห็นด้วย

15. หากมีผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากปลายข้าวกล้องหอมมะลิตามแนวความคิดผลิตภัณฑ์ดังกล่าวที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่งและอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปให้ท่านทดลองใช้ ท่านสนใจทดลองใช้หรือไม่

( ) สนใจ ( ) ไม่สนใจ

16. สิ่งที่ท่านต้องการเพิ่มเติมหากมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากปลายข้าวกล้องหอมมะลิ คือ

……

……

17. สถานที่ที่ท่านซื้อมันฝรั่งเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการเตรียมผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อคือ

( ) ตลาดสด ( ) ดิสเคาท์สโตร์ เช่น โลตัส บิ๊กซี

( ) ซุปเปอร์มาเก็ต เช่น ท๊อป, ฟูดส์แลนด์ ( ) อื่นๆ โปรดระบุ……..

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

18. ปริมาณการซื้อมันฝรั่งเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการเตรียมผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อในแต่ละครั้ง

( ) น้อยกว่า 1 กิโลกรัม ( ) 1-2 กิโลกรัม

( ) 3-4 กิโลกรัม ( ) มากกว่า 4 กิโลกรัม

( ) อื่นๆ โปรดระบุ……..

19. ราคาของมันฝรั่งต่อกิโลกรัม

( ) 20 - 30 บาท ( ) 31- 40 บาท

( ) 41- 50 บาท ( ) มากกว่า 50 บาท

20. ปริมาณของผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้มันฝรั่งเป็นวัตถุดิบ ที่ท่านเตรียมในแต่ละครั้ง

( ) น้อยกว่า 1 ลิตร/ ครั้ง ( ) 1- 2 ลิตร/ ครั้ง

( ) 3- 4 ลิตร/ ครั้ง ( ) มากกว่า 4 ลิตร

21. ระยะเวลาในการใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงที่ใช้มันฝรั่งเป็นวัตถุดิบต่อ 1 ครั้ง ในการเตรียม

( ) 1- 2 สัปดาห์ ( ) 3- 4 สัปดาห์

( ) 5- 6 สัปดาห์ ( ) 7- 8 สัปดาห์

( ) มากกว่า 6 สัปดาห์

22. ปัญหาที่พบจากการใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้มันฝรั่งเป็นวัตถุดิบ

…….

…….

…….

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงสำหรับฟังไจ

เพื่อการศึกษาได้แบ่งการพิจารณาออกเป็น 5 ระดับคะแนนความสำคัญที่มีผลต่อความพึงพอใจ ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คะแนนระดับ 5 หมายถึง ระดับความสำคัญที่มีผลต่อความพึงพอใจมากที่สุด
คะแนนระดับ 4 หมายถึง ระดับความสำคัญที่มีผลต่อความพึงพอใจมาก
คะแนนระดับ 3 หมายถึง ระดับความสำคัญที่มีผลต่อความพึงพอใจปานกลาง
คะแนนระดับ 2 หมายถึง ระดับความสำคัญที่มีผลต่อความพึงพอใจน้อย
คะแนนระดับ 1 หมายถึง ระดับความสำคัญที่มีไม่มีผลต่อความพึงพอใจ

คำแนะนำ กรุณาทำเครื่องหมายวงกลม O ระดับคะแนนความสำคัญที่มีผลต่อความพึงพอใจของแต่ละปัจจัยที่ท่านพิจารณาว่ามีความสำคัญตามระดับคะแนนและพิจารณาปัจจัยเพิ่มเติมที่ท่านต้องการในตัวผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงสำหรับฟังไจ

ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงสำหรับฟังไจ		ระดับคะแนนที่มีผลต่อความพึงพอใจ				
		มีผลมากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่มีผล
คุณสมบัติทางกายภาพ	ลักษณะปรากฏ - สี	5	4	3	2	1
	การจับตัวของอนุภาค	5	4	3	2	1
	ขนาดของอนุภาค	5	4	3	2	1
	การละลายเมื่อคืนรูป	5	4	3	2	1
	ความใส	5	4	3	2	1
	ความแข็งของเจล	5	4	3	2	1
	การหลอมเหลว	5	4	3	2	1
คุณสมบัติทางเคมี	ความเป็นกรด - ด่าง	5	4	3	2	1
	ส่วนประกอบ	5	4	3	2	1
บรรจุภัณฑ์	ปริมาณบรรจุ	5	4	3	2	1
	วัสดุที่ใช้เป็นบรรุภัณฑ์	5	4	3	2	1
ประสิทธิภาพในการเพาะเลี้ยงเชื้อฟังไจ		5	4	3	2	1
ความสะดวกในการใช้งาน		5	4	3	2	1
ตราสินค้า/ยี่ห้อ		5	4	3	2	1
ราคา		5	4	3	2	1
ประเทศผู้ผลิต		5	4	3	2	1
บริษัทที่นำเข้า/จำหน่าย		5	4	3	2	1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจ

<u>แนวความคิดผลิตภัณฑ์</u> (Product Concept) ของผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงจากปลายข้าวกล้องหอมมะลิ

ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงจากปลายข้าวกล้องหอมมะลิ ที่เตรียมจากวัตถุดิบหลักในการผลิตคือ ปลายข้าวกล้องหอมมะลิ ทำได้โดยนำปลายข้าวกล้องหอมมะลิมาต้มกับน้ำกลั่น นำน้ำสกัดที่ได้มาเตรียมเป็นปลายข้าวกล้องหอมมะลิผงโดยการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dry) นำมาเตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อผงโดยการเติมน้ำตาลเด็กซ์โตรสและผงวุ้น ซึ่งถือเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่วัตถุดิบทางการเกษตรและเป็นการลดปริมาณการนำเข้าอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจสำเร็จรูปจากต่างประเทศ

23. ท่านเห็นด้วยกับแนวความคิดของผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงจากปลายข้าวกล้องหอมมะลิหรือไม่

( ) เห็นด้วย ( ) ไม่เห็นด้วย

24. หากมีผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากปลายข้าวกล้องหอมมะลิตามแนวความคิดผลิตภัณฑ์ดังกล่าวที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากมันฝรั่งและอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปให้ท่านทดลองใช้ ท่านสนใจทดลองใช้หรือไม่

( ) สนใจ ( ) ไม่สนใจ

25. สิ่งที่ท่านต้องการเพิ่มเติมหากมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมจากปลายข้าวกล้องหอมมะลิ คือ

……

……

26. ท่านมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมอะไรบ้าง

……

……

ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การคำนวณความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจจากปลายข้าวกล้องหอมมะลิ

1. กำหนดระดับของคะแนน โดยกำหนดให้ระดับคะแนน 1 หมายถึง ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจน้อยที่สุด และ ระดับคะแนน 5 หมายถึง ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจมากที่สุด
2. นำความถี่คูณด้วยระดับคะแนน และนำค่าที่คำนวณได้ในแต่ละระดับรวมกัน
3. นำค่าที่คำนวณได้หารด้วยจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม จะได้เป็นค่าเฉลี่ยของปัจจัยนั้นๆ

ตัวอย่างวิธีการคำนวณ

ผลรวมของปัจจัยความสะดวกในการใช้งาน = (2x1) + (9x2) + (9x3) + (8x4) + (8x5)

= 119

ค่าเฉลี่ยปัจจัยความสะดวกในการใช้งาน = 119/36

= 3.31

4. คำนวณช่วงกว้างคะแนนเฉลี่ยในแต่ละชั้น ซึ่งสามารถคำนวณได้ คือ 0.8 โดยมีวิธีการคำนวณ ดังนี้ (Cooper and Schindler, 1998)

$$\text{ช่วงระดับคะแนนเฉลี่ย} = \frac{\text{(คะแนนสูงสด – คะแนนต่ำสุด)}}{\text{จำนวนชั้น}}$$

ซึ่งมีความหมายในแต่ละระดับชั้น ดังนี้

คะแนนเฉลี่ยในช่วง	1.00 - 1.80	หมายถึง	มีความสำคัญน้อยที่สุด
	1.81- 2.60	หมายถึง	มีความสำคัญน้อย
	2.61-3.40	หมายถึง	มีความสำคัญระดับปานกลาง
	3.41-4.20	หมายถึง	มีความสำคัญมาก
	4.21-5.00	หมายถึง	มีความสำคัญมากที่สุด

5. แปลผล: ค่าเฉลี่ยของปัจจัยแต่ละปัจจัยนั้นอยู่ในช่วงใด ซึ่งในที่นี้พบว่า ปัจจัยความสะดวกในการใช้งาน (คะแนนเฉลี่ย = 3.31) มีความสำคัญระดับปานกลาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก-3

แบบสอบถาม

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคแบบ Home Use Test

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

คำชี้แจง แบบสอบถามชุดนี้เป็นการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ เพื่อประกอบการทำวิจัยของ นางสาวพรดรัล จุลกัลป์ นิสิตปริญญาเอก ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดังนั้นจึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่านในการตอบแบบสอบถามให้สมบูรณ์ ข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบมาจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยนี้และจะไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อท่านทั้งสิ้น

คำอธิบาย ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ ทำได้โดย นำแป้งข้าวกล้องหอมมะลิมาผ่านกระบวนการสกัดโดยใช้เอนไซม์ในปริมาณและเวลาที่เหมาะสม นำน้ำสกัดจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิมาทำแห้งแบบพ่นฝอยเพื่อให้ได้ผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ นำผงน้ำสกัดจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิมาเตรียมเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อ โดยมีส่วนผสม คือ ผงน้ำสกัดจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิและผงวุ้น ในอัตราส่วน 5:1 เพื่อเตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งสำหรับทดสอบการเจริญของฟังไจ (เห็ด รา และยีสต์) เพื่อเพิ่มมูลค่าให้แก่วัตถุดิบทางการเกษตรในประเทศและเป็นการลดปริมาณการนำเข้าอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจสำเร็จรูปจากต่างประเทศ

ตัวอย่างทดสอบ ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ 1 ขวด
(น้ำหนัก 100 กรัม)

คำแนะนำการใช้ นำผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ มาเตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยชั่งผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผง 50.0 กรัม เติมน้ำกลั่น 1 ลิตร นำไปละลายโดยใช้ความร้อน เพื่อให้ผงวุ้นละลายจนได้สารละลายใส นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันที่ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที นำผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ไปทดสอบการเจริญของฟังไจโดยไม่ต้องปรับความเป็นกรด-ด่าง

ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

ผู้ทำวิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำแนะนำ กรุณาใส่เครื่องหมาย √ ลงในวงเล็บ ( ) หน้าคำตอบที่เห็นว่าเหมาะสมและตรงตามความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. อายุ

( ) 20-30 ปี ( ) 31-40 ปี
( ) 41-50 ปี ( ) 51 ปี ขึ้นไป

2. อาชีพ

( ) อาจารย์ ( ) นักวิจัย
( ) เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ( ) พนักงานบริษัทเอกชน
( ) ธุรกิจส่วนตัว ( ) อื่นๆ โปรดระบุ……..

3. วุฒิทางการศึกษาสูงสุดที่สำเร็จการศึกษาแล้ว

( ) ปริญญาตรี ( ) ปริญญาโท
( ) สูงกว่าปริญญาโท ( ) อื่นๆ โปรดระบุ……..

4. ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับฟังไจที่ท่านใช้มีลักษณะอย่างไร (เลือกตอบเพียง 1 ข้อ เท่านั้น)

( ) ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป
( ) เตรียมเองโดยใช้มันฝรั่งเป็นวัตถุดิบ
( ) ใช้ทั้ง 2 ลักษณะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

<u>ส่วนที่ 2</u> ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

5. กรุณานำผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ มาทดลองใช้ แล้วให้ระดับความพอใจในผลิตภัณฑ์โดยทำเครื่องหมาย √ ในช่องว่างให้ตรงกับความรู้สึกของท่านที่มีต่อผลิตภัณฑ์

คุณลักษณะ	ระดับความพอใจ				
	ไม่พอใจ	พอใจเล็กน้อย	พอใจปานกลาง	พอใจมาก	พอใจมากที่สุด
<u>ก่อนการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ</u>					
ลักษณะผลิตภัณฑ์					
ลักษณะปรากฏ					
- สี					
- การจับตัวของผง					
<u>หลังการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ</u>					
ความยาก-ง่าย ในการละลาย					
ความใสของอาหารเลี้ยงเชื้อ					
ความคงตัวของวุ้น					
ความสะดวกในการใช้งาน					

6. ลักษณะการใช้ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อของท่าน เพื่อต้องการทดสอบการเจริญของฟังไจชนิดใด

( ) เห็ด ( ) เชื้อรา

( ) ยีสต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. เมื่อท่านนำผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิมาทดลองใช้แล้ว กรุณาให้ระดับความพอใจ โดยทำเครื่องหมาย √ ในช่องว่างให้ตรงกับความรู้สึกของท่านที่มีต่อผลิตภัณฑ์ (โดยเลือกเฉพาะการทดสอบการเจริญของฟังไจที่ท่านเลือกในข้อที่ 6. เท่านั้น)

ฟังไจ	คุณลักษณะ	ระดับความพอใจ				
		ไม่พอใจ	พอใจเล็กน้อย	พอใจปานกลาง	พอใจมาก	พอใจมากที่สุด
เห็ด						
	โคโลนี					
	สีของโคโลนี					
	เส้นใย					
	สีของเส้นใย					
	จำนวนโคโลนี					
	การนับจำนวนโคโลนี					
	เวลาในการเจริญ					
รา						
	โคโลนี					
	สีของโคโลนี					
	เส้นใย					
	สีของเส้นใย					
	จำนวนโคโลนี					
	การนับจำนวนโคโลนี					
	เวลาในการเจริญ					
ยีสต์						
	จำนวนโคโลนี					
	สีของโคโลนี					
	การนับจำนวนโคโลนี					
	เวลาในการเจริญ					

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8. เมื่อท่านทดสอบผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแล้ว กรุณาให้คะแนนความชอบ โดยทำเครื่องหมาย √ ในช่องว่างให้ตรงกับความรู้สึกของท่านที่มีต่อผลิตภัณฑ์

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง
2 = ไม่ชอบมาก 5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 8 = ชอบมาก
3 = ไม่ชอบปานกลาง 6 = ชอบมากเล็กน้อย 9 = ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ลักษณะผลิตภัณฑ์ก่อนเตรียมเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ									
การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ									
ประสิทธิภาพของอาหารเลี้ยงเชื้อ									
ความชอบผลิตภัณฑ์โดยรวม									

9. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิหรือไม่

( ) ยอมรับ เพราะ .....
( ) ไม่ยอมรับ เพราะ .....

10. หากมีผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อผงจากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิจำหน่าย ในราคาเท่ากับอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปท่านจะซื้อหรือไม่

( ) ซื้อ
( ) ไม่แน่ใจ เพราะ .....
( ) ไม่ซื้อ เพราะ .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

10. ข้อเสนอแนะอื่นๆ (ถ้ามี)

……

……

……

ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ

ผู้ทำวิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

การคำนวณต้นทุน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การคำนวณต้นทุนของผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจ

การคำนวณต้นทุนของผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจจากการคิดค่าใช้จ่ายโดยประมาณค่าจากวัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสำหรับฟังไจที่มีขนาดเท่ากับ 100 กรัม มีรายละเอียดการคำนวณ ดังนี้

วิธีการคำนวณ

การคำนวณต้นทุนผลิตภัณฑ์จากค่าวัตถุดิบและค่าใช้จ่ายอื่นๆ โดยประมาณค่าจากวัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบของผงที่ได้จากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิเท่ากับ 1 กิโลกรัม โดยค่าวัตถุดิบคิดเป็นร้อยละ 52 ของต้นทุนทั้งหมด ส่วนค่าใช้จ่ายอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 48 ของต้นทุนทั้งหมด (จีรพรรณ, 2530)

1. ราคาปลายข้าวกล้องหอมมะลิคุณภาพดี

ปลายข้าวกล้องหอมมะลิราคากิโลกรัมละ 8.00 บาท
เมื่อคัดเอาสิ่งปนเปื้อนออกจะได้ปลายข้าวกล้องหอมมะลิคุณภาพดีร้อยละ 99.50
การคำนวณ = 8.00 x 100 / 99.5
ดังนั้นจึงคิดเป็นราคา = 8.04 บาทต่อกิโลกรัม

2. ราคาแป้งข้าวกล้องหอมมะลิขนาด 100 เมช

ปลายข้าวกล้องหอมมะลิคุณภาพดีราคากิโลกรัมละ 8.04 บาท
เมื่อร่อนด้วยตะแกรงขนาด 100 เมช จะได้แป้งข้าวกล้องหอมมะลิขนาด 100 เมช ร้อยละ 95.00
การคำนวณ = 8.04 x 100 / 95.00
ดังนั้นจึงคิดเป็นราคา = 8.46 บาทต่อกิโลกรัม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ

การผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิขนาด 100 เมช น้ำหนัก 1.0 กิโลกรัม จะต้องใช้

น้ำกลั่น	3.7	กิโลกรัม

การคำนวณ

น้ำกลั่นราคาลิตรละ	3.25	บาท
แทนค่า	3.25 x 3.7	
ดังนั้นน้ำกลั่น 3.7 ลิตร จึงคิดเป็นราคา	12.03	บาท
เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN®480L)	35.0	กรัม

การคำนวณ

เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN®480L)ราคากิโลกรัมละ	642	บาท
แทนค่า	35.0 x 642 / 1,000	

ดังนั้นเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (BAN®480L) 35.0 กรัม จึงคิดเป็นราคา 22.47 บาท

แต่การผลิตผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิขนาด 100 เมช 1.0 กิโลกรัม จะได้ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิคิดเป็นร้อยละ 10.00 (จากน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิร้อยละ 15.0)

ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ คิดเป็นราคา = (8.46) + (12.03) + (22.47)

= 42.96/287.3 กรัม

ดังนั้นผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิน้ำหนัก 1 กิโลกรัม

จึงคิดเป็นราคา = 42.96 x 1,000 / 287.3

= 149.53 บาทต่อกิโลกรัม

การคำนวณต้นทุนผลิตภัณฑ์จากค่าวัตถุดิบและค่าใช้จ่ายอื่นๆ คิดเป็นค่าวัตถุดิบคิดเป็นร้อยละ 52 ของต้นทุนทั้งหมด ส่วนค่าใช้จ่ายอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 48 ของต้นทุนทั้งหมด

ดังนั้นต้นทุนผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิน้ำหนัก 1 กิโลกรัม

จึงคิดเป็นราคา = 149.53 x 100 / 52

= 287.56 บาท

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อน้ำหนักบรรจุ 100 กรัม

4.1 ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว ประกอบด้วย

ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิน้ำหนัก 100 กรัม

ดังนั้นผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวจึงมีราคา = 287.56 x 100 / 1,000

= 28.76 บาท

4.2 ผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง ประกอบด้วย

ผงของน้ำสกัดแป้งข้าวกล้องหอมมะลิน้ำหนัก 83.00 กรัม

คิดเป็นราคา = 287.56 x 83.00 / 1,000

= 23.87 บาท

ผงวุ้นน้ำหนัก 17.00 กรัม

ราคาผงวุ้น 1,070 บาทต่อกิโลกรัม

ดังนั้นผงวุ้นในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งจึงมีราคา = 17.00 x 1,070 / 1,000

= 18.19 บาท

ดังนั้นผลิตภัณฑ์อาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลวจึงมีราคา = 23.87 + 18.19

= 42.06 บาท

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวพรดรัล จุลกัลป์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	23 มิถุนายน 2518
สถานที่เกิด	สุราษฎร์ธานี
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2541- วท.บ. (ชีววิทยา) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร พ.ศ. 2545- วท.ม. (จุลชีววิทยา) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	เจ้าหน้าที่วิจัย
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีแปรรูปข้าว ฝ่ายเทคโนโลยีชีวมวลและพลังงานชีวภาพ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์