บทที่ 2

ทบทวนเอกสาร

การเพาะเห็ดเป็นอาชีพหนึ่งที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของไทย โดยมีมูลค่าการนำเข้าและส่งออกไปยังต่างประเทศปีละหลายล้านบาท ชาญยุทธ์ (2551) รายงานว่าประเทศไทยมีการผลิตเห็ดประมาณปีละ 120,000 ตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 7,014 ล้านบาท นอกจากนี้ยังมีการนำเข้าอีกเป็นมูลค่ากว่า 987.1 ล้านบาท สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2556) รายงานว่าในปี พ.ศ. 2552 - 2555 ประเทศไทยมีการส่งออกเห็ดแห้งไปยังต่างประเทศกว่า 4,706.8 ตัน มูลค่ากว่า 296.9 ล้านบาท ซึ่งปริมาณการส่งออกยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ (ตาราง 1) การเพาะเห็ดจึงมีโอกาสขยายตัวทางเศรษฐกิจได้มาก โดยเฉพาะเห็ดนางรมและเห็ดหูหนูเป็นเห็ดที่เหมาะกับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย เส้นใยเห็ดสามารถเจริญได้ดีและสร้างดอกเห็ดได้ง่าย แต่หากขาดการจัดการการเพาะเห็ดที่ดีอาจทำให้การผลิตก้อนเชื้อเห็ดเกิดการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์อื่นได้ง่าย นอกจากนี้เห็ดนางรมและเห็ดหูหนูเป็นเห็ดที่มีผู้นิยมบริโภคเป็นจำนวนมาก เนื่องจากสามารถประกอบอาหารได้หลายประเภทและมีคุณค่าทางอาหารสูง เช่น มีปริมาณโปรตีนสูงแต่ไขมันต่ำเมื่อเทียบกับโปรตีนจากนมและเนื้อสัตว์ เป็นต้น ประกอบกับมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหลากหลายชนิดที่สามารถนำมาใช้เพาะเห็ดได้ เช่น ขี้เลื่อย ฟางข้าว ซังข้าวโพด เปลือกถั่วเหลือง เป็นต้น การเพาะเห็ดนางรมและเห็ดหูหนูจึงถือเป็นอาชีพหนึ่งที่มีความน่าสนใจ ซึ่งสามารถสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้ผลิตเห็ดได้เป็นอย่างดี

ตาราง 1 ปริมาณการส่งออกเห็ดแห้งของไทย (พ.ศ. 2552 - 2555)

ปริมาณ : ตัน
มูลค่า : ล้านบาท

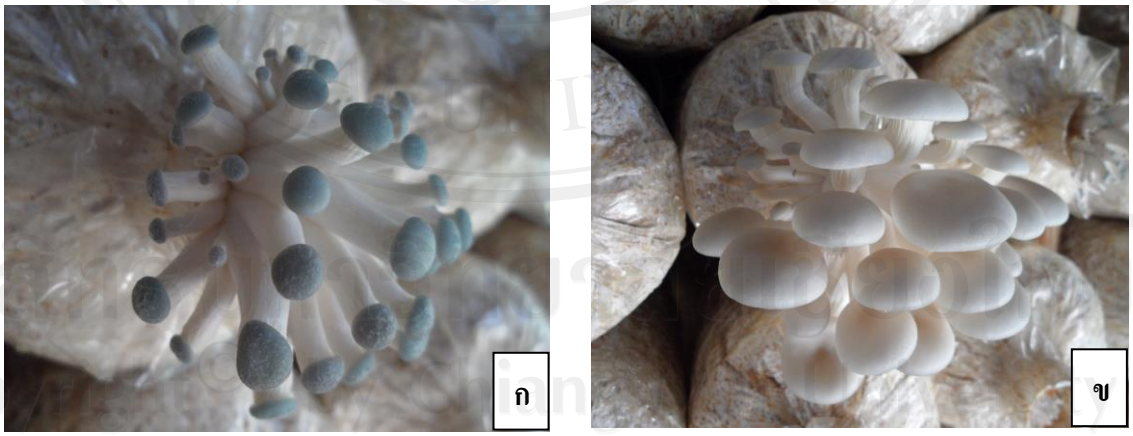
ปี	2550	2551	2552	2553	2554	2555	รวม
ปริมาณ	789.0	781.3	681.7	552.5	939.2	963.1	**4,706.8**
มูลค่า	65.3	48.2	46.9	36.0	50.5	50.0	**296.9**

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2556)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สัณฐานวิทยาของเห็ดนางรม

เห็ดนางรม (Oyster mushroom) เป็นเห็ดในกลุ่มผู้ย่อยสลายอินทรียสาร หมวกดอกมีขนาด 5 – 15 เซนติเมตร ผิวด้านบนเรียบ ดอกอ่อนมีลักษณะกลม (round) สีเทา เมื่อโตขึ้นจะสีขาวและมีลักษณะคล้ายชั้นวางของ (shelf-shape) ครีบมีลักษณะเป็นแผ่นบาง สีขาว อยู่ด้านล่างของหมวกดอกลงไปถึงก้านดอก (decurrent) (ภาพ 1) สร้างสปอร์รูปร่างกลมหรือทรงกระบอกขนาด 8-11 × 3-4 ไมโครเมตร รอยพิมพ์สปอร์ (spore print) มีสีขาว ก้านดอกสั้นมากหรือเกือบไม่มี (Kibby, 2009) พบได้ตามธรรมชาติ เช่น บนขอนไม้หรือตอไม้ที่กำลังผุพัง เป็นต้น สามารถออกดอกได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 25 – 28 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยอยู่ระหว่าง 30 – 32 องศาเซลเซียส การสร้างดอกเห็ดต้องอาศัยการผสมข้ามระหว่างเส้นใยขั้นที่ 1 ซึ่งมี mating type ต่างกัน (heterothallic) เพื่อให้ได้เส้นใยขั้นที่ 2 ซึ่งจะรวมตัวกันเกิดเป็นดอกเห็ดต่อไป (วิทยา, 2552) เห็ดชนิดนี้เป็นเห็ดที่มีรสชาติหอมหวาน สามารถประกอบอาหารได้หลายประเภท จึงนิยมเพาะกันอย่างกว้างขวางทั้งในเขตอบอุ่นและเขตร้อนชื้น โดยเฉพาะ สายพันธุ์ฮังการีซึ่งนิยมเพาะกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย เป็นสายพันธุ์ที่ให้น้ำหนักดี ทนต่อราเขียว สามารถเพาะได้ตลอดทั้งปี ส่วนเห็ดนางฟ้า (Sajor-caju mushroom) จะมีความต่างตรงสีของดอกเห็ดซึ่งจะมีสีน้ำตาลเข้มด้านล่างของดอกเห็ดมีสีขาว (ภาพ 2) มีความเหนียวน้อยกว่าเห็ดนางรม ไม่ทนต่อราเขียว ออกดอกได้ดีในสภาพอากาศเย็น (วิทยา, 2552)



ภาพ 1 เห็ดนางรมฮังการี (**ก**) ดอกอ่อน (**ข**) ดอกบาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 2 เห็ดนางฟ้าภูฐาน

การจัดจำแนกเห็ดนางรม (Kibby, 2009)

Kingdom	:	Fungi
Phylum	:	Basidiomycota
Class	:	Basidiomycetes
Order	:	Agaricales
Family	:	Pleurotaceae
Genus	:	*Pleurotus*
Species	:	*Pleurotus ostreatus*

ชนิดของเห็ดนางรม (วิทยา, 2552)

1. เห็ดนางรมสีขาว (White oyster mushroom) เป็นเห็ดชนิดที่สร้างดอกเห็ดได้ดีในช่วงอุณหภูมิสูง เหมาะสำหรับเพาะในช่วงฤดูร้อนของไทย หมวกดอกมีสีขาว ดอกเห็ดให้น้ำหนักดี

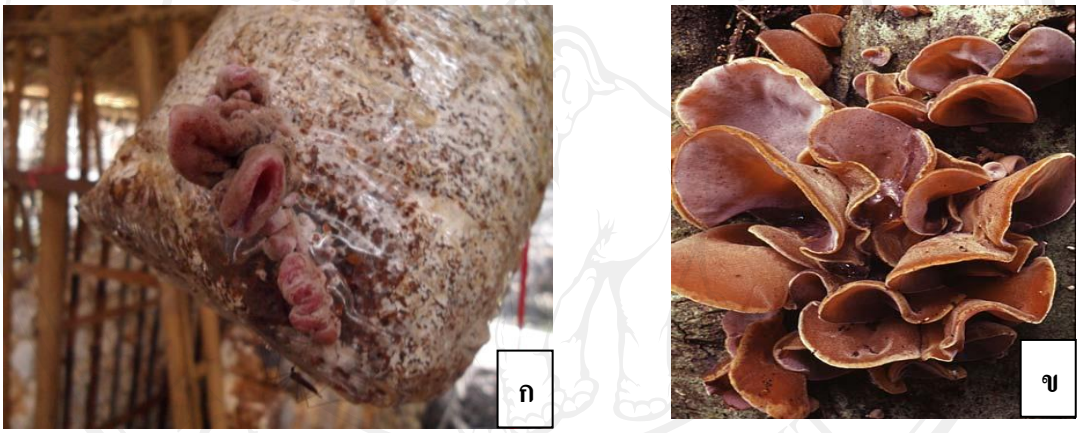
2. เห็ดนางรมสีเทา (Grey oyster mushroom) เป็นเห็ดชนิดที่สร้างดอกเห็ดได้ดีในช่วงอุณหภูมิต่ำ เหมาะสำหรับเพาะในช่วงฤดูหนาว หมวกดอกมีสีเทา หนา และมีขนาดใหญ่

3. เห็ดนางรมฮังการี (Hungarian oyster mushroom) เป็นเห็ดชนิดที่มีช่วงอุณหภูมิในการสร้างดอกเห็ดกว้าง เหมาะกับการเพาะในทุกฤดูกาล ดอกเห็ดมีขนาดเล็กแต่มีจำนวนดอกเห็ดมาก ดอกเห็ดให้น้ำหนักดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สัณฐานวิทยาของเห็ดหูหนู

เห็ดหูหนู (Wood ear mushroom) เป็นเห็ดในกลุ่มผู้ย่อยสลายอินทรียสาร มีลักษณะเด่นคือ ดอกเห็ดเป็นแผ่นวุ้นโค้งนูนขึ้นด้านบน รูปร่างคลายหูและมีลักษณะยืดหยุ่น (jelly) ก้านดอกค่อนข้างสั้นและติดเป็นเนื้อเดียวกับหมวกดอกเห็ด บางชนิดไม่มีก้านดอก ดอกเห็ดมีสีน้ำตาลอมเหลืองถึงสีน้ำตาลเข้ม พบกระจายตัวทั่วโลกในเขตร้อนชื้นและเขตอบอุ่น (Chang and Hayes, 1978) การสร้างดอกเห็ดต้องอาศัยการผสมข้ามระหว่างเส้นใยขั้นที่ 1 ซึ่งมี mating type ต่างกัน (heterothallic) เพื่อให้ได้เส้นใยขั้นที่ 2 ซึ่งจะรวมตัวกันเกิดเป็นดอกเห็ดต่อไป เห็ดชนิดนี้เป็นเห็ดที่มีรสชาติดี เนื้อกรุบ อร่อย สามารถเก็บเป็นเห็ดแห้งได้ นิยมเพาะอย่างแพร่หลายในประเทศไทย โดยเฉพาะพันธุ์ดอกหนา (วิทยา, 2552) (ภาพ 3)



ภาพ 3 เห็ดหูหนูพันธุ์ดอกหนา (**ก**) ดอกอ่อน (**ข**) ; ดอกบาน

การจัดจำแนกเห็ดหูหนูพันธุ์ดอกหนา (Kibby, 2009)

Kingdom	:	Fungi
Phylum	:	Basidiomycota
Class	:	Basidiomycetes
Order	:	Auriculariales
Family	:	Auriculariaceae
Genus	:	*Auricularia*
Species	:	*Auricularia polytricha*

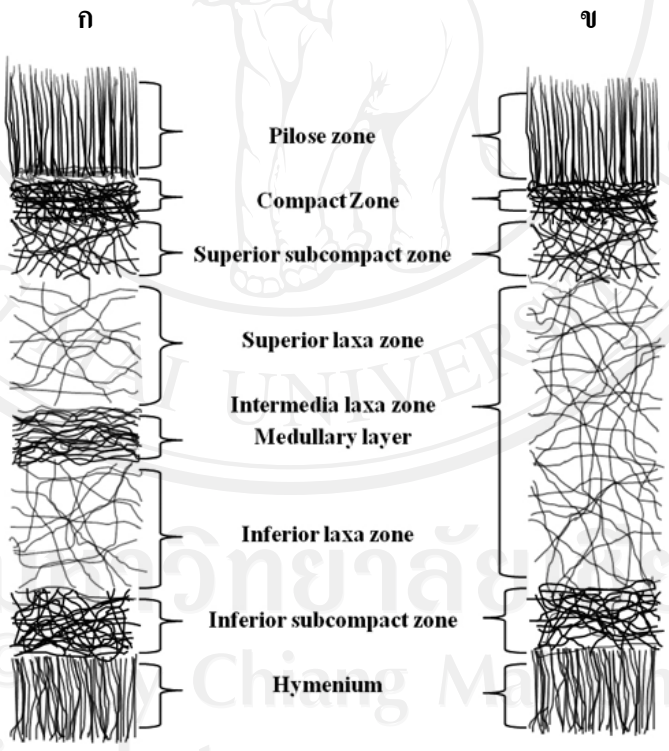
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชนิดของเห็ดหูหนู (วิทยา, 2552)

1. เห็ดหูหนูพันธุ์ดอกบาง (*Auricularia auricula*) ดอกเห็ดมีความหนาประมาณ 0.8 – 1.2 เซนติเมตร สีน้ำตาลอมเหลือง ด้านบนของดอกมีผิวเรียบและมีการสร้างสปอร์ (hymenium) ส่วนบริเวณผิวด้านล่างมีขน (pilosa) สั้นมากประมาณ 80-100 ไมโครเมตร ซึ่งอาจไม่สังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่าจนมองคล้ายกับไม่มีขน ไม่มีชั้น medulla ซึ่งเป็นชั้นตรงกลางของดอกเห็ด และมักออกดอกเป็นดอกเดี่ยว

2. เห็ดหูหนูพันธุ์ดอกหนา (*Auricularia polytricha*) ดอกเห็ดมีความหนาประมาณ 1.0 – 1.5 เซนติเมตร สีน้ำตาลเข้ม ผิวดอกสามารถลอกได้ 2 ชั้น ด้านบนของดอกมีผิวเรียบและมีการสร้างสปอร์ (hymenium) ส่วนบริเวณผิวด้านล่างเป็นริ้วและมีขน (pilosa) ความยาวประมาณ 400 – 500 ไมโครเมตร มีชั้น medulla ซึ่งเป็นชั้นตรงกลางของดอกเห็ด (ภาพ 4)

3. เห็ดหูหนูขาว (*Tremellaria fuciformis*) ลักษณะดอกเห็ดมีความหยิกกว่าเห็ดหูหนู 2 พันธุ์แรก ดอกเห็ดมีสีขาวใสคล้ายต้นกัลปังหา (ภาพ 5)



ภาพ 4 โครงสร้างของเห็ดหูหนู (**ก**) พันธุ์ดอกหนา และ (**ข**) พันธุ์ดอกบาง

ที่มา : http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0366-52322011000100003&script=sci_arttext

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 5 เห็ดหูหนูขาว

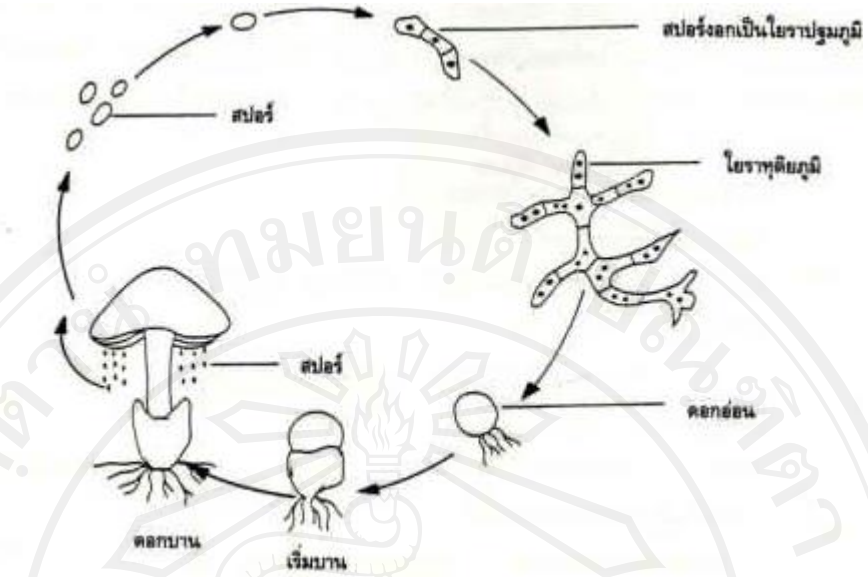
วงชีวิตของเห็ด (วิทยา, 2552)

วงชีวิตของเห็ด (mushroom life cycle) แบบอาศัยเพศ (sexual reproduction) แบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่

1. แบบไม่ต้องผสมข้าม (homothallic) เส้นใยเห็ดขั้นที่ 1 ที่มีนิวเคลียสแบบ haploid (n) สามารถรวมตัวระหว่างเส้นใยที่มี mating type เหมือนกัน เกิดเป็นเส้นใยเห็ดขั้นที่ 2 ซึ่งมี 2 นิวเคลียส (n +n) เพื่อสร้างดอกเห็ดได้ เช่น เห็ดฟาง เป็นต้น (ภาพ 6)

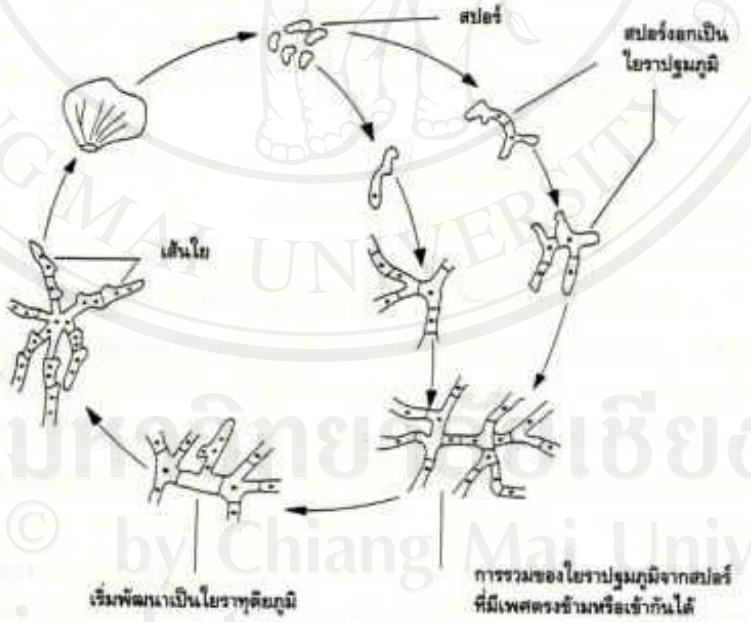
2. แบบต้องผสมข้าม (heterothallic) เส้นใยเห็ดขั้นที่ 1 ที่มีนิวเคลียสแบบ haploid (n) สามารถรวมตัวระหว่างเส้นใยที่มี mating type ต่างกัน เกิดเป็นเส้นใยเห็ดขั้นที่ 2 ซึ่งมี 2 นิวเคลียส (n +n) เพื่อสร้างดอกเห็ดได้ เช่น เห็ดนางรม เห็ดหูหนู เป็นต้น (ภาพ 7)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 6 วงชีวิตของเห็ดแบบ homothallic

ที่มา : http://coursewares.mju.ac.th:81/e-learning47/section2/ho413/html/chapter12.htm



ภาพ 7 วงชีวิตของเห็ดแบบ heterothallic

ที่มา : http://coursewares.mju.ac.th:81/e-learning47/section2/ho413/html/chapter12.htm

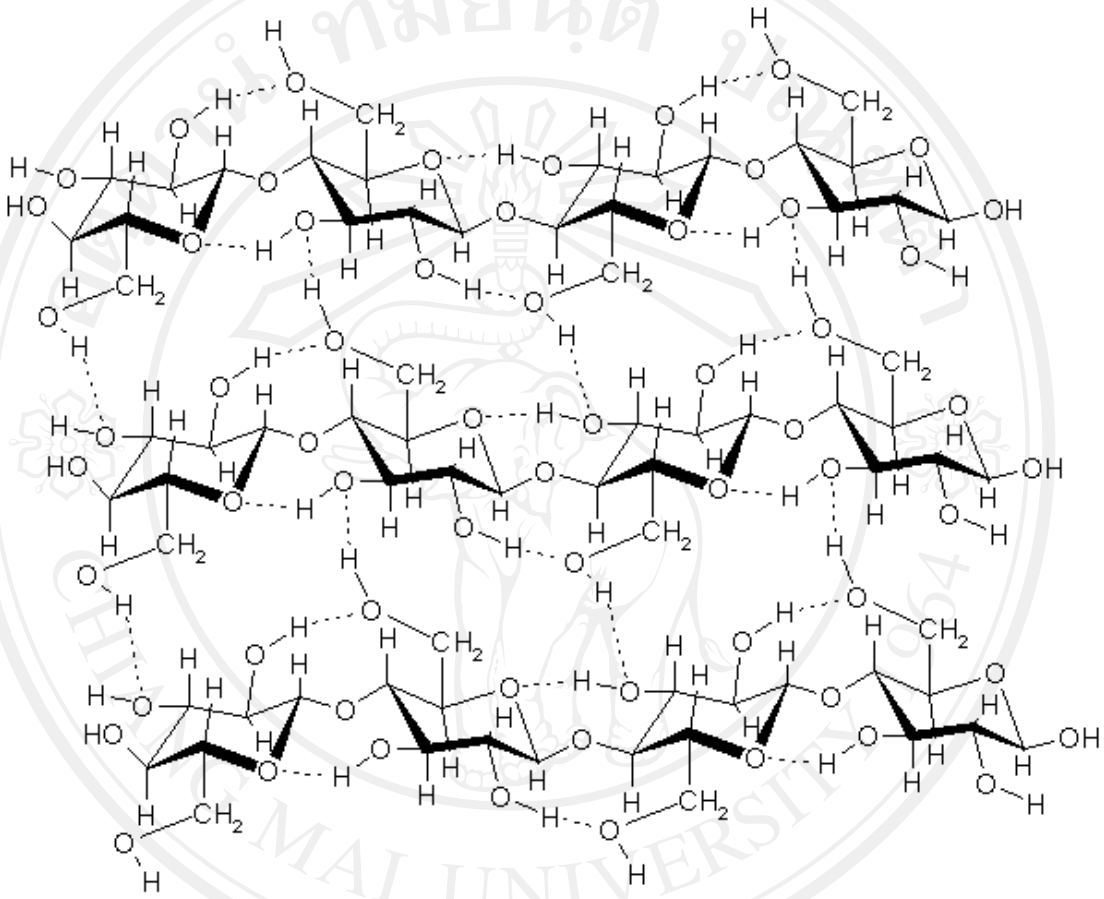
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วัสดุเพาะเห็ด

วัสดุหลายชนิดสามารถใช้เพาะเห็ดนางรมและเห็ดหูหนูได้ เช่น ขี้เลื่อย ฟางข้าว ขอนไม้ ต้นข้าวฟ่าง เปลือกถั่วเหลือง ซังข้าวโพด ต้นข้าวโพด ขี้ฝ้าย หญ้า ต้นกล้วย ผักตบชวา เป็นต้น (Poppe, 2004) โดยวัสดุที่นิยมใช้ในการเพาะเห็ดในประเทศไทย คือ ขี้เลื่อยไม้ยางพาราซึ่งให้ผลผลิตเห็ดในปริมาณมาก เส้นใยเห็ดเจริญได้ดีแต่ค่อนข้างมีราคาแพง ประมาณตันละ 2,500 บาท ส่วนกลุ่มผู้เพาะเห็ดในทางภาคเหนือของประเทศไทยนิยมใช้ขี้เลื่อยไม้ฉำฉาซึ่งเป็นของเหลือทิ้งจากโรงงานหัตถกรรมไม้แกะ สลักเป็นวัสดุหลักในการเพาะเห็ด โดยมีราคาประมาณ 1,800-2,000 บาทต่อตัน ซึ่งถูกกว่าขี้เลื่อยไม้ยางพาราประมาณ 500 -700 บาทต่อตัน สำหรับฟางข้าวเป็นวัสดุที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ส่วนขี้เลื่อยจะมีลิกนินและเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งเกิดจากการสร้างผนังเซลล์ขั้นทุติยภูมิ เพื่อให้มีความแข็งแรงมากขึ้น (Gabriel, 2004) เซลลูโลสเป็นสารที่มีองค์ประกอบเป็นน้ำตาลกลูโคสเรียงต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิกแบบ β-1,4 เป็นสายยาวไม่แตกแขนง ระหว่างสายยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (ภาพ 8) สามารถถูกย่อยโดยเอนไซม์ cellulase ส่วนเฮมิเซลลูโลสจะประกอบด้วยน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบย่อยหลายชนิด ได้แก่ glucose, mannose, arabinose, xylose และ glucuronic acid อาจมีโครงสร้างแบบเส้นหรือแบบกิ่ง ซึ่งต้องใช้เอนไซม์หลายชนิดในการย่อย เช่น xylanase, mannanase, galactanase, arabinosidase และ glucuronidase เป็นต้น ในขณะที่ลิกนินจะประกอบด้วย aromatic carbon เป็นส่วนใหญ่ (ภาพ 9) ซึ่งถูกย่อยด้วยเอนไซม์ ligninase เนื่องจากโครงสร้างค่อนข้างซับซ้อนจึงค่อนข้างใช้เวลานานในการย่อยสลาย (Griffin, 1994) วัสดุที่ได้กล่าวมานี้ ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน เมื่อถูกย่อยและดูดซึมเข้าสู่เซลล์จะกลายเป็นแหล่งพลังงานและการเจริญเติบโตของเห็ด นอกจากนี้วัสดุเพาะบางชนิดจำเป็นต้องเสริมแหล่งไนโตรเจนและแหล่งแร่ธาตุลงไปเพื่อเพิ่มการเจริญของเส้นใยเห็ดให้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากแหล่งไนโตรเจนจำเป็นต่อการสร้างผนังเซลล์ของเห็ดโดยมีไคทิน (N-Acetylglucosamine) เป็นองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์ ซึ่งเป็นอนุพันธ์แบบ β-1,4 ของน้ำตาลกลูโคสที่ต่อกับ acetyl amine group ตรงตำแหน่งที่ 2 (ภาพ 10) อีกทั้งยังมี เซลลูโลส mannoproteins β(1-3)-β(1-6)-glucan และ α(1-3)-glucan (Feofilova, 2010) วัสดุที่นิยมเติมเพื่อเพิ่มแหล่งไนโตรเจน ได้แก่ รำละเอียดหรือข้าวฟ่างบด นอกจากนี้ในรำละเอียดยังมีแหล่งวิตามินที่ช่วยเสริมการเจริญเติบโตของเห็ด เช่น วิตามิน B_3 (niacin) ที่เป็นองค์ประกอบของ Nicotinamide-adenine dinucleotide (NAD) ซึ่งเป็นตัวรีดิวซ์ในกระบวนการหายใจระดับเซลล์ (cellular respiration) ส่วนวัสดุที่นิยมเติมเพื่อเพิ่มแหล่งแร่ธาตุ ได้แก่ ยิบซัม ($CaSO_4$) และดีเกลือ ($MgSO_4$) ซึ่งเป็นแหล่งของ Ca^{2+} และ Mg^{2+} ซึ่งจำเป็นต่อการเจริญและยืดขยายตัวเส้นใยเห็ด (Lew, 2011) และช่วยในการทำงานของเอนไซม์ (Griffin, 1994) ความชื้นที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

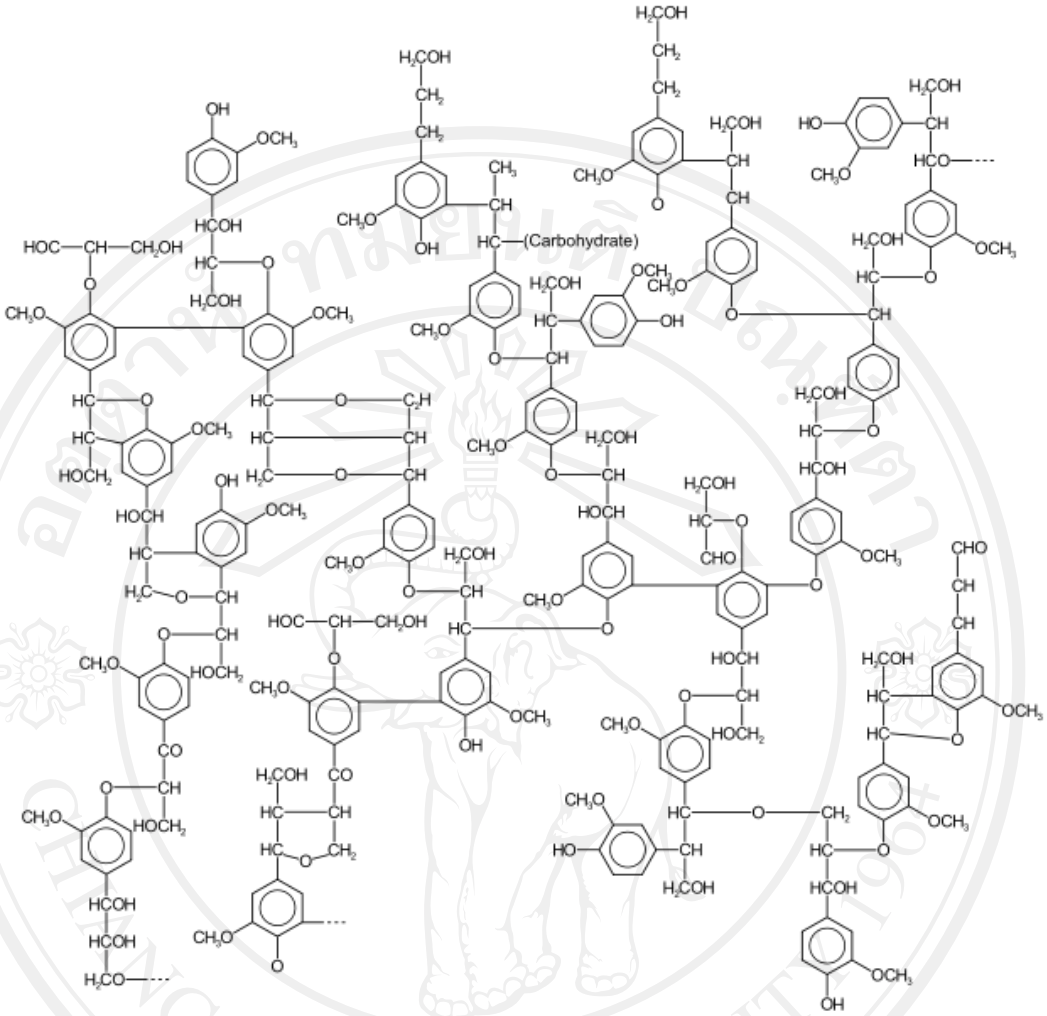
เหมาะของวัสดุเพาะสำหรับการเพาะเห็ดควรอยู่ที่ประมาณ 70% หากความชื้นสูงเกินไปจะทำให้เสี่ยงต่อการปนเปื้อนจากเชื้อแบคทีเรีย แต่หากความชื้นต่ำเกินไป เส้นใยเห็ดจะเจริญได้ไม่ดี (วิทยา, 2552)



ภาพ 8 โครงสร้างเซลลูโลส

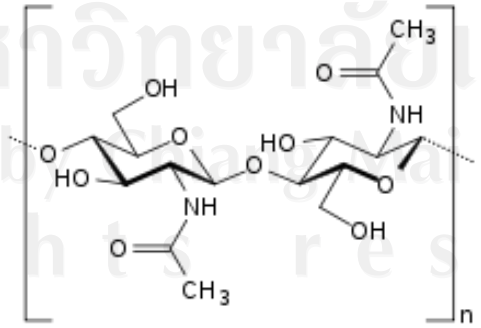
ที่มา : http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/wood/structure_wood_pt1.php

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 9 โครงสร้างลิกนิน

ที่มา : http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lignin_structure.svg



ภาพ 10 โครงสร้างของไคทิน (N-Acetylglucosamine)

ที่มา : http://en.wikipedia.org/wiki/Chitin

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สูตรการทำก้อนเชื้อเห็ดอาจมีอัตราส่วนผสมปรับเปลี่ยนได้แตกต่างกันตามความเหมาะสมในแต่ละฟาร์ม การใช้วัสดุชนิดใดในการเพาะเห็ดขึ้นอยู่กับความสะดวกในการจัดหาวัสดุชนิดนั้นๆ ในแต่ละท้องถิ่น

ตัวอย่างสูตรการทำก้อนเชื้อเห็ด (สูตรของลานนาฟาร์ม)

ขี้เลื่อย	100	กิโลกรัม
รำละเอียด	8	กิโลกรัม
ยิปซัม	1	กิโลกรัม
ปูนขาว	1	กิโลกรัม
ดีเกลือ	0.2	กิโลกรัม

ตัวอย่างสูตรการทำก้อนเชื้อเห็ด (วิทยา, 2552)

สำหรับเห็ดนางรม

<u>สูตร 1</u>

ขี้เลื่อย	100	กิโลกรัม
รำละเอียด	3-5	กิโลกรัม
ยิปซัม	2	กิโลกรัม
ปูนขาว	1	กิโลกรัม
ดีเกลือ	0.2	กิโลกรัม

<u>สูตร 2</u>

ขี้เลื่อยใหม่	70	กิโลกรัม
ขี้เลื่อยเก่า	30	กิโลกรัม
รำละเอียด	3-5	กิโลกรัม
ยิปซัม	2	กิโลกรัม
ปูนขาว	1	กิโลกรัม
ดีเกลือ	0.2	กิโลกรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สูตร 3

ฟางสับ 4-6 นิ้ว	100	กิโลกรัม
มูลวัว	25	กิโลกรัม
รำละเอียด	5	กิโลกรัม
ยูเรีย	1	กิโลกรัม
ปูนขาว	1	กิโลกรัม

สำหรับเห็ดหูหนู

สูตร 1

ขี้เลื่อย	100	กิโลกรัม
รำละเอียด	3-5	กิโลกรัม
ข้าวโพดป่น	3-5	กิโลกรัม
แป้งข้าวสาลี (หรือน้ำตาลทราย)	1	กิโลกรัม
ยิปซัม	0.5-1	กิโลกรัม
ดีเกลือ	0.2	กิโลกรัม

สูตร 2

ขี้เลื่อย	100	กิโลกรัม
รำละเอียด	5-6	กิโลกรัม
ยิปซัม	2	กิโลกรัม
ปูนขาว	1	กิโลกรัม
ดีเกลือ	0.2	กิโลกรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การจำแนกกลุ่มของฟังไจตามการย่อยสลายสารอาหาร

ฟังไจเป็นสิ่งมีชีวิตในกลุ่ม saprobe ที่มีเอนไซม์ในการย่อยสลายเนื้อไม้ได้ดี เช่น cellulase, ligninase เป็นต้น โดยทั่วไปมักแบ่งกลุ่มของฟังไจตามการมีเอนไซม์ในการย่อยสลายสารอาหารเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ (Griffin, 1994) ได้แก่

1. White rot fungi เป็นกลุ่มที่มีความสามารถย่อยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินในอัตราที่ใกล้เคียงกัน เมื่อเนื้อไม้ถูกย่อยมักเห็นเป็นสีขาว เนื่องจากลิกนินถูกย่อยจึงทำให้สีจางลง (ภาพ 11) เช่น เห็ดนางรม เห็ดหูหนู เป็นต้น

2. Brown rot fungi เป็นกลุ่มที่มีความสามารถย่อยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสได้เป็นอย่างดี แต่กลับย่อยลิกนินได้ในอัตราที่ช้ามาก หรืออาจไม่ย่อย จึงทำให้เนื้อไม้หลังจากการย่อยเห็นสีน้ำตาลของลิกนิน (ภาพ 12) เช่น *Serpula lacrymans* เป็นต้น

3. Soft rot fungi ลักษณะคล้ายกับ Brown rot แต่ย่อยสลายไม้ได้น้อยกว่า เช่น *Chaetomium* เป็นต้น

ภาพ 11 ไม้ที่ถูกย่อยสลายโดยฟังไจกลุ่ม white rot fungi
ที่มา : http://en.wikipedia.org/wiki/Wood-decay_fungus

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 12 ไม้ที่ถูกย่อยสลายโดยฟังไจกลุ่ม brown rot fungi
ที่มา : http://en.wikipedia.org/wiki/Wood-decay_fungus

วัสดุทดแทนการใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพาราในการเพาะเห็ดนางรมและเห็ดหูหนู

การเพาะเห็ดนางรมและเห็ดหูหนู ส่วนใหญ่นิยมใช้ขี้เลื่อยไม้ยางพาราเป็นวัสดุหลักในการผลิตก้อนเชื้อเห็ด นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถใช้วัสดุหลายชนิดในการเพาะเห็ด เช่น ฟางข้าวซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และขี้เลื่อยไม้ฉำฉาซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานหัตถกรรมไม้แกะสลัก เป็นต้น Amuneke *et al*. (2011) รายงานว่าวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรหลายชนิด เช่น ขี้เลื่อย ประกอบด้วยเซลลูโลสและลิกนิน ฟังไจในกลุ่ม Basidiomycetes หลายชนิดสามารถย่อยสลายและนำสารอาหารไปใช้ประโยชน์ได้ Obodai *et al*. (2003) ศึกษาเปรียบเทียบการเจริญและผลผลิตของเห็ดนางรมที่เพาะในวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่างชนิดกัน ได้แก่ ขี้เลื่อยหมักไม้ abachi (*Triplochiton scleroxylon*) ฟางข้าว ใบกล้วย ต้นข้าวโพด เปลือกข้าวโพด แกลบ ขี้เลื่อยสดไม้ abachi และ กกช้าง พบว่าฟางข้าวเป็นวัสดุทดแทนการใช้ขี้เลื่อยที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับวัสดุทดแทนอย่างอื่น Zhang *et al*. (2002) ศึกษาเปรียบเทียบการเพาะเห็ดนางรมในฟางข้าวและฟางข้าวสาลี พบว่าฟางข้าวให้ปริมาณผลผลิตของดอกเห็ดมากกว่าฟางข้าวสาลีประมาณ 10 % Yildiz *et al*. (2002) ทดลองเพาะเห็ดนางรมโดยใช้วัสดุหลักได้แก่ ใบของต้น hazelnut ใบของต้น tilia ผสมกับใบของต้น European aspen ฟางข้าวสาลี ขี้เลื่อยไม้ Oriental Beech และเศษกระดาษ พบว่าการใช้ฟางข้าวสาลีเป็นวัสดุเพาะเห็ดให้ผลผลิตของเห็ดนางรมสูงสุด ส่วนการผสมรำละเอียดลงในวัสดุ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพาะในอัตราส่วน 25% เพิ่มโอกาสเสี่ยงต่อการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ Irawati *et al*. (2012) ทดลองเพาะเห็ดหูหนูในวัสดุเพาะหลักจากขี้เลื่อยไม้เนื้อแข็ง 3 ชนิด ได้แก่ *Falcataria moluccana*, *Shorea* sp. และ *Tectona grandis* พบว่าขี้เลื่อยจากไม้ *Shorea* sp. มีอัตราการเจริญของเส้นใยเห็ดหูหนูเร็วที่สุด

การผลิตหัวเชื้อเห็ด

การผลิตหัวเชื้อเห็ดประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการเลี้ยงเส้นใยเห็ดในอาหารวุ้น Potato Dextrose Agar (PDA) จากเนื้อเยื่อของดอกเห็ด (ภาคผนวก ก) หรือจากเส้นใยเห็ด และการเลี้ยงเส้นใยเห็ดในเมล็ดข้าวฟ่างต่อจากอาหารวุ้น PDA ที่ได้เตรียมไว้ในข้างต้น (ภาคผนวก ข) ในกระบวนการทั้งสองนี้เป็นกระบวนการที่สำคัญ ต้องระมัดระวังการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์อื่น

การผลิตก้อนเชื้อเห็ด

หลังจากการผสมวัสดุเพาะต่างๆ ในแต่ละสูตรให้เข้ากันแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการบรรจุวัสดุเพาะลงในถุงเพาะเห็ดประมาณถุงละ 0.8 – 1.0 กิโลกรัม อัดให้แน่นพอควร จากนั้นใส่คอขวดแล้วปิดฝาจุกสำลีซึ่งจะมีช่องให้อากาศผ่านเข้าออกได้ สำลีเป็นตัวกรองอากาศเพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์อื่น หลังจากการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว นอกจากนั้นควรระวังเศษไม้ที่ปนมากับขี้เลื่อยซึ่งอาจแทงทะลุถุงเพาะเห็ด ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์อื่นในก้อนเชื้อเห็ด เมื่อตรวจพบว่าถุงรั่วควรใช้เทปกาวแปะรอยรั่วนั้นก่อนการนึ่งฆ่าเชื้อ ปกติการอัดก้อนเชื้อเห็ดมักใช้แรงจากมือในการบีบอัดขี้เลื่อย หรืออาจใช้เครื่องช่วยอัดก้อนเชื้อเห็ดเพื่อทำให้ก้อนเชื้อเห็ดมีคุณภาพสม่ำเสมอกัน (ภาพ 13)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 13 เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด

ที่มา : http://www.sritongmushroom.com

การนึ่งฆ่าเชื้อ

หลังจากบรรจุวัสดุเพาะลงในก้อนถุงเชื้อเห็ดแล้ว ต้องนำไปนึ่งฆ่าเชื้อเพื่อลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนในก้อนเชื้อเห็ดก่อนเขี่ยเชื้อเห็ดลงไป การนึ่งฆ่าเชื้อแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ การนึ่งฆ่าเชื้อที่ไม่ใช้ความดัน และการนึ่งฆ่าเชื้อแบบมีความดันไอน้ำ (autoclave) ซึ่งมีทั้งข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน (ตาราง 2) หม้อนึ่งฆ่าเชื้อแบบมีความดันไอน้ำ (ภาพ 14) จะมีการฆ่าเชื้อที่ค่อนข้างสมบูรณ์กว่าหม้อนึ่งฆ่าเชื้อแบบไม่ใช้ความดันและใช้เวลาในการนึ่งฆ่าเชื้อน้อยกว่า แต่หม้อนึ่งฆ่าเชื้อแบบมีความดันไอน้ำค่อนข้างมีราคาแพงกว่า เกษตรกรผู้เพาะเห็ดที่มีต้นทุนต่ำจึงนิยมใช้หม้อนึ่งฆ่าเชื้อแบบไม่ใช้ความดัน ที่ประดิษฐ์ขึ้นเองหรือทำจากถังน้ำมัน 200 ลิตร หรือที่เรียกว่าหม้อนึ่งลูกทุ่ง (ภาพ 15) ซึ่งมีราคาถูกแต่อาจใช้ระยะเวลาการนึ่งฆ่าเชื้อนานกว่าหม้อนึ่งแบบมีความดันไอน้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 14 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อแบบมีความดันไอน้ำ (autoclave)
ที่มา : http://www.sritongmushroom.com

ภาพ 15 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อแบบไม่ใช้ความดัน (หม้อนึ่งลูกทุ่ง)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2 การเปรียบเทียบการนึ่งฆ่าเชื้อแบบไม่ใช้ความดันและการนึ่งฆ่าเชื้อแบบมีความดันไอน้ำ (Kwon and Kim, 2004)

การนึ่งฆ่าเชื้อ	อุณหภูมิ (^{o}C)	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)	ข้อดี	ข้อเสีย
ความดันน้ำเดือด	90 - 95	5 - 8	1. วัสดุเพาะสูญเสียความชื้นไม่มาก 2. ต้นทุนการผลิตต่ำ	1. ใช้เวลาในการฆ่าเชื้อนาน 2. สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 3. อาจพบการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์อื่นได้บ้าง
แบบมีความดัน (15 ปอนด์/ตารางนิ้ว)	121	1 - 1.5	1. ลดเวลาการฆ่าเชื้อ 2. ประหยัดเชื้อเพลิง 3. ฆ่าเชื้อได้ค่อนข้างสมบูรณ์	1. วัสดุเพาะสูญเสียความชื้นมาก 2. ต้นทุนการผลิตสูง

การเขี่ยเชื้อเห็ด

บริเวณห้องเขี่ยเชื้อเห็ดควรมีการรักษาความสะอาด โดยอาจมีการติดหลอดรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) โดยเปิดแสง UV เป็นเวลา 30 นาที เพื่อฆ่าเชื้อโรคก่อนและหลังการเขี่ยเชื้อเห็ด นอกจากนั้นบริเวณที่จะทำการเขี่ยเชื้อเห็ดควรมีการฆ่าเชื้อด้วยแอลกอฮอล์ 70% ส่วนการใส่เชื้อเห็ดจากเมล็ดข้าวฟ่างสู่ก้อนเชื้อเห็ดควรทำอย่างรวดเร็ว เพื่อป้องกันเชื้อจุลินทรีย์อื่นในอากาศตกลงไปปนเปื้อนในก้อนเชื้อเห็ด

การบ่มก้อนเชื้อเห็ด

หลังจากการใส่เชื้อเห็ดสู่ก้อนเชื้อเห็ดแล้ว ก้อนเชื้อเห็ดจะถูกบ่มในที่ที่มีอากาศถ่ายเทสะดวก โดยปกติแล้วควรบ่มก้อนเชื้อเห็ดในโรงเรือนที่แยกต่างหากจากโรงเปิดดอกเห็ด เพื่อลดการสะสมของโรคและแมลงในโรงเปิดดอกเห็ด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ด

1. ความชื้น ธรรมชาติของเห็ดต้องการความชื้นค่อนข้างสูงในการเจริญเติบโต ความชื้นที่จำเป็นต่อการเพาะเห็ดประกอบด้วย ความชื้นในวัสดุเพาะ (moisture content) และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (relative humidity) ความชื้นในวัสดุเพาะควรมีความชื้นประมาณ 70% หากความชื้นสูงเกินจะทำให้ แบคทีเรียเจริญได้ดีกว่าเส้นใยเห็ด และยังทำให้วัสดุเพาะขาดออกซิเจน จึงทำให้เส้นใยเห็ดเจริญช้าหรืออาจไม่เจริญ แต่หากวัสดุเพาะมีความชื้นต่ำเกินไป เส้นใยเห็ดจะขาดน้ำและชะงักการเจริญเติบโต ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ควรมีประมาณ 80-90 % หากความชื้นสูงเกินไปดอกเห็ดจะเน่าเสียจากเชื้อแบคทีเรียได้ง่าย แต่หากความชื้นในอากาศต่ำเกิดไป จะทำให้ไม่สามารถสร้างดอกเห็ดหรือดอกเห็ดแห้งซึ่งจะชะงักการเจริญเติบโตของดอกเห็ด (วิทยา, 2552)

2. อุณหภูมิ มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์และกระบวนการเมทาบอลิซึม เห็ดแต่ละชนิดมีช่วงอุณหภูมิในการเจริญของเส้นใยและการเกิดดอกต่างกัน เห็ดนางรมและเห็ดหูหนูเป็นเห็ดที่สามารถเจริญได้ดีในอุณหภูมิประเทศไทย โดยปกติระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเกิดดอกเห็ดมักต่ำกว่าระยะการเจริญของเส้นใยประมาณ 3-5 ^{o}C (วิทยา, 2552)

3. แสง มีความจำเป็นในการกระตุ้นให้เส้นใยรวมตัวกันเพื่อให้เกิดการสร้างดอกเห็ดที่สมบูรณ์ เช่น เห็ดนางรม เห็ดนางฟ้า เห็ดโคนน้อย เป็นต้น โดยเฉพาะเห็ดโคนน้อยเมื่อได้รับแสงจะกระตุ้นการเกิดดอกเห็ดได้เร็วมาก (สมจิตร, 2555)

4. อากาศ การเจริญและการสร้างดอกเห็ดเห็ด โดยเฉพาะในระยะเปิดดอก ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพียงเล็กน้อยจะช่วยกระตุ้นการสร้างตุ่มเห็ด (primordium) โดยปกติในสภาพธรรมชาติ คาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศมี 0.03 % หากในโรงเรือนเพาะเห็ดมีคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่า 1% จะทำให้เกิดดอกเห็ดได้ยากหรือไม่เกิดดอกเห็ด นอกจากนี้อาจทำให้ดอกเห็ดมีอาการผิดปกติ คือ มีก้านดอกเห็ดยืดยาวและดอกเห็ดไม่บาน (วิทยา, 2552)

5. ความเป็นกรด-เบส (pH) โดยทั่วไปเห็ดจะเจริญได้ดีในสภาพที่เป็นกลาง หรือค่อนไปทางกรดเล็กน้อย ระยะเส้นใยชอบชอบ pH ต่ำกว่าการสร้างดอกเห็ด ในเห็ดเป๋าฮื้อหากวัสดุเพาะมีความเป็นกรดสูงเกินไป จะไม่สร้างดอกเห็ดแต่จะพบการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โดยจะสร้าง oidia เพียงอย่างเดียว (วิทยา, 2552)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัญหาการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์อื่นในก้อนเชื้อเห็ด

การผลิตก้อนเชื้อเห็ดในปริมาณมากต้องมีการดูแลและการจัดการที่ดีในทุกขั้นตอน หากเกิดการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์อื่น จะทำให้ไม่สามารถนำก้อนเชื้อเห็ดนั้นไปจำหน่ายหรือผลิตเป็นดอกเห็ดได้ ทำให้สูญเสียรายได้ จุลินทรีย์ปนเปื้อนในก้อนเชื้อเห็ดส่วนใหญ่ ได้แก่ เชื้อรา *Penicillium*, *Aspergillus, Monilia*, *Trichoderma* และ *Streptomyces* (Lopez-Arevalo *et al*., 1996) การปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์อื่นในก้อนเชื้อเห็ดอาจเกิดจากหลายสาเหตุ สาเหตุหลักเกิดจากการนึ่งฆ่าเชื้อที่ไม่สมบูรณ์และเกิดจากหัวเชื้อเห็ดที่มีการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์อื่น อภิรัชต์ และคณะ (2551) ศึกษาชนิดและแหล่งแพร่กระจายของเชื้อราที่ปนเปื้อนในการผลิตหัวเชื้อเห็ด พบว่าเชื้อราที่ปนเปื้อนส่วนใหญ่พบในวัสดุที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเชื้อเห็ด โดยสปอร์ของเชื้อราเหล่านี้จะแพร่กระจายไปตามลม น้ำ และติดไปกับวัสดุและอุปกรณ์ในการผลิตเชื้อเห็ด การนึ่งฆ่าเชื้อที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งอาจเกิดจากประสิทธิภาพของหม้อนึ่งก้อนเชื้อเห็ดหรือการใช้เวลาในการนึ่งฆ่าเชื้อน้อยเกินไป ประกอบกับการปฏิบัติงานโดยขาดเทคนิคปลอดเชื้อ และการไม่รักษาความสะอาดบริเวณฟาร์มเห็ด อาจเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ นอกจากนี้หากมีการระบาดของไรในก้อนเชื้อเห็ด ไรจะกัดกินและดูดน้ำเลี้ยงจากเส้นใยเห็ด ทำให้เส้นใยมีลักษณะบางลงกว่าปกติ และเป็นพาหะที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนในก้อนเชื้อเห็ดได้ (วิทยา, 2552) การจัดการปัญหาการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์อื่นในการกระบวนผลิตเห็ด ควรมีการจัดการฟาร์มเห็ด โดยนำเทคนิคทางจุลชีววิทยามาใช้ในกระบวนการผลิตเห็ดเพื่อลดความเสี่ยงของการปนเปื้อน ซึ่งจะช่วยให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพและช่วยลดต้นทุนการผลิต นอกจากนี้การจัดระบบฟาร์มให้เป็นไปตามสายการผลิตจะทำให้เกิดความสะดวกในการปฏิบัติงานและช่วยลดการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์อื่นได้อีกทางหนึ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved