บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ตรวจเอกสาร

การจำแนกเห็ดในวงศ์ Agaricaceae

ลักษณะที่สำคัญของเห็ดในวงศ์ Agaricaceae นี้คือ ดอกเห็ดทรงร่ม หรือรูปกระทะคว่ำ ผิวหมวกมีหลายสี บางชนิดอาจมีเกล็ด (scale) ติดอยู่ด้วย ครีบไม่ยึดติดกับก้าน (free) บางสกุลมีวงแหวน (annulus หรือ ring) ล้อมรอบส่วนบนของก้านดอก พิมพ์สปอร์ (spore print) มีสีหลากหลายขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะแต่ละสกุล เช่น สีขาว สีเขียว สีม่วง สีน้ำตาล - น้ำตาลดำ เป็นต้น (Arora, 1986)

เห็ดในวงศ์ Agaricaceae ได้มีการจัดจำแนกไว้ ดังนี้ (Kirk *et al*., 2001)

Phylum : Basidiomycota

Class : Basidiomycetes

Subclass : Agaricomycetidae

Order : Agaricales

Family : Agaricaceae

Genus : *Agaricus, Chlorophyllum, Lepiota, Lepiotophyllum, Leucoagaricus, Leucocoprinus, Macrolepiota*

ซึ่งเห็ดในแต่ละสกุลที่กล่าวมานี้ก็มีลักษณะทั่วไปที่สำคัญ และใช้ในการจำแนกชนิดในแต่ละสกุล ยกตัวอย่างเห็ดในสกุลที่สำคัญดังต่อไปนี้

1. *Agaricus*

เห็ดที่อยู่ในสกุลนี้จัดเป็นพวกขึ้นอยู่บนพื้นดินทั่วไป บริเวณขอบหมวกจะมีเนื้อเยื่อเชื่อมติดกับก้านดอกเรียกว่า partial veil โดยส่วนหมวกจะค่อย ๆ ขยายแผ่กว้างออกไป เนื้อเยื่อ partial veil จะขาด ทำให้เกิดวงแหวนบนก้าน เห็ดในสกุลนี้มีทั้งเห็ดกินได้และเห็ดพิษแต่ส่วนใหญ่เป็นเห็ดกินได้ เห็ดในสกุล *Agaricus* จำแนกโดยอาศัยลักษณะของครีบ ว่าติดกับก้านดอกหรือไม่ หมวกเห็ดส่วนใหญ่มีสีขาวลักษณะครึ่งวงกลมคว่ำ (convex) ขนาด และรูปร่างของแต่ละชนิดจะผันแปรได้ โดยทั่วไปมีส่วนของหมวกแบนกว้าง ซึ่งมีสีขาว สีขาวอมชมพู สีชมพูปนเทา

และเมื่ออายุมากขึ้น สีจะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือสีช็อคโกแลต เมื่อนำมาทำพิมพ์สปอร์ จะได้สีน้ำตาลเข้ม - ดำ เห็ดสกุล *Agaricus* โดยทั่วไปจะมีวงแหวน ซึ่งพบติดอยู่กับก้านโดยสร้างจากส่วนของ partial veil และ universal veil มีน้อยชนิดที่มี volva เห็ดสกุล *Agaricus* สามารถเจริญเติบโตได้ในอุณหภูมิที่กว้างตั้งแต่ 10 - 32^{0}C ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิด และภูมิประเทศนั้น ๆ (Arora, 1986)

2. *Lepiota*

เห็ดในสกุลนี้ส่วนใหญ่มักพบอยู่บนพื้นดินทั่วไป หรือบนเศษซากพืช ซากสัตว์ ที่เน่าเปื่อยผุพัง ดอกเห็ดเป็นทรงร่ม หรือรูปกระทะคว่ำ มีสีขาว – เหลือง บางชนิดมีสีส้มปนเหลือง – ส้มปนน้ำตาลอ่อน ครีบมีลักษณะบางเรียงชิดติดกัน และไม่ยึดติดกับก้าน ไม่มีสี หรือมีสีเหลืองจางๆ ก้านดอกส่วนบนมีวงแหวนติดอยู่ แต่เมื่อเห็ดมีอายุมากขึ้น อาจสลายไป เห็ดบางชนิดในสกุลนี้ก้านดอกบริเวณส่วนฐานจะมีขนาดใหญ่กว่าส่วนบน ในส่วนของเส้นใยมี หรือไม่มี clamp connection ก็ได้ พิมพ์สปอร์มีสีขาว หรือสีเหลืองอ่อน ๆ สปอร์มีขนาดตั้งแต่เล็ก – ใหญ่ ผิวเรียบ ไม่มีสี (hyaline) ไม่มี germ pore รูปแบบการพัฒนาของดอกเห็ดในสกุลนี้เป็นแบบ bivelangiocarpic (Zhishu *et al*., 1993)

3. *Leucocoprinus*

เห็ดที่อยู่ในสกุลนี้จัดเป็นพวกขึ้นอยู่บนพื้นดินทั่วไป และอาจพบบนเศษซากพืชที่ผุพัง เห็ดในสกุล *Leucocoprinus* จำแนกโดยอาศัยลักษณะหมวกเห็ด ซึ่งหมวกเห็ดส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นเห็ดทรงร่ม หรือรูปกระทะคว่ำเมื่อดอกเห็ดบาน ครีบไม่ยึดติดกับก้าน เป็นแผ่นบางเรียงชิดกัน ส่วนก้านยาว เป็นทรงกระบอก ส่วนฐานจะป่องบวมกว่าส่วนโคน จึงดูรูปร่างคล้ายสากหรือไม้ตีพริก มีส่วนของ veil โดยจะเป็นส่วนที่ยึดก้านดอก และขอบหมวกไว้เมื่อเป็นดอกอ่อน เมื่อหมวกเห็ดบานออก เนื้อเยื่อดังกล่าวจะขาดจากขอบหมวก เหลือส่วนที่ยึดติดกับก้านเรียกว่า วงแหวน ในส่วนของเส้นใย เห็ดในสกุลนี้ส่วนใหญ่จะไม่พบ clamp connection พิมพ์สปอร์จะมีสีขาว หรือสีเหลืองอ่อน ๆ สปอร์มีรูปร่างไข่ (oval) – ค่อนข้างกลม (elliptical) ส่วนปลายของสปอร์มีส่วนที่เรียกว่า germ pore รูปแบบการพัฒนาของดอกเห็ดเป็นแบบ hemiangiocarpic (Zhishu *et al*., 1993)

4. *Macrolepiota*

เห็ดที่อยู่ในสกุลนี้จัดเป็นพวกขึ้นอยู่บนพื้นดินทั่วไป ดอกเห็ดทรงร่ม หรือรูปกระทะคว่ำเมื่อดอกเห็ดบาน เป็นเห็ดที่มีขนาดใหญ่ ส่วนใหญ่จะมีเกล็ด ติดอยู่บนหมวกเห็ด ครีบไม่ยึดติดกับก้านมีสีขาว ก้านยาว ส่วนฐานมีลักษณะป่องบวมกว่าส่วนโคนก้าน และมีเส้นขนเล็กๆ ติดอยู่ มีวงแหวนแบบถาวร เมื่อแก่จะสามารถเลื่อนได้ เส้นใยเห็ดในสกุลนี้จะมี clamp connection พิมพ์สปอร์มักมีขาว หรือชมพูอ่อน ๆ สปอร์มีขนาดใหญ่ รูปร่างค่อนข้างกลม – รูปไข่ ผิวเรียบ

ผนังหนา สีใส – ชมพูจาง ๆ ส่วนปลายมี germ pore เห็ดในสกุลนี้ส่วนใหญ่ไม่พบ pleurocystidia แต่มี cheilocystidia ซึ่งมีรูปร่างคล้ายกระบอง รูปแบบการพัฒนาของดอกเห็ดเป็นแบบ bivelangiocarpic (Zhishu *et al*., 1993)

การศึกษาเห็ด Agaricaceae ในประเทศไทย

คุณากร บุญใส (2536) รวบรวมเห็ดบริเวณลุ่มห้วยคอกม้า ดอยปุย ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2536 สามารถรวบรวมเห็ดได้ทั้งหมด 34 ชนิด เห็ดในวงศ์ Agaricaceae ที่พบมี 2 ชนิดได้แก่ *Agaricus* sp. 1 และ *Agaricus* sp. 2

เกษม สร้อยทอง (2537) ได้ทำการศึกษาเห็ดและราขนาดใหญ่ในประเทศไทย พบเห็ดทั้งหมด 14 วงศ์ 94 ชนิด โดยพบเห็ด Agaricaceae 7 ชนิดได้แก่ *Agaricus bisporus, Chlorophyllum molybodites, Lepiota cristata, Leucocoprinus birnbaumii, Leucocoprinus cepaestipes, Macrolepiota procena, Macrolepiota rhacodes*

ราชบัณฑิตยสถาน (2539) กล่าวถึงเห็ดกินได้และเห็ดมีพิษในประเทศไทยเป็นเห็ดในวงศ์ Agaricaceae ทั้งหมด 10 ชนิดได้แก่ *Agaricus cingulata, Agaricus bitorquis, Agaricus campestris, Agaricus trisulphuratus, Chlorophyllum molybdites, Lepiota phaeostica, Leucocoprinus cepaestipes, Macrolepiota procena, Macrolepiota rhacodes* และ *Macrolepiota zeheri*

อนงค์ จันทร์ศรีกุล (2539) กล่าวถึงเห็ด Agaricaceae ที่พบในประเทศไทย ได้แก่ *Agaricus arvensis, Agaricus bisporus*, *Agaricus campestris, Agaricus silvicola*, *Lepiota excoriate, Lepiota molybdites, Lepiota procera, Lepiota rachodes* และ *Leucocoprinus otsuensis*

วสันณ์ เพชรรัตน์ (2540) ทำการสำรวจเห็ดรับประทานได้ในบริเวณภาคใต้ของประเทศไทย พบเห็ดในสกุล *Agaricus* หลายชนิด เห็ดในสกุลนี้ส่วนใหญ่ชาวบ้านเรียกเห็ดนา และได้ศึกษาวิธีการเพาะเห็ดนา จนสามารถเก็บผลผลิตได้ 38 กรัม/ถุง

อัจฉรา ลาภมาก (2541) สำรวจความหลากหลายของเห็ดในบริเวณมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รวบรวมเห็ดในวงศ์ Agaricaceae ได้ 2 ชนิดได้แก่ *Agaricus* sp. และ *Chlorophyllum molybdites*

ดวงจันทร์ ก้อนทรัพย์ (2541ก) สำรวจความหลากหลายของเห็ดอการิกที่สวนสัตว์เชียงใหม่ในช่วงฤดูฝนระหว่างเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม พ. ศ. 2541 รวบรวมเห็ดอการิกได้ทั้งหมด 10 สกุล 26 ชนิด เห็ดในวงศ์ Agaricaceae ที่พบได้แก่ *Agaricus* 3 species และ *Lepiota* 4 species

ดวงจันทร์ ก้อนทรัพย์ (2541ข) ศึกษาความหลากหลายของเห็ดอการิกห้วยคอกม้า อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ – ปุย สามารถเก็บรวบรวมเห็ดในวงศ์ Agaricaceae ได้ 6 ชนิด ได้แก่ *Agaricus* sp. 1, *Agaricus* sp. 2, *Agaricus* sp. 3, *Macrolepiota* sp., *Lepiota* sp. 1, *Lepiota* sp. 2

นิคม พุทธิมา (2542) ทำการศึกษาความหลากหลายของเห็ดในบริเวณอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ – ปุย ระหว่างเดือนธันวาคม พ. ศ. 2539 – พฤศจิกายน พ. ศ. 2540 เก็บรวบรวมเห็ดได้ทั้งหมด 223 ตัวอย่าง สามารถจัดจำแนกได้ 33 วงศ์ 65 สกุล 149 ชนิด เป็นเห็ดในวงศ์ Agaricaceae 6 ชนิดได้แก่ *Agaricus* sp. 1, *Agaricus* sp. 2, *Agaricus* sp. 3 *Lepiota* sp. 1, *Lepiota* sp. 2 และ *Macrolepiota* sp.

วนิดา ผ่องมณี (2542) สำรวจความหลากหลายของเห็ดที่ขึ้นบนดินบริเวณป่าห้วยคอกม้า และป่าบริเวณสวนพฤกษาศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ ซึ่งเป็นป่าดิบเขาในบริเวณอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ – ปุย จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนมิถุนายน – ตุลาคม พ. ศ. 2541 เก็บรวบรวมตัวอย่างเห็ดได้ทั้งหมด 94 ตัวอย่าง เป็นเห็ดในวงศ์ Agaricaceae ทั้งหมด 3 ชนิดได้แก่ *Agaricus* sp., *Lepiota* sp. และ *Macrolepiota* sp.

วสันณ์ เพชรรัตน์ (2542) ทำการศึกษา และสำรวจเห็ดป่าในบริเวณภาคใต้ของประเทศไทย พบเห็ดสกุล *Macrolepiota* เมื่อนำมาศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา พบว่าเหมือนกับเห็ดนกยูงที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *M. gracilenta* และได้ศึกษาการเพาะเห็ดหนังกลอง (*M. gracilenta* (Krombh.) Moser) จนสามารถให้ผลผลิต 28.5 กรัม/ถุง

เสาวลักษณ์ พงษ์ไพจิตร และคณะ (2542) ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของเห็ดในป่าบาลา จังหวัดนราธิวาส ระหว่างเดือนมิถุนายน – ธันวาคม พ. ศ. 2541 สามารถเก็บตัวอย่างเห็ดได้ทั้งหมด 254 ตัวอย่าง พบเห็ดในวงศ์ Agaricaceae 5 ชนิด ได้แก่ *Agaricus trisulphuratus*, *Agaricus* sp., *Lepiota* sp., *Leucocoprinus birmbaumii*, *Leucocoprinus* sp.

อนงศ์ จันทร์ศรีกุล (2546) สำรวจเห็ดในวนอุทยานภูเรือ ภูหลวง จังหวัดเลย ระหว่างเดือนกรกฎาคม – สิงหาคม พ. ศ. 2545 สามารถเก็บรวบรวมเห็ดได้ทั้งหมดกว่า 60 ชนิด พบเห็ดในวงศ์ Agaricaceae ทั้งหมด 2 ชนิด เป็นเห็ดในสกุล *Agaricus* 1 ชนิด และ เห็ดในสกุล *Lepiota* 1 ชนิด

ประวัติการเพาะเห็ดในสกุล *Agaricus* ในประเทศไทย

การเพาะเห็ดกระดุมในประเทศไทยเริ่มมีตั้งแต่ปี พ. ศ. 2513 โดยบริษัทเอกชนแห่งหนึ่งในภาคเหนือได้จ้างผู้เชี่ยวชาญการเพาะเห็ดจากไต้หวัน มาเพาะเห็ดแชมปิญองในจังหวัดเชียงใหม่ สำเร็จเป็นครั้งแรก แต่ผลผลิตไม่ค่อยดีนัก สำหรับการผลิตเห็ดกระดุมในประเทศไทยส่วนใหญ่ผลิตเพื่อป้อนตลาดในประเทศเท่านั้น (สมาน ชินเบณจพล, 2523)

ในปี พ.ศ. 2515 นุชนารถ จงเลขา และพิภพ ลำยอง (2518) ได้ทดลองเลี้ยงเชื้อเห็ดกระดุม *(A. bisporus*) บนอาหารวุ้นที่มี พี เอช 6.0 - 6.2 จำนวน 6 ชนิด และเก็บเชื้อไว้ที่อุณหภูมิไม่เกิน 25^0C พบว่าอาหารที่ให้ผลดีที่สุด คือ V-8 juice agar รองลงมาคือ potato dextrose agar (PDA) โดยเห็ดจะเจริญบนอาหารทั้งสองชนิดนี้เต็มจานเลี้ยงเชื้อในเวลาไม่เกิน 23 วัน และเส้นใยเห็ดมีลักษณะหนาแน่นดี

จากนั้น ประภาพร ตั้งกิจโชติ (2524) ได้ทำการศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยา สัณฐานวิทยา และผลผลิตของเห็ดกระดุม *A. bitorquis* (Quel) Sacc. เพื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ผลปรากฏว่า บนอาหาร PDA ระดับ พี เอช 5.5 และอุณหภูมิเหมาะสมที่สุดคือ 30^0C ซึ่งมีผลทำให้เส้นใยชั้นที่สอง (secondary mycelium) ของเห็ดกระดุมเหล่านั้นเติบโตสูงสุด

อุดมลักษณ์ เกษปัน (2532) ได้ทำการทดลองเพาะเห็ดกระดุม 5 สายพันธุ์ คือชนิด *Agaricus bisporus* (2 สายพันธุ์) และชนิด *A. bitorquis* (3 สายพันธุ์) นอกฤดูกาล พบว่า ที่อุณหภูมิ 24^0C เชื้อเห็ด *A. bisporus* เจริญได้ดีที่สุดบนอาหารทุกชนิด และที่อุณหภูมิ 30^0C เห็ด *A. bitorquis* เจริญได้ดีในอาหาร PDA ส่วนการสร้างดอกเห็ด และปริมาณผลผลิตทั้งในฤดูกาล และนอกฤดูกาลเพาะสายพันธุ์ *A. bisporus* ให้ผลผลิตมากที่สุดคือ 320.6 กรัม / กะบะ

วสันณ์ เพชรรัตน์ และผลิวัลย์ ขุนทอง (2540) ได้ทำการศึกษาการเจริญของเห็ดนา (*Agaricus* sp.) พบว่าเชื้อเห็ดเจริญเติบโตได้ดีบนอาหารวุ้น Corn meal Agar เชื้อเห็ดสามารถใช้น้ำตาลมัล -โตสเป็นแหล่งคาร์บอนได้ดีที่สุด ส่วนแหล่งไนโตรเจนคือ เปปโตน บนอาหาร Malt extract Agar เชื้อเห็ดนา เจริญได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 25^0C และ พี เอช อยู่ระหว่าง 5.0 – 6.0 เชื้อเห็ดที่เก็บไว้ในที่มีแสงสว่างเจริญช้ากว่าที่เก็บไว้ในที่มืดตลอด

การเพาะเห็ด

เห็ดในสกุล *Agaricus* พบมีการเพาะปลูกครั้งแรกในปี ค. ศ. 1650 ณ กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส ซึ่งก็คือ *Agaricus bisporus* และเป็นเห็ดชนิดแรกที่สามารถเพาะได้ในแถบตะวันตก (Wong, 2003) ต่อมาได้มีการพัฒนากระบวนการเพาะเลี้ยงต่าง ๆ ตามยุคสมัยเพื่อปรับปรุงให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น ปัจจุบันในทางอเมริกาเหนือมีอุตสาหกรรมการเพาะเห็ด *A. bisporus* (white

button mushroom หรือ pizza mushroom) เพื่อส่งออก ซึ่งการเพาะเห็ดชนิดนี้ทำเป็นระบบฟาร์มขนาดใหญ่ โดยแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอนคือ phase I : composting, phase II : composting, spawning, casing, pinning และ cropping (Volk และ Ivors, 2001) การเพาะเห็ดในสกุล *Agaricus* นี้ใช้วัสดุเพาะ ตลอดจนขบวนการหมัก การอบฆ่าเชื้อ และอื่น ๆ เช่นเดียวกับการเพาะเห็ดกระดุม (*A. bisporus*) ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้คือ

ก. การทำหัวเชื้อเห็ด

วัสดุที่ใช้ทำหัวเชื้อเห็ดสกุล *Agaricus* นั้นอาจใช้ฟางหมัก หรือเมล็ดธัญพืช เช่น ข้าวเปลือก ข้าวสาลี ข้าวฟ่าง ข้าวไรย์ ข้าวบาเลย์ ไมโล เป็นต้น ในบางครั้งอาจใช้รำข้าวได้ด้วย (Donsky, 2006) ในอุตสาหกรรมการเพาะเห็ดในแถบตะวันตก และอเมริกาเหนือ จะนิยมใช้เมล็ดข้าวไรย์เป็นหัวเชื้อเห็ด เนื่องจากเมล็ดข้าวไรย์จะไม่จับเป็นก้อนได้ง่ายเมื่อเทียบกับ ข้าวเปลือก หรือข้าวสาลี วิธีการแก้ไขการจับตัวเป็นก้อนของหัวเชื้อเห็ดโดยการเติม ยิปซั่ม (Stamets and Chilton, 1983) จากการทดลองการเพาะเห็ดกระดุม 5 สายพันธุ์นอกฤดูกาลของ อุดมลักษณ์ เกษปัน (2532) พบว่า เส้นใยเห็ดกระดุม ทั้ง 5 สายพันธุ์ สามารถเจริญได้บนเมล็ดข้าวสาลี การเตรียมหัวเชื้อโดยใช้เมล็ดข้าวสาลี 1,500 กรัม ใส่ในขวดแบนขนาด 400 ลบ.ซม. ขวดละ 250 กรัม ปิดจุกสำลีแล้วหุ้มทับด้วยกระดาษอะลูมิเนียมฟอล์ยนำไปอบฆ่าเชื้อที่ความดัน 15 ปอนด์/ตร.นิ้ว ที่อุณหภูมิ 121^{0}C นาน 20 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเขี่ยเส้นใยเห็ดกระดุมพร้อมทั้งอาหารวุ้นลงไปในขวดที่เตรียมไว้ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 24 ^{0}C เขย่าขวดให้หัวเชื้อกระจายทั่วขวด รอจนกระทั่งเส้นใยเจริญเต็มขวด ต่อมา วสันณ์ เพชรรัตน์ และ ผลิวัลย์ ขุนทอง (2540) ได้ทำการเพาะเห็ดนา (*Agaricus* sp.) พบว่า เส้นใยเห็ดนา เจริญได้ดี และสามารถเพาะออกดอกได้ด้วยหัวเชื้อเห็ดที่เตรียมในเมล็ดข้าวฟ่างต้มเพียงอย่างเดียว

การเพาะเห็ด *Agaricus blazei* สามารถใช้ เมล็ดข้าสาลี ข้าวไรย์ broomcorn ข้าวฟ่าง ในการทำหัวเชื้อเห็ด โดยการเติมผสมด้วย ยิปซั่ม และปูนขาว (เมล็ดข้าวไรย์ 11 กก./ยิปซั่ม 120 กรัม/ปูนขาว 40 กรัม) พบว่าเส้นใยเห็ดเจริญเต็มขวดภายใน 3 - 4 สัปดาห์ (Anonymous, 2006)

ข. การทำปุ๋ยหมัก (composting)

การเตรียมปุ๋ยหมักสำหรับเพาะเห็ดกระดุมนั้น ทำพร้อม ๆ กันกับการเตรียมเชื้อเพราะใช้ระยะเวลาใกล้เคียงกัน การทำปุ๋ยหมักที่ดีจำเป็นต้องมีอาหาร ความชื้นที่เหมาะสม สะอาดปราศจากเชื้อโรคและแมลงรบกวน ปุ๋ยหมักดังกล่าวอาจทำจากฟางข้าว ผสมกับปุ๋ยคอก เช่น มูลม้าสด มูลไก่ เป็นต้น หรือทำจากฟางข้าว ซังข้าวโพดบด หญ้าแห้ง ชานอ้อย ที่เป็นแหล่งเซลลูโลส อื่น ๆ ตัดให้ยาวประมาณ 5 – 8 ซม. เพราะถ้าใช้ฟางมีขนาดยาวเกินไปจะทำให้การหมักไม่มีคุณภาพ โดยที่ฟางขนาดสั้น ๆ จะช่วยให้การหมักนั้นง่ายต่อการอัดแน่น และรวมตัวกันได้ง่ายทำให้มี

ออกซิเจนพอเพียง ซึ่งฟางนั้นจะให้ cellulose, hemicellulose และ lignin เพื่อนำไปใช้ในการสร้างเส้นใยของเห็ดโดยจะเป็นแหล่งคาร์บอน จากการศึกษาพบว่าฟางข้าวเจ้า และฟางข้าวบาเลย์จะมีความอ่อนตัวง่ายต่อการย่อยสลายเมื่อหมักแล้ว และยังสามารถดูดซับน้ำได้ดีกว่า เมื่อเทียบกับฟางข้าวสาลี (Anonymous, 2003)

ต่อมา Volk and Ivors (2001) ได้ทำการเพาะเห็ดกระดุม (*A. bisporus*) และกล่าวว่า เห็ดกระดุมนั้น ต้องการธาตุอาหารจากการหมัก เพราะฉะนั้นวัสดุหมักนั้นจะต้องไม่ส่งเสริมการมีธาตุอาหารสำหรับการเจริญของเชื้อราอื่นๆ ส่วนประกอบพื้นฐานของวัสดุหมักสำหรับเห็ดชนิดนี้ได้แก่ ฟางข้าวสาลี และมูลม้า แต่อาจใช้หญ้าแห้ง ซังข้าวโพด เมล็ดฝ้าย และวัสดุที่เป็นเส้นใยต่าง ๆ แทนได้ ส่วนมูลไก่สามารถเติมได้เพื่อเพิ่มธาตุไนโตรเจนในวัสดุหมัก ซึ่งการเตรียมวัสดุหมักขั้นตอนแรกจะต้องทำการตัดส่วนประกอบสดต่าง ๆ ให้เป็นท่อนสั้น ๆ จากนั้นก็นำมากองรวมกันให้สูงประมาณ 2 เมตร โดยกองให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเรียกว่า ricks หรือ windrows จากนั้นก็กลับกองฟางเป็นระยะรดน้ำทุก ๆ 3 - 5 วัน ซึ่งขั้นตอนนี้จะส่งผลให้จุลินทรีย์ที่จำเป็นต่าง ๆ สร้างพลังงานและให้ความร้อน อุณหภูมิภายในกองฟางจะสูงขึ้นเป็นภาวะที่ต้องการอากาศจึงเกิดการหมักระหว่างกลับกองฟางและผสมฟาง ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านั้นจะเจริญรวดเร็ว และปลดปล่อยพลังงานจนทำให้อุณหภูมิสูงถึง 80^0C การหมักจะสมบูรณ์ก็ต่อเมื่อวัสดุหมักเหล่านั้นนิ่มลงและสามารถอุ้มน้ำได้ดี ซึ่งจะมีกลิ่นของแอมโมเนียเกิดขึ้นด้วย และวัสดุหมักจะต้องเป็นสีน้ำตาล – ดำ

สำหรับการทำปุ๋ยหมัก มีข้อที่ต้องคำนึงถึงอยู่หลายอย่าง เช่น อากาศเนื่องจากปุ๋ยหมักเป็นผลิตผลขั้นสุดท้ายของขบวนการที่มีอากาศ (aerobic fermentation) ซึ่งฟางจะให้คาร์โบไฮเดรต และเป็นตัวทำให้เกิดขบวนการหมัก แต่ถ้ามีอากาศหรือออกซิเจนไม่เพียงพอ จะเกิดขบวนการหมักแบบไม่ใช้อากาศ (anaerobic fermentation) จะมีผลทำให้ anaerobic bacteria เจริญเติบโตเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว ทำให้ปุ๋ยหมักเป็นกรดมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว ซึ่งแก้ไขโดยการกลับกองปุ๋ยหมัก ส่วนการกองปุ๋ยจำเป็นต้องกองให้ตรงกลางโปร่ง ริมกองแน่นพอสมควร เพื่อต้องการให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก และจะช่วยระบายแก๊สแอมโมเนียที่เกิดขึ้นด้วย สูตรอาหารในการทำปุ๋ยหมักเพื่อเพาะเห็ดแชมปิญองมีหลายสูตร ผู้เพาะเห็ดควรเลือกให้มีความเหมาะสมกับท้องถิ่นของตนเอง ฟางที่ใช้หมักถ้าเป็นฟางข้าวเจ้าจะให้ผลดีที่สุดเพราะสามารถอุ้มน้ำได้ดี สำหรับมูลสัตว์ที่ใช้เป็นแหล่งอาหารให้กับเห็ดจะให้ธาตุไนโตรเจน ได้แก่ มูลไก่ มูลม้า มูลหมู มูลวัว ฯลฯ อาหารเสริมที่ใช้ซึ่งเป็นธาตุอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรต เช่น แป้งข้าวเจ้า น้ำตาล และปุ๋ยวิทยาศาสตร์ที่ให้ธาตุไนโตรเจน เช่น แอมโมเนียมซัลเฟต แคลเซียมไนเตรต ยูเรีย เป็นต้น ขั้นตอนการหมักฟางเพื่อใช้สำหรับเพาะเห็ดกระดุมนี้มีความสำคัญมาก ถ้าหากวัสดุเพาะหรือปุ๋ยที่หมักได้ไม่ดีไม่มีคุณภาพจะ

ส่งผลให้เห็ดไม่เจริญเติบโตหรือไม่ออกดอก และอาจเกิดโรคต่าง ๆ ตามมามากมาย การหมักฟางเริ่มจากนำฟางข้าวเจ้าไปตัดสับให้มีความยาวประมาณ 6 – 8 นิ้ว แล้วนำไปอัดหมักไว้ในกรอบไม้ขนาดความกว้าง 1.5 ม. ยาว 2 ม. สูง 30 – 50 ซม. การจัดวางให้วางเป็นชั้น ๆ สูงประมาณ 1 ม. โดยในแต่ละชั้นให้ใส่ปุ๋ยในอัตราเท่า ๆ กัน (นิรนาม, 2547)

สูตรการทำปุ๋ยหมักสำหรับการเพาะเห็ดมีด้วยกันหลายสูตร ซึ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของวัสดุในแต่ละท้องถิ่น เช่น ในประเทศญี่ปุ่น มีสูตรปุ๋ยหมัก โดย Takahashi (1975)

ฟางข้าวเจ้า	1,000	กก.
ยูเรีย	5	กก.
แคลเซียมไซยาไนด์	10	กก.
แอมโมเนียมซัลเฟต	13	กก.
แคลเซียมคาร์บอเนต	25	กก.
แคลเซียมซูปเปอร์ซัลเฟต	30	กก.

ในประเทศฮ่องกง สูตรปุ๋ยหมัก โดย Ho (1985) ประกอบด้วย

ฟางข้าวเจ้า	1,000	กก.
แอมโมเนียซัลเฟต	18	กก.
ยูเรีย	4.5	กก.
แคลเซียมซูปเปอร์ซัลเฟต	18	กก.
แคลเซียมคาร์บอเนต	25	กก.

สำหรับลักษณะของปุ๋ยหมักที่ดีนั้น ฟางจะต้องไม่เหนียวแต่เปื่อยยุ่ยพอสมควร สีค่อนข้างคล้ำ มีความชื้นเหมาะสมคืออยู่ระหว่าง 72–75% หรือเมื่อบีบดูจะมีน้ำไหลออกตามง่ามมือเล็กน้อย (Stamets, 1993)

ค. การทำ peak heating

การทำ peak heating หรือการหมักปุ๋ยตอนที่สอง เป็นขบวนการทางชีววิทยาที่ส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงในปุ๋ยหมัก โดยกระตุ้นให้จุลินทรีย์บางจำพวกเจริญเพื่อช่วยให้การหมักสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้มีความสามารถในการเปลี่ยนแอมโมเนียที่เกิดขึ้นจากขบวนการหมัก ไปเป็นโปรตีนในจุลินทรีย์ และในที่สุดก็จะเป็นอาหารที่ดีของเห็ด ขั้นตอนการทำ peak - heating นี้ต้องทำในโรงเรือนที่สามารถเก็บความร้อนและความชื้นได้ดี ซึ่งขั้นตอนนี้จะเป็นการปรับสภาพปุ๋ยหมัก ให้มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ด เพื่อป้องกันปัญหาการอับชื้น หรือแห้งเกินไปของปุ๋ยหมัก รวมไปถึงเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ และแมลงต่าง ๆ ที่อาจติดมาจากกระบวนการหมักฟาง ที่สำคัญยังเป็นการกระตุ้นให้แบคทีเรียบางชนิดที่ชอบความร้อน ซึ่งจะช่วย

เปลี่ยนธาตุไนโตรเจนให้กลายเป็นแอมโมเนีย ต่อมาเชื้อราบางชนิดจะเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นโปรตีนซึ่งจะเป็นอาหารให้แก่เชื้อราต่อไป โดยมีขั้นตอนการทำ peak heating มีดังนี้ (นิรนาม, 2547)

1. นำปุ๋ยหมักใส่ถาด โดยใช้ปุ๋ยหมักประมาณ 86 กก. ต่อ 1 ตร. เมตร
2. พ่นอากาศเข้าไปในโรงเรือนโดยจะต้องมีเครื่องดูดอากาศที่มีท่อต่อนำอากาศซึ่งจะใช้เป็นท่อส่งอากาศจากภายนอกเข้าสู่โรงเรือนและมีท่อดูดอากาศจากภายในโรงเรือนด้วย เพื่อให้อากาศหมุนเวียนนานประมาณ 1 ชั่วโมง
3. เป่าลมที่พ่นเข้าไปในโรงเรือนแล้วพ่นไอน้ำเข้าไปแทนที่ พร้อมกับดูดอากาศด้านล่างให้กระจายขึ้นด้านบนเพื่อกระจายความชื้นจากไอน้ำ ระยะนี้ควรรักษาอุณหภูมิให้อยู่ในระดับ 60^0C นาน 6 ชั่วโมง เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และแมลงต่าง ๆ
4. อุณหภูมิภายในโรงเรือนจะสูงขึ้นเนื่องจากไอน้ำและเกิดการสลายตัวของปุ๋ยหมักโดยเฉพาะในวันที่ 2 ซึ่งอาจสูงประมาณ 55 – 60^0C ในวันที่ 3 ให้ปล่อยอากาศเข้าไปในโรงเรือนและรักษาอุณหภูมิให้อยู่ในระดับ 50 - 60^0C นานประมาณ 10 ชั่วโมง และต้องดูแลอย่าให้อุณหภูมิสูงกว่าระดับดังกล่าวเพราะจะทำให้เกิดการสูญเสียธาตุไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียได้
5. จากนั้นให้ลดอุณหภูมิให้อยู่ในระดับ 50 – 55^0C นาน 14 ชั่วโมง แล้วค่อย ๆ ลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนลงวันละ 10^0C จนกระทั่งปุ๋ยหมักมีอุณหภูมิ 28 - 30^0C จึงนำไปต่อเชื้อเห็ดเพื่อเพาะเห็ดในขั้นต่อไป

ง. การใส่เชื้อ และการเจริญของเส้นใย

การใส่เชื้อเห็ดลงบนปุ๋ยหมักนั้น อาจใช้วิธีหยอดหรือหว่าน ในประเทศแถบยุโรป และสหรัฐอเมริกา ใช้วิธีผสมเชื้อเห็ดกระดุม *A. bisporus* น้ำหนัก 1 ออนซ์ ต่อปุ๋ยหมักที่จะใส่ในพื้นที่ 1 ตร.ฟุต (หรือ 305 กรัมต่อพื้นที่ 1 ตร.เมตร) โดยคลุกเคล้าเชื้อและปุ๋ยหมักด้วยการใช้เครื่องผสม จากนั้นจึงบรรจุฟางหมักที่คลุกเชื้อแล้วลงถาด กดให้แน่นก่อนนำเข้าโรงเพาะ (Volk and Ivors, 2001)

ในทางการค้านั้น อัตราส่วนของเชื้อเห็ดที่ใช้ใส่หรือเพาะลงไปในปุ๋ยหมัก โดยเฉลี่ยใช้เชื้อประมาณ 0.5 – 1.0% หรือใช้เชื้อ 1 ลิตร ต่อพื้นที่ 1 ตร.เมตร ซึ่ง อดุลย์ รัตนมั่นเกษม (2542) กล่าวว่า การใส่เชื้อเห็ดลงหลุมโดยใช้เชื้อเห็ดจากเมล็ดข้าวสาลี 10 - 15 เมล็ด ปิดปากหลุมและกดให้แน่น เชื้อเห็ดได้จากการเพาะในเมล็ดข้าวสาลี 1 ขวดขนาดบรรจุ 750 มล. จะเพาะได้พื้นที่ 2 - 3 ตร. เมตร สำหรับการเพาะเห็ดกระดุม *A. bitorquis* นั้น ใส่เชื้อเห็ดอย่างน้อยที่สุด 5 ลิตร ต่อ ปุ๋ยหมัก 1 ตัน แล้วทำการผสมคลุกเคล้าเชื้อกับปุ๋ยหมักให้เข้ากัน อัดให้แน่น ทำการโรยเชื้อเห็ดบาง

ส่วนลงบนผิวหน้ากระบะปุ๋ยหมัก คลุมปิดด้วยกระดาษ หรือแผ่นพลาสติกบาง นอกจากนี้ ในระหว่างที่เส้นใยเห็ดเจริญ อุณหภูมิเฉลี่ยในกระบะปุ๋ยหมักควรมีอุณหภูมิ 30 – 31.1^{0}C และห้องเพาะควรมีการระบายอากาศบ้าง รวมทั้งระบบหมุนเวียนของอากาศต้องดีพอ เพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิในปุ๋ยหมัก หรืออุณหภูมิระหว่างชั้นสูงมากกว่า 30^{0}C หลังจากใส่เชื้อแล้วประมาณ 12 – 14 วัน เส้นใยเห็ดจะเจริญมากพอที่จะทำการคลุมดินได้ (Stamets and Chilton, 1983)

นอกจากนี้ทำการใส่เชื้อเห็ดโดยเจาะรูลงในถาดปุ๋ยหมักให้ลึกประมาณ 3 ซม. แต่ละรูห่างกัน 15 - 20 ซม. ซึ่งจะใช้หัวเชื้อประมาณ 500 กรัม ต่อพื้นที่ 1 ตร. เมตร จากนั้นเกลี่ยปุ๋ยหมักกลบรูที่ใส่เชื้อเห็ดลงไปแล้วให้มิดชิด ในระยะนี้ควรรักษาอุณหภูมิ และความชื้นให้สม่ำเสมอ อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยคือ 25^{0}C และความชื้นที่เหมาะสมคือ 90 - 95 % นอกจากนี้ยังต้องระวังเรื่องความสะอาด และแมลงศัตรูเห็ดให้ดีอีกด้วย โดยเส้นใยจะเจริญเต็มที่ใช้เวลาประมาณ 15 – 20 วัน (นิรนาม, 2547)

จ. การคลุมผิวหน้า (casing)

ในการเพาะเห็ดกระดุมทั้ง *A. bisporus* และ *A. bitorquis* นั้นจำเป็นต้องมีการคลุมผิวหน้าปุ๋ยหมักที่มีเส้นใยเห็ดเจริญโดยทั่วแล้วด้วยวัสดุคลุม เช่น ดิน จึงจะเกิดดอกเห็ดได้ ซึ่งวัสดุที่ใช้เป็นชั้นคลุมจะทำหน้าที่เป็นตัวช่วยควบคุมเกี่ยวกับความชื้น และปรับ atmospheric condition ภายในกระบะปุ๋ยหมัก หรือชั้นเพาะ สำหรับวัสดุที่ใช้เป็นชั้นคลุมอาจใช้ส่วนผสมของดินกับหินปูน พีท (peat) กับหินปูน หรือดินเหนียวผสมฮิวมัส ส่วนวิธีการใช้ดินร่วนที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อมาแล้ว (อบด้วยไอน้ำอุณหภูมิ 80^{0}C นาน 30 นาที) มากลบเส้นใยหรือบริเวณผิวหน้าถาดปุ๋ยหมักหนาประมาณ 2 – 3 ซม. แล้วเกลี่ยให้เรียบ การกลบดินนี้เพื่อรักษาความชื้นและลดอุณหภูมิในแปลงให้เหมาะสมต่อการเกิดดอก เป็นการกระตุ้นให้เห็ดออกดอกได้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งยังช่วยไม่ให้น้ำสัมผัสกับเส้นใยโดยตรงเมื่อต้องรดน้ำให้ความชื้นในแปลง เมื่อเห็ดออกดอกแล้วยังเป็นฐานให้เห็ดยึดอยู่ได้ไม่โค่นล้มไป (นิรนาม, 2547)

จากการศึกษาของ Gulser และ Aysun (2002) พบว่า สามารถนำกากชา (tea waste) ที่เป็นเศษวัสดุเหลือใช้ เนื่องจากชาเป็นพืชที่มีการปลูกโดยทั่วไปในแถบตะวันออกของทะเลดำ ประเทศตุรกี จึงได้ทดลองใช้ กากชามาเป็นวัสดุคลุมผิวหน้าดิน จากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างการคลุมผิวหน้าด้วย ปุ๋ยหมักที่ผสมกากชา กากชาหมัก กากชาผสมพีท (อัตราส่วน 1 : 1) และพีท (ชุดควบคุม) พบว่าการใช้กากชาผสมพีทเป็นวัสดุคลุมผิวหน้าให้ผลผลิตสูงสุดโดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้พีทเป็นวัสดุคลุมผิวหน้า ขณะที่กากชาเป็นวัสดุที่หาง่าย ราคาถูก เมื่อเทียบกับพีทซึ่งมีราคาแพง และหายาก การใช้กากชามาเป็นวัสดุคลุมผิว

หน้าจึงเป็นทางเลือกใหม่ที่น่าสนใจในอุตสาหกรรมการเพาะเห็ด *Agaricus bisporus* ในประเทศตุรกี

นอกจากนี้ วสันณ์ เพชรรัตน์ (2538) ได้กล่าวถึงลักษณะของดินที่เหมาะสมต่อการคลุมดินผิวหน้าปุ๋ยหมัก ดังนี้

1. ต้องดูดน้ำได้เร็ว แต่ไม่ปล่อยให้น้ำไหลผ่านไปได้ง่าย หากน้ำไหลผ่านดินที่คลุมผิวหน้าได้ง่ายจะทำให้ระหว่างผิวของปุ๋ยหมักกับดินที่คลุมมีความชื้นสูง เกิดน้ำขัง (water logged)
2. ความชื้นไม่มากเกินไป เพราะจะทำให้คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากปุ๋ยหมักระเหยออกไปไม่ได้ทำให้เกิดการสะสมของคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นอันตรายต่อเห็ดเอง
3. ไม่มีโรคและแมลงติดมา
4. ความเป็นกรดด่าง (pH) ไม่ต่ำหรือสูงเกินไป ปกติแล้วใช้ดินที่เป็นด่างจะดีกว่าใช้ดินที่เป็นกรด เพราะขณะที่เส้นใยของเห็ดเจริญจะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา และรวมกับน้ำได้กรดทำให้ พี เอช ของดินต่ำลง ดินที่เหมาะสมสำหรับนำมาคลุมผิวหน้าคือดินที่มี พี เอช ประมาณ 7.6
5. ไม่มีเศษพืชหรือสัตว์ที่ยังไม่เน่าเปื่อย
6. โครงสร้างของดินเมื่อเปียกน้ำ จะไม่เปลี่ยนแปลงได้ง่าย คือ ไม่จับตัวกันเป็นก้อนหรือเป็นแผ่น และผิวหน้าไม่แตกเมื่อเริ่มแห้งแต่ก็ไม่ร่วนเท่ากับทราย ได้มีการทดลองใช้ดินที่มีลักษณะต่าง ๆ มาคลุมผิวหน้าของปุ๋ยหมักพบว่าจะได้ผลผลิตของเห็ดต่างกัน

ฉ. การปฏิบัติดูแลรักษา การเก็บ และผลผลิต

การดูแลรักษาส่วนใหญ่ ได้แก่การรักษาความชื้น รักษาระดับอุณหภูมิที่เหมาะและการควบคุมการระบายถ่ายเทอากาศ สำหรับเห็ดกระดุม *A. bitorquis* นั้น ทันทีที่เส้นใยเห็ดเจริญไปถึงผิวหน้าของวัสดุคลุม ควรจะทำการลดอุณหภูมิภายในปุ๋ยหมักให้เหลือประมาณ 24^0C การเพาะเห็ดชนิดนี้ไม่ต้องการแสงสว่างมากเกินไป จึงจะสามารถสร้างตุ่มดอกเห็ดได้ และสามารถเก็บผลผลิตเห็ดครั้งแรกได้หลังคลุมผิวหน้ารดน้ำเป็นเวลา 18 - 20 วัน (Volk and Ivors, 2001)

โรค และแมลง ก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญมากในการเพาะเห็ด เนื่องจากทำให้ผลผลิตลดลง และไม่เป็นที่ต้องการของตลาด ทำให้ราคาลดลง โรคของเห็ดแชมปิญองมีทั้งที่เกิดจากเชื้อรา แบคทีเรีย และไส้เดือนฝอย ที่พบและเป็นเป็นปัญหามากที่สุดคือ โรคที่เกิดจากเชื้อรา ในประเทศสหรัฐอเมริกาพบเชื้อ *Chaetomium olivaceum* ทำให้อุตสาหกรรมการเพาะเห็ด *Agaricus*

bisporus ได้รับความเสียหาย จึงมีการศึกษาวิธีที่จะนำมาควบคุมการเกิดโรคในเรือนเพาะเห็ด จากการศึกษาของ Tautorus and Townsley (1983) เพื่อควบคุมการทำลายของรา *C. olivaceum* โดยชีววิธีด้วยการใช้ *Bacillus* sp. ซึ่งพบว่า *Bacillus* sp. ไม่เพียงแต่จะควบคุมการเจริญเติบโตของ *C. olivaceum* ยังช่วยในการเพิ่มผลผลิตของเห็ดได้อีกด้วย

ส่วนการเก็บผลผลิตนั้น จำเป็นต้องคะเนระยะเวลา และควรเก็บในตอนเช้า ขณะที่ดอกยังตูมอยู่ ซึ่งราคาจะดีกว่าเห็ดที่บานแล้ว การเก็บให้เก็บทั้งกลุ่มไม่ควรเลือกเก็บเฉพาะดอกใหญ่ในกลุ่มเดียวกัน เพราะจะทำให้ดอกอื่น ๆ ในกลุ่มนั้นฝ่อและเสียหายไปทั้งกลุ่ม กรณีที่กลุ่มดอกเห็ดมีทั้งดอกเล็กและดอกใหญ่โดยดอกเล็กมีจำนวนมากกว่า ควรรอให้ดอกเล็กโตเต็มที่ก่อนแล้วค่อยเก็บ การเก็บให้ใช้มือ ไม่ควรใช้มีดตัด เพราะจะทำให้ส่วนโคนก้านที่เหลือติดอยู่เน่า และสร้างความเสียหายให้กับดอกเห็ดอื่น ๆ ในก้อนได้ วิธีการเก็บให้ใช้มือจับที่โคนของดอกแล้วดึงเบา ๆ จากนั้นจึงใช้มีดคม ๆ ตัดสิ่งสกปรกที่ติดมากับโคนดอกทิ้งไป (นิรนาม, 2547)