

**ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเพาะเห็ดโคนน้อย (*Coprinopsis cinerea*)
และเห็ดฟาง (*Volvariella volvacea*) บนวัสดุเพาะลิกโนเซลลูโลส เช่น
ผักตบชวา และฟางข้าว ในประเทศไทย**
วสนา ชัยเสนา* เรืองนภรณ์ มอพุ่ง พรวิภา สะนวนวงศ์ คชรัตน์ ทองฟัก
และ สุธิตรา เรืองเดชาวิวัฒน์

**Environmental Factors Affecting Mushroom Cultivation of Hed-cone-coi
(*Coprinopsis cinerea*) and Hed-fang (*Volvariella volvacea*) Grown on
Lignocellulosic Material such as Water Hyacinths
and Rice Straw Residues in Thailand**

Wassana Chaisaena*, Rerngnaporn Mopoung, Pornwipa Sanawong, Kodcharat Thongfak
and Sujitra Rauengdechawiwat

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่พิษณุโลก จ.พิษณุโลก

Faculty of Science & Agricultural Technology Phitsanulok, Rajamangala University of

Technology LannaPhitsanulok Campus, Phitsanulok Province.

*Corresponding Author. E-mail address: wassana08@hotmail.com (W. Chaisaena)

บทคัดย่อ

ในการศึกษานี้ได้นำวัสดุเหลือทิ้ง ฟางข้าว และผักตบชวา ไปใช้ในการเพาะเห็ดโคนน้อย (*Coprinopsis cinerea*) และเห็ดฟาง (*Volvariella volvacea*) โดยศึกษาสภาวะแวดล้อมที่มีต่อการเจริญของเห็ดทั้งสองชนิด ได้แก่ ชนิดของวัสดุเพาะ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มแสง หาค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง (pH) และ ความจุความชื้น (moisture content) ของวัสดุเพาะเห็ด มีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ในแต่ละวิธีการทดลอง มีจำนวน 3 ซ้ำ (RCBD) เพื่อศึกษาการเจริญของเห็ดทั้งสองชนิดบนวัสดุเพาะที่มีส่วนผสมที่ต่างกัน 6 วิธีการทดลอง ดังนี้ ส่วนผสมของเชื้อเห็ดฟาง ผักตบชวาและฟางข้าว (1:0.5:0.5) ส่วนผสมของเชื้อเห็ดโคนน้อย ผักตบชวาและฟางข้าว (1:0.5:0.5) ส่วนผสมของเชื้อเห็ดโคนน้อย เห็ดฟาง ผักตบชวา และฟางข้าว (0.5:0.5:0.5:0.5) ส่วนผสมของเชื้อเห็ดฟาง ผักตบชวา ฟางข้าว (1:0.5:0.5) และน้ำส้มควันไม้มะขามเจือจาง 0.5% ส่วนผสมของเชื้อเห็ดโคนน้อย ผักตบชวาและฟางข้าว (1:0.5:0.5) และน้ำส้มควันไม้มะขามเจือจาง 0.5% ส่วนผสมของเชื้อเห็ดโคนน้อย เห็ดฟาง ผักตบชวาและฟางข้าว (0.5:0.5:0.5:0.5) และน้ำส้มควันไม้มะขามเจือจาง 0.5% ผลการทดลองพบว่าปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญของเห็ดได้มีดังนี้ วัสดุเพาะเห็ด มีค่าความเป็น กรด-ด่าง เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.5 ± 0.0 และ 8.9 ± 0.3 ความชื้นของวัสดุเพาะเฉลี่ยระหว่าง 79.7 ± 2.2 เปอร์เซ็นต์ และ 89.1 ± 0.3 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรรูพรุนเปิดของกระถางเพาะเห็ด ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 179.0 ± 14.9 ลูกบาศก์เซนติเมตร และ ค่าสูงสุด 274.3 ± 16.0 ลูกบาศก์เซนติเมตร อุณหภูมิในการเพาะ เฉลี่ยระหว่าง $32.8 \pm$

0.2 องศาเซลเซียส และ 38.7 ± 0.1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ระหว่าง 53.2 ± 3.2 เปอร์เซ็นต์ และ 72.7 ± 1.1 เปอร์เซ็นต์ และความเข้มแสงเฉลี่ยต่ำสุด 0.0 ± 0.0 กิโลลักซ์ และสูงสุด 6.6 ± 2.8 กิโลลักซ์ จากผลการทดลองพบว่า การเจริญของเห็ดโคนน้อยสามารถเจริญได้ดีบนวัสดุเพาะที่มีส่วนผสมของฟางข้าวและผักตบชวาได้ดีกว่าวัสดุเพาะผักตบชวาเพียงอย่างเดียว ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนการเจริญของ *V. volvacea* สามารถเจริญได้ดีบนวัสดุเพาะทุกชนิด และยังพบว่า อุณหภูมิเป็นปัจจัยของสภาพแวดล้อมที่สำคัญที่สุดที่มีผลต่อการเจริญของเห็ดทั้งสองชนิด โดยที่อุณหภูมิต่ำกว่า 22°C เห็ดทั้งสองชนิดไม่สามารถเจริญเป็นดอกเห็ดได้ *C. cinerea* และ *V. volvacea* เจริญเป็นดอกเห็ดได้มากขึ้น เมื่อเพาะบนวัสดุเพาะที่มีส่วนผสมของน้ำส้มควันไม้ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กกับการเจริญของเห็ดบนวัสดุเพาะที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำส้มควันไม้

คำสำคัญ: *Coprinopsis cinerea*, *Volvariella volvacea*, ดอกเห็ด (fruiting body), ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity), ความเข้มแสง (light intensity)

Abstract

Rice straw and water hyacinths have been used for mushrooms cultivation of Hed-cone-noi (*Coprinopsis cinerea*) and Hed-fang (*Volvariella volvacea*) in this study. The specific procedures are given to study growth factors such as the substrates, the conditions, temperature, relative humidity and light intensity. The mean pH, moisture content and volume of open pores of all substrates were evaluated. A Randomized Complete Block Design (RCBD) experiment with 3 replicates per treatment was used to determine mushroom yield of *C. cinerea* and *V. volvacea* on the different substrates. Six substrate mixtures were studied; a mixed culture of *C. cinerea*, water hyacinths and rice straw residues (1:0.5:0.5), a mixed culture of *V. volvacea*, water hyacinths and rice straw residues (1:0.5:0.5), a mixture of *C. cinerea*, *V. volvacea*, water hyacinths and rice straw residues (0.5:0.5:0.5:0.5), a mixed culture of *C. cinerea*, water hyacinths, rice straw residues (1:0.5:0.5), adding 0.5% dilution of Tamarind wood vinegar, a mixed culture of *V. volvacea*, water hyacinths and rice straw residues (1:0.5:0.5), adding 0.5% dilution of Tamarind wood vinegar and a mixture of *C. cinerea*, *V. volvacea*, water hyacinths and rice straw residues (0.5:0.5:0.5:0.5), adding 0.5% dilution of Tamarind wood vinegar. The results showed that all substrates were evaluated for both mushroom productions: the pH-values ranged from 7.5 ± 0.0 to 8.9 ± 0.3 , moisture content from $79.7 \pm 2.2\%$ to $89.1 \pm 0.3\%$, and volume of open pores from 179.0 ± 14.9 to $274.3 \pm 16.0\text{ cm}^3$. The environmental factors: temperature range from $38.7 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ and $32.8 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$, relative humidity from $53.2 \pm 3.2\%$ and $72.7 \pm 1.1\%$ light intensity from 0.0 ± 0.0 klux and 6.6 ± 2.8 klux. *C. cinerea* grew well on a mixture of water hyacinths adding rice straw residues than only a mixture of water hyacinths at the significant level $\alpha = 95\%$. *V. volvacea* were grown well on all substrates. Both fungal strains could not produce mushrooms at the lower temperature of 22°C as being the most important environmental factor that affected to fruiting body development. *C. cinerea* and *V. volvacea* grew well on the containers containing a mixture of adding Tamarind wood vinegar; the yields were significantly ($p \leq 0.05$) higher than in the other substrates without wood vinegar.

Keywords: *Coprinopsis cinerea*, *Volvariella volvacea*, fruiting body, relative humidity, light intensity

บทนำ

เห็ดโคนน้อยและเห็ดฟางเป็นเห็ดที่รู้จักกันทั่วไปทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ เห็ดทั้ง 2 ชนิด มีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยเฉพาะเป็นแหล่งของโปรตีนและยังป้องกันการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคความดันโลหิตสูง โรคกระเพาะ เป็นต้น นอกจากนี้เห็ดทั้งสองชนิดนี้ยังใช้เป็นต้นแบบเพื่อศึกษาสิ่งมีชีวิตจำพวกเชื้อราชั้นสูง (Fungi) (Kües, 2000; Kües & Liu, 2000) เห็ดโคนน้อย และเห็ดฟาง เป็นชื่อสามัญที่เรียกกันในประเทศไทย ซึ่งชื่อทางวิทยาศาสตร์ของเห็ดโคนน้อย คือ (*Coprinopsis cinerea*) และชื่อทางวิทยาศาสตร์ของเห็ดฟาง คือ (*Volvariella volvacea*) จัดอยู่ในตระกูลเห็ด (Basidiomycota) และจัดอยู่ในกลุ่มเห็ดกินได้ (edible mushroom) ซึ่งไม่มีอันตรายต่อมนุษย์ จึงมีความสำคัญต่อการศึกษาทางด้านต่างๆ เช่น ชีววิทยา สรีรวิทยา พันธุศาสตร์ การเกิดมิวเทชัน ระบบนิเวศน์ ชีวเคมีของเซลล์ จุลชีววิทยา โภชนาศาสตร์ เป็นต้น การศึกษาวิจัยเห็ดทั้ง 2 ชนิด สามารถศึกษาในห้องปฏิบัติการทดลองได้โดยง่าย มีวงจรชีวิตสั้น เชลล์มีขนาดใหญ่ และสามารถศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในโครงสร้างของเซลล์ ซึ่งเป็นเทคนิคพื้นฐานได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว (Kües et al., 1998; Srivilai et al., 2005a; Srivilai et al., 2005b; Kües et al., 2007)

การเพาะเห็ดทั้ง 2 ชนิด ในประเทศไทยสามารถเพาะได้ง่ายเนื่องจากสภาพภูมิอากาศอยู่ในเขตร้อนชื้น อีกทั้งแหล่งของธาตุอาหารสำหรับการเพาะเห็ดซึ่งได้จากวัสดุเหลือทิ้งจากธรรมชาติมีอยู่เป็นจำนวนมาก เช่น ฟางข้าว ชี้อ้อย เมล็ดฝ้าย ผักตบชวา เป็นต้น คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการวิจัยการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้ง (วาสนา และคณะ 2542, 2544, 2545; Kharazipour et al., 2007) เช่น ผักตบชวา และฟางข้าว เป็นวัสดุสำหรับเพาะเห็ด โดยวัตถุดิบทั้งสองชนิดสามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่นและบริเวณพื้นที่ใกล้เคียง เช่น ผักตบชวา ที่บริเวณคลองครอบครัว ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เขตพื้นที่พิษณุโลก และฟางข้าวของเกษตรกรที่เหลือทิ้งจากการทำนา ปลูกข้าวจากการย่อยสลายวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ พบว่ามีแหล่งธาตุอาหารที่สำคัญต่อการเจริญของเห็ดได้เป็นอย่างดี จึงเกิดแนวความคิดในงานวิจัยในครั้งนี้ โดยนำมาทำเป็นกระถางเพาะเห็ดที่มีส่วนผสมของวัสดุเหลือทิ้ง ผักตบชวา ฟางข้าว และเชื้อเห็ด ซึ่งเป็นการประยุกต์จากงานวิจัยการทำกระถางจากวัสดุเหลือทิ้งทางธรรมชาติ

มีการศึกษาวิจัยมากมายเกี่ยวกับเห็ดทั้ง 2 ชนิด ทั้งในและต่างประเทศ (บรรณ, 2531, 2547; กิจจา, 2552; ปวีณวัฒน์, 2552; Kües et al., 2000; Srivilai et al., 2005a; Srivilai et al., 2005b; Kües et al., 2007; Chaisaena, 2009) มีรายงานว่าเห็ดทั้งสองชนิดนี้ มีระยะการเจริญของดอกเห็ดที่ช่วงอุณหภูมิและความชื้นใกล้เคียงกัน จึงเกิดแนวคิดที่ต้องการศึกษาการเพาะเห็ดทั้งสองชนิดโดยทำเป็นกระถางเพาะเห็ดที่มีส่วนผสมของผักตบชวา ฟางข้าว และเชื้อเห็ด ซึ่งทำการเพาะในสภาพแวดล้อมเดียวกัน และได้มีการนำน้ำส้มควันไม้ (wood vinegar) ซึ่งเป็นผลิตผลพลอยได้จากการเผาถ่านของเกษตรกรมาใช้ในการเพาะเห็ด เนื่องจากในน้ำส้มควันไม้มีสารสำคัญหลายชนิด มีการนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ อาทิเช่น ใช้ไล่แมลง มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดได้ แรงในการเจริญหรือการออกดอกของพืช เป็นต้น ด้วยเหตุนี้จึงประยุกต์ใช้ในการเพาะเห็ด (กรรณิการ์, 2545; Yatagai et al., 2002) ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้

เป็นการบูรณาการงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้กระดาษที่ทำจากวัสดุเหลือทิ้งทางธรรมชาติในการเพาะเห็ด และ ศึกษาผลของน้ำส้มควันไม้ที่มีต่อการเจริญของเห็ด ประโยชน์ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้สามารถทำการเพาะเห็ดด้วยวิธีอย่างง่ายและสะดวกโดยไม่ต้องจำกัดพื้นที่ในการเพาะเห็ดเฉพาะในโรงเรือน เนื่องจากการทำ การบ่มเชื้อภายในชั้นกล่องพลาสติก และสามารถดูแลในเรื่องของความสะอาดและได้ผลผลิตเห็ดที่ปลอดภัย ปลอดภัยต่อสุขภาพ และสามารถนำวิธีนี้ไปใช้ศึกษาวิจัยในห้องเรียน หรือห้องปฏิบัติการได้ ตลอดจนสามารถพัฒนาเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนได้ วัตถุประสงค์จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เพื่อศึกษา สมบัติของกระดาษที่ใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ดที่เหมาะสมกับการเจริญเป็นดอกเห็ดของเห็ดโคนน้อยและเห็ดฟาง ศึกษาปัจจัยของสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความเข้มของแสง ที่มีต่อการเพาะเห็ดโคนน้อยและ เห็ดฟางในระยะเวลาเจริญเป็นดอกเห็ด ศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดโคนน้อยและเห็ดฟางในระยะเวลา เจริญเป็นดอกเห็ดบนวัสดุเพาะโดยทำเป็นกระดาษที่มีส่วนผสมของผักตบชวา ฟางข้าวและหัวเชื้อเห็ด รวมทั้งศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดโคนน้อยและเห็ดฟางในระยะเวลาเจริญเป็นดอกเห็ดบนวัสดุเพาะ โดย ทำเป็นกระดาษที่มีส่วนผสมของผักตบชวา ฟางข้าว หัวเชื้อเห็ด และน้ำส้มควันไม้

ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

1. วิธีเตรียมผักตบชวามักและฟางข้าวหมัก ทำการหมักผักตบชวา 2 ส่วน ส่วนแรกหั่นผักตบชวา เป็นท่อนสั้น ๆ ใส่ไว้ในถุงปุ๋ย มัดปากถุงอย่างหลวมๆ ตั้งไว้บริเวณที่ร่มเป็นเวลา 2 เดือน ส่วนที่สองหั่น ผักตบชวาเป็นท่อนสั้น ๆ ใส่ไว้ในถุงปุ๋ย มัดปากถุงให้แน่นและหมักไว้ใต้น้ำเป็นเวลา 2 อาทิตย์ นำผักตบ ชวาที่หมักส่วนที่สองไปปั่นด้วยใช้เครื่องปั่นน้ำผลไม้ในอัตรา ผักตบชวา 1 ส่วนต่อ น้ำ 2 ส่วน เพื่อให้ขนาด ของเส้นใยสั้นลง นำส่วนผสมที่ปั่นแล้วตากแดดให้แห้งและฆ่าเชื้อโรคเป็นเวลา 3 วัน ก่อนนำไปใช้ให้ผสม ผักตบชวามักทั้งสองส่วนในอัตรา 1:1 ทำวิธีการเดียวกันทุกขั้นตอนกับฟางข้าวหมัก
2. นำส่วนผสมของผักตบชวาที่หมักและสดมาผสมกันอัตรา 1:1 แล้วตากแดดเพื่อฆ่าเชื้อโรคเป็น เวลา 2 วัน ทำวิธีการเดียวกันกับส่วนผสมของฟางข้าวหมักและสด
3. แช่วัตถุในข้อ 3 ในน้ำ 1 คืน ก่อนจะทำการเพาะเห็ดในวันถัดไป
4. นำวัสดุเพาะในข้อ 4 ทำให้สะอาดแล้ว ทำการผสมกับเชื้อเห็ดในอัตราส่วนของแต่ละสิ่งทดลอง แล้วนำไปอัดเป็นกระดาษเพาะด้วยพิมพ์กระดาษ มีวิธีการเตรียมส่วนผสมดังนี้ เชื้อเห็ดผสมในอัตราอย่างละ 414 กรัม ในวิธีการทดลอง 1, 2, 4 และ 5 วิธีการทดลองที่ 3 และ 6 ซึ่งเชื้อเห็ดฟางและเชื้อเห็ดโคนน้อย อย่างละ 207 กรัม เติมน้ำจำนวน 1250 มิลลิลิตร แล้วนำไปอัดเป็นรูปทรงกระดาษ โดยมีน้ำหนักเท่ากันทั้ง หมด คือ 330 กรัม ต่อกระดาษ กระดาษมีเส้นผ่านศูนย์กลาง กว้าง 11 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร หนา 2 เซนติเมตร สำหรับส่วนผสมนี้ใช้เตรียมกระดาษได้จำนวนเฉลี่ย 11 ใบ (รูปที่ 1)



ก

ข

รูปที่ 1 การเตรียมวัสดุเพาะเห็ดจากฟางข้าวและผักตบชวาทั้งหมักและสดที่มีส่วนผสมเชื้อเห็ด

- ก. ทำกระถางเพาะเห็ดจากส่วนผสมที่มีส่วนผสมของเชื้อเห็ด โดยใช้แบบพิมพ์กระถางพลาสติก หรือแบบพิมพ์กระถางโลหะ เพื่อให้ได้กระถางเพาะเห็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11 เซนติเมตร ความสูง 10 เซนติเมตร และความหนา 2 เซนติเมตร
- ข. บ่มกระถางเพาะเห็ดในชั้นพลาสติกขนาด 4 ชั้น ซึ่งมีขนาด 52 x 37 x 18 เซนติเมตร ทำการเพาะในสภาวะอากาศที่เป็นจริงในแต่ละช่วงเวลาของวิธีการทดลอง โดยไม่มีการควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อมในการเจริญ

5. การวางแผนการทดลองของทุกวิธีการทดลองเป็นแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) แต่ละวิธีการทดลองมี 3 ซ้ำ

การเตรียมวัสดุเพาะเห็ดที่มีส่วนผสมต่างๆ แบ่งออกเป็น 6 วิธีการทดลอง

ส่วนผสมของเชื้อเห็ดโคนน้อย ผักตบชวาและฟางข้าว (1:0.5:0.5) ส่วนผสมของเชื้อเห็ดโคนน้อย เห็ดฟาง ผักตบชวาและฟางข้าว (0.5:0.5:0.5:0.5) และน้ำส้มควันไม้มะขามเจือจาง 0.5%

วิธีการทดลองที่ 1 ส่วนผสมของเชื้อเห็ดโคนน้อย (*C. cinerea*) ผักตบชวาและฟางข้าว (1:0.5:0.5)

วิธีการทดลองที่ 2 ส่วนผสมของเชื้อเห็ดฟาง (*V. volvacea*) ผักตบชวาและฟางข้าว (1:0.5:0.5)

วิธีการทดลองที่ 3 ส่วนผสมของเชื้อเห็ดโคนน้อย (*C. cinerea*) เชื้อเห็ดฟาง (*V. volvacea*) ผักตบชวาและฟางข้าว (1:0.5:0.5)

วิธีการทดลองที่ 4 ส่วนผสมของเชื้อเห็ดโคนน้อย (*C. cinerea*) ผักตบชวา ฟางข้าว และน้ำส้มควันไม้มะขามเจือจาง 0.5% (1:0.5:0.5)

วิธีการทดลองที่ 5 ส่วนผสมของเชื้อเห็ดฟาง (*V. volvacea*) ผักตบชวา ฟางข้าว และน้ำส้มควันไม้มะขามเจือจาง 0.5% (1:0.5:0.5)

วิธีการทดลองที่ 6 ส่วนผสมของเชื้อเห็ดโคนน้อย (*C. cinerea*) เชื้อเห็ดฟาง (*V. volvacea*) ผักตบชวาและฟางข้าว (1:0.5:0.5) และน้ำส้มควันไม้มะขามเจือจาง 0.5%

หมายเหตุ ส่วนผสมที่มีการเติมน้ำส้มควันไม้เจือจาง 5% (เตรียมจากน้ำส้มควันไม้มะขาม (Tamarind wood vinegar) ภายหลังทิ้งไว้ 3 เดือน)

การเก็บข้อมูล

แต่ละวิธีการทดลอง จะทำการศึกษาการเจริญของเห็ด จากปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของเห็ดดังต่อไปนี้

1. ทำการศึกษสมบัติของวัสดุเพาะเห็ด ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของกระถาง (pH) และความชื้นของกระถาง (moisture of content) ของวัสดุเพาะที่ผสมหัวเชื้อเห็ดและทำเป็นกระถางสำหรับเพาะเห็ด ศึกษาปัจจัยของสภาพแวดล้อมที่มีต่อการเพาะเห็ด การศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดในระยะเวลาการเจริญเป็นดอกเห็ดบนวัสดุเพาะ

2. สังเกตและบันทึกผลการทดลอง โดยบันทึก อุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มแสงภายในตู้พลาสติกตลอดระยะเวลาของการเพาะเห็ดจนกระทั่งเกิดดอกเห็ดอย่างสมบูรณ์ เป็นเวลา 2-3 สัปดาห์ โดยจะเปิดชั้นพลาสติกเพื่อให้ได้รับแสง เวลา 12.00 น. เป็นเวลา 5 นาที

3. นับจำนวนดอกเห็ดที่เจริญเติบโตเป็นดอกเห็ดที่สมบูรณ์และบันทึกน้ำหนักของดอกเห็ดแต่ละดอกที่เจริญบนวัสดุเพาะแต่ละชนิดของแต่ละวิธีการ

4. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ด้วยวิธีทางสถิติ วิเคราะห์ความแปรปรวน

ผลการศึกษา

จากการศึกษาสมบัติของวัสดุเพาะเห็ด เช่น ความเป็นกรด-ด่าง ความชื้น และปริมาตรรูพรุนเปิดของกระถางเพาะเห็ด และปัจจัยของสภาพแวดล้อมในการเพาะเห็ด เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มแสง ตั้งแต่การเจริญของระยะเส้นใยเห็ดจนกระทั่งเจริญเป็นดอกเห็ดที่เจริญเต็มที่เป็นเวลา 2-3 สัปดาห์ จากผลการทดลองพบว่าสมบัติของวัสดุเพาะเห็ดที่เห็ดทั้งสองชนิดเจริญเป็นดอกเห็ดได้แสดงเป็นช่วงของสมบัติต่าง ๆ ดังนี้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง สูงสุด 8.9 ± 0.30 ทำการทดลองระหว่าง 8 ถึง 25 เมษายน 2553 (ตารางที่ 1) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำสุด 7.5 ± 0.0 ทำการทดลองระหว่าง 21 กุมภาพันธ์ ถึง 4 มีนาคม 2554 (ตารางที่ 2) ความชื้นของวัสดุเพาะที่เหมาะสมต่อการเจริญของเห็ด มีค่าความชื้นของวัสดุเพาะ ต่ำสุด และสูงสุด $79.7 \pm 2.2\%$ และ $89.1 \pm 0.3\%$ ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ปริมาตรรูพรุนเปิดของกระถางเพาะเห็ดที่เหมาะสมต่อการเจริญของเห็ด มีค่าสูงสุด 274.3 ± 16.0 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทำการทดลองวันที่ 8 ถึง 25 เมษายน 2553 (ตารางที่ 1) และค่าต่ำสุด 179.0 ± 14.9 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทำการทดลองวันที่ 21 กุมภาพันธ์ ถึง 4 มีนาคม 2554 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 แสดงสมบัติของวัสดุเพาะเห็ดที่ทำเป็นรูปทรงกระถางในแต่ละสิ่งทดลอง ก่อนนำไปใช้เพาะเห็ด ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความชื้น ปริมาตรของรูพรุนเปิดของกระถาง โดยทำการทดลองวันที่ 8-25 เมษายน 2553

สิ่งทดลอง	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ความชื้นกระถาง (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาตรของรูพรุนเปิดของกระถาง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)
ผักตบชวา + เชื้อเห็ดโคนน้อย (1:1)	8.1±0.2	82.6±1.5	247.1±12.7
ผักตบชวา + เชื้อเห็ดฟาง (1:1)	8.0±9.3	82.9±0.9	223.4±5.7
ผักตบชวา + เชื้อเห็ดฟาง + เชื้อเห็ดโคนน้อย (1:0.5:0.5)	8.4±0.2	80.7±0.5	257.5±8.6
ผักตบชวา (ตัวควบคุม)	8.4±0.0	86.1±0.6	274.3±16.0

จากการศึกษาปัจจัยสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมซึ่งมีผลต่อการเจริญของเห็ดได้ เช่น ศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการเพาะเห็ด (รูปที่ 2, รูปที่ 3, รูปที่ 4, รูปที่ 5) พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมที่มีผลต่อการเจริญของเห็ด ได้แก่ อุณหภูมิที่ทำการทดลองระหว่างวันที่ 8-25 เมษายน 2553 พบว่าอุณหภูมิที่วัดภายนอกตู้พลาสติกที่เวลา 12.00 น. อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด เท่ากับ 38.7 ± 0.1 กับ 32.83 ± 0.21 องศาเซลเซียส และที่เวลา 18.00 น. เท่ากับ 38.2 ± 1.31 กับ 33.03 ± 0.40 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (รูปที่ 3) ความชื้นสัมพัทธ์ด้านในตู้พลาสติกเวลา 12.00 น. ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดและต่ำสุด เท่ากับ 63.23 ± 1.63 กับ 44.8 ± 15.54 เปอร์เซ็นต์ และที่เวลา 18.00 น. เท่ากับ 72.74 ± 1.10 กับ 53.17 ± 3.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และความเข้มแสงด้านในตู้พลาสติกเวลา 12.00 น. ความเข้มแสงสูงสุดและต่ำสุด เท่ากับ 6.6 ± 2.78 กับ 0.01 ± 0.00 กิโลลักซ์ และที่เวลา 18.00 น. เท่ากับ 3.2 ± 1.78 กับ 0.0 ± 0.00 กิโลลักซ์ ตามลำดับ จากผลการศึกษาปัจจัยของอุณหภูมิที่มีผลต่อการเจริญของเห็ดในช่วงเวลาต่างๆ กัน พบว่า อุณหภูมิเป็นปัจจัยของสภาพแวดล้อมที่สำคัญที่สุดที่มีผลต่อการเจริญของเห็ดทั้งสองชนิด โดยที่อุณหภูมิต่ำกว่า 22 องศาเซลเซียส (รูปที่ 2, รูปที่ 3, ตารางที่ 4) มีผลต่อการเจริญของเส้นใยของเห็ดทั้งสองชนิดพัฒนาเป็นดอกเห็ดได้ไม่มากนัก จึงให้ผลผลิตดอกเห็ดต่ำกว่าการเจริญของเห็ดในช่วงเวลาอื่นที่อุณหภูมิระหว่างการเพาะเห็ดสูงกว่า 22 องศาเซลเซียส (รูปที่ 1, รูปที่ 4, รูปที่ 5, ตารางที่ 3, ตารางที่ 5)

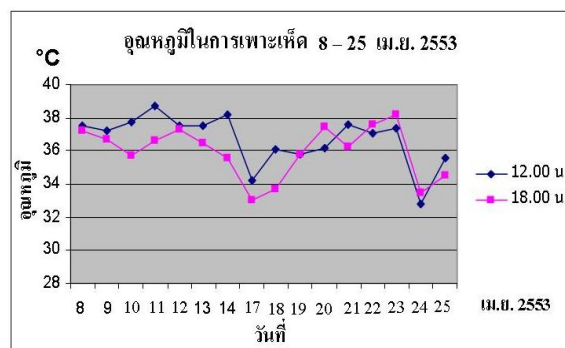
จากผลการทดลองสมบัติของวัสดุเพาะเห็ดทุกวิธีการทดลองมีผลต่อการเจริญของเห็ดได้ แต่จากการศึกษาปัจจัยสภาพแวดล้อมที่สำคัญที่สุดที่มีผลต่อการเจริญของเห็ดได้ คือ อุณหภูมิระหว่างการเพาะเห็ด โดยพิจารณาจากผลผลิตของเห็ดที่ได้ (ตารางที่ 3, ตารางที่ 4, ตารางที่ 5) และสำหรับปัจจัยสภาพแวดล้อมอื่น ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มแสง ในแต่ละช่วงเวลาของการทดลอง พบว่า ช่วงของค่าความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มแสง ไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงของอุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลงในการการเพาะเห็ด

จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดต่อการเจริญของเห็ดได้ จึงพบจำนวนเห็ดที่สามารถเจริญได้ดีจากการทดลองในช่วงเวลา 8-25 เมษายน 2553 (ตารางที่ 3) และ 21 กุมภาพันธ์

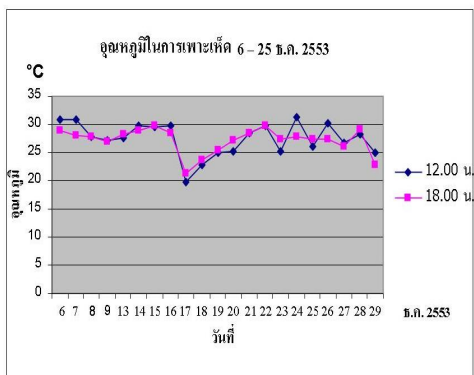
ถึง 4 มีนาคม 2554 (ตารางที่ 5) ซึ่งเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิเหมาะสมต่อการเจริญของเห็ดได้ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการเจริญของเห็ดให้ผลผลิตต่ำในช่วงที่มีอุณหภูมิในการเพาะเห็ดลดลง (ตารางที่ 4) ผลจากการศึกษาการเจริญของเห็ดโคนน้อยพบว่า สามารถเจริญได้ดีบนวัสดุเพาะที่มีส่วนผสมของฟางข้าวและผักตบชวาได้ดีกว่าวัสดุเพาะผักตบชวาเพียงอย่างเดียวซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (รูปที่ 7) ส่วนการเจริญของ *V.volviceae* สามารถเจริญได้ดีบนวัสดุเพาะทุกชนิด (ตารางที่ 3, 4, 5) (รูปที่ 6, รูปที่ 8)

ตารางที่ 2 แสดงสมบัติของวัสดุเพาะเห็ดที่ทำเป็นรูปทรงกระถางในแต่ละสิ่งทดลอง ก่อนนำไปใช้เพาะเห็ด ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความชื้น ปริมาตรของรูพรุนเปิดของกระถาง ที่ทำการทดลองตั้งแต่วันที่ 21 กุมภาพันธ์ - 4 มีนาคม 2554

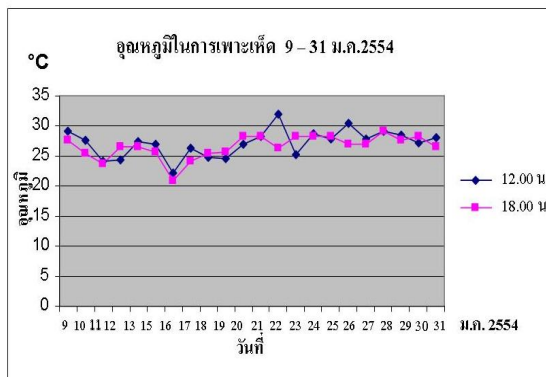
สิ่งทดลอง	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ความชื้นกระถาง (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาตรของรูพรุนเปิดของกระถาง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)
ผักตบชวา + เชื้อเห็ดโคนน้อย + น้ำส้มควันไม้เจือจาง (1:1:0.5%)	7.9 ± 0.04	81.90 ± 0.3	240.2 ± 8.3
ฟางข้าว + เชื้อเห็ดฟาง + น้ำส้มควันไม้เจือจาง (1:1:0.5%)	7.5 ± 0.0	0.8 ± 81.8	232.3 ± 16.5
ผักตบชวา : ฟางข้าว + เชื้อเห็ดฟาง + น้ำส้มควันไม้เจือจาง (0.5:0.5:1.0:0.5%)	8.2 ± 0.1	81.3 ± 0.5	234.2 ± 9.2
ผักตบชวา + เชื้อเห็ดฟาง (1:1)	8.6 ± 0.0	82.2 ± 0.8	230.2 ± 5.2
ฟางข้าว + เชื้อเห็ดฟาง (1:1)	8.2 ± 0.0	79.7 ± 2.2	222.4 ± 32.2
ผักตบชวา : ฟางข้าว + เชื้อเห็ดฟาง (0.5:0.5:1)	8.1 ± 0.0	81.7 ± 0.74	218.7 ± 17.2
ผักตบชวา + น้ำส้มควันไม้เจือจาง 0.5% (ตัวควบคุม)	7.7 ± 0.0	84.2 ± 0.5	183.3 ± 9.6
ฟางข้าว + น้ำส้มควันไม้เจือจาง 0.5% (ตัวควบคุม)	7.7 ± 0.0	85.4 ± 0.5	196.7 ± 28.4
ผักตบชวา (ตัวควบคุม)	7.2 ± 0.0	89.1 ± 0.3	187.7 ± 11.9
ฟางข้าว (ตัวควบคุม)	6.9 ± 0.0	86.2 ± 0.5	179.0 ± 14.9



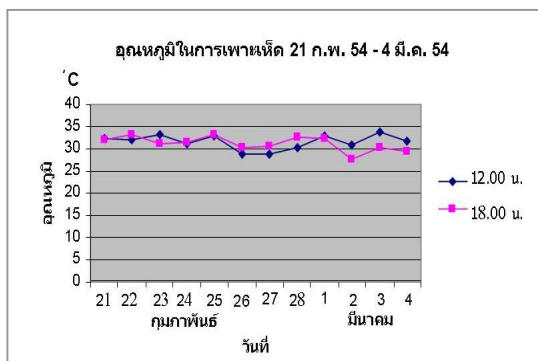
รูปที่ 2 แสดงอุณหภูมิในการเพาะเห็ดระหว่างวันที่ 8-25 เมษายน 2553 เมื่อเวลา 12.00 น. และ 18.00 น.



รูปที่ 3 แสดงอุณหภูมิในการเพาะเห็ดระหว่างวันที่ 6-25 ธันวาคม 2553 เมื่อเวลา 12.00 น. และ 18.00 น.



รูปที่ 4 แสดงอุณหภูมิในการเพาะเห็ดระหว่างวันที่ 9-31 มกราคม 2554 เมื่อเวลา 12.00 น. และ 18.00 น. อุณหภูมิในการเพาะเห็ดช่วงการทดลองที่ทำการทดลองเดือนมกราคม 2554



รูปที่ 5 แสดงอุณหภูมิในการเพาะเห็ดระหว่างวันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2553 - 4 มีนาคม 2554 เมื่อเวลา 12.00 น. และ 18.00 น.

ตารางที่ 3 จำนวนเห็ด น้ำหนักของดอกเห็ดของเห็ดฟางและเห็ดโคนน้อยที่เจริญบนวัสดุเพาะที่ทำเป็นกระถางและเปอร์เซ็นต์กระถางที่เกิดเห็ดของแต่ละสิ่งทดลอง โดยทำการทดลอง วันที่ 8-25 เมษายน 2553

สิ่งทดลอง	จำนวนเห็ด (ดอก)	น้ำหนักดอกเห็ด (กรัม)	เปอร์เซ็นต์กระถางที่เกิดดอกเห็ด (เปอร์เซ็นต์)
ผักตบชวา+เชื้อเห็ดโคนน้อย (1:1)	1.7 a	1.0 c	14.8 c
ผักตบชวา+เชื้อเห็ดฟาง (1:1)	7.7 c	64.9 a	55.6 a
ผักตบชวา+เชื้อเห็ดโคนน้อย+เชื้อเห็ดฟาง (1:0.5:0.5)	3.7 ns	15.5 b	25.9 b
ผักตบชวา (ตัวควบคุม)	0.0 ND	0.0 ND	0.0 ND

หมายเหตุ : a, b, c อักษรลำดับค่าเฉลี่ย เปรียบเทียบในแนวดิ่งตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ns อักษร แสดงถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: สิ่งทดลองที่ 3 ผักตบชวา+เชื้อเห็ดฟาง+เชื้อเห็ดโคนน้อย พบว่าการเจริญในระยะดอกเห็ดฟางเพียงอย่างเดียว แต่ไม่พบการเจริญของดอกเห็ดโคนน้อย

: ผักตบชวา (ตัวควบคุม) ไม่มีเชื้อเห็ดทั้งสองชนิดในวัสดุเพาะ จึงไม่พบการเจริญของเชื้อเห็ด

ตารางที่ 4 จำนวนเห็ด น้ำหนักของดอกเห็ดของเห็ดฟางและเห็ดโคนน้อยที่เจริญบนวัสดุเพาะที่ทำเป็นกระถางและเปอร์เซ็นต์กระถางที่เกิดเห็ดของแต่ละสิ่งทดลอง โดยทำการทดลอง วันที่ 6-25 ธันวาคม 2553

สิ่งทดลอง	จำนวนเห็ด (ดอก)	น้ำหนักดอก เห็ด (กรัม)	เปอร์เซ็นต์กระถางที่เกิด ดอกเห็ด (เปอร์เซ็นต์)
ผักตบชวา : ฟางข้าว + เชื้อเห็ดโคนน้อย + น้ำส้มควัน ไม้เจือจาง (1:1:0.5)	17.67 b	6.67 b	100 a
ผักตบชวา : ฟางข้าว + เชื้อเห็ดฟาง* + น้ำส้มควันไม้ เจือจาง (1:1:0.5%)	0.1 c	0.1 c	0.1 c
ผักตบชวา : ฟางข้าว + เชื้อเห็ดโคนน้อย ** + เชื้อเห็ด ฟาง + น้ำส้มควันไม้เจือจาง (1:0.5:0.5:0.5%)	46.67 a	21.14 a	100 a
ผักตบชวา : ฟางข้าว + น้ำส้มควันไม้เจือจาง (ตัว ควบคุม)	0.0 ND	0.0 ND	0.0 ND
ผักตบชวา : ฟางข้าว + เชื้อเห็ดโคนน้อย (1:1)	33.33 ab	19.06 ab	100 a
ผักตบชวา : ฟางข้าว + เชื้อเห็ดฟาง (1:1) *	0.1 c	0.1 c	0.1 c
ผักตบชวา : ฟางข้าว + เชื้อเห็ดโคนน้อย ** + เชื้อเห็ด ฟาง (1:0.5:0.5)	23.00 b	8.32 ns	100 a
ผักตบชวา : ฟางข้าว (ตัวควบคุม)	0.0 ND	0.0 ND	0.0 ND

หมายเหตุ : a, b, c,... อักษรลำดับค่าเฉลี่ย เปรียบเทียบในแนวดิ่งตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: สิ่งทดลองที่ * พบว่าการเจริญของระยะเส้นใยแต่ไม่พบการเจริญเป็นดอกเห็ด

- : สิ่งทดลองที่** พบว่ามีการเจริญในระยะดอกเห็ดโคนน้อยเพียงอย่างเดียว แต่ไม่พบการเจริญของดอกเห็ดฟาง
- : ND แสดงถึง พบว่ามีแต่การเจริญของระยะเส้นใยและระยะคล้ายหัวเข็มหมุด แต่หยุดชะงักการเจริญเป็นดอกเห็ด
- : ตัวควบคุม ไม่มีเชื้อเห็ดทั้งสองชนิดในวัสดุเพาะ จึงไม่พบการเจริญของเชื้อเห็ด

ตารางที่ 5 จำนวนเห็ด น้ำหนักของดอกเห็ดของเห็ดฟางและเห็ดโคนน้อยที่เจริญบนวัสดุเพาะที่ทำเป็นกระถางและเปอร์เซ็นต์กระถางที่เกิดเห็ดของแต่ละสิ่งทดลอง โดยทำการทดลอง วันที่ 21 กุมภาพันธ์ - 4 มีนาคม 2554

สิ่งทดลอง	จำนวนเห็ด (ดอก)	น้ำหนักดอกเห็ด (กรัม)	เปอร์เซ็นต์กระถางที่เกิดดอกเห็ด (เปอร์เซ็นต์)
ผักตบชวา + เชื้อเห็ดฟาง + น้ำส้มควันไม้ เจือจาง (1:1:0.5%)	5.67 b	8.12 a	15.74 b
ฟางข้าว + เชื้อเห็ดฟาง + น้ำส้มควันไม้เจือ จาง (1:1:0.5%)	15.00 a	5.22 bc	24.07 a
ผักตบชวา : ฟางข้าว + เชื้อเห็ดฟาง + น้ำส้มควันไม้เจือจาง (0.5:0.5:1.0:0.5%)	1.33 c	5.78 ab	3.71 d
ผักตบชวา + เชื้อเห็ดฟาง (1:1)	0.10 d	2.11 c	1.85 d
ฟางข้าว + เชื้อเห็ดฟาง (1:1)	2.33 bc	5.46 b	6.48 c
ผักตบชวา : ฟางข้าว + เชื้อเห็ดฟาง * (0.5:0.5:1)	0.10 d	0.10 d	0.10 e
ผักตบชวา : ฟางข้าว (1:1) (ตัวควบคุม)	0.0 ND	0.0 ND	0.0 ND

หมายเหตุ : a, b, c,... อักษรลำดับค่าเฉลี่ย เปรียบเทียบในแนวตั้งตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

- : * แสดงถึง พบว่ามีการเจริญของระยะเส้นใย และระยะคล้ายหัวเข็มหมุด แต่ไม่พบการเจริญเป็นดอกเห็ด
- : ND แสดงถึงตัวควบคุม ไม่มีเชื้อเห็ดฟางในวัสดุเพาะ จึงไม่พบการเจริญของเชื้อเห็ด



รูปที่ 6 การเจริญของเห็ดฟางตั้งแต่ระยะเส้นใย จนกระทั่งเจริญเป็นดอกเห็ดสมบูรณ์บนกระถางเพาะเห็ดที่มีส่วนผสมของฟางข้าว เปอร์เซ็นต์เชื้อเห็ดฟาง และน้ำส้มควันไม้เจือจาง 0.5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 7 เห็ดโคนน้อยที่เจริญบนกระถางเพาะเห็ดที่มีส่วนผสมของผักตบ
ชวา ฟางข้าว เชื้อเห็ดโคนน้อย และน้ำส้มควันไม้เจือจาง 0.5
เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 8 การเจริญของเห็ดฟางบนกระถางเพาะ
เห็ดที่มีส่วนผสมของผักตบชวา เชื้อ
เห็ดฟางและน้ำส้มควันไม้เจือจาง 0.5
เปอร์เซ็นต์ ภาพ ก, ข, ค แสดงลักษณะ
ของดอกเห็ดฟางเจริญเป็นดอกเห็ดที่
สมบูรณ์

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเพาะเห็ดโคนน้อย (*Coprinopsis cinerea*) และเห็ดฟาง (*Volvariella volvacea*) บนวัสดุเพาะลิกโนเซลลูโลส เช่น ผักตบชวา และฟางข้าว ในประเทศไทย พบว่า ความแตกต่างของการเจริญของเห็ดทั้งสองชนิดแตกต่างกัน ถึงแม้จะทำการเพาะในสภาพแวดล้อมเดียวกัน เช่น วัสดุที่ใช้เพาะเห็ด ปัจจัยสภาพแวดล้อมด้านต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มแสง พบว่ามีผลต่อการเจริญของเห็ดทั้งสองชนิดแตกต่างกัน ซึ่งเป็นการพัฒนาองค์ความรู้จากการวิจัยพื้นฐาน เพื่อเป็นการพัฒนาสู่งานวิจัยสาขาวิชาต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในระดับสูงต่อไป มีสาระสำคัญของการศึกษาที่เป็นประโยชน์ดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการเจริญของเห็ดทั้งสองชนิดขึ้นกับชนิดของวัสดุเพาะ และปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโต ซึ่งเห็ดโคนน้อยและเห็ดฟางเป็นเห็ดที่รู้จักและเพาะกันทั่วไปในประเทศไทยมาเป็นเวลานาน เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้น มีอุณหภูมิที่พอเหมาะกับการเจริญของเห็ดทั้งสองชนิด ซึ่งอยู่ระหว่าง 30–40 องศาเซลเซียส และสามารถเจริญได้บนวัสดุเพาะจำพวกลิกโนเซลลูโลสจากวัสดุเหลือทิ้งทางธรรมชาติที่มีอยู่เป็นจำนวนมากในประเทศไทย เช่น ฟางข้าว ผักตบชวา หญ้า เปลือกถั่วชนิดต่างๆ เป็นต้น นอกจากนี้การศึกษาเห็ดโคนน้อยและเห็ดฟางซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มเห็ดกินได้ (edible mushroom) มีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยเฉพาะเป็นแหล่งของโปรตีนและยังป้องกันการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการวิจัยแพร่หลายทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ เช่น ใช้เป็นต้นแบบเพื่อศึกษาสิ่งมีชีวิตจำพวกเชื้อราชั้นสูง (Fungi) (Kües, 2000; Kües & Liu, 2000) เห็ดโคนน้อย และเห็ดฟาง เป็นชื่อสามัญที่เรียกกันในประเทศไทย ซึ่งชื่อทางวิทยาศาสตร์ของเห็ดโคนน้อย คือ (*Coprinopsis cinerea*) และชื่อทางวิทยาศาสตร์ของเห็ดฟาง คือ (*Volvariella volvacea*) จัดอยู่ในตระกูลเห็ด (Basidiomycota) เนื่องจากเห็ดทั้งสองชนิดไม่มีอันตรายต่อมนุษย์ จึงมีความสำคัญต่อการศึกษาด้านต่างๆ เช่น ชีววิทยา สรีรวิทยา พันธุศาสตร์ การเกิดมิวเทชัน ระบบนิเวศน์ ชีวเคมีของเซลล์ จุลชีววิทยา โภชนศาสตร์ เป็นต้น โดยศึกษาในห้องปฏิบัติการทดลองได้โดยง่าย มีวงจรชีวิตสั้น เซลล์มีขนาดใหญ่ และสามารถศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในโครงสร้างของเซลล์ (Kües et al., 1998; Srivilai et al., 2005a; Srivilai et al., 2005b; Kües et al., 2007)

2. ในการวิจัยมีการออกแบบวิธีการทดลองเพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของเห็ดทั้งสองชนิดที่ศึกษาได้อย่างชัดเจน โดยมีการเตรียมวัสดุเพาะที่มีส่วนผสมของเชื้อเห็ดของแต่ละวิธีการทดลอง โดยทำเป็นกระถางเพาะเพื่อให้เส้นใยเห็ดมีการเจริญในรูปทรงกระถางที่เก็บความชื้นให้พอเหมาะกับการเจริญของเส้นใยเห็ดจนกระทั่งพัฒนาการเจริญเป็นดอกเห็ดได้ โดยทำการบ่มกระถางเพาะในแต่ละวิธีการทดลองแยกกันอย่างอิสระโดยไม่ให้มีการติดกันของกระถางเพาะ และทำการเพาะแต่ละวิธีการ โดยบ่มเส้นใยในชั้นกล่องพลาสติกแยกจากกัน เพื่อเป็นการป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อเห็ดจากกระถางเพาะเห็ดใบอื่น และบางวิธีการทดลองที่มีการผสมเชื้อเห็ดโคนน้อย และเห็ดฟางลงในวัสดุเพาะเดียวกันที่ทำเป็นกระถางเพาะ (ตารางที่ 1, ตารางที่ 3) เพื่อต้องการศึกษาถึงลักษณะการเจริญของเห็ดสองชนิดบนวัสดุเพาะเดียวกัน และ

ปัจจัยสภาพแวดล้อมเดียวกัน จากการออกแบบวิธีการทดลองเหล่านี้ทำให้ทราบถึงลักษณะการเจริญของเห็ดทั้งสองชนิดในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

จากผลการศึกษายังใช้อธิบายถึงความสำคัญในการป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อเห็ดชนิดอื่นได้ และนำผลไปพัฒนาสู่กระบวนการผลิตที่ได้คุณภาพ จะต้องมีการควบคุมสภาพแวดล้อมที่ป้องกันการปนเปื้อนจากเชื้อเห็ดชนิดอื่นในกระบวนการผลิต นอกจากนี้ยังทราบถึงชนิดของวัสดุเพาะเห็ดแต่ละชนิดมีความเหมาะสมต่อการเจริญของเห็ดแต่ละชนิดแตกต่างกัน (Chaisaena, 2009; Satitmanwiwat et al., 2010; Akinyele et al., 2011)

3. การออกแบบการทดลองโดยทำการเพาะเห็ดบนกระถางเพาะที่ทำจากวัสดุเหลือทิ้งและมีส่วนผสมของเชื้อเห็ด การเตรียมกระถางเพาะเห็ดเตรียมจากวัสดุเพาะที่ต้องควบคุมให้มีปริมาณความชื้นที่เหมาะสมตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมวัสดุเพาะ ระยะการเจริญของเส้นใยจนถึงระยะเจริญเป็นดอกเห็ดได้ เป็นเวลาประมาณ 1 เดือน และทำการบ่มเชื้อเห็ดในชั้นกล่องพลาสติก วิธีนี้จึงลดขั้นตอนความยุ่งยากของการเพาะเห็ด ซึ่งสามารถใช้เป็นองค์ความรู้ในการเรียนการสอนในห้องเรียนได้

4. จากการศึกษาของแต่ละวิธีการทดลองในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ชนิดของวัสดุเพาะเห็ดและสภาพแวดล้อมในการเพาะเห็ดที่แตกต่างกัน อาจมีผลต่อปริมาณของผลิตภัณฑ์เห็ดที่ได้ โดยพบว่าปัจจัยด้านอุณหภูมิมีความสำคัญต่อการเพาะเห็ดมากกว่าปัจจัยสภาพแวดล้อมด้านอื่น ๆ เช่น ความชื้นสัมพัทธ์และความเข้มแสง เมื่ออุณหภูมิในระหว่างการเพาะต่ำกว่า 22 องศาเซลเซียส จะเป็นปัจจัยสำคัญของสภาพแวดล้อมกว่าปัจจัยอื่น ๆ ที่ทำให้การเจริญของเส้นใยเห็ดทั้งสองชนิดหยุดพัฒนาการเจริญไปเป็นดอกเห็ดต่อไป (รูปที่ 3, รูปที่ 4, ตารางที่ 4)

5. สภาพแวดล้อมของการเพาะเห็ดในเวลากลางวันและกลางคืน ซึ่งมีความแตกต่างของอุณหภูมิอาจมีผลต่อการพัฒนาการของระยะเส้นใยและเจริญเป็นดอกเห็ดได้ (Liu et al., 1999b; Terashima et al., 2005; Kües et al., 2007) จึงทำให้เกิดการกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงของเส้นใยเห็ดให้เจริญเป็นดอกเห็ดได้ ภายใน 9-10 วัน ทั้งเห็ดโคนน้อย และเห็ดฟาง ซึ่งใช้ระยะเวลาในการเกิดดอกเห็ดสั้นกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเห็ดในโรงเรือน

6. จากการศึกษาการใช้วัสดุผักตบชวาและฟางข้าวในการเพาะเห็ดฟางและเห็ดโคนน้อย พบว่าวัสดุเพาะที่มีส่วนผสมของผักตบชวาและฟางข้าวไม่ค่อยเกิดดอกเห็ดอาจเกิดจากสาเหตุที่สืบเนื่องมาจากผลกระทบดังนี้

6.1 สภาพอากาศที่หนาวเย็นระหว่างช่วงการทดลอง เพราะโดยปกติแล้วเห็ดฟางจะเจริญได้ดีในสภาพอากาศที่ร้อนซึ่งมีอุณหภูมิระหว่าง 30-37 องศาเซลเซียส (บรรณ, 2547) ซึ่งในช่วงของการทดลองมีสภาพอากาศที่หนาวเย็น มีผลทำให้การเจริญของเส้นใยชะงักการเจริญเติบโตและไม่สามารถเจริญเป็นดอกเห็ดได้เพราะในขณะทำการทดลอง พบว่ามีสภาพอากาศที่หนาวเย็นและการเกิดดอกเห็ดโคนน้อยมากกว่า ส่วนเห็ดฟางพบว่าการเกิดดอกเห็ดมีขนาดเล็ก และต่อมาพบว่าดอกเห็ดฝ่อซึ่งเกิดจากสภาพ

อากาศที่หนาวเย็น จึงอาจจะสรุป ได้ว่าเห็ดโคนน้อยทนต่อสภาพอากาศหนาวเย็นได้ดีกว่าเห็ดฟาง แต่เห็ดทั้งสองชนิดชอบอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 30-37 องศาเซลเซียส จึงจะเจริญได้ดี

6.2 การเจริญของเห็ดโคนน้อยบนวัสดุเพาะที่มีส่วนผสมของผักตบชวา เกิดจำนวนดอกเห็ดได้น้อยอาจมีผลจากกระบวนการย่อยสลายของเห็ดโคนน้อยต่างจากเห็ดฟาง (กิจจา, 2552; ปวิณวัฒน์, 2552) ซึ่งเป็นที่น่าสนใจต่อการศึกษาวิจัยในครั้งต่อไปเกี่ยวกับความแตกต่างของวัสดุที่ใช้เพาะและสภาพแวดล้อมในการเจริญที่แตกต่างกัน เห็ดแต่ละชนิดมีความสามารถในการย่อยสลายได้แตกต่างกันอาจเป็นสาเหตุมาจากกลุ่มของเอนไซม์ที่ผลิตจากเห็ดแต่ละชนิดแตกต่างกัน ซึ่งเป็นประโยชน์และแนวทางในการวิจัยในครั้งต่อไปในระดับเซลล์

การเจริญของเห็ดฟางที่เจริญบนกระถางเพาะเห็ดที่มีส่วนผสมของผักตบชวา ฟางข้าว มีการเจริญของเห็ดฟางได้ดีกว่าเห็ดโคนน้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และจากการทดลองการเจริญของเห็ดฟางบนกระถางเพาะที่มีส่วนผสมของฟางข้าวอย่างเดียว พบว่าการเจริญของดอกเห็ดฟางมากกว่าการเจริญของเห็ดฟางบนกระถางเพาะที่มีส่วนผสมของผักตบชวาอย่างเดียว อาจเนื่องมาจากเห็ดฟางอาจผลิตเอนไซม์ที่ใช้ย่อยวัสดุฟางข้าวได้มากกว่าผักตบชวา และเมื่อกระถางเพาะที่มีส่วนผสมของผักตบชวาและฟางข้าว พบว่า ไม่พบดอกเห็ดฟาง มีการเจริญของเส้นใยเห็ด และระยะคล้ายหัวเข็มหมุด และหยุดชะงักการเจริญเป็นดอกเห็ด อาจเป็นเพราะปริมาณของฟางข้าวที่เห็ดฟางชอบในการเจริญมีปริมาณลดอัตราส่วนลงเหลือเพียงครึ่งเดียว หรือเป็นเพราะกระถางเพาะเห็ดที่มีวัสดุของผักตบชวาและฟางข้าวผสมกันมีลักษณะพื้นที่ผิวสัมผัสที่แตกต่างกัน จึงเป็นสาเหตุให้เห็ดฟางไม่สามารถปล่อยเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยวัสดุแต่ละชนิดที่ปนกันอยู่ได้เต็มที่ เนื่องจากชนิดของเอนไซม์ที่ย่อยวัสดุเพาะแต่ละชนิดแตกต่างกัน (Chaisaena, 2009; Satitmanwivat et al., 2010; Akinyele et al., 2011) จากการทดลองมีการใช้น้ำส้มควันไม้ทั้งไว้ 3 เดือน และนำมาเจือจาง 0.5 เปอร์เซ็นต์ (ไม้มะขาม) มาใช้ร่วมในการเพาะเห็ดตั้งแต่เห็ดเจริญในระยะสร้างเส้นใยจนกระทั่งเกิดดอกเห็ด พบว่าทุกสิ่งทดลองที่มีการใช้น้ำส้มควันไม้เจือจาง 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อการเจริญของเห็ดทั้งสองชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบสิ่งทดลองที่ไม่ใช้น้ำส้มควันไม้ร่วมในการเพาะเห็ด โดยเฉพาะการเจริญของเห็ดฟางบนวัสดุเพาะที่มีส่วนผสมของฟางข้าว เชื้อเห็ดฟาง และน้ำส้มควันไม้เจือจาง 0.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถเร่งการเจริญเป็นดอกเห็ดที่สมบูรณ์ และมีลักษณะปกติได้มากขึ้นจากเดิมเมื่อไม่มีส่วนผสมของน้ำส้มควันไม้เจือจาง 0.5 เปอร์เซ็นต์ เกิดจำนวนดอกเห็ดฟางเฉลี่ยเพียง 2.3 ดอกเพิ่มเป็น 15.0 ดอก เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองที่มีส่วนผสมของน้ำส้มควันไม้เจือจาง 0.5 เปอร์เซ็นต์ รวมด้วย ซึ่งคิดเป็น 6 เท่า นอกจากนี้ น้ำส้มควันไม้เจือจาง 0.5 เปอร์เซ็นต์ ยังช่วยเพิ่มน้ำหนักของดอกเห็ดฟางของสิ่งทดลองที่กระถางเพาะที่มีส่วนผสมของผักตบชวา เชื้อเห็ดฟาง และน้ำส้มควันไม้เจือจาง 0.5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองที่กระถางเพาะเห็ดไม่มีส่วนผสมของน้ำส้มควันไม้ แต่มีส่วนผสมของผักตบชวา และเชื้อเห็ดฟาง จากเดิมเมื่อไม่มีส่วนผสมของน้ำส้มควันไม้เจือจาง 0.5 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักของดอกเห็ดจากเดิมเฉลี่ย 2.11 กรัมเพิ่มเป็น 8.12 กรัมดอก ซึ่งคิดเป็น 4 เท่า และยังมีผลทำน้ำหนักของดอกเห็ดฟางของสิ่งทดลองที่มี

ส่วนผสมของผักตบชวา ฟางข้าว เชื้อเห็ดฟาง จากเดิมไม่มีส่วนผสมของน้ำส้มควันไม้เจือจาง 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักดอกเห็ดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อมีส่วนผสมของน้ำส้มควันไม้เจือจาง 0.5 เปอร์เซ็นต์

สรุปผลการทดลอง

ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญของเห็ดมีดังนี้

1. วัสดุเพาะเห็ด มีสมบัติความเป็น กรด-ด่าง เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.5 ± 0.0 และ 8.9 ± 0.3 ความชื้นของวัสดุเพาะเฉลี่ยระหว่าง 79.7 ± 2.2 เปอร์เซ็นต์ และ 89.1 ± 0.3 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรรูพรุนเปิดของกระถางเพาะเห็ด ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 179.0 ± 14.9 ลูกบาศก์เซนติเมตร และ ค่าสูงสุด 274.3 ± 16.0 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2. ปัจจัยสภาพแวดล้อมในการเพาะเห็ด พบว่าเห็ดทั้ง 2 ชนิด สามารถเจริญบนวัสดุเพาะเห็ดที่มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม โดยมีการเจริญของเห็ดจากระยะเส้นใยจนพัฒนาเกิดเป็นดอกเห็ดได้ มีสภาพแวดล้อมดังนี้ อุณหภูมิในการเพาะ เฉลี่ยระหว่าง 32.8 ± 0.2 องศาเซลเซียส และ 38.7 ± 0.1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ระหว่าง 53.2 ± 3.2 เปอร์เซ็นต์ และ 72.7 ± 1.1 เปอร์เซ็นต์ และความเข้มแสงเฉลี่ยต่ำสุด 0.0 ± 0.0 กิโลลักซ์ และสูงสุด 6.6 ± 2.8 กิโลลักซ์

3. จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุดต่อการเจริญของเห็ดโคนน้อย และเห็ดฟาง เห็ดทั้งสองชนิดเจริญเป็นดอกเห็ดได้ดีโดยมีอุณหภูมิของการเพาะอยู่ระหว่าง 30-37 องศาเซลเซียส ถ้าสภาพแวดล้อมเปลี่ยนไป โดยมีผลทำให้อุณหภูมิลดต่ำกว่า 22 องศาเซลเซียส แม้เพียง 1 วัน เห็ดทั้งสองชนิด จะหยุดชะงักการเจริญเติบโตทันทีและตายในที่สุด โดยทำการทดลองจนกระทั่งแน่ใจว่าไม่มีการเจริญของเห็ดซึ่งใช้เวลา ในการทดลองเป็นเวลา 1 เดือน อุณหภูมิที่ลดต่ำลงก็มีผลต่อการยับยั้งการเจริญในระยะเส้นใยเห็ด จึงไม่พบการเจริญของดอกเห็ด

4. จากผลการทดลองพบว่า การเจริญของเห็ดโคนน้อยสามารถเจริญได้ดีบนวัสดุเพาะที่มีส่วนผสมของฟางข้าวและผักตบชวาได้ดีกว่าวัสดุเพาะผักตบชวาเพียงอย่างเดียว ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนการเจริญของ *V. volvacea* สามารถเจริญได้ดีบนวัสดุเพาะทุกชนิด

5. *C. cinerea* และ *V. volvacea* เจริญเป็นดอกเห็ดได้มากขึ้น เมื่อเพาะบนวัสดุเพาะที่มีส่วนผสมของน้ำส้มควันไม้ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับการเจริญของเห็ดบนวัสดุเพาะที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำส้มควันไม้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่พิษณุโลก งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2553 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ขอขอบคุณหน่วยงานที่ให้การสนับสนุนการศึกษาในครั้งนี้ ขอขอบคุณกำลังใจจากครอบครัว นักศึกษารวมทั้ง

เพื่อนๆ ทุกคนที่มีส่วนช่วยให้การทำงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณ Prof. Dr. Ursula Kües, Dr. Monica Navarro-González University of Göttingen, Germany และ ดร. ประยุกต์ ศรีวิไล มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่มีส่วนให้ความรู้ คำแนะนำ

เอกสารอ้างอิง

- กรรณิการ์ พนาบุญเจริญ นวลจันทร์ พารักษา เสกสม อาตมางกูร และอมรรัตน์ พรหมบุญ. (2545). ผลการเสริมประสิทธิภาพของกรดอินทรีย์ในอาหารสุกรหย่านม. เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 40 สาขาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
- กิจจา โพธิ์ทวี. (2552). การเพาะเห็ดโคนน้อยในกระถางที่มีส่วนผสมของทานตะวันสำหรับระยะการเจริญเป็นดอกเห็ด. โครงการปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่พิษณุโลก. พิษณุโลก.
- บรรณ บุรณะชนบท. (2531). การเพาะเห็ดฟาง. ศูนย์ผลิตตำราและเกษตรชนบท. กรุงเทพฯ.
- บรรณ บุรณะชนบท. (2547). คู่มือเพาะเห็ด. โรงพิมพ์เทพพิทักษ์. กรุงเทพฯ.
- ปวีณวัฒน์ ธนสิริพงษ์. (2552). การเพาะเห็ดฟางและเห็ดโคนน้อยในกระถางที่มีส่วนผสมของผักตบชวาสำหรับระยะการเจริญเป็นดอกเห็ด. โครงการปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่พิษณุโลก. พิษณุโลก.
- วาสนา ชัยเสนา มุกดา สุขสวัสดิ์ สุวารี สายจิ้น และประสิทธิ์ ชัยเสนา. (2542). การแปรรูปกระดาดเหลือใช้เป็นกระถางเพาะชำกุหลาบหินที่มีวัสดุผสมชนิดต่างๆ (รายงานผลการวิจัย). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่พิษณุโลก. พิษณุโลก.
- วาสนา ชัยเสนา มุกดา สุขสวัสดิ์ นพดล ตรีรัตน์ ประสิทธิ์ ชัยเสนา และฤทธิธณ สิงห์ดวง. (2544). ศึกษาการเจริญของกุหลาบหินในกระถางเพาะชำที่ได้จากการแปรรูปกระดาดเหลือใช้และผลิตด้วยเครื่องผลิตกระถาง (รายงานผลการวิจัย). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่พิษณุโลก. พิษณุโลก.
- วาสนา ชัยเสนา มุกดา สุขสวัสดิ์ สุวารี สายจิ้น และประสิทธิ์ ชัยเสนา. (2545). การแปรรูปกระดาดเหลือใช้เป็นกระถางเพาะชำกุหลาบหินที่มีวัสดุผสมชนิดต่างๆ (รายงานผลการวิจัย). สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพื้นที่พิษณุโลก. พิษณุโลก.
- อานนท์ เอื้อตระกูล. (2537). การเพาะเห็ดโคนน้อย (เห็ดถั่ว). กรุงเทพฯ.
- Akinyele BJ, Olaniyi OO & Arotupin DJ. (2011). Bioconversion of selected Agricultural Wastes and Associated Enzymes by *Volvariella volvacea*: An Edible Mushroom. *Research Journal of Microbiology*, 6, 63–70.
- Chaisaena W. (2009). Light effects on fruiting body development of wildtype in comparison to light-insensitive mutant strains of the basidiomycete *Coprinopsis cinerea*, grazing of mite

- (*Tyrophagus putrescentiae*) on the strains and production of volatile organic compounds during body development PhD Thesis. Georg-August-University of Goettingen, Goettingen.
- Kharazipour A, Ludwig K, Chaisaena W, Polle A & Kües U (Ed.). (2007). *Wood and other plant fibres in the production of peat substitutes and pot plant containers Wood production, wood technology and biotechnology impacts*, Universitätsverlag Göttingen, Germany, ISBN: 13: 978-3-3-938616-84-0.
- Ku CS & Mun SP. (2006). Characterization of pyrolysis tar derivative from Lignocellulosic biomass. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 12.
- Kües U. (2000). Life history and developmental processes in the basidiomycete *Coprinus cinereus*. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 64.
- Kües U & Liu Y. (2000). Fruiting body production in basidiomycetes. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 54.
- Kües U, Granado JD, Hermann R, Boulianne RP, Kertesz-Chaloupková K & Aebi M. (1998). The A mating type and blue light regulate all known differentiation processes in the basidiomycete *Coprinus cinereus*. *Molecular and General Genetics*, 260.
- Kües U (Ed.), Navarro-González M, Srivilai P, Chaisaena W & Velagapudi R. (2007). *Mushroom biology and genetics Wood production, wood technology and biotechnology impacts*. Universitätsverlag Göttingen, Germany, ISBN: 13: 978-3-3-938616-84-0.
- Liu Y, Granado JD, Polak E & Kües U. (1999b). Genetic crosses with *Amut Bmut* homokaryons of *Coprinus cinereus*. *Fungal Genetics Newsletter*, 46.
- Satitmanwiwat P, Ratanakhanokchai K, Laohakunjit N & Kyu KL. (2010). Partial purification of β -glucanase from fruiting bodies of straw mushroom (*Volvariella volvacea*) by aqueous two phase extraction and its hydrolysis of mushrooms cell walls. *Journal of Agricultural Science*, 41, 13-16.
- Srivilai P, Chaisaena W & Kües U (Ed.). (2005a). Genetic analysis of *Coprinopsis cinerea* mutants with defects in fruiting body development. *VI Genetics and Cellular Biology of Basidiomycetes*. Universida Pública de Navarra, Pamplona, Spain.
- Srivilai P, James TY, Vilgalys R, Chaisaena W & Kües U (Ed.). (2005b). Heterologous expression of mating type genes in basidiomycetes. *VI Genetics and Cellular Biology of Basidiomycetes*. Universida Pública de Navarra, Pamplona, Spain.

- Terashima K, Yuki K, Muraguchi H, Akiyama M & Kamada T. (2005). The *dst1* gene involved in mushroom photomorphogenesis of *Coprinus cinereus* encodes a putative photoreceptor for blue light. *Genetics*, 171, 101-108.
- Yatagai M, Nishimoto M, Hori K, Ohira T & Shibata A. (2002). Termiticidal activity of wood vinegar, its components and their homologues. *Journal of Wood Science*, 48.