การพัฒนาวัสดุเพาะเห็ดนางรมทองจากกระดาษลังและเปลือกผลไม้เพื่อเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ณัฐวรา กิจธรรมรัตน์[1] ภัทรพร เอี่ยมศิริกิจ[1] ศศธร ศิริกุลสถิตย์[1] บัวหลวง ฝ้ายเยื่อ[1,2] ภัทรญา กลิ่นทอง[1,*]

[1] สาขาวิชาชีววิทยาและวิทยาศาสตร์สุขภาพ โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ จ.นครปฐม

[2] สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[*] E-mail: Pattaraya.kln@mwit.ac.th

การอ้างอิง: ณัฐวรา กิจธรรมรัตน์, ภัทรพร เอี่ยมศิริกิจ, ศศธร ศิริกุลสถิตย์,บัวหลวง ฝ้ายเยื่อ, ภัทรญา กลิ่นทอง. (2562). การพัฒนาวัสดุเพาะเห็ดนางรมทองจากกระดาษลังและเปลือกผลไม้เพื่อเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ. วารสารสิ่งแวดล้อม, ปีที่ 23 (ฉบับที่ 2).

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาวัสดุเพาะเห็ดนางรมทอง (*Pleurotus citrinopileatus* Singer.) ที่ทำมาจากวัสดุเหลือทิ้งและเปลือกผลไม้ ได้แก่ กระดาษลัง เปลือกมังคุด และเปลือกเงาะ โดยผสมขี้เลื่อยไม้ยางพารากับกระดาษลัง เปลือกมังคุด และเปลือกเงาะในอัตราส่วนต่าง ๆ บันทึกการเจริญเติบโต วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของดอกเห็ด ผลการศึกษาพบว่า ขนาดและน้ำหนักแห้งของเห็ดนางรมทองที่เพาะในขี้เลื่อยผสมกับกระดาษลังและขี้เลื่อยผสมกับเปลือกมังคุดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเห็ดที่เพาะในขี้เลื่อยเพียงอย่างเดียว โดยเห็ดที่เจริญมาจากวัสดุเพาะที่เป็นขี้เลื่อยผสมกับเปลือกมังคุดที่อัตราส่วนร้อยละ 25:75 โดยปริมาตร มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด แม้จะมีโปรตีนและการเติบโตที่ช้าลง ดังนั้น หากต้องการทำให้เห็ดนางรมทองมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง เปลือกมังคุดจึงเป็นวัสดุผสมชนิดหนึ่งที่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ดนางรมทอง

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เห็ดเป็นหนึ่งในเมนูอาหารที่นิยมบริโภคอย่างมากในปัจจุบันเนื่องจากเห็ดมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต แร่ธาตุและวิตามินหลายชนิด เช่น โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม วิตามินบี 1 และวิตามินบี 2 นอกจากนี้เห็ดบางชนิด เช่น เห็ดนางรมทอง (Golden Oyster Mushroom) ยังมีคุณสมบัติในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายและยังมีสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ซึ่งมีบทบาทเกี่ยวกับการยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระ (Free radical) ซึ่งอนุมูลอิสระเป็นสารที่ไม่เสถียรและมีความว่องไวในการเข้าทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลในร่างกายและทำลายองค์ประกอบของเซลล์ เช่น เยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งนำไปสู่ความไม่สมดุลของระบบต่าง ๆ ในร่างกาย อนุมูลอิสระจึงเป็นสาเหตุของโรคภัยหลายชนิด

เห็ดนางรมทอง (รูปที่ 1) เป็นเห็ดที่มีรูปร่างคล้ายหอยนางรม ดอกมีสีเหลือง ค่อนข้างบอบบาง ลักษณะของหมวกดอกเป็นผิวเรียบ บริเวณกลางหมวกเว้าเป็นแอ่ง ส่วนบริเวณขอบหมวกม้วนลงเล็กน้อย ดอกเมื่อบานเต็มที่บริเวณด้านใต้หมวกดอกมีลักษณะเป็นครีบ ดอกเห็ดอาจเกิดเป็นดอกเดี่ยวหรือเกิดเป็นกระจุกมีโคนก้านดอกติดกันและมีหมวกดอกซ้อนกันเป็นชั้น ๆ โดยก้านดอกมีความยาวปานกลาง (มูลนิธิโครงการหลวง , มปป.)

รูปที่ 1 ลักษณะของเห็ดนางรมทอง

มีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่า การเจริญเติบโต สารอาหารและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเห็ดขึ้นอยู่กับวัสดุเพาะ ยกตัวอย่างเช่น อามีเนาะ อาแย (2556) ได้ใช้กรวยกระดาษเหลือทิ้งร่วมกับขี้เลื่อยไม้ยางพาราในการเป็นวัสดุเพาะเห็ดนางรม เห็ดนางฟ้าและเห็ดภูฐาน พบว่าเห็ดนางรมมีการเจริญเติบโตของเส้นใยบนวัสดุเพาะกรวยกระดาษร่วมกับขี้เลื่อยไม้ยางพารามากที่สุด และเมื่อเพาะเส้นใยเห็ดนางรมบนวัสดุเพาะกรวยกระดาษและขี้เลื่อยไม้ยางพาราสัดส่วน 75:25 โดยน้ำหนัก พบว่าวัสดุเพาะดังกล่าวสามารถให้ผลผลิตเป็นดอกเห็ดสดน้ำหนักเฉลี่ย 26.59 กรัมต่อ 100 กรัมวัสดุเพาะ มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 35.75 ต่อน้ำหนัก และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าดอกเห็ดชุดควบคุมที่เพาะด้วยขี้เลื่อยไม้ยางพาราเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญ Baysal et al. (2003) ศึกษาการเพาะเห็ดนางรมโดยใช้กระดาษเหลือทิ้งจากการตีพิมพ์ผสมกับวัสดุเสริมอื่น ๆ ได้แก่ ถ่าน ขี้ไก่ และแกลบด้วยอัตราส่วนต่าง ๆ โดยน้ำหนัก ผลการศึกษาพบว่า เห็ดที่เพาะในกระดาษที่เหลือจากการตีพิมพ์ผสมกับแกลบด้วยอัตราส่วนร้อยละ 80:20 มีน้ำหนักดอกมากที่สุด งานวิจัยล่าสุดโดย Jin et al. (2018) ได้ทดลองเพาะเห็ดนางรมโดยใช้ซังข้าวโพดผสมกากสมุนไพร (herb residue) จากอุตสาหกรรมยาท้องถิ่นของประเทศจีนในสัดส่วน 5:3 โดยน้ำหนัก ผลการทดลองพบว่าเห็ดนางรมมีน้ำหนักสด ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่เพาะในซังข้าวโพดเพียงอย่างเดียวและไม่พบโลหะหนัก (แคดเมียม ตะกั่ว และสารหนู) ในเห็ดทั้งในชุดควบคุมและชุดทดลอง

ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางในการลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มมูลค่าของเห็ดนางรมทองโดยเฉพาะในเรื่องความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ คณะผู้วิจัยจึงได้ศึกษาวิธีการเพาะเห็ดโดยปรับเปลี่ยนวัสดุเพาะจากเดิมซึ่งเป็นขี้เลื่อยเพียงอย่างเดียวเป็นการผสมระหว่างขี้เลื่อยและวัสดุเหลือทิ้งจากบ้านเรือนและวัสดุเหลือทิ้งทางเกษตร ได้แก่ กระดาษลัง เปลือกมังคุด และเปลือกเงาะ

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของวัสดุเพาะจากกระดาษลัง เปลือกมังคุดและเปลือกเงาะต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเห็ดนางรมทอง และผลของวัสดุดังกล่าวต่อการเจริญเติบโตและปริมาณโปรตีนในเห็ด

วิธีการศึกษา

1. เตรียมวัสดุเพาะเชื้อเห็ดซึ่งประกอบด้วยขี้เลื่อยไม้ยางพาราซึ่งเป็นวัสดุเพาะพื้นฐานและใช้วัสดุเพาะอื่น ๆ ได้แก่ กระดาษลัง เปลือกมังคุดแห้งบด และเปลือกเงาะแห้งบดผสมในอัตราส่วนที่แตกต่างกันโดยปริมาตร ดังตารางที่ 1 พร้อมทั้งผสมอาหารเสริมซึ่งประกอบด้วยรำละเอียด แป้งมัน ยิปซัม ปูนขาว และดีเกลือตามสูตรมาตรฐานของศูนย์รวมสวนเห็ดบ้านอรัญญิก จ.นครปฐม โดยบรรจุวัสดุเพาะเชื้อเห็ดลงในถุงพลาสติก ใส่คอขวดพลาสติก อุดจุกด้วยสำลี และรัดด้วยยางรัดให้แน่นเพื่อผลิตเป็นก้อนเชื้อเห็ด จากนั้นนำไปนึ่งฆ่าเชื้อเพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 1 วัสดุและอัตราส่วนของวัสดุเพาะเชื้อเห็ดโดยปริมาตร

ชุดที่	รายการวัสดุเพาะ	อัตราส่วนของวัสดุ
1 (ควบคุม)	ขี้เลื่อยไม้ยางพารา	100%
2	ขี้เลื่อยไม้ยางพารา + กระดาษลัง	50:50
3	ขี้เลื่อยไม้ยางพารา + กระดาษลัง	75:25
4	ขี้เลื่อยไม้ยางพารา + เปลือกมังคุด	50:50
5	ขี้เลื่อยไม้ยางพารา + เปลือกมังคุด	25:75
6	ขี้เลื่อยไม้ยางพารา + เปลือกเงาะ	50:50
7	ขี้เลื่อยไม้ยางพารา + เปลือกเงาะ	25:75

2. เทเมล็ดข้าวฟ่างที่มีเส้นใยเชื้อเห็ดนางรมทองเจริญเต็มทั่วทั้งเมล็ดลงในถุงก้อนเชื้อเห็ดประมาณ 15-20 เมล็ดข้าวฟ่างต่อถุง ปิดจุกด้วยสำลี และนำถุงก้อนเชื้อเห็ดไปวางบนชั้นเพื่อบ่มเชื้อเป็นเวลา 3-4 สัปดาห์เพื่อให้เส้นใยเชื้อเห็ดเจริญจนเต็มหรือเกือบเต็มถุงซึ่งเส้นใยจะเปลี่ยนแปลงรูปร่างอัดกันเป็นตุ่มดอกเห็ด จึงทำการเปิดจุกออกเพื่อให้ดอกเห็ดเจริญเติบโตโผล่ออกทางปากถุง ดูแลโดยพ่นละอองน้ำเพื่อรักษาความชื้นของก้อนเชื้อเห็ดและดอกเห็ด

3. เก็บเกี่ยวดอกเห็ดแต่ละชุดการทดลอง เมื่อดอกเห็ดเจริญเติบโตเต็มที่ ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดอก จากนั้นจึงนำดอกเห็ดใส่เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze Dryer) เป็นเวลา 2-3 วัน บันทึกน้ำหนักแห้งของเห็ดแต่ละชุดการทดลอง

4. นำเห็ดที่แห้งแล้วมาสกัดด้วยสารละลาย 80% เอทานอล วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธีแบรดฟอร์ด (Bradford's method) และวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยการทำปฏิกิริยากับ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH assay)

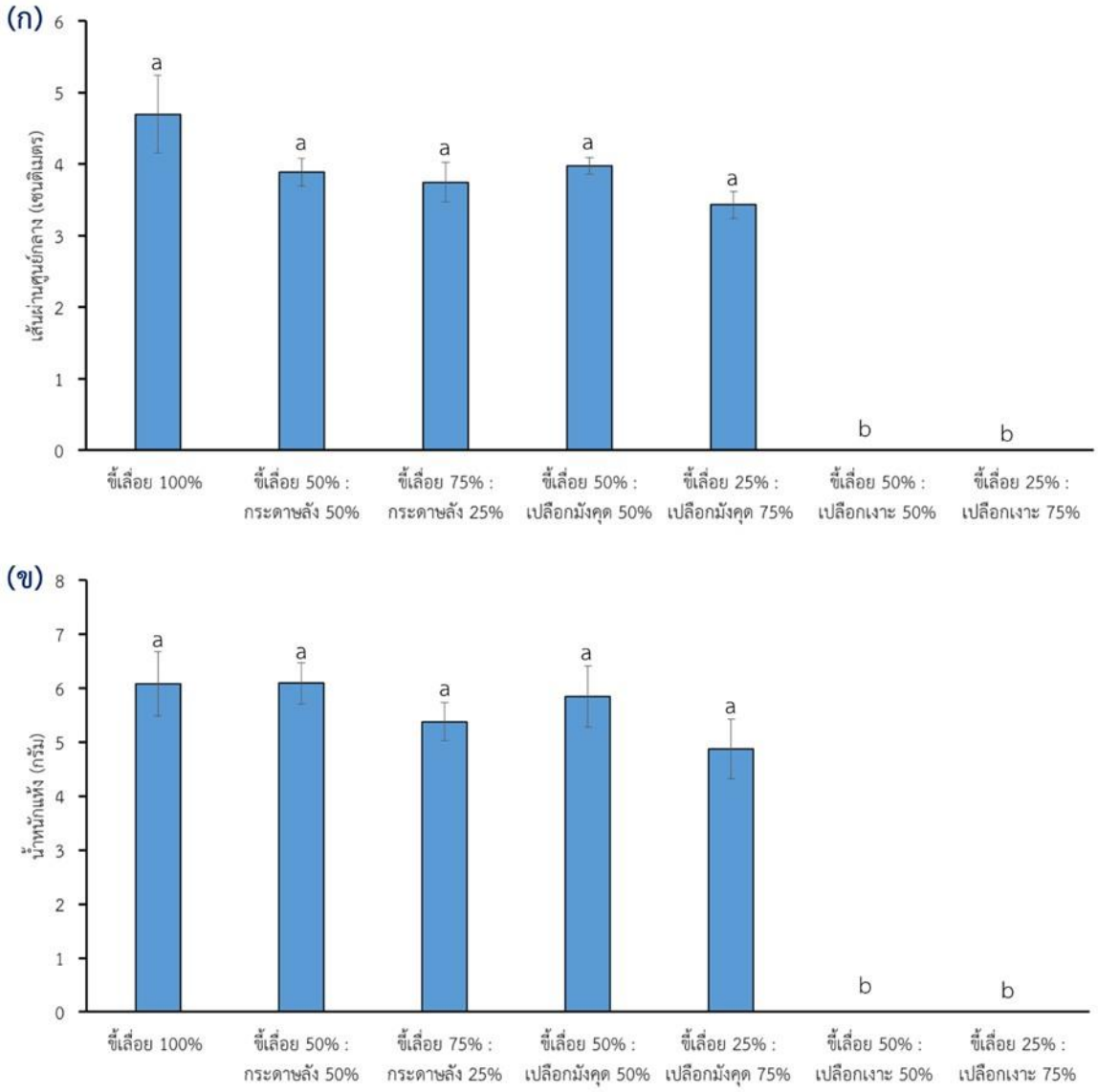
5. นำผลการทดลองที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (standard error of the mean) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยสถิติ Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

เชื้อเห็ดนางรมทองที่เพาะในขี้เลื่อยเพียงอย่างเดียวซึ่งเป็นชุดควบคุม (ชุดที่ 1) ใช้เวลาในการเจริญของเส้นใยในถุงพลาสติกบรรจุวัสดุเพาะประมาณ 29 วัน และประมาณ 10 วัน สำหรับการเจริญเป็นดอกเห็ด (รูปที่ 2ก) ในขณะที่เชื้อที่เพาะในวัสดุเพาะที่เป็นขี้เลื่อยผสมกระดาษลัง (ชุดที่ 2, 3) ใช้เวลาประมาณ 50-60 วัน สำหรับการเจริญของเส้นใย และประมาณ 9-15 วัน ในการออกดอก (รูปที่ 2ข, ค) ส่วนเชื้อที่เจริญในขี้เลื่อยผสมเปลือกมังคุด (ชุดที่ 4, 5) ใช้เวลาประมาณ 65 วันในการเจริญของเส้นใย และ 20-24 วันในการออกดอก ในขณะที่เชื้อที่เพาะในขี้เลื่อยผสมเปลือกเงาะในอัตราส่วนต่าง ๆ (ชุดที่ 6, 7) ไม่มีการเจริญของเส้นใยของเชื้อเห็ดนางรมทอง

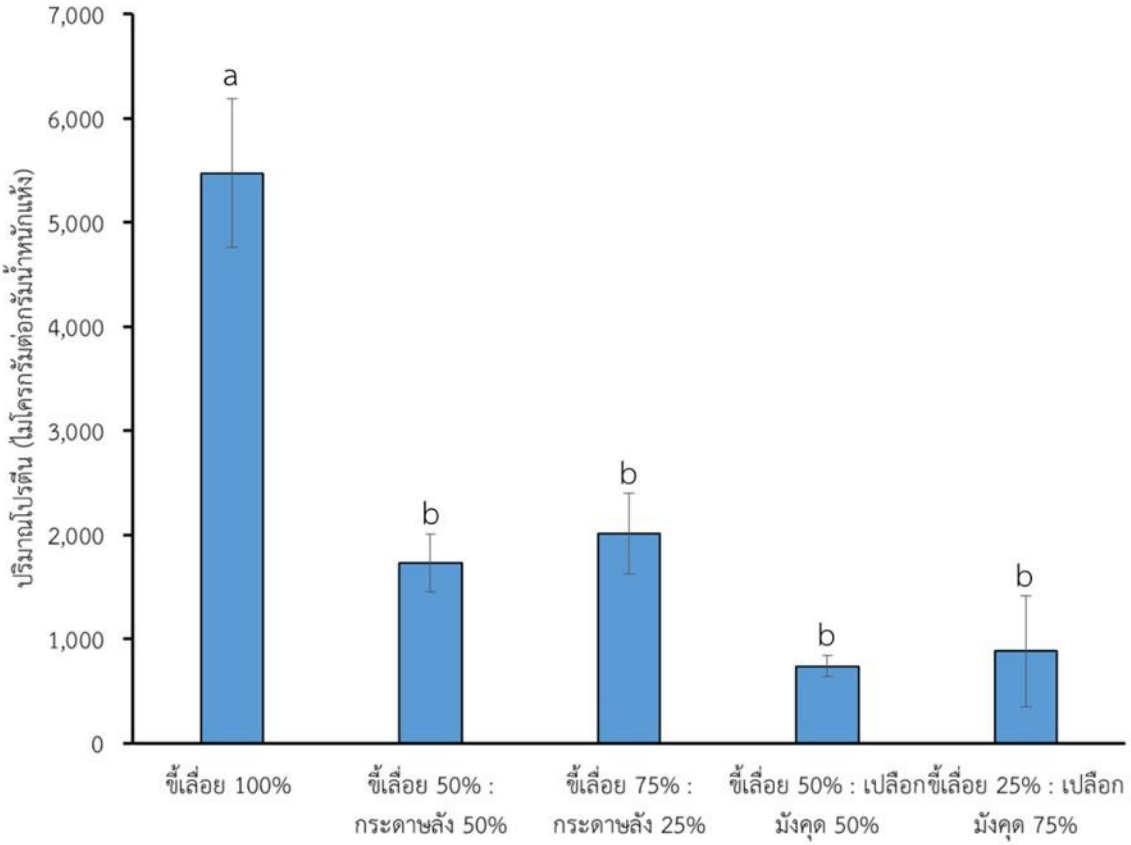
ขนาดและน้ำหนักแห้งของเห็ดนางรมทองที่เพาะในขี้เลื่อยเพียงอย่างเดียว (ชุดควบคุม) และชุดทดลองที่เพาะในวัสดุผสมระหว่างขี้เลื่อยและกระดาษลัง และการผสมระหว่างขี้เลื่อยและเปลือกมังคุดให้ผลการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยดอกเห็ดมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 4 เซนติเมตร (รูปที่ 3ก) และมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยประมาณ 6 กรัม (รูปที่ 3ข) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า กระดาษลังและเปลือกมังคุดสามารถนำมาเป็นวัสดุทดแทนขี้เลื่อยบางส่วนเพื่อการเพาะเห็ดนางรมทองได้ ในขณะที่เปลือกเงาะเป็นวัสดุที่ไม่เหมาะสมในการนำมาเป็นวัสดุทดแทนขี้เลื่อย ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดมีหลายปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น สภาพอากาศ ความเป็นกรด-ด่าง แหล่งไนโตรเจน แหล่งคาร์บอน และสัดส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนของอาหารเพาะ (อามีเนาะ อาแย, 2556) ซึ่งแหล่งคาร์บอนจะเป็นแหล่งพลังงานให้แก่เชื้อราสำหรับการสร้างเส้นใยและเจริญเป็นดอกเห็ด โดยวัสดุที่นำมาเพาะเห็ดในครั้งนี้ได้แก่ ขี้เลื่อยจากไม้ยางพารา กระดาษลัง เปลือกมังคุด และเปลือกเงาะ โดยองค์ประกอบส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบเซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) และลิกนิน (lignin) ซึ่งเชื้อราต้องอาศัยเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ เอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) เอนไซม์ไซแลนเนส (xylanase) เอนไซม์ลิกนินเปอร์ออกซิเดส (lignin peroxidase) เพื่อย่อยสลายสารประกอบเหล่านั้นให้เป็นน้ำตาลขนาดเล็กที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในระหว่างการเจริญของเส้นใยและการเติบโตเป็นดอกเห็ด (อามีเนาะ อาแย, 2556) การที่เชื้อราของเห็ดนางรมทองไม่สามารถเจริญเติบโตในวัสดุเพาะที่เป็นขี้เลื่อยผสมกับเปลือกเงาะได้นั้นอาจมีสาเหตุมาจากการมีแหล่งคาร์บอนไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราจึงไม่เกิดการสร้างเส้นใยและการเจริญเป็นดอกเห็ด

รูปที่ 2 เห็ดนางรมทองที่เจริญจากวัสดุเพาะขี้เลื่อยไม้ยางพารา 100% (ก)
วัสดุเพาะขี้เลื่อยไม้ยางพาราผสมกระดาษลังที่อัตราส่วนร้อยละ 50:50 (ข)
และวัสดุเพาะขี้เลื่อยไม้ยางพาราผสมกระดาษลังที่อัตราส่วนร้อยละ 75:25 (ค)



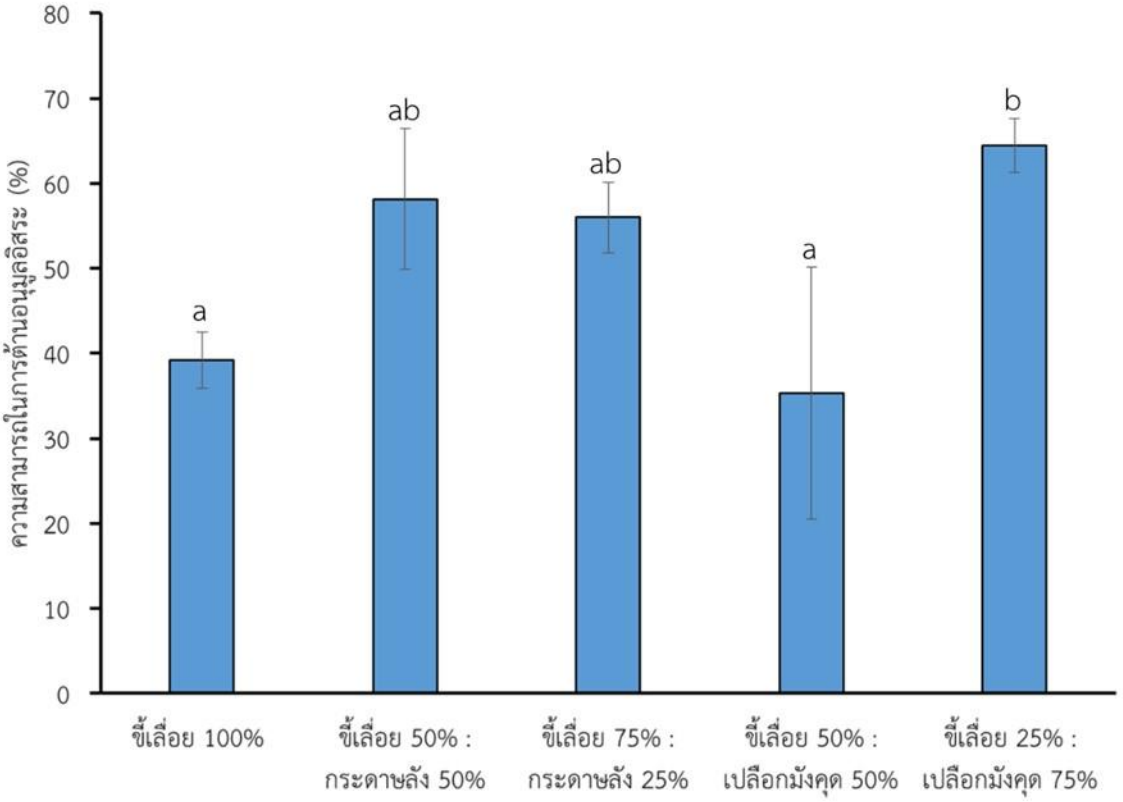
รูปที่ 3 เส้นผ่านศูนย์กลาง (ก) และน้ำหนักแห้ง (ข) ของเห็ดนางรมทองที่เพาะในวัสดุชนิดต่าง ๆ

เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในดอกเห็ดนางรมทองพบว่า ดอกเห็ดที่เพาะในชุดควบคุมซึ่งเพาะในขี้เลื่อยเพียงอย่างเดียวมีปริมาณโปรตีนมากที่สุดคือประมาณ 5,000 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งของเห็ด ซึ่งมากกว่าชุดทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 4) รองลงมาคือปริมาณโปรตีนในดอกเห็ดที่เพาะในขี้เลื่อยผสมกระดาษลังซึ่งมีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยประมาณ 1,800 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งของเห็ดโดยมีค่ามากกว่าโปรตีนในดอกเห็ดที่เพาะในขี้เลื่อยผสมเปลือกมังคุด (รูปที่ 4) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า การเพาะเชื้อเห็ดในขี้เลื่อยเพียงอย่างเดียวให้ดอกเห็ดที่มีโปรตีนสูงที่สุด รองลงมาเป็นดอกเห็ดที่เพาะในขี้เลื่อยผสมกระดาษลัง ทั้งนี้อาจเนื่องจาก วัสดุเพาะดังกล่าวมีความเหมาะสมต่อเชื้อเห็ดในการใช้ประโยชน์จากแหล่งไนโตรเจนที่เป็นอาหารเสริมที่ผสมลงไป เช่น รำละเอียด จึงทำให้เห็ดที่เพาะในวัสดุเพาะที่เป็นขี้เลื่อยและขี้เลื่อยผสมกระดาษลังมีปริมาณโปรตีนมาก



รูปที่ 4 ปริมาณโปรตีนของเห็ดนางรมทองที่เพาะในวัสดุชนิดต่าง ๆ

เมื่อวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของดอกเห็ดที่เพาะในวัสดุต่าง ๆ พบว่า ดอกเห็ดที่เพาะในขี้เลื่อยผสมเปลือกมังคุดที่อัตราส่วนร้อยละ 25:75 มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดโดยมีค่าประมาณ 64% ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 5) ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jin et al. (2018) ที่ได้รายงานว่าเห็ดนางรมที่เพาะในซังข้าวโพดผสมกากสมุนไพรมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าชุดควบคุมที่เพาะในซังข้าวโพดเพียงอย่างเดียวซึ่งความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเกิดจากวัสดุที่เพาะโดยระหว่างที่มีการเติบโตของเส้นใยเห็ดจะมีการดูดซึมสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น สารประกอบฟีนอลจากกากสมุนไพรทำให้เมื่อเส้นใยเจริญเต็มที่เป็นดอกเห็ดจึงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดสูง ดังนั้น ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเห็ดนางรมทองที่เพาะในขี้เลื่อยผสมเปลือกมังคุดซึ่งมีค่าสูงที่สุดนั้นอาจมาจากเปลือกมังคุดที่ผสมลงไปในวัสดุเพาะเนื่องจากมีรายงานการวิจัยว่าในเปลือกมังคุดมีสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น แอลฟาแมงโกสติน (alpha-mangostin) อิพิคาเทชิน (epicatechin) และโปรแอนโทไซยานิดิน ไดเมอร์ (proanthocyanidin dimer) (ศนิดา คูนพานิช, 2549; โนรี จงวิไลเกษม, 2550; Jaisupa et al., 2018) ดังนั้น เส้นใยเห็ดที่เจริญในวัสดุเพาะที่มีเปลือกมังคุดจึงมีโอกาสในการดูดซึมสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดังกล่าวจึงทำให้ดอกเห็ดนางรมทองมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงตามไปด้วย อย่างไรก็ตามความสามารถนี้ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนที่ใช้โดยการศึกษาในครั้งนี้อัตราส่วนระหว่างขี้เลื่อยและเปลือกมังคุดที่ดีที่สุดคือร้อยละ 25:75 โดยปริมาตร (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเห็ดนางรมทองที่เพาะในวัสดุชนิดต่าง ๆ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า การเพาะเห็ดนางรมทองในขี้เลื่อยผสมเปลือกมังคุดที่อัตราส่วนร้อยละ 25:75 โดยปริมาตรทำให้เห็ดนางรมทองมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด โดยมีประเด็นรายละเอียดต่าง ๆ ได้แก่

1. เห็ดนางรมทองที่เพาะในวัสดุผสมระหว่างขี้เลื่อยและกระดาษลัง และวัสดุผสมระหว่างขี้เลื่อยและเปลือกมังคุดให้ดอกเห็ดที่มีขนาดและน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างจากเห็ดที่เพาะในขี้เลื่อยเพียงอย่างเดียว แต่การผสมกระดาษลังและเปลือกมังคุดลงไปในขี้เลื่อยทำให้การสร้างเส้นใยและการเจริญของดอกเห็ดช้ากว่าการเพาะในขี้เลื่อยเพียงอย่างเดียว
2. เห็ดนางรมทองที่เพาะในขี้เลื่อยเพียงอย่างเดียวมีปริมาณโปรตีนมากที่สุด
3. เห็ดนางรมทองที่เพาะในขี้เลื่อยผสมกระดาษลังหรือเปลือกมังคุดมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นโดยการผสมกับเปลือกมังคุดที่อัตราส่วนร้อยละ 25:75 โดยปริมาตร มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด แต่ทำให้เห็ดมีปริมาณโปรตีนลดลง
4. เปลือกเงาะไม่เหมาะสำหรับการเป็นวัสดุเพาะเชื้อเห็ดนางรมทอง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์รวมสวนเห็ดบ้านอรัญญิก อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม สำหรับวัสดุ ความรู้และเทคนิคในการเพาะเห็ด และขอขอบคุณทุนสนับสนุนการทำโครงงานวิทยาศาสตร์จากโรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ และทุนสนับสนุนบางส่วนจากการประกวดโครงงานของนักวิทยาศาสตร์รุ่นเยาว์ ครั้งที่ 21 (YSC 2019) โดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เอกสารอ้างอิง

โนรี จงวิไลเกษม (2550) สารสกัดจากเปลือกมังคุด...ของขวัญจากธรรมชาติ. วารสารคลินิกอาหารและโภชนาการ. ปีที่ 1 (ฉบับที่ 2), หน้า 72-76.

มูลนิธิโครงการหลวง (มปป.) เห็ดนางรมทอง. [ออนไลน์] แหล่งที่มา: http://www.royalprojectmarket.com/productDetail.php?pid=20 [29 มีนาคม 2562]

ศนิดา คูนพานิช (2549) ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันและคุณภาพของสารสกัดจากเปลือกของผลมังคุด *Garcinia mangostana*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อามีเนาะ อาแย (2556) การใช้ประโยชน์ของภาชนะบรรจุกระดาษเหลือทิ้งในการเพาะเห็ดตระกูลนางรมที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Baysal, E., Peker, H., Yalinkilic, M.K., Temiz, A. (2003) Cultivation of oyster mushroom on waste paper with some added supplementary materials. Bioresource Technology, 89 (1), 95-97.

Jaisupa, N., Moongkarndi, P., Lomarat, P., Samer, J., Tunrungtavee, V., and Muangpaisan, W. (2018) Mangosteen peel extract exhibits cellular antioxidant activity by induction of catalase and heme oxygenase-1 mRNA expression. Journal of Food Biochemistry. [ออนไลน์] แหล่งที่มา: https://doi.org/10.1111/jfbc.12511 [30 มีนาคม 2562]

Jin, Z., Li, Y., Ren, J., and Qin, N. (2018) Yield, nutritional content, and antioxidant activity of *Pleurotus ostreatus* on corncobs supplemented with herb residues. Mycobiology, 46 (1), 24-32.