รายงานผลการดำเนินงานโครงการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม

การศึกษาหาปริมาณสารเบตากลูแคน โปรตีน และเส้นใยในเห็ดป่าที่ใช้บริโภค ในจังหวัดอุบลราชธานี

หัวหน้าโครงการ

สุภารัตน์ จันทร์เหลือง

คณะเภสัชศาสตร์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ผู้ร่วมโครงการ

ระวิวรรณ แก้วอมตวงศ์

ได้รับจัดสรรงบประมาณดำเนินโครงการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรมจาก

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ประจำปีงบประมาณ 2558

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานส่งเสริมบริหารงานวิจัย บริการวิชาการ และทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ให้ทุนทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรมในด้านการวิจัย เพื่อสนับสนุนในการทำวิจัย เรื่อง การหาปริมาณสารเบตากลูแคน โปรตีน และเส้นใยในเห็ดป่าที่ใช้บริโภคในจังหวัดอุบลราชธานี ในครั้งนี้ ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณคณะเภสัชศาสตร์ที่ให้ใช้ห้องปฏิบัติการ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ และอุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 1

ขอบเขตของโครงการวิจัย 2

กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย 2

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม

เห็ด 3

สารเบตากลูแคน (β-Glucans) 4

การศึกษาผลของสารเบตากลูแคนในเห็ด 5

โปรตีนในเห็ด 7

เส้นใยในเห็ด 7

เห็ดที่ใช้ในการศึกษา 8

บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย

เห็ดป่าที่ใช้ในการศึกษา 23

อุปกรณ์และสารเคมี 23

วิธีดำเนินการวิจัย

การหาปริมาณสารเบตากลูแคนในเห็ด 24

การหาปริมาณโปรตีน 27

การหาปริมาณเส้นใย 28

บทที่ 4 ผลการวิจัย

เห็ดตัวอย่าง 30

ปริมาณสารเบตากลูแคน 31

ปริมาณโปรตีน 32

ปริมาณเส้นใย 33

บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

สรุป 36

อภิปรายผลการวิจัย 37

ข้อเสนอแนะ 40

เอกสารอ้างอิง 41

สารบัญตาราง

ตารางที่ 4-1 เห็ดที่ใช้ในการศึกษา 31
ตารางที่ 4-2 ปริมาณสารเบตากลูแคนในเห็ดป่าที่บริโภคได้ในจังหวัดอุบลราชธานี 32
ตารางที่ 4-3 ปริมาณสารเบตากลูแคนในเห็ดที่จำหน่ายในห้างสรรพสินค้า 32
ตารางที่ 4-4 ปริมาณโปรตีนในเห็ดป่าที่บริโภคได้ในจังหวัดอุบลราชธานี 33
ตารางที่ 4-5 ปริมาณโปรตีนในเห็ดป่าที่จำหน่ายในห้างสรรพสินค้า 33
ตารางที่ 4-6 ปริมาณเส้นใยในเห็ดป่าที่บริโภคได้ในจังหวัดอุบลราชธานี 34
ตารางที่ 4-7 ปริมาณเส้นใยในเห็ดป่าที่จำหน่ายในห้างสรรพสินค้า 35

สารบัญรูป

รูปที่ 1-1 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย 2
รูปที่ 2-1 โครงสร้างของสารเบตากลูแคน 4
รูปที่ 2-2 เห็ดกาบยาง 8
รูปที่ 2-3 เห็ดก่อ 9
รูปที่ 2-4 เห็ดขอนขาว 9
รูปที่ 2-5 เห็ดไคล 10
รูปที่ 2-6 เห็ดซิ่น 10
รูปที่ 2-7 เห็ดดังวัว 11
รูปที่ 2-8 เห็ดดิน 11
รูปที่ 2-9 เห็ดถ่านใหญ่ 12
รูปที่ 2-10 เห็ดน้ำหมาก 12
รูปที่ 2-11 เห็ดปลวกไก่น้อย 13
รูปที่ 2-12 เห็ดปลวกจิก 13
รูปที่ 2-13 เห็ดปลวกหยวก 14
รูปที่ 2-14 เห็ดผึ้งคราม 14
รูปที่ 2-15 เห็ดผึ้งนกยูง 15
รูปที่ 2-16 เห็ดผึ้งเหลือง 15
รูปที่ 2-17 เห็ดพุงหมู 16
รูปที่ 2-18 เห็ดมันปูใหญ่ 16
รูปที่ 2-19 เห็ดระโงกเหลือง 17
รูปที่ 2-20 เห็ดไส้เดือน 17
รูปที่ 2-21 เห็ดหน้าม่วง 18
รูปที่ 2-22 เห็ดหำฟาน 18
รูปที่ 2-23 เห็ดหูหนู 19
รูปที่ 2-24 เห็ดเข็มทอง 19
รูปที่ 2-25 เห็ดชิเมจิ 20
รูปที่ 2-26 เห็ดหอม 20
รูปที่ 2-27 เห็ดหิมะขาว 21
รูปที่ 2-28 เห็ดเออรินจิ 21

บทที่ 1
บทนำ
(Introduction)

สารเบตากลูแคน (β-glucan) เป็นสารจำพวก โพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharide) ที่ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสจำนวนมาก พบได้ทั้งใน ยีสต์ เห็ด ข้าวโอต และข้าวบาร์เลย์ เป็นต้น ในปัจจุบันพบว่ามีการนำสารเบตากลูแคนมาใช้กันเป็นจำนวนมาก ทั้งใช้เพื่อการบริโภค และใช้เป็นโภชนเภสัช (nutraceutical) ซึ่งหมายถึงอาหารที่มีฤทธิ์ทางยา จากการศึกษาพบว่าสารเบตากลูแคนมีฤทธิ์ในการเพิ่มการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย (Wasser, 2002; Pelizon et al., 2005; Alaubydi and Abed, 2011) สารเบตากลูแคนมีฤทธิ์ในการยับยั้งกระบวนการเกิดเนื้องอกและการเกิดมะเร็ง (Lin and Zhang, 2004) สารเบตากลูแคนยังมีฤทธิ์ลดระดับไขมัน และระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือด (Chen and Raymond, 2008; Dong et al., 2011; Othman et al., 2011) และนอกจากนั้นยังพบว่าสารเบตากลูแคนมีฤทธิ์ในการลดการอักเสบ (Kim et al., 2007) ต้านการติดเชื้อแบคทีเรีย (Hetland et al., 2013) รา (Vediyappan et al., 2011; Mitchell et al., 2013) ไวรัส (Gao et al., 2003) และปรสิต (Yun et al., 2003) ได้อีกด้วย

เห็ด (mushroom) เป็นสิ่งมีชีวิตที่จัดอยู่ในอยู่ใน อาณาจักรเห็ดรา (Kingdom fungi) และอยู่ในไฟลัมเบสิดิโอไมโคตา (Phylum Basidiomycota) ซึ่งเป็นไฟลัมเดียวกันกับ รา และยีสต์ จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า การศึกษาหาปริมาณสารเบตากลูแคนในช่วงแรกๆ ส่วนใหญ่ศึกษาใน รา ยีสต์ และต่อมาได้ศึกษาในข้าวโอต ข้าวบาร์เลย์ และเห็ดบางชนิด

นอกจากสารเบตากลูแคน ยังมีรายงานว่า พบสารอาหารหลายชนิดในเห็ด เช่น โปรตีน วิตามิน และเกลือแร่ ซึ่งเป็นสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เห็ดยังมีแคลอรี และไขมันในปริมาณต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่า เห็ดยังมีส่วนประกอบที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ เส้นใย (fiber) ถึงแม้เส้นใยจะเป็นสารที่ร่างกายไม่สามารถย่อยได้ แต่ก็มีประโยชน์ในการกระตุ้นการขับถ่ายได้

จากรายงานการวิจัยพบว่า ประชากรไทยนิยมบริโภคเห็ดมากขึ้น โดยเฉพาะในแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และในจังหวัดอุบลราชธานีพบว่า เห็ดเป็นอาหารที่ชาวบ้านนิยมบริโภคเป็นอย่างยิ่ง เห็ดที่ใช้บริโภคส่วนใหญ่ได้มาจาก 2 แหล่งคือ เห็ดที่ได้จากการเพาะเลี้ยง และเห็ดที่เกิดขึ้นเองในป่า โดยจะมีชาวบ้านเก็บเห็ดจากป่าเพื่อมาจำหน่ายในตลาด ซึ่งเห็ดป่าส่วนใหญ่จะงอกในช่วงฤดูฝนในบริเวณที่มีความชื้นสูง ดังนั้นเห็ดป่าจะมีฤดูการงอกในช่วงที่จำกัด จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ายังไม่มีการนำเห็ดป่าที่บริโภคได้มาศึกษาหาปริมาณสารเบตากลูแคน ส่วนปริมาณโปรตีน และเส้นใย มีรายงานบ้างแล้วบางชนิด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาหาปริมาณสารเบตากลูแคน โปรตีน และเส้นใยในเห็ดป่าที่บริโภคได้ในจังหวัดอุบลราชธานีดังกล่าว เพื่อเป็นข้อมูลในการสนับสนุนการบริโภคเห็ด เพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของเห็ดป่ามากขึ้น และเพื่อหาแหล่งของสารเบตากลูแคนจากเห็ด เพื่อผลิตเป็นโภชนเภสัชต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

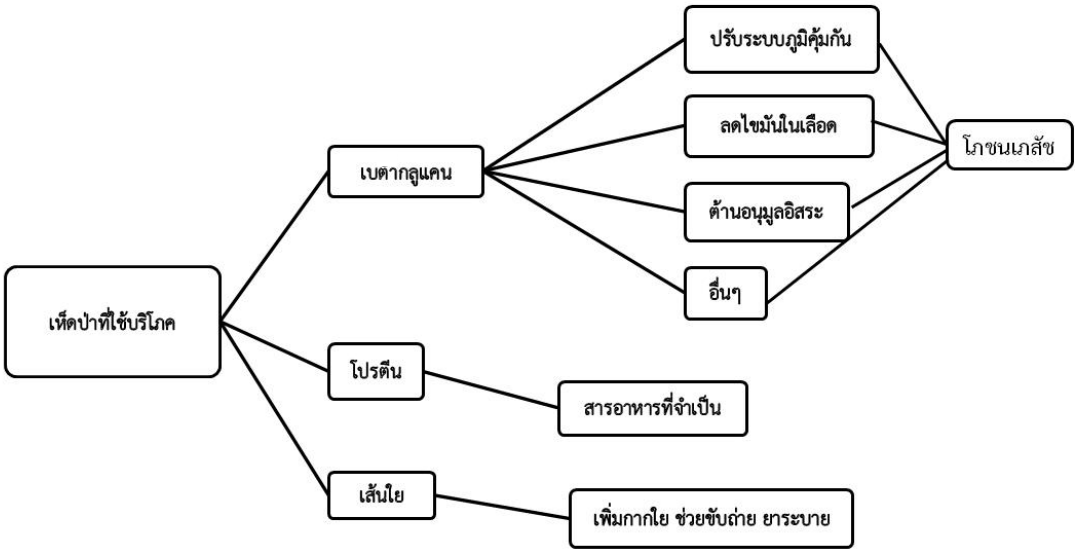
- เพื่อศึกษาปริมาณสารเบตากลูแคน โปรตีน และเส้นใย ในเห็ดป่าที่นิยมบริโภค

- เปรียบเทียบปริมาณของสารเบตากลูแคน โปรตีน และเส้นใยที่มีในเห็ดป่าแต่ละชนิด
- คัดเลือกชนิดของเห็ดป่าที่มีปริมาณสารเบตากลูแคน โปรตีน และเส้นใยสูงที่สุด

ขอบเขตของโครงการวิจัย

ตัวอย่างเห็ดที่จะนำมาใช้ศึกษาเรียกว่า เห็ดป่า เป็นเห็ดที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ซึ่งได้จากการเก็บจากแหล่งธรรมชาติ และจัดซื้อผู้จำหน่ายตามท้องตลาดในจังหวัดอุบลราชธานี และต้องเป็นเห็ดที่สามารถบริโภคได้

กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย



รูปที่ 1-1 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- เป็นข้อมูลในการสนับสนุนการบริโภคเห็ดป่า ทราบถึงชนิดของเห็ดป่าที่มีโปรตีน และเส้นใยสูง
- เป็นข้อมูลเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์เห็ดที่มีปริมาณสารเบตากลูแคนสูง เพื่อนำไปศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาในสัตว์ทดลอง และมนุษย์ต่อไป
- เป็นข้อมูลพื้นฐานในการทำวิจัยเพื่อหาเห็ดที่มีปริมาณสารเบตากลูแคนที่สูงที่สุด เพื่อใช้เป็นแหล่งของสารดังกล่าวในการพัฒนามาเป็นสารในทางเภสัชภัณฑ์

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม
(Review literature)

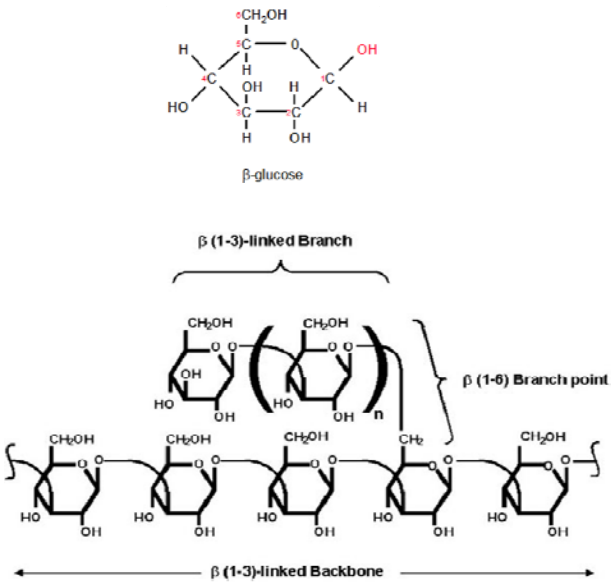
1. เห็ด

เห็ด (mushroom) หมายถึง สิ่งมีชีวิตจำพวกเดียวกับรา แต่เป็นเชื้อราชั้นสูงที่สามารถพัฒนาเป็นดอก หรือเป็นกลุ่มก้อน มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จัดอยู่ในอาณาจักรเห็ดรา หรือฟังไจ (Kingdom Fungi) เห็ดไม่มีคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) จึงไม่สามารถสังเคราะห์แสง เพื่อสร้างอาหารเองได้ ดังนั้นการเจริญเติบโตของเห็ดจำเป็นต้องอาศัยอาหารจากแหล่งต่างๆ ได้แก่ ซากพืช ซากสัตว์ อินทรียวัตถุ เป็นต้น ด้วยการปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ และซับซ้อน จนเป็นโมเลกุลเล็ก และดูดซึมเข้าเซลล์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตต่อไป เห็ดมีการเจริญเติบโตเป็นเส้นใย และเมื่อสภาพแวดล้อมซึ่งหมายถึง อุณหภูมิ ความชื้น และแสง ที่เหมาะสมจะรวมกลุ่มกันเป็นโครงสร้างขนาดใหญ่เพื่อใช้ในการสร้างสปอร์เพื่อใช้ขยายพันธุ์ หรือเรียกว่า ดอกเห็ด ซึ่งสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และมีรูปร่างมากมายหลายแบบ การแพร่กระจายของเห็ดมีได้กว้างมาก และมักพบได้ทั่วไปตามธรรมชาติ เห็ดมีความสำคัญทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อม และเศรษฐกิจ เนื่องจาก เห็ดบางชนิดเป็นตัวช่วยให้เกิดการหมุนเวียนธาตุอาหารในระบบนิเวศ เห็ดบางชนิดรับประทานได้ และมีสรรพคุณทางยารักษาโรคด้วย จึงมีผู้นำไปเพาะเลี้ยงขายเป็นอาหาร และพัฒนาไปสู่อุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร และการผลิตเป็นยารักษาโรค มีงานวิจัยหลายชิ้นที่ยืนยันว่า เห็ดมีคุณสมบัติป้องกันโรคได้ โดยในเห็ดมีสารบางอย่างที่ช่วยกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน และลดความเสี่ยงต่อโรคหลอดเลือดหัวใจ และช่วยในการต้านมะเร็งหลายๆชนิด ด้วย เห็ดที่นักวิทยาศาสตร์นิยมนำมาวิเคราะห์เพื่อการวิจัยส่วนใหญ่ เป็นเห็ดชนิดที่คนนิยมนำมาปรุงอาหารและหาได้ง่ายเช่น เห็ดหอม เห็ดฟาง เห็ดนางฟ้า เห็ดเข็มทอง เห็ดหูหนู ซึ่งเป็นเห็ดที่สามารถเพาะเลี้ยงในฟาร์มได้ นอกจากเห็ดกินได้ที่เรารู้จักทั่วไปตามท้องตลาดแล้ว ยังมีเห็ดกินได้จากป่าธรรมชาติอีกหลายชนิด ซึ่งสามารถพบได้เมื่อ ระยะเริ่มต้นฤดูฝน เช่น เห็ดไข่เหลือง หรือเห็ดระโงกเหลือง เห็ดน้ำหมาก เห็ดหล่ม เห็ดผึ้งเห็ดโคน เห็ดไค เห็ดก่อ เป็นต้น ซึ่งเห็ดป่าที่เป็นอาหารเหล่านี้ยังไม่สามารถเพาะเลี้ยงให้แพร่หลายได้ ยังต้องหาเก็บจากป่าธรรมชาติในช่วงฤดูฝน จะเห็นชาวบ้านต่างพากันเข้าป่าเพื่อหาเห็ดเป็นอาหาร และเก็บมาขายเป็นการช่วยเสริมรายได้ให้กับชาวบ้านที่อาศัยอยู่ใกล้กับป่า เห็ดป่าบางชนิดนอกจากรับประทานเป็นอาหารเพื่อความอร่อยแล้ว ยังมีสรรพคุณทางยา เช่น เห็ดเผาะ หรือที่ชาวบ้านเรียกว่า เห็ดถอบ เป็นเห็ดที่มีรสเย็นหวาน โดยมากให้เป็นอาหารบำรุงร่างกาย ช่วยความสึกหรอในร่างกายที่ชำรุดไปให้เป็นปกติและกระจายโลหิต เป็นธาตุโปรตีนที่ดี อาจเป็นเพราะคุณสมบัติเหล่านี้เห็ดเผาะจึงเป็นเห็ดที่ได้รับความนิยมมากและมีราคาแพง นอกจากนี้ยังมีเห็ดตับเต่าหรือเห็ดผึ้ง เห็ดตับเต่าขนมปังกะโหลก เป็นเห็ดที่มีกรดอะมิโนที่สำคัญ ได้แก่ isoleucien, leucine, lysine เป็นต้น ช่วยบำรุงสุขภาพบำบัดอาการปวดหลัง ปวดข้อ ปวดเส้นเอ็นและกระดูก ป้องกันการชักกระตุก คนจีนใช้เป็นสมุนไพร แก้เคล็ดยอก ปวดกระดูก เห็ดข่า เป็นเห็ดที่มีรสเผ็ดขมสรรพคุณใช้แก้อาการปวดหลัง ปวดหลัง ปวดขา บำรุงเส้นเอ็น กระดูก และป้องกันการชักกระตุก เห็ดมันปูประกอบด้วยวิตามินเอ และกรดอมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย หลายชนิด อาทิเช่น isoleucine, leucine

เป็นต้น เห็ดหล่มกระเขียว มีสารที่มีคุณค่าทางอาหาร รวมทั้งธาตุอาหารหลายชนิด เช่น ฟอสฟอรัส แคลเซียม เหล็ก กำมะถัน วิตามิน B1 และอื่น ๆ ใช้ในการบำรุงสายตา บำรุงตับ ลดไข้ บำรุงร่างกาย และบำรุงเลือด เห็ดหลินจือมีกรดอมิโนหลายชนิด steroid, triterpene, alkaloids, glucoside, ไขมัน ธาตุเหล็ก และโพแทสเซียม น้ำมันหอมระเหย วิตามินบี 2 และวิตามินซี เป็นยาสมุนไพรรักษาโรค มีการเพาะเลี้ยงพัฒนาสกัดเป็นยาสมุนไพรหลายรูปแบบ ช่วยลดระดับไขมันในเส้นเลือด ความดันโลหิตสูง โรคหัวใจบางชนิด เม็ดเลือดขาวต่ำ หวัดเรื้อรัง หลอดลมอักเสบ หืดหอบ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีเห็ดป่าอีกจำนวนมากที่มีการนำมาบริโภคแต่ยังไม่มีการศึกษา เช่น เห็ดปลวกประเภทต่างๆ เห็ดระโงกขาว เห็ดระโงกเหลือง เห็ดขอนขาว เห็ดหูหนู เห็ดผึ้งชนิดต่างๆ เห็ดไคล เห็ดหน้าแดง เห็ดถ่าน เห็ดหน้าแหล่ เห็ดดังวัว เห็ดดังควาย เป็นต้น

2. สารเบตากลูแคน (β-Glucans)

สารเบตากลูแคน (β-Glucans) คือ สารประกอบประเภทน้ำตาลหลายโมเลกุล ที่เรียกว่า โพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharide) ประกอบด้วย น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว คือ D-glucose เชื่อมโยงกันด้วยพันธะ β-glycosidic โดยสารเบตากลูแคน แบ่งประเภทได้ตามพันธะที่ถูกเชื่อมโยงที่เกิดขึ้น ซึ่งแบ่งได้เป็น 1,3-β-Glucans 1,4-β-Glucans และ 1,6-β-Glucans โดยส่วนใหญ่แล้วสารเบตากลูแคนจะมี 1,3-β-Glucans เป็นโครงสร้างหลักบริเวณแกนกลาง (backbone) และมีสายกิ่งที่แตกแขนงออกมา (branch) คือ 1,4-β-Glucans และ 1,6-β-Glucans โดยจะสามารถเรียกได้อีกอย่างว่า (1,3/1,4) β–glucans หรือ (1,3/1,6) β –glucans (Volman et al., 2008; Becker et al., 1995)



รูปที่ 2-1 โครงสร้างของสารเบตากลูแคน
(http://www.beta13dglucan.org/betaglucanwhatisbetaglucan.html)

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า โครงสร้างของสารเบตากลูแคนที่พบในธรรมชาติ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ประเภทที่พบโครงสร้างแกนกลางเป็น 1-3-beta-glycosidic และโครงสร้างที่กิ่งเป็น 1-6-beta-glycosidic มักพบในผนังเซลล์ของยีสต์ และเห็ด ส่วนประเภทที่โครงสร้างแกนกลางเป็น 1-3-beta-glycosidic แต่ที่กิ่งมีโครงสร้างทั้งที่เป็น 1-4-beta-glycosidic และ 1-6-beta-glycosidic พบในข้าวโอต และข้าวบาร์เลย์ (Woodward et al., 1983; Rout et al., 2008)

3. การศึกษาผลของสารเบตากลูแคนในเห็ด

3.1 การศึกษาฤทธิ์ในการเพิ่มการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย (Immunomodulating activity)

มีรายงานการวิจัยจำนวนมากทั้งในระดับประเทศ และระดับนานาชาติ ที่ตีพิมพ์เผยแพร่สนับสนุนว่าสารเบตากลูแคนที่สกัดได้จากเห็ดที่รับประทานได้ มีฤทธิ์ในการเพิ่มการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย เช่น การวิจัยของ (Alaubydi et al., 2011) ทำการศึกษาฤทธิ์ของสารเบตากลูแคนในหนูทดลอง พบว่าหลังจากให้สารเบตากลูแคนเป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่า ตับ ม้าม และลำไส้เล็ก ของหนู มีเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกัน คือ Macrophage, NK – cell และ Mononuclear cell เพิ่มขึ้นทั้งขนาดและจำนวน การวิจัยของ (Roy et al., 2009) ทำการศึกษาฤทธิ์ของสารเบตากลูแคนที่สกัดได้จากเห็ดนางฟ้า (*Pleurotus florida*.) เป็นการทดลองแบบ In Vitro ในเซลล์เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อศึกษาฤทธิ์ในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย พบว่า เมื่อให้สารเบตากลูแคนพบว่า เซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานในระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย คือ Macrophage , Splenocyte และ Thymocyte มีการเพิ่มขึ้นทั้งขนาดและจำนวน การวิจัยของ (Lin and Zhang, 2004) ทำการศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดจาก เห็ดหลินจือ (*Ganoderma lucidum*) พบว่าสารเบตากลูแคน กระตุ้นการทำงานของ Macrophage, Interleucin-1 และ Tumornecrosis factor ในหนูทดลองได้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการการทดลองของ (Li-Zhen and Zhi-Bin, 2002) ได้ทำการศึกษาฤทธิ์ของสารเบตากลูแคนจากเห็ดหลินจือ (*Ganoderma lucidum*) พบว่ามีฤทธิ์ในการเพิ่มการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนของ Dendritic cell และ เพิ่มปริมาณ NK - cell ด้วย นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอีกจำนวนมากที่ศึกษาพบว่าสารเบตากลูแคนมีฤทธิ์กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย จากข้อมูลการศึกษาและตัวอย่างรายงานการวิจัยข้างต้น เป็นการยืนยันและสนับสนุนว่าสารเบตากลูแคนที่สกัดได้จากเห็ด มีฤทธิ์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ในแง่ของการกระตุ้นการเพิ่มการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ช่วยให้ร่างกายแข็งแรงและมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น หากรับประทานเป็นประจำ

3.2 การศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งกระบวนการเกิดเนื้องอกและการเกิดมะเร็ง (Antitumor activity)

การวิจัยของ (Gao et al., 2003) ที่ศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งกระบวนการเกิดเนื้องอกของสารเบตากลูแคนจากเห็ดหลินจือ (*Ganoderma lucidum*) โดยใช้กลุ่มตัวอย่างคือ ผู้ป่วยมะเร็ง ผลการทดลองพบว่าหลังจากให้สารเบบตากลูแคน เป็นเวลา 12 อาทิตย์ ปริมาณของ Interleukin-2, Interleucin-6 และ IFN–GAMMA ในเลือดเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่า สารเบตากลูแคนกระตุ้นการทำงานของผู้ป่วยมะเร็งให้ดีขึ้นด้วย Wasser (2002) ได้ศึกษาฤทธิ์ของสารเบตากลูแคนที่สกัดได้

จากเห็ดในกลุ่ม Basidiomycetes ในการยับยั้ง Sacroma 180 solid cancer และ Ehrlish solid cancer พบว่าสารเบตากลูแคนสามารถยับยั้งกระบวนการเกิดเนื้องอกได้ โดยโครงสร้าง 1,3 – glycosidic linkage เป็นโครงสร้างหลักในการออกฤทธิ์ยับยั้งการเกิดเนื้องอก นอกจากนั้นยังพบว่าสารเบตากลูแคนยังมีคุณสมบัติ ที่เกี่ยวข้องกับการยับยั้งกระบวนการเกิดเนื้องอก คือ Prevention of Oncogenesis, Direct antitumor activity against various allogeneic and syngeneic tumor, Immunopotentiation activity against tumor in conjunction with chemotherapy และ Preventive effect on tumor metastasis

3.3 การศึกษาฤทธิ์ในการลดระดับน้ำตาลในเลือด (Antidiabetes activity)

สารเบตากลูแคนยังมีฤทธิ์ในการลดระดับน้ำตาลในเลือด จากการศึกษาของ Kim และคณะในปี 2007 พบว่าสารเบตากลูแคน และ Oligosaccharides จากการสกัดเห็ด *Agaricus blazei* มีฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือดหนูสายพันธ์ Sprague Dawley น้ำหนัก 200-230 g ทุถูกเหนี่ยวนำให้เป็นเบาหวานด้วย streptozotocin ทำการแบ่งหนูเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 6 ตัว ได้แก่ Normal control, Diabetic control, กลุ่มหนูที่ได้รับการรักษาโดยสารเบตากลูแคน (Treated groups I) กลุ่มหนูที่ได้รับการรักษาโดย olisaccharides (Treated groups II) ตามลำดับ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ซึ่งผลการทดลองพบว่าหนูในกลุ่ม control กลุ่มหนูที่ได้รับสารเบตากลูแคน และกลุ่มหนูที่ได้รับ oligosaccharides มีน้ำหนักลดลงเมื่อเทียบกับตอนที่เริ่มต้นทำการทดลอง นอกจากนี้ยังพบว่ากลุ่มหนูที่ได้รับสารเบตากลูแคน และกลุ่มหนูที่ได้รับ oligosaccharides มีระดับ glucose, triglyceride, total cholesterol และ insulin ในเลือดลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และมี HDL cholesterol เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และจากการศึกษา Jantaramanant และคณะ (2014) พบว่าสารเบตากลูแคนที่สกัดด้วยน้ำร้อนจากเห็ดนางรมขาว (grey oyster mushroom, Pleurotus sajor-caju (Fr.) Sing.) มีฤทธิ์เพิ่มการนำกลูโครสเข้าเซลล์กล้ามเนื้อเพาะเลี้ยงด้วย

3.4 การศึกษาฤทธิ์ในการลดระดับไขมันในเลือด (Antilipidemia activity)

ผลการศึกษาผลของเห็ดชิตาเกะในการป้องกันการเปลี่ยนแปลงระดับไขมัน (lipid profile) ในเลือดหนู การสะสมของไขมัน และ body fat index โดยการเหนี่ยวนำให้หนูอ้วนจากอาหารไขมันสูง (high fat diet induced) (Handayani et al., 2011) โดยทำการศึกษาในหนูจำนวน 40 ตัว แบ่งเป็น 4 กลุ่มกลุ่มละ 10 ตัว โดยให้ 50% high fat diets (HFD) ในทุกๆกลุ่ม โดยมี 1 กลุ่มที่ไม่ให้ผงเห็ดชิตาเกะ และให้ผงเห็ดชิตาเกะในหนู 3 กลุ่มดังต่อไปนี้ คือ กลุ่มที่ให้ผงเห็ดในขนาดต่ำ กลาง และสูงตามลำดับ (7 g/kg Low Dose-Mushroom , 20 g/kg Medium Dose-Mushroom หรือ 60 g/kg High Dose-Mushroom) เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยในการศึกษาใช้ shiitake mushroom powder ที่ประกอบด้วย 30% β-glucans (w/w) โดยผลการทดลองพบว่าหนูในกลุ่มที่ได้รับผงเห็ดในขนาดสูง มีมวลไขมันลดลงอย่างมีนัยยะสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับผงเห็ดและกลุ่มที่ได้รับผงเห็ดในขนาดต่ำ นอกจากนี้หนูในกลุ่มที่ได้รับผงเห็ดในขนาดสูงยังสามารถลด body fat index มากกว่าหนูในกลุ่มที่ไม่ได้รับผงเห็ด กลุ่มที่ได้รับผงเห็ดขนาดต่ำ และกลุ่มที่ได้รับผงเห็ดขนาดกลาง และยังสามารถลดระดับของ triglyceride ได้มากกว่ากลุ่ม ที่ไม่ได้รับผงเห็ด กลุ่มที่ได้รับผงเห็ดขนาดต่ำ และกลุ่มที่ได้รับผงเห็ดขนาดปานกลาง

3.5 การศึกษาฤทธิ์ต้านการอักเสบ (Anti-Inflammation activity)

ผลจากการศึกษาฤทธิ์ต่ซ้านการอักเสบของสารเบตากลูแคนในเห็ด *Lactarius rufus* (Ruthes et al. ,2013) โดยทดลองในหนู Swiss mice ขนาด 25-35 กรัม และทำการฉีด 20 μL ของ 2.5% formalin solution เข้าไปยังผังผืดใต้อุ้งเท้าขวาด้านหลังของหนู เพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดการอักเสบของอุ้งเท้าของหนู ผลการทดลองพบว่า (1⟶3),(1⟶6)--β-glucans ชนิดต่างๆที่ทำการทดลองภายในงานวิจัยนี้สามารถลดอาการปวดที่เกิดจากระบบประสาท (Neurogenic pain ในช่วง early phase) แต่อย่างไรก็ตามพบว่า สารเบตากลูแคนมีประสิทธิภาพมากกว่าในการต้านความเจ็บปวดที่เกิดจากการอักเสบ (Inflammatory pain ในช่วง late phase) จากการเหนี่ยวนำโดย formalin solution

3.6. การศึกษาฤทธิ์ต้านการแบคทีเรีย (Anti-microbial activity)

Sen และคณะ (2013) ได้ศึกษาฤทธิ์ในการต้านแบคทีเรียของสารเบตากลูแคน จากการสังเคราะห์ silver nanoparticles (AgNPs) โดยสกัดสารเบตากลูแคนจากเห็ด *Pleurotus florida* blue variant. เกิดเป็น AgNPs-glucans conjugates ซึ่งมีฤทธิ์ต้าน multiple antibiotic resistant (MAR) bacterium Klebsiella pneumonia สายพันธุ์ YSI6A ซึ่งพบว่าหลอดทดลองที่เป็นหลอดควบคุมมีการเจริญเติบโตของเชื้อที่ปกติ ในขณะที่มีอัตราการเจริญเติบโตของเชื้อที่ลดลงเมื่อมีการเพิ่มความเข้มข้นของ AgNPs-glucans conjugates แต่อย่างไรก็ตาม AgNPs-glucans conjugates ยังมีการค้นพบว่าอาจจะเกิดปฏิกิริยากับเซลล์เม็ดเลือดแดงของมนุษย์ ทำให้เกิดเม็ดเลือดแดงแตกได้ที่ความเข้มข้น LD50 concentration ซึ่งจะต้องมีการศึกษาถึงความปลอดภัยของการใช้ AgNPs-glucans conjugates ต่อไป

4. โปรตีนในเห็ด

โปรตีนจัดเป็นสารอาหารที่มีความจำเป็นต่อร่างกายอย่างมาก โปรตีนประกอบด้วยกรดอมิโนเป็นหน่วยย่อยมาต่อกันเป็นสาร ซึ่งกรดอะมิโนมีทั้งหมด 20 ชนิดโดยแบ่งออกเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นซึ่งร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ได้ต้องด้จากอาหารเท่านั้น กับกรออะมิโนที่ไม่จำเป็น

เห็ดก็เป็นแหล่งของโปรตีนอีกแหล่งหนึ่ง มีการศึกษาจำนวนมากที่รายงานว่า โปรตีนที่ได้จากเห็ดเพาะเลี้ยงสูงกว่าโปรตีนในผัก ส่วนโปรตีนในเห็ดจะมีคุณภาพดีกว่าในผัก แต่ก็จัดเป็นโปรตีนจำพวกที่ไม่สมบูรณ์ เพราะยังขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นบางชนิด

5. เส้นใยในเห็ด

ส่วนประกอบอีกชนิดหนึ่งในเห็ดคือ เส้นใย ถ้าเห็ดถูกนำมาใช้เป็นอาหารก็จะเรียกว่า ใยอาหาร (dietary fiber) ซึ่งหมายถึง ส่วนของพืชผัก ผลไม้ หรือเมล็ดธัญพืชที่มนุษย์ได้รับประทานเข้าไป แต่จะไม่ถูกย่อยโดยน้ำย่อยของคน จึงไม่ให้พลังงาน แต่อาจจะถูกย่อยโดยจุลินทรีย์บางชนิดในทางเดินอาหารของคนได้ ใยอาหารจะแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ ชนิดที่ละลายน้ำได้ (soluble fiber) แล้วดูดซับน้ำไว้กับตัว ใยอาหารชนิดนี้เมื่อละลายน้ำจึงมีความหนืดเพิ่มขึ้น มีลักษณะเป็นเจล สามารถจับน้ำตาลและดูดซับน้ำมันได้ แบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในลำไส้ใหญ่จะสามารถย่อยได้ ส่วนชนิดที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble fiber) จะพองตัวได้ในน้ำเหมือนฟองน้ำ ไม่มีความหนืด ทำให้เพิ่มปริมาตรน้ำใน

กระเพาะอาหาร ช่วยเพิ่มกากอาหาร และช่วยทำความสะอาดทางเดินอาหาร เมื่อรับประทานเข้าไปแล้วจึงรู้สึกอิ่ม โดยเส้นใยชนิดนี้แบคทีเรียในลำไส้ใหญ่จะไม่สามารถย่อยได้ จึงช่วยเพิ่มเนื้ออุจจาระ ลดปัญหาอาการท้องผูก ปริมาณเส้นใยในเห็ดที่ได้ในการศึกษาครั้งนี้จัดเป็นปริมาณเส้นใยรวม ซึ่งหมายถึงทั้งเส้นใยที่ละลายน้ำได้และละลายน้ำไม่ได้

6. เห็ดที่ใช้ในการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ศึกษาจากเห็ดป่าจำนวน 22 ชนิดดังนี้

1. เห็ดกาบยาง (*Russula spp.*)

รูปที่ 2-2 เห็ดกาบยาง

ชื่อสามัญ : -

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Russula sp.*

วงศ์ : Russulaceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ลักษณะหมวกดอกมีสีขาวอมเทา บางบริเวณมีสีขาวอมเทาปนน้ำตาล ผิวหมวกดอกมีลักษณะคล้ายฟองน้ำนุ่มชั้นบางๆ ห่อหุ้ม และมีลักษณะเป็นคลื่นเว้านูนสลับกัน บริเวณกลางหมวกดอกบุ๋มเว้าลงเล็กน้อย ขอบหมวกดอกอ่อนมีลักษณะหยักเป็นคลื่นงอลงติดก้าน ครีบดอกมีสีขาว

2. เห็ดก่อ (*Russula lepida* Fr.)

รูปที่ 2-3 เห็ดก่อ

ชื่อสามัญ : เห็ดก่อ หรือ เห็ดแดงดง หรือ เห็ดหน้าแดง

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Russula lepida* Fr.

วงศ์ : Russulaceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ลักษณะหมวกดอกคล้ายรูประฆังคว่ำสีแดง เมื่อเห็ดแก่หมวกจะแผ่กางออกคล้ายร่ม ผิวด้านบนเรียบสีแดงหม่น ตรงกลางเว้าลงเล็กน้อย เนื้อของหมวกมีสีขาวหนาพอประมาณ ด้านล่างของหมวกมีลักษณะเป็นครีบเรียงเป็นรัศมีรอบก้าน ครีบมีสีขาวนวล ก้านอยู่ตรงกลางของหมวก มีลักษณะกลม ใหญ่ เนื้อเยื่อภายในก้านดอกเห็ดมีสีขาวไม่แน่นทึบ ยืดหยุ่นคล้ายฟองน้ำ

3. เห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulus* Mont.)

รูปที่ 2-4 เห็ดขอนขาว

ชื่อสามัญ : เห็ดขอนขาว

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Lentinus squarrosulus* Mont.

วงศ์ : Polyporaceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ลักษณะเห็ดสีขาวและมีกรวยตื้นคล้ายแตร เกิดเป็นดอกเดี่ยวหรือเป็นกลุ่มโคนติดกัน หมวกเห็ดรูปกรวยตื้น สีขาว ขอบงอลงเล็กน้อย เนื้อบางและเหนียวเล็กน้อย ก้านรูปทรงกระบอกสีขาว

4. เห็ดไคล (*Russula delica* Fr.)

รูปที่ 2-5 เห็ดไคล

ชื่อสามัญ : Green Agaric หรือ Greenish Mushroom

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Russula delica* Fr.

วงศ์ : Russulaceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ลักษณะหมวกเห็ดสีเขียวหม่นอมน้ำตาลอ่อน ตรงกลางเว้าตื้น ผิวปริแตกเป็นเกล็ดสี่เหลี่ยมเผยให้เห็นเนื้อสีขาว ครีบสีขาวหรือขาวนวลก้านสีขาวหรือสีขาวนวล ยาว 3-5 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 2-3 ซม. ผิวเรียบ โค้งเรียวเล็กกว่าตอนบนเล็กน้อย

5. เห็ดซิ่น (*Amauroderma subresinosum* (Murrill) Corner.)

รูปที่ 2-6 เห็ดซิ่น

ชื่อสามัญ : เห็ดซิ่นโค่น หรือ เห็ดเนื้อย่าง

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Amauroderma subresinosum* (Murrill) Corner.

วงศ์ : Ganodermataceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ลักษณะดอกเห็ดขึ้นดอกเดี่ยว ขนาด 5 x 15 เซนติเมตร ดอกรูปพัดหรือ ครึ่งวงกลม ผิวดอกมันวาว สีน้ำตาลดำถึงสีดำ ก้านดอกสั้นมากหรือไม่มี เนื้อในสีขาว รูสีขาว ไม่เปลี่ยนสีเมื่อสัมผัสหรือเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อนๆ

6. เห็ดดังวัว (*Russula foetens*)

รูปที่ 2-7 เห็ดดังวัว

ชื่อสามัญ : เห็ดหน้าวัว

ชื่อวิทยาศาสตร์ : Russula foetens

ชื่อวงศ์ : Russulaceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ลักษณะดอกตูมเมื่อโตไม่เต็มที่ และลักษณะดอกรูปทรงกระทะคว่ำ ตรงกลางเว้าตื้น เมื่อโตเต็มที่ ผิวเป็นเมือกเมื่อเปียกน้ำ ครีบสีขาวหรือสีเหลืองอ่อน ครีบห่าง ชิดก้าน ก้านรูปทรงกระบอกสีขาว หรือสีขาวครีม เนื้อด้านในเป็นโพรง มีลักษณะเด่นคือมีกลิ่นเหม็น

7. เห็ดดิน (*Russula aeruginea* Lindbl.)

รูปที่ 2-8 เห็ดดิน

ชื่อสามัญ : เห็ดดิน

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Russula aeruginea* Lindbl.

วงศ์ : Russulaceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ลักษณะหมวกดอกสีขาว รูปร่างคล้ายกระจกนูน ครีบมีสีขาว ครีบมีแอ่งเล็กๆ ติดก้าน การเรียงตัวของครีบมีขนาดเดียว ครีบบาง ก้านเป็นรูปทรงกระบอก

ไม่มีเยื่อหุ้มโคนและไม่มีวงแหวนรอบดอกเห็ด โดยจะพบเป็นดอกเดี่ยว และพบเป็นกลุ่มน้อยกว่า 10 ดอก

8. เห็ดถ่านใหญ่ (*Russula nigricans* Fr.)

รูปที่ 2-9 เห็ดถ่านใหญ่

ชื่อสามัญ : เห็ดถ่านใหญ่

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Russula nigricans* Fr.

วงศ์ : Russulaceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ลักษณะหมวกเห็ด รูปกระทะคว่ำ สีขาวหม่น ผิวเรียบ กลางหมวกเว้าตื้น เนื้อหนา สีขาว เวลาดอกบานเต็มที่จะเปลี่ยนเป็นสีดำ ครีบเป็นแผ่นหนา ยึดติดกับก้าน เรียงห่างกัน ขอบหมวกจะเป็นคลื่นบิดงอขึ้นเล็กน้อยหรือฉีกขาดด้วย มีครีบหมวกประมาณ 5-6 ครีบ ก้านสีขาวยาว 5-6 เซนติเมตร ผิวเรียบ ภายในสีขาว

9. เห็ดน้ำหมาก (*Russula emetica* (Schaeff. Ex Fr.) Pers. S.f. Gray)

รูปที่ 2-10 เห็ดน้ำหมาก

ชื่อสามัญ : เห็ดแดงน้ำหมาก

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Russula emetica* (Schaeff. Ex Fr.) Pers. S.f. Gray

วงศ์ : Russulaceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ลักษณะหมวกเห็ด เป็นรูปกระทะคว่ำ สีแดงอมส้ม เส้นผ่าศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร ตรงกลางเว้าตื้น ขอบม้วนงอลง ผิวเรียบ ใต้ผิวด้านบนมีสีแดงเรื่อๆ ครีบสีขาวหรือสีขาวนวลเรียงห่างกันเล็กน้อยไม่ยึดติดกับก้าน ก้านสีขาวยาว 5-10 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5-2.5 เซนติเมตร โคนรูปใบพายและเป็นร่องตามยาว เนื้อในก้านสีขาวและมักเป็นโพรง

10. เห็ดปลวกไก่น้อย (*Hypsizygus marmoreus* (Peck) Bigelow)

รูปที่ 2-11 เห็ดปลวกไก่น้อย

ชื่อสามัญ : เห็ดโคนน้อย, เห็ดปลวก

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Hypsizygus marmoreus* (Peck) Bigelow

วงศ์ : Tricholomataceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ลักษณะคล้ายเห็ดโคน สีขาวสีหมวกสวยงามสมส่วน ก้านดอก ขนาดเท่าดินสอดำ ความยาวของต้นเห็ดประมาณ 2-3 นิ้ว

11. เห็ดปลวกจิก (*Termitomyces clypeatus* Heim.)

รูปที่ 2-12 เห็ดปลวกจิก

ชื่อสามัญ : เห็ดโคนปลวกจิก

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Termitomyces clypeatus* Heim

วงศ์ : Tricholomataceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ลักษณะดอกเห็ดสีน้ำตาลปนเทา สีจางลงที่ขอบหมวก ยอดแหลมแล้วนูน แต่ยังคงยอดแหลมไว้กลางหมวก เป็นมันเงา เรียบ ขอบงอลง เป็นคลื่นและมักฉีกขาด ก้านสีขาวหม่น หรือน้ำตาลอ่อน ทรงกระบอก

12. เห็ดปลวกหยวก (*Termitomyces grobuslus* Heim et Grooss)

รูปที่ 2-13 เห็ดปลวกหยวก

ชื่อสามัญ : เห็ดปลวกฟาน

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Termitomyces grobuslus* Heim et Grooss

วงศ์ : Tricholomataceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ลักษณะหมวกเห็ดสีน้ำตาลหม่นอมเหลือง ครีบขาว ไม่ยึดติดกับก้าน ก้านสีขาวยาวประมาณ 4 เซนติเมตร เนื้อเป็นเส้นใยหยาบสีขาวประสานกันแน่นเหนียวและแข็ง โคนก้านใหญ่แล้วเรียวลง

13. เห็ดผึ้งคราม (*Boletus griseus* Frost.)

รูปที่ 2-14 เห็ดผึ้งคราม

ชื่อสามัญ : เห็ดตับเต่า

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Boletus griseus* Frost.

วงศ์ : Boletaceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ลักษณะหมวกเห็ด โค้งนูนรูปกระทะคว่ำ มีขนละเอียดคล้ายกำมะหยี่สีน้ำตาลดำ เมื่อบานเต็มที่กลางหมวกเว้าเล็กน้อย ผิวสีน้ำตาลดำเมื่อถูกความชื้นจะลื่นมือ ก้านสีน้ำตาลดำใต้หมวกลงมาสีอ่อนกว่าเป็นสีน้ำตาลเหลือง

14. เห็ดผึ้งนกยูง (*Boletellus emodensis* (Berk.) Sing.)

รูปที่ 2-15 เห็ดผึ้งนกยูง

ชื่อสามัญ : -

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Boletellus emodensis* (Berk.) Sing.

วงศ์ : Boletaceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ลักษณะหมวกดอกอ่อนมีรูปทรงกลม เมื่อแก่ดอกรูปกระทะคว่ำ หมวกมีสะเก็ดสีแดงถึงแดงเข้ม ก้านทรงกระบอกสีม่วงหรือสีแดงถึงแดงเข้ม ก้านตัน มีร่องตามยาว โคนก้านพบกลุ่มเส้นใยสีขาว

15. เห็ดผึ้งเหลือง (*Boletus colossus* Heim.)

รูปที่ 2-16 เห็ดผึ้งเหลือง

ชื่อสามัญ : -

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Boletus colossus* Heim

วงศ์ : Boletaceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ลักษณะหมวกดอกมีสีเหลืองสด ผิวหมวก ดอกเรียบนุ่ม เป็นรูปวงกลม ขอบหมวกดอกเรียบ ก้านดอกมีสีเหลืองสด มีขุยเล็กๆ เต็มทั่วผิวก้านดอก เนื้อภายในก้านดอกมีสีขาวอมเหลือง ภายในก้านดอกมีลักษณะคล้ายเส้นใยสานกันแน่น ก้านดอกมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก

16. เห็ดพุงหมู (*Russula foetens* (Pers.) Fr.)

รูปที่ 2-17 เห็ดพุงหมู

ชื่อสามัญ : เห็ดพุงหมูใหญ่

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Russula foetens* (Pers.) Fr.

วงศ์ : Russulaceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ลักษณะหมวกเห็ดรูปกลมสีน้ำตาลอมเหลือง เมื่อบานค่อยๆ กางออก ทำให้กลางหมวกเว้าตื้น เนื้อหมวกหนา ขอบเป็นริ้วโดยรอบ ครีบสีขาวนวล ยึดติดกับก้านและเรียงห่างกัน ก้านรูปทรงกระบอก สีขาวนวล

17. เห็ดมันปูใหญ่ (*Cantharellus cibarius*.)

รูปที่ 2-18 เห็ดมันปูใหญ่

ชื่อสามัญ : เห็ดมันปูใหญ่

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Cantharellus cibarius*.

วงศ์ : Cantharellalaceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ลักษณะหมวกดอกมีสีเหลืองสด มีลักษณะเป็นรูปทรงกรวย หมวกดอกยึดติดเป็นแผ่นเดียวกับก้านดอก ขอบหมวกดอกหยักเป็นคลื่น ลักษณะก้านดอกมีสีเหลืองสด ก้านดอกมีลักษณะเล็กเรียว ก้านดอกเปราะและหักง่าย

18. เห็ดระโงกเหลือง (*Amanita hemibapha*)

รูปที่ 2-19 เห็ดระโงกเหลือง

ชื่อสามัญ : เห็ดไข่

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Amanita hemibapha*

วงศ์ : Amanitaceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ลักษณะดอกเห็ดอ่อนมีเยื่อหุ้มหนา รูปกลมหรือรูปไข่ สีน้ำตาลอมส้มหรือน้ำตาลอมเหลือง เมื่อกางออกจะเป็นรูปกระทะคว่ำแล้วแบนราบ ผิวเรียบเป็นมันและหนืดมือเมื่ออากาศชื้น ครีบสีขาวนวล ไม่ยึดติดกับก้าน ก้านสีขาวนวล ภายในสีขาวมีรูกลวง

19. เห็ดไส้เดือน (*Amanita sp.*)

รูปที่ 2-20 เห็ดไส้เดือน

ชื่อสามัญ : เห็ดไส้เดือน

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Amanita sp.*

วงศ์ : Amanitaceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ลักษณะหมวกดอกมีสีขาวอมน้ำตาลอ่อน ดอกแก่ที่บานเต็มที่หมวกดอกมีลักษณะเป็นทรงร่ม กางแผ่ออกขนานกับพื้นดิน ขอบหมวกดอกมีรอยขีดเส้นตรงเป็นรัศมีโดยรอบ ครีบดอกมีสีขาวนวล ก้านดอกมีสีขาวนวล

20. เห็ดหน้าม่วง (*Russula cyanoxantha* Schaeff. ex.Fr.)

รูปที่ 2-21 เห็ดหน้าม่วง

ชื่อสามัญ : เห็ดหน้าม่วง

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Russula cyanoxantha* Schaeff. ex.Fr.

วงศ์ : Russulaceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ลักษณะหมวกเห็ด รูปกระทะคว่ำ มีหลายสีในดอกเดียวกัน เวลาบานเต็มที่ ขอบหมวกมีลายเป็นร่องตื้นๆ อยู่โดยรอบ ครีบสีขาวและเปลี่ยนเป็นสีขาวนวล เรียว เรียงกันถี่ และบางแห่งเชื่อมติดกันเป็นรูปส้อม ก้านสีขาว

21. เห็ดหำฟาน (*Mycoamaranthus cambodgensis* (Pat.) Trap)

รูปที่ 2-22 เห็ดหำฟาน

ชื่อสามัญ : เห็ดหำฟาน

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Mycoamaranthus cambodgensis* (Pat.) Trap

วงศ์ : Melanogastraceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ลักษณะดอกเห็ด เป็นก้อน กลม ๆ หรือค่อนข้างกลม มีสีเหลือง เส้นผ่านศูนย์กลาง 1-3 ซม. ดอกเห็ดทั้งอ่อนและแก่มีลักษณะนิ่มยืดหยุ่นคล้ายยางลบ มีรงควัตถุ สีเหลืองห่อหุ้ม ดังทองคำ ลักษณะข้างในเป็นเนื้อเหนียว

22. เห็ดหูหนู (*Auricularia auricula* Judae.)

รูปที่ 2-23 เห็ดหูหนู

ชื่อสามัญ : เห็ดหูหนู

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Auricularia auricula* Judae.

วงศ์ : Auriculariaceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ดอกเห็ดมีลักษณะเป็นแผ่นวุ้น คล้ายหูของหนู ไม่มีกลีบดอก มีก้านสั้นมากหรือไม่มี สีน้ำตาลแดง รูปพัดไม่มีด้าม ผิวด้านบนเรียบและหยักเป็นคลื่นเล็กน้อย ผิวด้านล่างสีอ่อนกว่า มีขนสั้นละเอียด และมีรอยจีบย่นหยักเป็นแผ่น

เห็ดที่นิยมจำหน่ายในห้างสรรพสินค้า ที่รวบรวมนำมาใช้ในการศึกษานี้ ได้แก่

1. เห็ดเข็มทอง (*Flammulina velutipes* (Curt, ex Fr.) Sing.)

รูปที่ 2-24 เห็ดเข็มทอง

ชื่อสามัญ : เห็ดเข็มทอง

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Flammulina velutipes* (Curt, ex Fr.) Sing.)

วงศ์ : Tricholomataceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ดอกเห็ดมีลักษณะเป็นกลุ่ม หมวกดอกโค้งนูนลง สีขาวนวล ก้านดอกสีเหลือง โคนก้านสีน้ำตาลอ่อน

2. เห็ดชิเมจิ (*Hypsizigus tessellatus*)

รูปที่ 2-25 เห็ดชิเมจิ

ชื่อสามัญ : เห็ดชิเมจิ หรือ Hon-shimeji

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Hypsizigus tessellates*

วงศ์ : Thicholomataceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ลักษณะเห็ดที่มีโคนก้านดอกใหญ่ มีสีและเนื้อแน่นคล้ายเห็ดโคน มีลักษณะเด่นที่หมวกเห็ด จะมีรอยจุดน้ำหรือลายหินอ่อน หมวกเห็ดมีสีน้ำตาลอ่อนจนถึงน้ำตาลอมดำ หรือสีเทาดำก้านดอกสีขาวอมน้ำตาลอ่อน ชอบขึ้นเป็นกลุ่ม

3. เห็ดหอม (*Lentinus edodes* (Berk.) Sing.)

รูปที่ 2-26 เห็ดหอม

ชื่อสามัญ : Shiitake Mushroom

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Lentinus edodes* (Berk.) Sing.

วงศ์ : Marasmiaceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : หมวกเห็ดหอมมีรูปทรงกลม ผิวมีขนรวมกันเป็น เกล็ดหยาบๆ สีขาวกระจายอยู่ทั่วไป ผิวหมวกด้านบนสีน้ำตาล น้ำตาลปนแดงหรือ น้ำตาลเข้ม ก้านดอกมีสีขาวหรือน้ำตาลอ่อน โคนก้านดอกสีน้ำตาลอ่อน เนื้อในสีขาว มีกลิ่นหอมเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว

4. เห็ดหิมะขาว (*Hypsizygus tessellatus*)

รูปที่ 2-27 เห็ดหิมะขาว

ชื่อสามัญ : Bunapi-shimeji

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Hypsizygus tessellatus*

วงศ์ : Thicholomataceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ลักษณะเห็ดที่มีโคนก้านดอกใหญ่ มีสีและเนื้อแน่น คล้ายเห็ดโคน หมวกเห็ดมีสีขาวนวล ก้านดอกมีสีขาวนวลหรือสีน้ำตาลอ่อน ชอบขึ้นเป็นกลุ่ม

5. เห็ดเออรินจิ (*Pleurotus eryngii* (DC.) Gillet 1874)

รูปที่ 2-28 เห็ดเออรินจิ

ชื่อสามัญ : เห็ดนางรมหลวง (The King Oyster Mushroom)

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Pleurotus eryngii* (DC.) Gillet 1874

วงศ์ : Pleurotaceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ดอกเห็ดสีน้ำตาลอ่อนอมเทา ตรงกลางหนาและขอบหมวกบาง มีลักษณะคล้ายทรงกรวย ลำต้นอวบใหญ่สีขาว

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย
(Methodology)

1. เห็ดป่าที่ใช้ในการศึกษา

ในการศึกษานี้ได้รวบรวมเห็ดป่าที่ชาวบ้านนิยมบริโภคให้ได้มากชนิดที่สุด โดยเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนสิงหาคม ของปี พศ. 2557 เป็นช่วงฤดูฝนที่เหมาะในการออกดอกของเห็ด เก็บตัวอย่างโดยการจัดซื้อตัวอย่างเห็ดที่ชาวบ้านนำมาจำหน่ายเพื่อการบริโภค ในตลาดในจังหวัดอุบลราชธานี นอกจากนี้ยังได้จัดซื้อตัวอย่างเห็ดเพาะเลี้ยง ที่นิยมขายตามห้างสรรพสินค้าที่คนนิยมบริโภค และมีราคาแพง เพื่อศึกษาเปรียบเทียบกับเห็ดป่า ตัวอย่างเห็ดที่ได้จะถูกนำมาพิสูจน์เอกลักษณ์ และใส่ชื่อวิทยาศาสตร์ โดยนักพฤกษศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

2. อุปกรณ์และสารเคมี

2.1 อุปกรณ์

- Hot air oven
- Freeze dry machine
- Blender
- Breaker ขนาดต่างๆ
- กระดาษกรอง (Whitman no.1)
- เครื่อง centrifuge (speed 3,000 rpm)
- glass test tubes (round bottomed, ขนาด 16 x 100 mm, ขนาดบรรจุ 14 mL)
- Corning culture tubes
- Screw cap tubes, ขนาด 20 x 125 mm plus caps
- Screw cap tubes, ขนาด 16 x 125 mm plus caps
- Boiling water bath
- Micro-pipettes, 100 µL
- Eppendorf Multipette®
- Vortex mixer
- Thermostat water bath set at 40 °C
- Magnetic stirrer plus stirrer bars (5 x 15 mm)
- เครื่อง UV Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 510 nm
- Analytical balance
- Desiccator
- เครื่องวิเคราะห์หาโปรตีน Kjeldahl

2.2 สารเคมี

- Hydrochloric acid (37 % v/v; ~10 M)
- Ethanol 98 %
- Sodium acetate buffer (200 mM, pH 5.0)
- Sodium acetate buffer (1.2 M, pH 3.8)
- Potassium hydroxide (2 M)
- PBS buffer
- Distilled water
- Triacetic acid 20 %
- Concentrated sulfuric acid
- Sodium hydroxide solution 40%
- Boric acid solution 4%
- Hydrochloric acid 0.1 N
- Sulfuric acid 1.25%
- Sodium hydroxide solution 1.25%
- 95% Ethanol
- ชุดทดสอบหาปริมาณสาร Beta-glucan (Megazyme Test Kit)

2. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเตรียมผงเห็ด

- ล้างเห็ดตัวอย่างให้สะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ หั่นเห็ดเป็นชิ้นเล็กๆ
- นำตัวอย่างเห็ดไปทำการอบแห้งด้วยวิธี Freeze drying เป็นการทำเห็ดตัวอย่างให้แห้งด้วยการแช่เยือกแข็ง การทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะเป็นผลึกน้ำแข็งก่อนแล้วจึงลดความดันเพื่อให้ผลึกน้ำแข็งระเหิดเป็นไอ
- บดตัวอย่างเห็ดที่แห้งแล้วให้ละเอียดด้วยเครื่องบดสมุนไพร ช่างน้ำหนักผงแห้ง และเก็บใน desiccator ตลอดการศึกษา

3.2 การหาปริมาณสารเบตากลูแคน ในเห็ด

การหาปริมาณสารเบตากลูแคน ในงานวิจัยนี้ ใช้ชุดทดสอบหาปริมาณสารเบตากลูแคนในเห็ดราของ บริษัท Megazyme โดยมีหลักการคือ การหาปริมาณสารกลูแคนทั้งหมด (total-glucan) (Alpha-glucan + β-glucan) หักลบออกด้วยปริมาณสารอัลฟากลูแคน (α-glucan) โดยอาศัยหลักการที่ สาย 1,3:1,6-β-D-glucan, 1,3-β-D-glucans และ α-glucans จะถูกละลายในกรด HCl เข้มข้น หลังจากนั้นพันธะจะถูกตัดด้วย 1.3 N HCl ที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ได้เป็น D-glucose โดยสมบูรณ์ด้วยการ incubation ร่วมกับเอนไซม์ exo-1,3-β-glucanase และ β-glucosidase แล้วหาปริมาณ D-glucose ด้วยวิธี glucose oxidase test ซึ่งปริมาณของ D-glucose จะเป็นสัดส่วนกับปริมาณของกลูแคนที่มีในเห็ดตัวอย่าง ซึ่งมีขั้นตอนและวิธีการดังนี้

3.2.1 การวิเคราะห์หาปริมาณกลูแคนทั้งหมด (total glucan)

3.2.1.1) การสกัดสาร total glucan จากเห็ดและการย่อย

- ใส่ผงเห็ดประมาณ 100 mg ลงในหลอด Culture tube ขนาด 20x125 mm เคาะหลอด Culture tube จนมั่นใจว่าผงเห็ดลงไปอยู่บริเวณก้นหลอดทั้งหมด
- เติม Hydrochloric acid (10 M) ปริมาตร 1.5 mL ลงในหลอด culture tube ที่มีผงเห็ดอยู่ ปิดฝาหลอด เขย่าอย่างแรงด้วย vortex mixer หลังจากนั้นแช่หลอดลงใน water bath อุณหภูมิ 30 °C เป็นระยะเวลา 45 นาที และในระหว่างนี้ให้นำหลอดขึ้นมาเขย่าบน vortex mixer ทุกๆ 15 นาที
- เติมน้ำกลั่นปริมาตร 10 mL ปิดฝาหลอดและนำไปเขย่าผสมด้วย vortex mixer
- คลายฝาหลอดออกและวางหลอด culture tube ลงใน water bath ที่มีอุณหภูมิประมาณ 100° C ทิ้งไว้เป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นปิดฝาหลอดให้แน่นแล้วทิ้งหลอดทดลองไว้ต่อเป็นเวลา 2 ชั่วโมง
- นำหลอดทดลองออกจาก water bath ปล่อยให้หลอดทดลองเย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง คลายฝาหลอดออกแล้วเติม 2N KOH ปริมาตร 10 mL
- ถ่ายสารแขวนตะกอนทั้งหมดลงใน volumetric flask ขนาด 100 mL หลังจากนั้นใช้ 200 mM Sodium acetate buffer, pH 5.0 กลั้วสารแขวนตะกอนและทำการปรับปริมาตรให้ครบ 100 mL และผสมให้เข้ากันโดยการเขย่าผสม volumetric flask
- นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 4,000xg เป็นเวลา 5 นาที เก็บ supernatant เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ D-glucose

3.2.1.2) การหาปริมาณ D-glucose

การหาปริมาณ D-glucose ใช้วิธี colorimetric method อาศัยหลักการที่น้ำตาล D-glucose ทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ glucose oxidase และเอนไซม์ peroxidase ภายใต้สภาวะที่มีความเป็นกรด จะได้สารละลายที่มีสีชมพู ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 nm ดังสมการข้างล่าง ซึ่งจะมีความเข้มของสีแตกต่างกันไปตามปริมาณ D-glucose หรือ glucan ที่มีอยู่ในโครงสร้างของเห็ดแต่ละชนิด นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปแทนลงในสมการเพื่อคำนวณหาปริมาณ total glucan ดังสมการ

$$\text{D-Glucose} + H_2O + O_2 \xrightarrow{\text{Glucose Oxidase}} \text{D-Gluconic Acid} + H_2O_2$$

$$H_2O_2 + \underset{\text{(colorless)}}{\text{Reduced o-Dianisidine}} \xrightarrow{\text{Peroxidase}} \underset{\text{(brown)}}{\text{Oxidized o-Dianisidine}}$$

$$\underset{\text{(brown)}}{\text{Oxidized o-Dianisidine}} \xrightarrow{H_2SO_4} \underset{\text{(pink)}}{\text{Oxidized o-Dianisidine}}$$

สมการที่ใช้คำนวณหาปริมาณ total glucan

$$\text{Total Glucan (\%w/w)} = \Delta E \times F \times 100/0.1 \times 1/1000 \times 100/W \times 162/180$$
$$= \Delta E \times F/W \times 90$$

อธิบายสัญลักษณ์

ΔE	=	ค่าการดูดกลืนแสงของ test – ค่าการดูดกลืนแสงของ blank
F	=	แฟคเตอร์เปลี่ยนจากค่าการดูดกลืนแสงเป็นหน่วย μg ของ D-glucose
	=	100 (μg ของ D-glucose standard)
		ค่าการดูดกลืนแสงของ GOPOD สำหรับ 100 μg ของ D-glucose standard
100/0.1	=	volume correction factor สำหรับ ปริมาณ total glucan
1/1000	=	เปลี่ยนหน่วยจาก μg เป็น mg
100/W	=	เปลี่ยนหน่วยกลับเป็น 100 mg ของตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์
W	=	น้ำหนักของตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์
162/180	=	การเปลี่ยนสูตรการคำนวณ จาก free D-glucose เป็น anhydroglucose หรือ Beta–glucan

3.2.2 การวิเคราะห์หาปริมาณ Alpha-glucan

3.2.2.1) การสกัดสาร Alpha-glucan จากเห็ดและการย่อย

- ใส่ผงเห็ดประมาณ 100 mg ลงในหลอด Culture tube ขนาด 20x125 mm ทำการเคาะหลอด culture tube จนมั่นใจว่าผงเห็ดลงไปอยู่บริเวณก้นหลอดทั้งหมด
- ใส่ magnetic stirrer bar (5 x 15 mm) ลงในหลอดทดลอง หลังจากนั้นเติม 2 M KOH ปริมาตร 2 mL ทำการกระจายสารละลายให้เข้ากันโดยการเขย่าประมาณ 20 นาที ภายใต้สภาวะที่เย็นโดยการวางใน ice bath
- เติม 1.2 M Sodium acetate buffer, pH 3.8 ปริมาตร 8.0 mL ลงในหลอด culture tube เขย่าผสมบน vortex mixer จากนั้นเติม Amyloglucosidase (1630 U/mL) + invertase (500 U/mL) ปริมาตร 0.2 mL ทันที ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำหลอดทดลองไปวางไว้ใน water bath ที่อุณหภูมิ 40°C
- ทิ้งไว้ 30 นาที ระหว่างนั้นให้นำหลอดทดลองมาทำการเขย่าด้วย vortex mixer เป็นระยะ
- ปั่นเหวี่ยงที่ 4,000xg เป็นเวลา 5 นาที เก็บ supernatant เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ D-glucose เช่นเดียวกับ 3.2.1.2

Alpha-glucan (%w/w)	=	ΔE x F x 1000 หรือ 103 x 1/1000 x 100/W x 162/180
	=	ΔE x F/W x 9.27 (สำหรับปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ10.3 ml)

อธิบายสัญลักษณ์

ΔE = ค่าการดูดกลืนแสงของ test – ค่าการดูดกลืนแสงของ blank

F = แฟคเตอร์เปลี่ยนจากค่าการดูดกลืนแสงเป็นหน่วย μg ของ D-glucose

= 100 (μg ของ D-glucose standard)

ค่าการดูดกลืนแสงของ GOPOD สำหรับ 100 μg ของ D-glucose standard

103 = volume correction factor สำหรับ แอลฟ่า-กลูแคน

1/1000 = เปลี่ยนหน่วยจาก μg เป็น mg

100/W = เปลี่ยนหน่วยกลับเป็น 100 mg ของตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์

W = น้ำหนักของตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์

162/180 = การเปลี่ยนสูตรการคำนวณ จาก free D-glucse เป็น anhydroglucose หรือ Beta – glucan

3.2.3 การคำนวณหาปริมาณ Beta -glucan

ปริมาณสาร Beta–glucan คำนวณได้จากสมการ

Beta-glucan (%w/w)	=	Total glucan (%w/w) – Alpha glucan

3.3 การหาปริมาณโปรตีน

การหาปริมาณโปรตีนในเห็ด ในการศึกษานี้ใช้วิธีนี้รู้จักกันดี คือ Kjeldahl method (Mattila et al, 2002) โดยใช้หลักการที่ว่า ไนโตรเจนที่มีอยู่ในสารอินทรีย์ส่วนมากมาจากโปรตีน ดังนั้นการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน ซึ่งเป็นหลักการของวิธีนี้จึงใช้ได้กับอาหารทุกชนิด เมื่อต้องการคำนวณปริมาณโปรตีน ก็เปลี่ยนค่าของไนโตรเจนอีกครั้งด้วยค่าคงที่คือ conversion factor หลักการของวิธีนี้คือ ย่อยตัวอย่างด้วยกรดกำมะถันอย่างเข้มข้นที่อุณหภูมิสูง เพื่อให้โปรตีนหรือไนโตรเจนในตัวอย่าง เปลี่ยนมาอยู่ในรูปของเกลือแอมโมเนียมซัลเฟต แล้วใช้สารละลายด่างเข้มข้นเป็นตัวทำปฏิกิริยากับเกลือดังกล่าวจะเกิดแก๊สแอมโมเนียขึ้น จับแก๊สที่เกิดขึ้นโดยใช้กรดบอริก นำไปไตเตรทกับกรดโดยมีอินดิเคเตอร์เป็นตัวชี้บอก แล้วนำไปคำนวณหาปริมาณโปรตีน ปริมาณโปรตีนที่วิเคราะห์นี้เป็นค่าประเมินที่เรียกว่า crude protein

3.3.1 เตรียมตัวอย่าง

- ชั่งตัวอย่างใส่กระดาษที่ไม่มีไนโตรเจนให้ได้น้ำหนักประมาณ 0.5 g อย่างละเอียด ไม่รวมน้ำหนักกระดาษ ห่อให้มิดชิด ใส่ลงในหลอดย่อย
- ใส่คะตะลิสต์ ประมาณ 2 g

- เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น ลงไปประมาณ 15 mL แล้วเขย่าเบาๆ

3.3.2 เตรียม blank

- ใส่กระดาษแบบเดียวกับที่ห่อตัวอย่างใส่ลงในหลอดย่อย
- ใส่คะตะลิสต์ ประมาณ 2 g
- เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น ลงไปประมาณ 15 mL แล้วเขย่าเบาๆ

3.3.3 วิธีการทดลอง

- นำสารตัวอย่างไปย่อยในเครื่องย่อยในตู้ดูดควันจนได้สารละลายสีเขียวใส
- นำสารตัวอย่างที่ย่อยแล้วมากลั่นแยกแอมโมเนีย โดยเติมสารละลาย 40 % NaOH ลงไปประมาณ 90 mL
- เติมกรดบอริค 4% 75 mL ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 mL พร้อมหยดอินดิเคเตอร์ 4 หยด
- นำหลอดย่อยที่มีตัวอย่างประกอบเข้ากับเครื่องกลั่น ให้แท่งแก้วจุ่มอยู่ใต้ขวดขวดรูปชมพู่ที่ใส่กรดบอริกและอินดิเคเตอร์
- เมื่อตัวอย่างทำปฏิกิริยากับสารละลาย 40 % NaOH จะได้ก๊าซแอมโมเนียออกมาแล้วถูกสารละลายบอริกดักจับ โดยสังเกตจากสารละลายบอริกจะเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นสีเขียว ทำการเก็บสารละลายที่กลั่นได้ให้มีปริมาตรรวม 300 mL
- เมื่อกลั่นเสร็จแล้ว นำสารละลายที่ได้ไปไทเทรตกับสารละลายไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 N จนสารละลายเปลี่ยนจากเขียวเป็นสีชมพูอ่อน บันทึกผล
- คำนวณผลการวิเคราะห์ดังนี้

เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน $= \dfrac{14.01 \times (vs - vb) \times Normality\ of\ HCL\ (mol/L) \times 100}{Weight\ of\ Sample\ (g) \times 1000}$

เมื่อ	Vs	=	ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ไตเตรทตัวอย่าง
	Vb	=	ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ไตเตรท blank
	เปอร์เซ็นต์โปรตีน	=	เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน × conversion factor
	Conversion factor	=	4.38

3.4 การหาปริมาณเส้นใย

การหาปริมาณเส้นใยรวมในการศึกษานี้ดัดแปลงจากวิธีของ Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990) มีรายละเอียดดังนี้

- อบ crucible ที่ใน hot air oven ที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนัก หลังจากนั้นนำไปทิ้งไว้ใน desiccators เป็นเวลา 15 นาที แล้วบันทึกน้ำหนักอีกครั้ง ซึ่งน้ำหนักที่ได้ทั้ง 2 ครั้งจะต้องเท่ากันหรือต่างกันไม่มากกว่า 1 mg
- ชั่งตัวอย่างผงเห็ดประมาณ 1 g (A) ใส่ลงในบิกเกอร์ เติมกรด Sulfuric เข้มข้น 1.25% ปริมาตร 25 mL ต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที

- กรองตัวอย่างผ่าน Buchner funnel ล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้งจนไม่มีความเป็นกรดเหลืออยู่ โดยตรวจด้วย pH paper
- ถ่ายตัวอย่างลงในบิกเกอร์อีกครั้ง เติม Sodium hydroxide เข้มข้น 1.25% mL ต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นกรองตัวอย่างผ่าน Buchner funnel ล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้งจนไม่มีความเป็นด่างเหลืออยู่ โดยตรวจด้วย pH paper เช่นเดียวกัน หลังจากนั้นล้างตัวอย่างด้วย 95% Ethanol ปริมาตร 15 mL แล้วระเหย ethanol ที่ค้างออกที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 15 นาที
- ถ่ายตัวอย่างลงใน crucible ที่เตรียมไว้ นำไปอบใน hot air oven ที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จดบันทึกน้ำหนัก หลังจากนั้นนำไปทิ้งไว้ใน desiccators เป็นเวลา 15 นาที แล้วบันทึกน้ำหนักอีกครั้ง ซึ่งน้ำหนักที่ได้ทั้ง 2 ครั้งจะต้องเท่ากัน ถ้าน้ำหนักผงเถ้ายังไม่คงที่ให้อบที่ 110 °C อีกครั้งจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ (B)
- ขั้นตอนสุดท้ายคือนำ crucible เผาใน hot air oven ที่อุณหภูมิ 500 °C เป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง และบันทึกน้ำหนัก (C)
- คำนวณ % Crude fiber จากสมการ

$$\% \text{ Crude fiber} = \frac{(B - C) \times 100}{A}$$

เมื่อ A = น้ำหนักตัวอย่าง (g)

B = น้ำหนักของ crucible และตัวอย่างก่อนเผา (g)

C = น้ำหนักของ crucible และตัวอย่างหลังเผา (g)

บทที่ 4
ผลการวิจัย
(Results)

1. เห็ดตัวอย่าง

จากการเก็บตัวอย่างเห็ด ด้วยการจัดซื้อเห็ดที่ชาวบ้านนำมาจำหน่ายเพื่อการบริโภคในตลาดสด ในช่วงเดือนสิงหาคม ของปี พศ. 2557 ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนที่เหมาะในการออกดอกของเห็ด นอกจากนี้ยังได้จัดซื้อตัวอย่างเห็ดเพาะเลี้ยงที่ขายตามห้างสรรพสินค้าที่คนนิยมบริโภค เพื่อศึกษาเปรียบเทียบกับเห็ดป่า ตัวอย่างเห็ดทั้งหมดที่ได้ ถูกนำมาพิสูจน์เอกลักษณ์ และใส่ชื่อวิทยาศาสตร์ โดยนักพฤกษศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ตัวอย่างเห็ดที่ใช้ศึกษาในครั้งนี้มีดังต่อไปนี้

1.1 เห็ดป่า

เห็ดป่าที่บริโภคได้และนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้จำนวน 22 ชนิด และเห็ดเพาะเลี้ยงที่มีจำหน่ายในห้างสรรพสินค้า ที่ประชาชนนิยมซื้อมาบริโภคจำนวน 5 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 4-1

เห็ดป่าที่บริโภคได้

- เห็ดกาบยาง (*Russula sp.*)
- เห็ดก่อ (*Russula lepida* Fr.)
- เห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulus* Mont.)
- เห็ดไคล (*Russula delica* Fr.)
- เห็ดซิ่น (*Amauroderma subresinosum* (Murrill) Corner.)
- เห็ดดังวัว (*Russula foetens* (Per.) Fr.)
- เห็ดดิน (*Russula aeruginea* Lindbl.)
- เห็ดถ่าน (*Russula nigricans* (Bull.) Fr.)
- เห็ดน้ำหมาก (*Russula emetica* (Schaeff. Ex Fr.) Pers. S.f. Gray)
- เห็ดปลวกไก่น้อย (*Termitomyces microcarpus* (Berk. & Br.))
- เห็ดปลวกจิก (*Termitomyces clypeatus* Heim)
- เห็ดปลวกหยวก (*Termitomyces globules* Heim&Goossens.)
- เห็ดผึ้งคราม (*Boletus griseus* Frost.)
- เห็ดผึ้งนกยูง (*Boletellus emodensis* (Berk.) Sing.)
- เห็ดผึ้งเหลือง (*Boletus colossus* Heim.)
- เห็ดพุงหมู (*Russula foetens* (Pers.) Fr.)
- เห็ดมันปู (*Cantharellus cibarius* Fr.)
- เห็ดระโงกเหลือง (Amanita hemibapha (Berk. & Br.) Sacc. Subsp. Javanica.)
- เห็ดไส้เดือน (*Amanita vaginata* var. vaginata (Bull. & Fr.) Vitt.)

- เห็ดหน้าแหล่ (*Russula cyanoxantha* Schaeff.exFr.)
- เห็ดหำฟาน (*Mycoamaranthus cambodgensis* (Pat.) Trap.)
- เห็ดหูหนู (*Auricularia auricular* (Hook.) Underw.

เห็ดที่จำหน่ายในห้างสรรพสินค้า

- เห็ดเข็มทอง (*Flammulina velutipes* (Curt:Fr.) Singer.)
- เห็ดชิเมจิ (*Hypsizygus tessellates*)
- เห็ดหอม (*Lentinus edodes* (Berk.) Sing.)
- เห็ดหิมะขาว (*Hypsizygus tessellates*)
- เห็ดออรินจิ (*Pleurotus eryngii* (DC.) Gillet 1874.)

ตารางที่ 4-1 เห็ดที่ใช้ในการศึกษา

2. ปริมาณสารเบตากลูแคน

ปริมาณสารเบตากลูแคนในเห็ดป่าทั้งหมด 22 ชนิด และเห็ดที่จำหน่ายในห้างสรรพสินค้า 5 ชนิด ที่หาได้จากการใช้ชุดทดสอบหาปริมาณสารเบตากลูแคน ของบริษัท Megazyme Test Kit ที่อาศัยหลักการทำงานของเอนไซม์ที่จำเพาะ ในการตัดน้ำตาลกลูโคสออกมาจากสายกลูแคนทั้งหมด และสายแอลฟากลูแคนให้ป็นโมเลกุลเดี่ยวๆแล้วหาปริมาณน้ำตาล D-glucose ซึ่งปริมาณน้ำตาล D-glucose จะบ่งบอกปริมาณสารกลูแคนที่มี และเมื่อนำปริมาณกลูแคนทั้งหมดลบด้วยปริมาณแอลฟากลูแคน จะได้เป็นปริมาณของเบตากลูแคน แสดงค่าในรูปร้อยละของปริมาณสารเบตากลูแคนต่อน้ำหนักผงแห้งของเห็ด (%w/w) แสดงในตารางที่ 4-2 จะเห็นว่า เห็ดป่าที่มีปริมาณสารเบตากลูแคนสูงที่สุด 3 ลำดับแรกคือ เห็ดพุงหมู เห็ดหำฟาน และเห็ดซิ่น โดยมีปริมาณสารเบตากลูแคนเท่ากับ 43.83±0.28, 41.52±1.47 และ 36.61±3.85 %w/w ตามลำดับ รองลงไปคือ เห็ดดังวัว เห็ดกาบยาง เห็ดน้ำหมาก เห็ดยาง เห็ดไคล ดังแสดงในตาราง ส่วนเห็ดที่นำมาศึกษาและมีสารเบตากลูแคนต่ำที่สุด คือ เห็ดปลวกหยวก และ เห็ดปลวกไก่น้อย มีปริมาณสารเบตากลูแคนเท่ากับ 7.45±0.69 และ 6.01±0.61 %w/w ตามลำดับ ส่วนเห็ดออรินจิ เห็ดหิมะขาว เห็ดชิเมจิ เห็ดหอม และเห็ดเข็มทอง มีปริมาณสารเบตากลูแคน เท่ากับ 33.42 ± 0.24, 30.53±0.26, 26.73±1.57, 26.68±1.01 และ 10.94±1.33 %w/w ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4-3

เห็ด	**ปริมาณสารเบตากลูแคน (%w/w)**
เห็ดพุงหมู (*Russula foetens* (Pers.) Fr.)	43.83±0.28
เห็ดหำฟาน (*Mycoamaranthus cambodgensis* (Pat.) Trap.)	41.52±1.47
เห็ดซิ่น (*Amauroderma subresinosum* (Murrill) Corner.)	36.61±3.85
เห็ดดังวัว (*Russula foetens* (Per.) Fr.)	33.81±1.03
เห็ดกาบยาง (*Russula sp.*)	29.96±1.55
เห็ดน้ำหมาก (*Russula emetica* (Schaeff. Ex Fr.) Pers. S.f. Gray)	28.09±2.35

เห็ดยาง (*Lactarius luteolus* Peck)	26.49±0.36
เห็ดไคล (*Russula delica* Fr.)	24.76±1.02
เห็ดหูหนู (*Auricularia auricular* (Hook.) Underw.)	24.67±1.59
เห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulus* Mont.)	23.98±0.27
เห็ดหน้าแหล่ (*Russula cyanoxantha* Schaeff.exFr.)	23.79±0.55
เห็ดดิน (*Russula aeruginea* Lindbl.)	21.60±1.39
เห็ดก่อ (*Russula lepida* Fr.)	18.27±0.57
เห็ดถ่าน (*Russula nigricans* (Bull.) Fr.)	15.87±1.56
เห็ดระโงกเหลือง (*Amanita hemibapha* (Berk. & Br.)Sacc. Subsp. javanica)	14.52±0.07
เห็ดมันปู (*Cantharellus cibarius* Fr.)	13.81±0.15
เห็ดปลวกจิก (*Termitomyces clypeatus* Heim)	13.03±1.34
เห็ดผึ้งนกยูง (*Boletellus emodensis* (Berk.) Sing.)	12.52±0.43
เห็ดผึ้งคราม (*Boletus griseus* Frost.)	11.76±0.33
เห็ดผึ้งเหลือง (*Boletus colossus* Heim.)	11.03±1.76
เห็ดไส้เดือน (*Amanita vaginata var. vaginata* (Bull. & Fr.) Vitt.)	10.37±0.34
เห็ดปลวกหยวก (*Termitomyces globules* Heim&Goossens)	7.45±0.69
เห็ดปลวกไก่น้อย (*Termitomyces microcarpus* (Berk. & Br.))	6.01±0.61

ตารางที่ 4-2 ปริมาณสารเบตากลูแคนในเห็ดป่าที่บริโภคได้ในจังหวัดอุบลราชธานี

เห็ดออรินจิ *(Pleurotus eryngii* (DC.) Gillet 1874*)*	33.42±0.24
เห็ดหิมะขาว (*Hypsizygus tessellates*)	30.53±0.26
เห็ดชิเมจิ (*Hypsizygus tessellates*)	26.73±1.57
เห็ดหอม (*Lentinus edodes* (Berk.) Sing.)	26.68±1.01
เห็ดเข็มทอง (*Flammulina velutipes* (Curt:Fr.) Singer)	10.94±1.33

ตารางที่ 4-3 ปริมาณสารเบตากลูแคนในเห็ดที่จำหน่ายในห้างสรรพสินค้า

3. ปริมาณโปรตีน

การหาปริมาณโปรตีนในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีของ Kjeldahl method ปริมาณโปรตีนในเห็ดตัวอย่างที่นำมาศึกษาในครั้งนี้ พบว่า เห็ดที่มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดคือ เห็ดไส้เดือน มีโปรตีน 25.02±0.08 %w/w รองลงมาคือ เห็ดไคล (20.87±0.07 %w/w) เห็ดดิน (20.25±0.08 %w/w) เห็ดก่อ (19.53±0.04 %w/w) ตามลำดับ ส่วนปริมาณโปรตีนในเห็ดชนิดอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 4-4 ส่วนเห็ดหำฟาน และ เห็ดพุงหมู มีปริมาณโปรตีนต่ำที่สุดคือ 8.19±0.08 และ 7.46±0.08 %w/w ตามลำดับ ส่วนปริมาณโปรตีนในเห็ดที่มีจำหน่ายในห้างสรรพสินค้า พบว่า เห็ดชิเมจิ มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดคือ 20.18±0.11 %w/w รองลงมาคือ เห็ดออรินจิ เห็ดหิมะขาว เห็ดหอม และเห็ดเข็มทอง

ตามลำดับ โดยมีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 16.39±0.22, 14.80±0.10, 14.77±0.37 และ 14.74±0.05 %w/w ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4-5

เห็ด	ปริมาณโปรตีน (%w/w)
เห็ดไส้เดือน (*Amanita vaginata* var. vaginata (Bull. & Fr.) Vitt.)	25.02±0.08
เห็ดไคล (*Russula delica* Fr.)	20.87±0.07
เห็ดดิน (*Russula aeruginea* Lindbl.)	20.25±0.08
เห็ดก่อ (*Russula lepida* Fr.)	19.53±0.04
เห็ดปลวกหยวก (*Termitomyces globules* Heim&Goossens)	18.53±0.29
เห็ดยาง (*Lactarius luteolus* Peck)	17.75±0.09
เห็ดน้ำหมาก (*Russula emetica* (Schaeff. Ex Fr.) Pers. S.f. Gray)	17.28±0.03
เห็ดถ่าน (*Russula nigricans* (Bull.) Fr.)	17.22±0.16
เห็ดดังวัว (*Russula foetens* (Per.) Fr.)	17.08±0.23
เห็ดหน้าแหล่ (*Russula cyanoxantha* Schaeff.exFr.)	16.51±0.19
เห็ดหูหนู (*Auricularia auricular* (Hook.) Underw.)	15.64±0.21
เห็ดมันปู (*Cantharellus cibarius* Fr.)	13.83±0.08
เห็ดกาบยาง (*Russula sp.*)	12.54±0.01
เห็ดซิ่น (*Amauroderma subresinosum* (Murrill) Corner.)	12.42±0.04
เห็ดหำฟาน (*Mycoamaranthus cambodgensis* (Pat.) Trap.)	8.19±0.08
เห็ดพุงหมู (*Russula foetens* (Pers.) Fr.)	7.46±0.08

ตารางที่ 4-4 ปริมาณโปรตีนในเห็ดป่าที่บริโภคได้ในจังหวัดอุบลราชธานี

เห็ดชิเมจิ (*Hypsizygus tessellates*)	20.18±0.11
เห็ดออรินจิ *(Pleurotus eryngii* (DC.) Gillet 1874*)*	16.39±0.22
เห็ดหิมะขาว (*Hypsizygus tessellates*)	14.80±0.10
เห็ดหอม (*Lentinus edodes* (Berk.) Sing.)	14.77±0.37
เห็ดเข็มทอง (*Flammulina velutipes* (Curt:Fr.) Singer)	14.74±0.05

ตารางที่ 4-5 ปริมาณโปรตีนในเห็ดป่าที่จำหน่ายในห้างสรรพสินค้า

4. ปริมาณเส้นใย

การหาปริมาณเส้นใยในเห็ดในการศึกษานี้ใช้วิธีการหาปริมาณเส้นใยรวม ดัดแปลงจากวิธีของ AOAC แสดงผลเป็น ร้อยละปริมาณเส้นใยรวมน้ำหนักเป็นกรัมต่อน้ำหนักผงตัวอย่างเห็ดเป็นกรัม ซึ่งผลการศึกษาเป็นดังนี้ เห็ดป่าที่ใช้บริโภคได้ที่นำมาศึกษาที่มีปริมาณเส้นใยรวมมากที่สุด 3 ลำดับแรก เรียงลำดับจากมากไปน้อยคือ เห็ดถ่าน เห็ดดิน และ เห็ดหำฟาน มีปริมาณเส้นใยดังนี้คือ 50.67±2.67ม

48.00±15.01 และ 42.67±17.33 %w/w ส่วนปริมาณเส้นใยรวมของเห็ดอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 4-6 และสามลำดับสุดท้ายของเห็ดที่มีปริมาณเส้นใยน้อยที่สุดคือ เห็ดก่อ เห็ดผึ้งคราม และเห็ดปลวกหยวก โดยมีปริมาณเท่ากับ 8.00±2.00, 7.78±1.11 และ 0.07±0.01 %w/w ตามลำดับ ผลจากการหาปริมาณเส้นใยของเห็ดที่จำหน่ายในห้องสรรพสินค้าที่นำมาศึกษาในครั้งนี้และมีปริมาณเส้นใยสูงสุดคือ เห็ดเข็มทอง โดยมีปริมาณเส้นใยเท่ากับ 56.33±2.03 %w/w รองลงมาคือเห็ดหอม เห็ดออรินจิ เห็ดชิเมจิ และ เห็ดหิมะขาว มีค่าเท่ากับ 38.00±7.21, 14.67±1.33, 10.67±2.40 และ 6.67±0.67 %w/w ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4-7

เห็ด	**ปริมาณเส้นใย (crude fiber, % w/w)**
เห็ดถ่าน (*Russula nigricans* (Bull.) Fr.)	50.67±2.67
เห็ดดิน (*Russula aeruginea* Lindbl.)	48.00±15.01
เห็ดหำฟาน (*Mycoamaranthus cambodgensis* (Pat.) Trap.)	42.67±17.33
เห็ดยาง (*Lactarius luteolus* Peck)	34.00±4.00
เห็ดซิ่น (*Amauroderma subresinosum* (Murrill) Corner.)	34.00±1.15
เห็ดมันปู (*Cantharellus cibarius* Fr.)	30.67±0.67
เห็ดปลวกจิก (*Termitomyces clypeatus* Heim)	30.00±5.09
เห็ดหูหนู (*Auricularia auricular* (Hook.) Underw.)	21.33±0.67
เห็ดระโงกเหลือง (*Amanita hemibapha* (Berk. & Br.)Sacc. Subsp. javanica)	23.00±0.01
เห็ดดังวัว (*Russula foetens* (Per.) Fr.)	22.67±0.67
เห็ดหน้าแหล่ (*Russula cyanoxantha* Schaeff.exFr.)	19.33±1.76
เห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulus* Mont.)	18.89±1.11
เห็ดพุงหมู (*Russula foetens* (Pers.) Fr.)	16.67±1.76
เห็ดกาบยาง (*Russula sp.*)	16.00±1.15
เห็ดผึ้งนกยูง (*Boletellus emodensis* (Berk.) Sing.)	13.33±1.92
เห็ดไส้เดือน (*Amanita vaginata var. vaginata* (Bull. & Fr.) Vitt.)	12.11±2.22
เห็ดไคล (*Russula delica* Fr.)	12.00±1.15
เห็ดน้ำหมาก (*Russula emetica* (Schaeff. Ex Fr.) Pers. S.f. Gray)	10.67±2.40
เห็ดก่อ (*Russula lepida* Fr.)	8.00±2.00
เห็ดผึ้งคราม (*Boletus griseus* Frost.)	7.78±1.11
เห็ดปลวกหยวก (*Termitomyces globules* Heim&Goossens)	7.33±0.67

ตารางที่ 4-6 ปริมาณเส้นใยในเห็ดป่าที่บริโภคได้ในจังหวัดอุบลราชธานี

เห็ดเข็มทอง (*Flammulina velutipes* (Curt:Fr.) Singer)	56.33±2.03
เห็ดหอม (*Lentinus edodes* (Berk.) Sing.)	38.00±7.21
เห็ดออรินจิ *(Pleurotus eryngii* (DC.) Gillet 1874*)*	14.67±1.33
เห็ดชิเมจิ (*Hypsizygus tessellates*)	10.67±2.40
เห็ดหิมะขาว (*Hypsizygus tessellates*)	6.67±0.67

ตารางที่ 4-7 ปริมาณเส้นใยในเห็ดป่าที่จำหน่ายในห้างสรรพสินค้า

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผลการวิจัย
(Discussions and conclusions)

1. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาชนิดของเห็ดป่าที่มีปริมาณสารเบตากลูแคน โปรตีน และเส้นใยในปริมาณสูงที่สุด ศึกษาในตัวอย่างเห็ดป่าที่บริโภคได้ในจังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 22 ชนิด เทียบกับเห็ดที่จำหน่ายในห้างสรรพสินค้าจำนวน 5 ชนิด

1.1 ปริมาณสารเบตากลูแคน

ผลการศึกษาพบว่า เห็ดที่มีสารเบตากลูแคนในปริมาณสูงมากกว่า 20.00 %w/w จำนวน 12 ชนิดจากเห็ดที่นำมาศึกษาทั้งหมด 22 ชนิด เรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ เห็ดพุงหมู (*Russula foetens* (Pers.) Fr.) เห็ดหำฟาน (*Mycoamaranthus cambodgensis* (Pat.) Trap.) เห็ดซิ่น (*Amauroderma subresinosum* (Murrill) Corner.) เห็ดดังวัว (*Russula foetens* (Per.) Fr.) เห็ดกาบยาง (*Russula sp.*) เห็ดน้ำหมาก (*Russula emetica* (Schaeff. Ex Fr.) Pers. S.f. Gray) เห็ดยาง (*Lactarius luteolus* Peck) เห็ดไคล (*Russula delica* Fr.) เห็ดหูหนู (Auricularia auricular (Hook.) Underw.) เห็ดขอนขาว (*Lentinus squarrosulus* Mont.) เห็ดหน้าแหล่ (*Russula cyanoxantha* Schaeff.exFr.) และ เห็ดดิน (*Russula aeruginea Lindbl.*) ตามลำดับ ส่วนเห็ดเพาะเลี้ยงที่นิยมจำหน่ายในห้างสรรพสินค้าที่นำมาศึกษาจำนวน 5 ชนิด พบว่าเห็ด 4 ชนิดคือ เห็ดออรินจิ (*Pleurotus eryngii* (DC.) Gillet 1874) เห็ดหิมะขาว (*Hypsizygus tessellates*) เห็ดชิเมจิ (*Hypsizygus tessellates*) และ เห็ดหอม (*Lentinus edodes* (Berk.) Sing.) มีปริมาณสารเบตากลูแคนสูงมากกว่า 20 %w/w ยกเว้นเห็ดเข็มทอง (*Flammulina velutipes* (Curt:Fr.) Singer) ที่มีสารเบตากลูแคนในปริมาณต่ำเมื่อเทียบกับเห็ดในกลุ่มเดียวกัน

1.2 ปริมาณโปรตีน

ผลการศึกษาปริมาณโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบในเห็ดพบว่า เห็ดที่มีปริมาณโปรตีนมากกว่า 20.00 %w/w คือ เห็ดไส้เดือน (*Amanita vaginata* var. vaginata (Bull. & Fr.) Vitt.) เห็ดไคล (*Russula delica* Fr.) และ เห็ดดิน (*Russula aeruginea* Lindbl.) ส่วนเห็ดที่มีปริมาณโปรตีนในระหว่าง 15.00-20.00 %w/w คือ เห็ดก่อ (*Russula lepida* Fr.) เห็ดปลวกหยวก (*Termitomyces globules* Heim & Goossens) เห็ดยาง (*Lactarius luteolus* Peck) เห็ดน้ำหมาก (*Russula emetica* (Schaeff. Ex Fr.) Pers. S.f. Gray) เห็ดถ่าน (*Russula nigricans* (Bull.) Fr.) เห็ดดังวัว (*Russula foetens* (Per.) Fr.) เห็ดหน้าแหล่ (*Russula cyanoxantha* Schaeff.exFr.) และ เห็ดหูหนู (*Auricularia auricular* (Hook.) Underw.) ส่วนเห็ดมันปู (*Cantharellus cibarius* Fr.) เห็ดกาบยาง (*Russula sp.*) เห็ดซิ่น (*Amauroderma subresinosum* (Murrill) Corner.) เห็ดหำฟาน (*Mycoamaranthus cambodgensis* (Pat.) Trap.) และ เห็ดพุงหมู (*Russula foetens* (Pers.) Fr.) ปริมาณโปรตีนน้อยกว่า 15.00 %w/w ส่วนเห็ดที่นิยมจำหน่ายในห้างสรรพสินค้าพบว่า เห็ดชิเมจิ (*Hypsizygus tessellates*) มีปริมาณโปรตีนสูงสุด มีค่ามากกว่า 20.00 %w/w รองลงมาคือ เห็ดออรินจิ (*Pleurotus eryngii* (DC.) Gillet 1874) เห็ดหิมะขาว (*Hypsizygus tessellates*) และ

เห็ดหอม (*Lentinus edodes* (Berk.) Sing.) ส่วนเห็ดเข็มทอง (*Flammulina velutipes* (Curt:Fr.) Singer) มีปริมาณโปรตีนต่ำสุดเมื่อเทียบในกลุ่มเดียวกัน

1.3 ปริมาณเส้นใย

เห็ดป่าที่ใช้บริโภคที่มีปริมาณเส้นใยสูงที่สุดคือ เห็ดถ่าน (*Russula nigricans* (Bull.) Fr.) เห็ดดิน (*Russula aeruginea* Lindbl.) เห็ดหำฟาน (*Mycoamaranthus cambodgensis* (Pat.) Trap.) เห็ดยาง (*Lactarius luteolus* Peck) เห็ดซิ่น (*Amauroderma subresinosum* (Murrill) Corner.) เห็ดมันปู (*Cantharellus cibarius* Fr.) และเห็ดปลวกจิก (*Termitomyces clypeatus* Heim) ตามลำดับ โดยมีปริมาณเส้นใยมากกว่า 30 %w/w ส่วนเห็ดที่นิยมจำหน่ายในห้างสรรพสินค้า พบว่า เห็ดเข็มทองมีปริมาณเส้นใยสูงที่สุดคือ 56.33±2.03 %w/w รองลงมาคือเห็ดหอม โดยมีปริมาณเส้นใยเท่ากับ 38.00±7.21 %w/w

2. อภิปรายผลการวิจัย

เห็ด (Mushroom) หมายถึงราที่มีขนาดใหญ่ มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ไม่มีคลอโรฟิลล์ไม่มีการสังเคราะห์แสงด้วยตัวเอง ไม่เคลื่อนไหว จึงไม่จัดเป็นพืชหรือสัตว์ (เกษม สร้อยทอง, 2537) เห็ดมีมากกว่า 30000 ชนิดซึ่งมี ลักษณะรูปร่างแตกต่างกันไปทั้งในส่วนของ ลักษณะของหมวก ผิวหมวก และผิวขอบหมวก ลักษณะของครีบและขอบครีบอยู่ด้านล่างของหมวก ลักษณะรูปร่างของก้าน เนื้อในก้าน ผิวของก้าน และการติดของก้านกับหมวก ลักษณะของวงแหวนและตำแหน่งของวงแหวนบนก้าน และความแตกต่างในลักษณะของเยื่อหุ้มโคนก้าน เป็นต้น

เห็ดมีความสำคัญต่อมนุษย์ทั้งในด้านเป็นอาหาร ยา และสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ในด้านความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อม เห็ดเป็นผู้ย่อยสลายอินทรียวัตถุให้กลับคืนสู่วัฏจักรของสารในระบบนิเวศทำให้เกิดห่วงโซ่อาหารต่อไป นอกจากนี้ยังมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ โดยมีการเพาะเห็ดขายจึงมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจทั้งระดับครัวเรือนจนถึงระดับประเทศ

คุณค่าทางอาหารและโภชนาการของเห็ด พบว่าเห็ดจะมีคุณค่าทางโภชนาการแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของเห็ด โดยส่วนใหญ่จะใกล้เคียงกับผัก ซึ่งมีวิตามิน เกลือแร่ มีการศึกษาจำนวนมากที่รายงานว่า โปรตีนที่ได้จากเห็ดเพาะเลี้ยงสูงกว่าโปรตีนในผัก มีเกลือแร่สูง มีไขมันต่ำ และมีวิตามินบี วิตามินดี และวิตามินเคในปริมาณที่สูง (Sanmee et al, 2003) ส่วนโปรตีนในเห็ดจะมีคุณภาพดีกว่าในผัก แต่ก็จัดเป็นโปรตีนจำพวกที่ไม่สมบูรณ์ เพราะยังขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นบางชนิด จากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าเห็ดป่าที่ใช้บริโภคได้ในจังหวัดอุบลที่นำมาศึกษาครั้งนี้ มีปริมาณโปรตีนที่ค่อนข้างสูง เช่น เห็ดไส้เดือน (*Amanita vaginata* var. vaginata (Bull. & Fr.) Vitt.) มีโปรตีน 25.02±0.08 %w/w รองลงมาคือ เห็ดไคล (*Russula delica* Fr., 20.87±0.07 %w/w) เห็ดดิน (*Russula aeruginea* Lindbl., 20.25±0.08 %w/w) และเห็ดก่อ (*Russula lepida,* 19.53±0.04 %w/w) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Sanmee และคณะ (2003) ที่ศึกษาปริมาณโปรตีนในเห็ดป่าทางภาคเหนือของไทยที่พบว่า เห็ดก่อมีปริมาณโปรตีน 18.30±0.85 %w/w และเห็ดถ่าน (*Russula virescens*) 22.60±0.78 %w/w ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณโปรตีนในเห็ดถ่านที่ได้จากการศึกษานี้คือ 17.22±0.16 %w/w ส่วนเห็ดชนิดอื่นๆยังไม่มีรายงาน ส่วนปริมาณโปรตีนในเห็ดที่นิยมจำหน่ายในห้างสรรพสินค้า ประชาชนนิยมบริโภค ที่ค่อนข้างมีราคาแพง และเป็นเห็ดที่ได้จาก

การเพาะเลี้ยง ที่ศึกษาในครั้งนี้คือ เห็ดชิเมจิ (*Hypsizygus tessellates*) มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดคือ 20.18±0.11 %w/w รองลงมาคือ เห็ดออรินจิ *(Pleurotus eryngii* (DC.) Gillet 1874*)* เห็ดหิมะขาว (*Hypsizygus tessellates*) เห็ดหอม (*Lentinus edodes* (Berk.) Sing.) และเห็ดเข็มทอง (*Flammulina velutipes* (Curt:Fr.) Singer) ตามลำดับ โดยมีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 16.39±0.22, 14.80±0.10, 14.77±0.37 และ 14.74±0.05 %w/w ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Cuptapun และคณะ (2010) ที่พบว่าปริมาณโปรตีนในเห็ดหอมมีค่าเท่ากับ 24.68 %w/w Matlita และคณะ (2002) รายงานว่าในเห็ดหอมมีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 18.15±0.15 %w/w และพบ 22.8 %w/w จากการศึกษาของ Longvah และ Deosthale ในปี 1998 จากผลการศึกษาจะเห็นว่าปริมาณโปรตีนในเห็ดป่าที่นำมาศึกษามีในปริมาณสูง และบางชนิดสูงกว่าปริมาณโปรตีนในเห็ดเพาะเลี้ยง ที่จำหน่ายในห้างสรรพสินค้า ในบรรดาเห็ดที่พบว่ามีปริมาณโปรตีนสูงในการศึกษานี้ก็เป็นเห็ดที่ประชาชนนิยมบริโภคอยู่แล้ว เช่น เห็ดไคล และเห็ดก่อ แต่เห็ดไส้เดือนพบว่าเป็นเห็ดที่ประชาชนไม่นิยมบริโภคอาจเนื่องจากรสชาติ หรือเหตุผลอื่น ดังนั้นจึงควรมีการให้ข้อมูล เพื่อสนับสนุนให้บริโภคต่อไป

ส่วนประกอบอีกชนิดหนึ่งในเห็ดคือ เส้นใย ถ้าเห็ดถูกนำมาใช้เป็นอาหารก็จะเรียกว่า ใยอาหาร (dietary fiber) ซึ่งหมายถึง ส่วนของพืชผัก ผลไม้ หรือเมล็ดธัญพืชที่มนุษย์ได้รับประทานเข้าไป แต่จะไม่ถูกย่อยโดยน้ำย่อยของคน จึงไม่ให้พลังงาน แต่อาจจะถูกย่อยโดยจุลินทรีย์บางชนิดในทางเดินอาหารของคนได้ ใยอาหารจะแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ ชนิดที่ละลายน้ำได้ (soluble fiber) แล้วดูดซับน้ำไว้กับตัว ใยอาหารชนิดนี้เมื่อละลายน้ำจึงมีความหนืดเพิ่มขึ้น มีลักษณะเป็นเจล สามารถจับน้ำตาลและดูดซับน้ำมันได้ แบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในลำไส้ใหญ่จะสามารถย่อยได้ ส่วนชนิดที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble fiber) จะพองตัวได้ในน้ำเหมือนฟองน้ำ ไม่มีความหนืด ทำให้เพิ่มปริมาตรน้ำในกระเพาะอาหาร ช่วยเพิ่มกากอาหาร และช่วยทำความสะอาดทางเดินอาหาร เมื่อรับประทานเข้าไปแล้วจึงรู้สึกอิ่ม โดยเส้นใยชนิดนี้แบคทีเรียในลำไส้ใหญ่จะไม่สามารถย่อยได้ จึงช่วยเพิ่มเนื้ออุจจาระลดปัญหาอาการท้องผูก ปริมาณเส้นใยในเห็ดที่ได้ในการศึกษาครั้งนี้จัดเป็นปริมาณเส้นใยรวม ซึ่งหมายถึงทั้งเส้นใยที่ละลายน้ำได้และละลายน้ำไม่ได้ ผลจาการศึกษาพบว่าเห็ดเข็มทองเป็นเห็ดที่มีเส้นใยรวมมากที่สุดคือ 56.33±2.03 %w/w ส่วนเห็ดป่าที่บริโภคได้ที่มีปริมาณเส้นใยสูงสุด 3 อันดับแรก คือ เห็ดถ่าน เห็ดดิน และเห็ดหำฟาน โดยมีค่า 50.67±2.67, 48.00±15.01 และ 42.67±17.33 %w/w ตามลำดับ ส่วนปริมาณเส้นใยในเห็ดถ่าน และเห็ดก่อที่ Sammee และคณะ (2003) ได้ศึกษาในเห็ดป่าในภาคเหนือ พบว่ามีปริมาณเส้นใยเท่ากับ 9.60±0.09 และ 8.40±0.22 %w/w ตามลำดับ แต่ในการศึกษาในครั้งนี้ปริมาณเส้นใยในเห็ดถ่านเท่ากับ 50.67±2.67 %w/w และในเห็ดก่อเท่ากับ 8.00±2.00 %w/w ซึ่งปริมาณเส้นใยในเห็ดก่อใกล้เคียงกัน แต่ในเห็ดถ่านแตกต่างกันมาก ทั้งนี้อาจมาจากแหล่งของเห็ดที่เก็บมาศึกษา ซึ่งสิ่งแวดล้อมที่เห็ดเจริญเติบโตอาจมีผลต่อปริมาณเส้นใยในเห็ด จะเห็นว่าเห็ดที่นำมาบริโภคไม่ว่าจะเป็นเห็ดป่า หรือเห็ดเพราะเลี้ยงที่มีจำหน่ายในห้างสรรพสินค้ามีปริมาณเส้นใยสูง ดังนั้นควรมีการสนับสนุนให้ประชาชนบริโภค เพื่อเพิ่มกากใย และมีประโยชน์ต่อระบบขับถ่าย โดยเฉพาะคนที่ท้องผูก

สารเบตากลูแคน ที่พบในเห็ดหลายชนิดพบว่า มีประโยชน์ และมีสรรพคุณเป็นยา เช่น สารเบตากลูแคนจากเห็ดหลินจือ (*Ganoderma lucidum*) มีฤทธิ์เพิ่มการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน

ของร่างกาย เพิ่มกระบวนการ Apoptosis กระตุ้นภูมิคุ้มกัน (Lin et al., 2004; Zhu and Lin, 2005; Volman et al., 2008, Zhou et al., 2009) สารเบตากลูแคนที่สกัดได้จากเห็ดนางฟ้า (*Pleurotus florida*) มีฤทธิ์ในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย เมื่อศึกษาในเซลล์เพาะเลี้ยง (Roy et al., 2009; Sedaghat and Ghazanfari, 2011) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า สารเบตากลูแคนจากเห็ดหลินจือ (*Ganoderma lucidum*) ยังมีฤทธิ์ยับยั้งกระบวนการเกิดเนื้องอกในผู้ป่วยมะเร็ง (Gao et al., 2003) และสารเบตากลูแคนที่สกัดได้จากเห็ดในกลุ่ม Basidiomycetes ก็มีฤทธิ์ยับยั้งกระบวนการเกิดเนื้องอก (Wasser et al., 2002) นอกจากนี้ยังมีรายงานผลของสารเบตากลูแคลนต่อระดับน้ำตาลในเลือด สารเบตากลูแคนจากเห็ด *Agaricus blazei* มีฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือดในหนูที่เหนี่ยวนำให้เป็นเบาหวานด้วย streptozotocin (Kim et al., 2007) จากการศึกษา Jantaramanant และคณะ (2014) พบว่าสารเบตากลูแคนที่สกัดด้วยน้ำร้อนจากเห็ดนางรมขาว (grey oyster mushroom, *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Sing.) มีฤทธิ์เพิ่มการนำกลูโครสเข้าเซลล์กล้ามเนื้อเพาะเลี้ยง มีการรายงานผลของเห็ดหอมที่ประกอบด้วยเบตากลูแคน 30 %w/w ว่าสามารถเปลี่ยนแปลงระดับไขมัน (lipid profile) ในเลือด การสะสมของไขมัน และ body fat index ในหนูที่ถูกเหนี่ยวให้อ้วนจากอาหารไขมันสูง (Handayani et al., 2011)

สารเบตากลูแคนยังมีฤทธิ์ต้านการอักเสบ จากการศึกษาของ Ruthesa และคณะ (2013) พบว่า สารเบตากลูแคนที่สกัดจากเห็ด *Lactarius rufus* มีฤทธิ์ลดการอักเสบของอุ้งเท้าหนูที่เหนี่ยวนำให้อักเสบโดยการฉีด 2.5% formalin solution และสารเบตากลูแคนที่สกัดจากเห็ดดาวดิน (*Geastrum saccatum*) มีฤทธิ์ลดการอักเสบของหูหนูที่อักเสบจากการฉีด croton oil (Dore et al., 2007) นอกจากนี้สารเบตากลูแคนยังมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียด้วย ดังการศึกษาของ Sen et al. ในปี 2013 พบว่า ที่สกัดจากเห็ด *Pleurotus florida* blue variant. มีฤทธิ์ต้าน *Klebsiella pneumonia* สายพันธุ์ YSI6A และสารเบตากลูแคนมีฤทธิ์ยัลยั้งการสร้าง biofilm จากเชื้อ *Candida albican* และศึกษารวมไปถึงเชื้อ *C. glabrata C. parapsilosis* และ *C. tropicalis* ด้วย (Mitchell et al., 2013)

จากการทบทวนวรรณกรรมจะพบว่า ยังไม่มีการศึกษาถึงปริมาณสารเบตากลูแคนในเห็ดป่าของไทยมากนัก อีกทั้งจากรายงานวิจัยต่างๆ พบว่าปัจจุบันประชากรไทยมีความนิยมในการบริโภคเห็ดมากขึ้น โดยเฉพาะในแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การศึกษาส่วนใหญ่จะศึกษาปริมาณของสารอาหาร วิตามิน เกลือแร่ และปริมาณเส้นใย ส่วนในการศึกษาฤทธิ์ทางยาของสารเบตากลูแคนที่สกัดได้จากเห็ดป่าที่ใช้บริโภคได้ยังไม่พบรายงาน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นจุดเริ่มต้านในการศึกษาเกี่ยวกับสารเบตากลูแคนที่มีในเห็ดป่าที่บริโภคได้ โดยเฉพาะเห็ดป่าในจังหวัดอุบลราชธานี เพื่อทราบถึงชนิดของเห็ดป่าที่มีปริมาณสารเบตากลูแคนสูงที่สุด ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนให้ประชาชนบริโภค และเป็นแหล่งในการสกัดสารเบตากลูแคนเพื่อนำมาศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาต่างๆ และพัฒนาเป็นยา หรือผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพต่อไป ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้ นอกจากจะช่วยสนับสนุนให้ประชาชนหันมานิยมบริโภคเห็ดป่าเพิ่มมากขึ้น ยังช่วยส่งเสริม พัฒนางานวิจัยเชิงการเกษตรขั้นสูงและเป็นการสนับสนุนและเพิ่มมูลค่าของเห็ดป่าที่บริโภคได้อีกด้วย

3. ข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้มีข้อจำกัดเกี่ยวกับชนิดและปริมาณของเห็ดป่าที่ใช้ในการศึกษา เพราะเห็ดป่าจะเกิดในช่วงฤดูฝนเท่านั้น และจะเกิดอยู่ในระยะเวลาไม่นาน และหลังจากออกดอกแล้วจะอยู่ได้ไม่นานและเน่าไป ถ้าหากช่วงเวลาในเก็บตัวอย่างไม่เหมาะสมอาจทำให้จำนวนและปริมาณของเห็ดตัวอย่างไม่เพียงพอในการวิจัยได้ และเห็ดบางชนิดไม่เกิดในช่วงที่เก็บตัวอย่าง เช่นเห็ดเผาะ ทำให้ไม่ได้นำมาศึกษาในครั้งนี้ได้ ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปจักต้องเตรียมทั้งชนิด และปริมาณเห็ดป่าให้เพียงพอในช่วงที่เห็ดป่าเจริญเติบโต

เอกสารอ้างอิง
(References)

ธีรวัฒน์ บุญทวีคุณ. 2546. ความรู้เรื่องเห็ดรา. ฝ่ายวนวัฒนวิจัยและพฤกษศาสตร์, กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ. 149 หน้า.

Alaubydi, M.A. and Abed, R.M. 2011. The usage of β-glucan extracted from local mushroom as immunomodulator. Journal of Biological Sciences 3(5), 535-541.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA

Becker, M., Vincent, C., Reid, J.S. 1995. Biosynthesis of (1,3)(1,4)-beta-glucan and (1,3)-beta-glucan in barley (Hordeum vulgare L.). properties of the membrane-bound glucan synthases. Planta 195(3), 331-338.

Chen, J., Raymond, K. 2008. Beta-glucans in the treatment of diabetes and associated cardiovascular risks. Vascular Health and Risk Management 4(6), 1265–1272.

Cuptapun, Y., Hengsawadi, D., Mesomya, W., Yaieiam, S. 2010. Quality and quantity of protein in certain kinds of edible mushroom in Thailand. Kasetsart Journal (Natural Science) 44, 664-670.

Dong, J., Cai, F., Shen, R., Liu, Y. 2011. Hypoglycemic effects and inhibitory effect on intestinal disaccharides of oat beta-glucan in streptozotocin-induced diabetic mice. Food Chemistry 129, 1066-1071.

Dore, C.M.P.G., Azevedo, T.C.G., Souz, M.C.R., Rego, L.A., Dantas, J.C.M., Silva, F.R.F., Roch, H.A.O., Baseia, I.G., Leite, E.L. 2007. Antiinflammatory, antioxidant and cytotoxic actions of β-glucan-rich extract from *Geastrum saccatum* mushroom. International Immunopharmacology 7, 1160–1169.

Gao, Y., Zhou, S., Huang, M., Xu, A. 2003. Antibacterial and Antiviral Value of the Genus Ganoderma P. Karst. Species (Aphyllophoromycetideae): A Review. International Journal of Medicinal Mushrooms 5(3), 235-246.

Gao, Y., Zhou, S., Jiang, W., Huang, M., Dai, X. 2003. Effects of ganopoly (a Ganoderma lucidum polysaccharide extract) on the immune functions in advanced-stage cancer patients. Immunology Investigation 32(3), 201-15.

Handayani, D., Chen, J., Meyer B.J., Huang, X.F. 2011. Dietary Shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) prevents fat deposition and lowers triglyceride in rats fed a high-fat diet. Journal of Obesity, 1-8.

Jantaramanant, P., Sermwittayawong, D., Noipha, K., Hutadilok-Towatana, N., Wititsuwannakul, R. 2014. β-glucan-containing polysaccharide extract from the grey oyster mushroom [Pleurotus sajor-caju (Fr.) Sing.] stimulates glucose uptake by the L6 myotubes. International Food Research Journal 21(2): 779-784.

Kim, H.D., Cho, H.R., Moon, S.B, Shin, H.D., Yang, K.J., Park, B.R., Jang, H.J., Kim, L.S., Lee, H.S., Ku, S.K. 2007. Effects of 1,3-Glucan from Aureobasidium pullulans on Acute Inflammation in Mice. Archives of Pharmacal Research 30(3), 323-328.

Lin, Z.B., Zhang, H.N. 2004. Anti-tumor and immunoregulatory activities of Ganoderma lucidum and its possible mechanisms. Acta Pharmacologica Sinica 25, 1387–1395.

Li-Zhen, C., Zhi-Bin, L. 2002. Regulatory effect of Ganoderma lucidum polysaccharides on cytotoxic T-lymphocytes induced by dendritic cells in vitro. Acta Pharmacologica Sinica 24321-326.

Longvah, T., Deosthale, Y.G. 1998. Compositional and nutritional studies on edible wild mushroom from northeast India. Food Chemistry 63(3), 331-334.

Mattila, P., Salo-Vaananen, P., Konko, K., Aro, H. Jalava, T. 2002. Basic composition and amino acid contents of mushrooms cultivated in Finland. Journal of Agricultural and Food Chemistry 50: 6419 – 6422.

Mitchell, K.F., Taffa, H.T., Cuevasb, M.A. Reinickea, E.L. Sancheza, H., D. R. Andesa, D.R. Role of matrix β-1,3 glucan in antifungal resistance of non-albicans Candida biofilms. 2013. Antimicrobial Agents and Chemotherapy 57(4), 1918-1920.

Othman, R.A., Moghadasian, M.H., Jones, P.J. 2011. Cholesterol-lowering effects of oat β-glucan. Nutrition Reviews 73(10), 299-309.

Pelizon, A.C, Kaneno, R., Soares, A.M.V.C., Meira, D.A., Sartori, A. 2005. Immunomodulatory Activities Associated with β-Glucan Derived from Saccharomyces cerevisiae. Physiological Research 54, 557-564.

Rout, D., Mondal, S., Chakraborty, I., Islam, S.S. 2008. The structure and conformation of a water-insoluble (1,3)-,(1,6)-b-D-glucan from the fruiting bodies of Pleurotus florida. Carbohydrate Research 343, 982–987.

Roy, S.K., Das, D., Mondal, S, Maiti, D., Bhunia, B., Maiti, T.K., Islam, S.S. 2009. Structural studies of an immunoenhancing water-soluble glucan isolated from hot water extract of an edible mushroom, Pleurotus florida, cultivar Assam Florida. Carbohydrate Research 344(18), 2596–2601.

Ruthes, A.C., Carbonero, E.R., Córdova, M.M., Baggio, C.H., Santos, A.R.S., Sassaki, G.L., Cipriani, T.R., Gorin, P.A.J., Iacomini, M. 2013. *Lactarius rufus* (1⟶3),(1⟶6)--d-glucans: Structure, antinociceptive and anti-inflammatory effects. Carbohydrate Polymers 94, 129– 136.

Sanmee, R., Lumyong, P., Izumori, K., Lumyong, S. 2003. Nutritive value of popular wild edible mushrooms from northern Thailand. Food Chemistry 82, 527-532.

Sedaghat, R., Ghazanfari T. 2011. The immunomodulatory effects of *Pleurotus florida* on cell-mediated immunity and secondary lymphoid tissues in Balb/c mice. Immunopharmacol Immunotoxicol 33(1), 28-33.

Sen, I.K., Mandal, A.K., Chakraborti, S., Dey, B., Chakraborty, R., Islam, S.S. 2013. Green synthesis of silver nanoparticles using glucan from mushroom and study of antibacterial activity. International Journal of Biological Macromolecules 62, 439–449.

Vediyappan, G., Rossignol, T., d'Enfert, C. 2011. Interaction of Candida albicans biofilms with antifungals: transcriptional response and binding of antifungals to Beta-glucans. 2010. Antimicrobial Agents and Chemotherapy 54(5), 2096-2111.

Volman, J.J., Ramakers, J.D., Plat, J. 2008. Dietary modulation of immune function by β-glucans. Physiology and Behavior 94, 276-284.

Wasser, S.P. 2002. Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides. Apply Microbiology and Biotechnology 60, 258–274.

Woodward, J.R., Phillips, D.R., Fincher, G.B. 1983. Water-soluble (1⟶3), (1⟶4)-β-d-glucans from barley (Hordeum vulgare) endosperm. I. Physicochemical properties. Carbohydrate Polymers 3(2), 143-156.

Yun, CH., Estrada, A., Kessel, A.V, Park, BC., Laarveld, B. 2003. L-Glucan, extracted from oat, enhances disease resistance against bacterial and parasitic infections. FEMS Immunology and Medical Microbiology 35, 67-75.

Zhou, L.D., Zhang, Q.H., Zhang, Y., Liu, J., Cao, Y.M. 2009. The shiitake mushroom-derived immuno-stimulant lentinan protects against murine malaria blood-stage infection by evoking adaptive immune-responses. International Immunopharmacology 9, 455–462.

Zhu, X.L., Lin Z.B. 2005. Effects of Ganoderma lucidum polysaccharides on proliferation and cytotoxicity of cytokine-induced killer cells. Acta Pharmacologica Sinica 26, 1130–1137.