วว.

โครงการวิจัยที่ ภ. 53-05 / ย. 2 / รายงานฉบับที่ 1 (ฉบับสมบูรณ์)

การพัฒนากรรมวิธีการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบเห็ดภายหลังการเก็บเกี่ยว

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

โครงการวิจัยที่ ภ. 53-05
วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากเห็ดเพื่อสนับสนุนฤทธิ์ต้านมะเร็ง

โครงการย่อยที่ 2
การพัฒนากรรมวิธีการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบเห็ด
ภายหลังการเก็บเกี่ยว

รายงานฉบับที่ 1 (ฉบับสมบูรณ์)
การพัฒนากรรมวิธีการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบเห็ด
ภายหลังการเก็บเกี่ยว

โดย

สดศรี เนียมเปรม **มนฑิณี กมลธรรม**
สุภาวดี ชนะพาล **จุติณัฏฐ์ ธนกิจวนิชกุล**
กุศล เอี่ยมทรัพย์ **ชนะ พรหมทอง**

บรรณาธิการ วว., ปทุมธานี 2556
ลิขิต หาญจางสิทธิ์ สงวนลิขสิทธิ์
บุญเรียม น้อยชุมแพ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการการพัฒนากรรมวิธีการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบเห็ดภายหลังการเก็บเกี่ยว สำเร็จลุล่วงได้ โดยได้รับความร่วมมือจากเจ้าหน้าที่ฝ่ายเทคโนโลยีการเกษตร, ฝ่ายเภสัชและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย และ มูลนิธิโครงการหลวง ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ คณะทำงานโครงการฯ ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้.

คณะผู้วิจัย

คำนำ

เห็ดจัดเป็นผลิตผลพืชสวนชนิดหนึ่ง ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะโปรตีนที่มีปริมาณสูงถึง 19-35% (ต่อน้ำหนักแห้ง) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตผลชนิดอื่นๆ มีกรดอะมิโน, กรดไขมันวิตามิน และ เกลือแร่หลายชนิด นอกจากนี้แล้วเห็ดยังมีสรรพคุณทางยา โดยมีการนำเห็ดมาใช้ประโยชน์ตั้งแต่สมัยโบราณ เช่น การนำเห็ดมาใช้เพื่อช่วยควบคุมการทำงานของอวัยวะสำคัญต่างๆ ช่วยให้ระบบไหลเวียนของโลหิตดีขึ้น, ลดระดับน้ำตาลและลดคอเลสเตอรอลในเลือด, รักษาอาการอัลไซเมอร์ และที่สำคัญ คือช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง.

จากการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกอย่างต่อเนื่อง ทำให้ความต้องการในการบริโภคอาหารเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอาหารประเภทโปรตีนซึ่งส่วนใหญ่จะได้จากเนื้อสัตว์ประเภทต่างๆ ที่นับวันจะมีราคาแพงมากยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงทำให้มีการแสวงหาแหล่งอาหารใหม่เพื่อนำมาทดแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ปัจจุบันที่ได้รับความนิยมอย่างมากคือ “เห็ด” เพราะนอกจากในเรื่องของรสชาติ คุณค่าทางโภชนา ตลอดจนสรรพคุณทางยาแล้ว เห็ดยังจัดเป็นอาหารเพื่อสุขภาพชนิดหนึ่งที่ผู้บริโภคให้การยอมรับ.

ประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตเห็ดที่มีคุณภาพได้ตลอดปี โดยมีการผลิตเพื่อบริโภคภายในประเทศและเพื่อการส่งออก จากสถิติในการส่งออกปี 2545 มูลค่าการส่งออก 8,500 ล้านบาท และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เห็ดที่มีการผลิตเพื่อการค้าที่สำคัญได้แก่ เห็ดฟาง, เห็ดหูหนู, เห็ดหอม, เห็ดกระดุม, เห็ดหลินจือ, เห็ดนางรม เป็นต้น. การส่งออกส่วนใหญ่อยู่ในรูปเห็ดแห้ง (ทั้งดอก, หั่นชิ้น, ผง) และเห็ดกระป๋อง ส่วนในรูปเห็ดสดมีน้อยและไม่ค่อยเป็นที่นิยม ทั้งนี้เนื่องมาจากเห็ดมีอายุการเก็บรักษาสั้น การเน่าเสียและการเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว. จึงเป็นปัญหาหลักที่ทำให้อุตสาหกรรมการส่งออกอยู่ในวงแคบและไม่ขยายตัว และปัจจุบันงานวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับเห็ดยังมีอยู่น้อย ขณะที่ความนิยมในการบริโภคเห็ดมีเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้เป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเพื่อป้องกันและรักษาโรคต่างๆ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญและปัญหาดังกล่าว จึงได้เสนอโครงการการพัฒนากรรมวิธีการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบเห็ดภายหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อพัฒนากรรมวิธีการผลิตตลอดจนพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่มีประสิทธิภาพ เพื่อเป็นการเพิ่มโอกาสการแข่งขัน ลดการนำเข้า และ เสริมสร้างศักยภาพในการส่งออกต่อไป.

วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อศึกษากรรมวิธีการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบเห็ดและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่มีประสิทธิภาพและมีความเหมาะสม.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
คำนำ	ข
วัตถุประสงค์ของโครงการ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ซ
ABSTRACT	1
บทคัดย่อ	2
1. บทนำ	3
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	17
3. ผลการทดลองและวิจารณ์	23
4. สรุปผล	47
5. ข้อเสนอแนะ	48
6. เอกสารอ้างอิง	49
ภาคผนวก ก การวัดความเข้มข้นพอลิแซ็กคาไรด์	54
ภาคผนวก ข การวัดปริมาณบีตา-กลูแคน	56
ภาคผนวก ค การประเมินอายุการเก็บรักษา	61

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1.	คุณค่าทางโภชนาการของเห็ดหัวลิง, เห็ดหอม, เห็ดเป๋าฮื้อ, เห็ดนางฟ้าภูฏาน, เห็ดนางรมฮังการี เทียบจากน้ำหนักสด 100 กรัม	9
ตารางที่ 2.	คุณค่าทางโภชนาการของเห็ดเปรียบเทียบกับอาหารชนิดอื่นๆ	11
ตารางที่ 3.	พอลิแซ็กคาไรด์และ สรรพคุณทางยาของเห็ดชนิดต่างๆ	12
ตารางที่ 4.	ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดชนิดต่างๆ ที่สกัดได้โดยใช้ความร้อนที่แตกต่างกัน คือ การต้มในน้ำร้อนและการนึ่งในหม้อนึ่งความดันไอ	24
ตารางที่ 5.	ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดหัวลิง ที่สกัดได้โดยใช้ปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน คือ 1:6, 1:8, 1:10, 1:12 และ 1:14 (กรัม/มิลลิลิตร)	25
ตารางที่ 6.	ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดหอม ที่สกัดได้โดยใช้ปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน คือ 1:6, 1:8, 1:10, 1:12 และ 1:14 (กรัม/มิลลิลิตร)	25
ตารางที่ 7.	ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดเป๋าฮื้อ ที่สกัดได้โดยใช้ปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน คือ 1:6, 1:8, 1:10, 1:12 และ 1:14 (กรัม/มิลลิลิตร)	26
ตารางที่ 8.	ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดนางฟ้าภูฏาน ที่สกัดได้โดยใช้ปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน คือ 1:6, 1:8, 1:10, 1:12 และ 1:14 (กรัม/มิลลิลิตร)	27
ตารางที่ 9.	ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดนางรมฮังการีที่สกัดได้โดยใช้ปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน คือ 1:6, 1:8, 1:10, 1:12 และ 1:14 (กรัม/มิลลิลิตร)	27
ตารางที่ 10.	ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดหัวลิง ที่สกัดได้โดยใช้ระยะเวลาในการสกัดที่แตกต่างกันคือ 1.5, 3.0 และ 6.0 ชั่วโมง	28
ตารางที่ 11.	ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดหอม ที่สกัดได้โดยใช้ระยะเวลาในการสกัดที่แตกต่างกันคือ 1.5, 3.0 และ 6.0 ชั่วโมง	28
ตารางที่ 12.	ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดเป๋าฮื้อ ที่สกัดได้โดยใช้ระยะเวลาในการสกัดที่แตกต่างกันคือ 1.5, 3.0 และ 6.0 ชั่วโมง	29
ตารางที่ 13.	ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดนางฟ้าภูฏาน ที่สกัดได้โดยใช้ระยะเวลาในการสกัดที่แตกต่างกันคือ 1.5, 3.0 และ 6.0 ชั่วโมง	29
ตารางที่ 14.	ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดนางรมฮังการี ที่สกัดได้โดยใช้ระยะเวลาในการสกัดที่แตกต่างกันคือ 1.5, 3.0 และ 6.0 ชั่วโมง	30

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 15. ค่าความชื้น (ร้อยละ) ในเห็ดหัวลิงอบแห้ง เมื่อเก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ภายใต้อุณหภูมิ 27, 37 และ 47°ซ. 31

ตารางที่ 16. ปริมาณน้ำหนักตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์(มิลลิกรัม/กรัม) ในเห็ดหัวลิงอบแห้ง เมื่อเก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ภายใต้อุณหภูมิ 27, 37 และ 47°ซ. 31

ตารางที่ 17. ความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ (ร้อยละ) ในเห็ดหัวลิงอบแห้ง เมื่อเก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ภายใต้อุณหภูมิ 27, 37 และ 47°ซ. 32

ตารางที่ 18. ความเข้มข้นของบีตา-กลูแคน (ร้อยละ) ในเห็ดหัวลิงอบแห้ง เมื่อเก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ภายใต้อุณหภูมิ 27, 37 และ 47°ซ. 32

ตารางที่ 19. อายุการเก็บรักษาของเห็ดหัวลิงอบแห้ง ในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ภายใต้อุณหภูมิ 27, 37 และ 47°ซ. 33

ตารางที่ 20. ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์/บีตา-กลูแคนในเห็ดหัวลิง ที่ผ่านกรรมวิธีการรักษาคุณภาพก่อนการอบแห้ง 34

ตารางที่ 21. ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์/บีตา-กลูแคนในเห็ดหอม ที่ผ่านกรรมวิธีการรักษาคุณภาพก่อนการอบแห้ง 35

ตารางที่ 22. ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์/บีตา-กลูแคนในเห็ดเป๋าฮื้อ ที่ผ่านกรรมวิธีการรักษาคุณภาพก่อนการอบแห้ง 36

ตารางที่ 23. ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์/บีตา-กลูแคนในเห็ดนางฟ้าภูฏาน ที่ผ่านกรรมวิธีการรักษาคุณภาพก่อนการอบแห้ง 37

ตารางที่ 24. ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์/บีตา-กลูแคนในเห็ดนางรมฮังการี ที่ผ่านกรรมวิธีการรักษาคุณภาพก่อนการอบแห้ง 38

ตารางที่ 25. ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์/บีตา-กลูแคนในเห็ดชนิดต่างๆ ที่ผ่านกรรมวิธีการรักษาคุณภาพก่อนการอบแห้ง ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°ซ. เป็นเวลานาน 6 และ 12 เดือน 40

ตารางที่ 26. ค่าความสด (freshness) ของเห็ดหัวลิงที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°ซ. เป็นเวลา 10, 20 และ 30 วัน 41

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 27.	ค่าความสด (freshness) ของเห็ดหัวลิงที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°ซ. เป็นเวลา 10, 20 และ 30 วัน	43
ตารางที่ 28.	การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดหัวลิงที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°ซ. เป็นเวลา 10, 20 และ 30 วัน	43
ตารางที่ 29.	ค่าสีผิวของเห็ดหัวลิงที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ภายหลังการเก็บ รักษาที่อุณหภูมิ 5°ซ. เป็นเวลา 10, 20 และ 30 วัน	44
ตารางที่ 30	ค่าความสด (freshness) ของเห็ดหัวลิงที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15°ซ. เป็นเวลา 7 และ 14 วัน	45
ตารางที่ 31.	การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดหัวลิงที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15°ซ. เป็นเวลา 7 วัน และ 14 วัน	45
ตารางที่ 32.	ค่าสีผิวของเห็ดหัวลิงที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15°ซ. เป็นเวลา 7 และ 14 วัน	46

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.	เห็ดหัวลิงที่บรรจุในฟิล์มชนิด PP ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน ที่อุณหภูมิ 5°ซ.	41
รูปที่ 2.	เห็ดหัวลิงที่บรรจุในกล่องพลาสติกใสชนิดพอลิสไตรีน ภายหลังการเก็บรักษานาน 30 วัน ที่อุณหภูมิ 5°ซ.	42
รูปที่ 3.	เห็ดหัวลิงที่บรรจุในฟิล์มชนิด PP ภายหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน ที่อุณหภูมิ 5°ซ.	44
รูปที่ 4.	เห็ดหัวลิงที่บรรจุในฟิล์มชนิด PP ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน ที่อุณหภูมิ 15°ซ.	46

DEVELOPMENT OF QUALITY CONTROL METHODS IN POSTHARVEST OF FRESH MUSHROOMS

Sodsri Neamprem, Montinee Kamoltham, Supavadee Chanapan,

Jutinat Thanakitwanitkul, Kusol Iamsub and Chana Phromtong

ABSTRACT

The quality control methods in postharvest of fresh mushrooms were developed to ensure the quality of end products and shelf life. Several selected types of fresh mushrooms such as Monkey'head mushroom, Shiitake mushroom, Abalone mushroom, Sajor-caju mushroom and Oyster mushroom were used to determine the proper methods for postharvest handling. The total polysaccharide extracts from these mushrooms at 1:12 w/v mushroom : water ratio with hot water extract at temperature 95 -100 $^{\circ}$ C. for 3 hours was the best method to give highest yield and quality. The dries mushroom materials use for polysaccharide extracts were best stored with laminated film (PET/ALU/LLDPE) under vacuum seal to prevent humidity and other bioactive compounds namely polysaccharide and beta-glucan. Pre-drying treatment was necessary to maintain the high polysaccharide extract yields. Brief submerged 15 minutes with 0.5% potassium metabisulfite solution work best for Monkey'head mushroom and Oyster mushroom and 0.25% for Shiitake mushroom, Abalone mushroom and Sajor-caju mushroom. The shelf life can be extended to maintain freshness and good quality to 30 days in Monkey'head mushroom when stored in sealed PP film and kept at 5°C. compared to only 14 days when store at 15 $^{\circ}$C.

การพัฒนากรรมวิธีการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบเห็ด ภายหลังการเก็บเกี่ยว

สดศรี เนียมเปรม[1], มนฑิณี กมลธรรม[1], สุภาวดี ชนะพาล[1], จุติณัฏฐ์ ธนกิจวนิชกุล[1] กุศล เอี่ยมทรัพย์[1] และ ชนะ พรหมทอง[2]

บทคัดย่อ

การพัฒนากรรมวิธีการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบเห็ดภายหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อให้มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนาน และยังคงมีคุณค่าทางโภชนาการตลอดจนสรรพคุณทางยา จึงได้มีการทดลองศึกษาถึงวิธีการต่างๆ ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้ คือ:

การทดลองสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดหัวลิง, เห็ดหอม, เห็ดเป๋าฮื้อ, เห็ดนางฟ้าภูฏาน และเห็ดนางรมฮังการี ด้วยวิธีการต้มในน้ำร้อน อุณหภูมิ 95-100°ซ. เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง โดยใช้อัตราส่วนของเห็ดที่ผ่านการอบแห้ง:น้ำ เท่ากับ 1:12 (กรัม/มิลลิลิตร) ซึ่งพบว่า เป็นวิธีการที่เหมาะสม เนื่องจากสามารถสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ได้ในปริมาณมาก และพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้มีคุณภาพดี. ภาชนะบรรจุที่มีเหมาะสมในการเก็บรักษาเห็ดที่ผ่านการอบแห้ง คือ ฟิล์มประกบชนิด PET/ALU/LLDPE ร่วมกับการปิดผนึกแบบสุญญากาศ, เนื่องจากฟิล์มดังกล่าว สามารถควบคุมปริมาณความชื้นให้คงที่ ตลอดจนช่วยรักษาคุณภาพโดยเฉพาะสารสำคัญ คือ พอลิแซ็กคาไรด์ และบีตา-กลูแคนได้เป็นอย่างดี. กรรมวิธีการรักษาคุณภาพที่เหมาะสมก่อนการอบแห้ง โดยการจุ่มเห็ดหัวลิง, เห็ดนางรมฮังการี ลงในสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และการจุ่มเห็ดหอม, เห็ดเป๋าฮื้อ, เห็ดนางฟ้าภูฏาน ลงในสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.25 เป็นเวลานาน 15 นาที พบว่า เป็นวิธีการที่ช่วยรักษาคุณภาพและช่วยทำให้สกัดพอลิแซ็กคาไรด์ได้ในปริมาณมากขึ้น. การยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดหัวลิงสด โดยการบรรจุลงในฟิล์มชนิด PP พบว่า สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ 30 วัน ที่อุณหภูมิ 5°ซ. และ 14 วัน ที่อุณหภูมิ 15°ซ. โดยที่เห็ดยังคงมีความสดและมีคุณภาพดี.

---

1. ฝ่ายเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

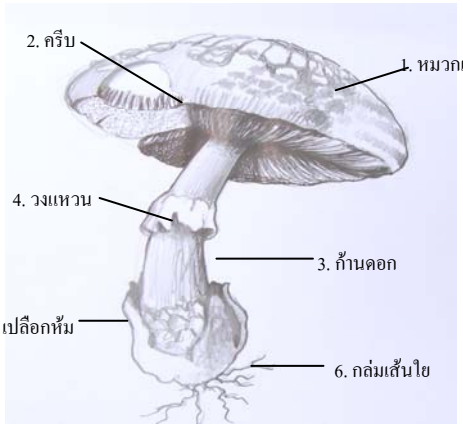
2. ฝ่ายวิทยาศาสตร์ชีวภาพ,วว.

1. บทนำ

1.1 ลักษณะทั่วไปของเห็ด

เห็ด (mushroom) เป็นสิ่งมีชีวิตจัดอยู่ในหมวดหมู่ของราที่มีวิวัฒนาการสูง, ลักษณะคล้ายพืชแต่ไม่มีสารสีเขียวหรือคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) เหมือนกับพืชทั่วไป, จึงไม่สามารถสังเคราะห์แสงและสร้างอาหารเองได้, ต้องอาศัยอาหารจากการย่อยสลายของซากพืชซากสัตว์. การที่เห็ดไม่มีระบบประสาทหรืออวัยวะต่างๆ ทำให้ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้. ดังนั้น การเจริญเติบโตของเห็ดจึงมีลักษณะเป็นเส้นใยรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อน. หากอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม จะเจริญเติบโตมีขนาดใหญ่ขึ้นและพัฒนาจนเป็นดอกเห็ด (นุชจังหรีด 2555 และ เฮงสวัสดิ์ 2548).

ดอกเห็ด เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่จะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้ คือ 1. หมวกเห็ด (cap or pilleus) เป็นส่วนปลายสุดของดอกที่เจริญเติบโตขึ้นไปในอากาศ เมื่อดอกบานเต็มที่ก็จะกางออก, 2. ครีบ (gill or lamelta) หรือ ซี่หมวกเห็ด อยู่ด้านล่างของหมวกเห็ด, โดยจะมีการเรียงตัวเป็นรัศมีรอบก้านดอกเห็ด, บางชนิดไม่มีครีบ แต่มีรู (pores) หรือมีฟันเลื่อย (teeth) แทนครีบ, สปอร์จะเกิดในรูหรือบนฟันเลื่อยนั้น, 3. ก้านดอก (stalk or stipe) อยู่ติดกับหมวกเห็ด, มักมีขนาดใหญ่และยาวแตกต่างกัน, ส่วนมากเป็นรูปทรงกระบอก บางชนิดมีโคนหรือปลายเล็กเรียว, 4. วงแหวน (ring or annulus) เป็นเนื้อเยื่อบางๆ ที่ยึดก้านดอกและขอบหมวกให้ติดกัน, เมื่อหมวกเห็ดกางออกเนื้อเยื่อนี้จะขาดออกจากกัน แต่คงยังมีร่องรอยของเศษเนื้อเยื่อให้เห็น, 5. เปลือกหุ้ม (volva outer veil) เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอกสุดที่หุ้มดอกเห็ดทั้งดอกไว้ในระยะที่ยังเป็นดอกอ่อน จะแตกออกเมื่อดอกเริ่มบาน, ส่วนของเปลือกหุ้มยังอยู่ที่โคน ซึ่งมีในเห็ดบางชนิด เช่น เห็ดบัว และเห็ดฟาง เป็นต้น, 6. กลุ่มเส้นใย (mycelium) เป็นการรวมตัวกันของเส้นใยเป็นกลุ่มก้อน ก่อนที่จะพัฒนาเป็นดอกเห็ด (ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเห็ด 2551).



ส่วนประกอบของเห็ด

การจำแนกประเภทของเห็ด : สามารถจำแนกได้หลายรูปแบบ เช่น การจำแนกทางพฤกษศาสตร์, การจำแนกทางพืชสวน และการจำแนกตามรูปร่างหรือโครงสร้าง เป็นต้น (ป้องพาล 2555, รักวิทยาศาสตร์ 2551 และเห็ดเมืองหนาว 2546).

การจำแนกทางพฤกษศาสตร์ การจำแนกประเภทนี้ เห็ดถูกจัดอยู่ในหมวดหมู่ของอาณาจักรรา(Fungi) ซึ่งในหมวดหมู่ดังกล่าว แบ่งราออกเป็น 2 จำพวก (Division) คือ.

1. Division Myxomycota ได้แก่ ราที่มีชื่อเรียกโดยทั่วไปว่า ราเมือก หรือ slime mold ซึ่งมีลักษณะก้ำกึ่งกันระหว่าง ราและสัตว์.

2. Division Eumycota ได้แก่ ราส่วนใหญ่ที่รู้จักกันดีโดยทั่วไป จัดอยู่ในพวก true fungi ได้แก่ ราชั้นต่ำ, ราชั้นสูง, ราที่มีขนาดใหญ่ เช่น เห็ดชนิดต่างๆ และราที่มีขนาดเล็กอาจเป็นเพียงเซลล์เดียว เช่น พวกยีสต์. ราใน Divisionนี้ ยังได้มีการแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มย่อย (Subdivision) คือ.

2.1 Mastigomycotina.

2.2 Zygomycotina.

2.3 Deuteromycotina.

2.4 Ascomycotina.

2.5 Basidiomycotina.

เห็ดที่มีความสำคัญในแง่ของการนำมาใช้ประโยชน์ ได้แก่ เห็ดที่อยู่ในกลุ่มย่อย Basidiomycotina (Basidiomycetes) ซึ่งเป็นชั้นที่มีวิวัฒนาการสูงสุด เช่น เห็ดที่ขึ้นอยู่ตามท่อนไม้, เห็ดตับเต่า, เห็ดร่างแห, เห็ดรังนก, เห็ดเผาะ, เห็ดหูหนูขาว เป็นต้น และมีส่วนน้อยที่อยู่ในกลุ่มย่อย Ascomycotina (Ascomycetes) ที่สำคัญ ได้แก่ เห็ดมอเรล, เห็ดโคนฝรั่ง และ เห็ดทรัฟเฟิล เป็นต้น.

การจำแนกทางพืชสวน แบ่งออกเป็น

1. ความสามารถในการนำมารับประทาน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ.

เห็ดรับประทานได้ (edible mushroom) ได้แก่ เห็ดที่เพาะเลี้ยงเป็นการค้าทั่วไป เช่น เห็ดฟาง, เห็ดนางรม, เห็ดหอม เป็นต้น. ส่วนเห็ดป่าบางชนิดที่ไม่มีสารพิษและสามารถนำมารับประทานได้ เช่น เห็ดเผาะ, เห็ดหล่ม, เห็ดลม และ เห็ดโคน เป็นต้น.

เห็ดรับประทานไม่ได้หรือเห็ดพิษ (poisonous mushroom) ได้แก่ เห็ดระโงกหิน และเห็ดกระโดงตีนต่ำ เป็นต้น.

2. สภาพธรรมชาติที่ขึ้นอยู่ เป็นการแบ่งประเภทของเห็ดโดยอาศัยความสามารถในการใช้อาหารหรือตามวัสดุที่ใช้เพาะ, โดยแบ่งออกเป็น.

ประเภทอาศัยกินอยู่กับอินทรียวัตถุ (saprophytic fungi) เป็นเห็ดที่ขึ้นและหากินอยู่กับซากพืชซากสัตว์โดยการย่อยสลาย ได้แก่ เห็ดฟาง, เห็ดถั่ว, เห็ดแชมปิญอง, เห็ด stropharia เป็นต้น.

ประเภทอาศัยกินอยู่กับต้นพืชและแมลง (parasitic fungi) เป็นเห็ดที่ขึ้นอยู่บนต้นไม้, ดำรงชีพอยู่ได้ด้วยการดูดกินสารอาหารจากพืชโดยตรง เช่น เห็ดนางรม, เห็ดหูหนู, เห็ดหูหนูขาว, เห็ดหอม, เห็ดหลินจือ เป็นต้น. ส่วนเห็ดถั่งเฉ้าหรือหญ้าหนอน เป็นเห็ดที่อาศัยอยู่ในตัวแมลงตั้งแต่ยังอ่อนจนแก่, เมื่อแมลงตาย เห็ดจึงออกดอกเพื่อขยายพันธุ์ต่อไป.

ประเภทอาศัยอยู่กับรากพืชในลักษณะไมคอร์ไรซ่า (symbiotic fungi) โดยเป็นการอาศัยแบบพึ่งพาซึ่งกันและกัน, ไม่ได้เบียดเบียนกัน, แต่ต้นไม้จะได้ประโยชน์จากเห็ดมากกว่า. โดยเห็ดจะทำหน้าที่ย่อยสลายธาตุอาหารในดินให้ต้นไม้ดูดไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายขึ้น, ทำให้ต้นไม้เจริญเติบโตดีกว่าต้นที่ไม่มีเห็ดอาศัยอยู่. ในขณะที่เห็ดได้อาศัยรากไม้เป็นที่อยู่อาศัย, ได้ความชุ่มชื้น และสารอาหารที่มาจากรากพืชที่ตายแล้ว เช่น เห็ดทรัฟเฟิล (truffles) หรือเห็ดที่ขึ้นอยู่บนรังปลวก เช่น เห็ดโคน เป็นต้น. เห็ดประเภทดังกล่าวไม่สามารถนำมาเพาะเลี้ยงเป็นการค้าได้.

3. อุณหภูมิที่ใช้ในการเจริญเติบโต แบ่งเป็น.

เห็ดเขตร้อน (tropical mushroom) เห็ดที่เจริญเติบโตได้ดีในที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 25°ซ. เช่น เห็ดฟาง, เห็ดหูหนู, เห็ดนางรม เป็นต้น.

เห็ดเขตหนาว (temperate mushroom) เห็ดที่เจริญเติบโตได้ดีในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 25°ซ. จนเกือบ ถึง 0°ซ. เช่น เห็ดหัวลิง, เห็ดหอม, เห็ดเข็มทอง, เห็ดแชมปิญอง เป็นต้น.

4. การนำไปใช้ประโยชน์ แบ่งเป็น.

ใช้เป็นอาหาร ได้แก่ เห็ดที่รับประทานได้ทั่วๆ ไป เช่น เห็ดฟาง, เห็ดนางรม, เห็ดหอม, เห็ดเป๋าฮื้อ เป็นต้น.

ใช้เป็นยารักษาโรค ได้แก่ เห็ดหอม, เห็ดหลินจือ, เห็ดหูหนูขาว, เห็ดเข็มทอง, เห็ดปุยฝ้าย, เห็ดไมตาเกะ, เห็ดถั่งเช่า เป็นต้น.

ใช้เป็นเครื่องเทศ ได้แก่ เห็ดหอม เป็นต้น.
ใช้ประดับเพื่อความสวยงาม ได้แก่ เห็ดหลินจือ เป็นต้น.

การจำแนกตามรูปร่างและโครงสร้าง สามารถแบ่งเห็ดออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆได้หลายกลุ่ม เช่น

1. gill fungi.
2. boletus fungi.
3. club, coral, cauliflower, fan-like or irregularly lobed fungi.
4. toothed fungi.
5. chanterelles & trumpet fungi etc.

ปัจจุบันมีเห็ดหลายชนิดที่ถูกนำมาเพาะเลี้ยงเพื่อการค้า, โดยเห็ดแต่ละชนิดจะมีคุณค่าทางโภชนาการที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1. นอกจากนี้ การที่เห็ดมีสรรพคุณทางยา จึงถูกนำมาใช้เพื่อรักษาโรคบางชนิดได้ เช่น.

เห็ดหัวลิง

ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon ชื่อสามัญ เห็ดหัวลิง (monkey's head หรือ lion's mane), ชื่ออื่นได้แก่ เห็ดปุยฝ้าย, เห็ดภู่มาลา, เห็ดยามาบูชิตาเกะ, เห็ดหนุมาน, เห็ดเม่น, เห็ดเหอโกวกูหรือเก่าเถ้าโกว. ลักษณะทั่วไปมีรูปร่างคล้ายจาวมะพร้าวสีขาว. ดอกเห็ดมีโครงสร้างเหมือนฟองน้ำ, เนื้อฟูไม่แน่น, ลักษณะคล้ายหนามหรือขนขึ้นหนาแน่นรอบดอก คล้ายหัวลิง, จึงเรียกว่า เห็ดหัวลิง. เห็ดชนิดนี้ก้านดอกสั้น, ขนจะยาวขึ้นเมื่อดอกเห็ดมีอายุมากขึ้น. เห็ดหัวลิงเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ โดยสามารถเกิดได้ตามตอไม้แห้งหรือกิ่งไม้ที่ทับถมกัน. พบมากในแถบอเมริกาเหนือ, ยุโรป, จีน และญี่ปุ่น. สำหรับในประเทศไทย พบที่บริเวณดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ (เห็ดปุยฝ้ายหรือเห็ดหัวลิง 2555). เห็ดหัวลิงมีสาระสำคัญ ได้แก่ สารพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide), สารแลนติแนน (lentinan) ซึ่งมีบทบาทในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันของร่างกายและยับยั้งการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็ง, สาร Nerve Growth Factor (NGF), hericenone type A, B, C, D, E, F, G, และ H, xylan, hetero xylan, heteroglucan และ proteoglycan ที่ช่วยกระตุ้นการเจริญของเซลล์สมอง, พัฒนาเซลล์ประสาท และป้องกันโรคอัลไซเมอร์ (Anti-Alzheimer'disease) (โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตลดา 2555). นอกจากนี้ยังพบสาร บีตา-กลูแคน

ซึ่งเป็นสารที่ช่วยกระตุ้นให้เซลล์ภูมิคุ้มกันทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ, ต่อต้านอนุมูลอิสระ, ต่อต้านโรคมะเร็ง, กระตุ้นให้แผลหายเร็ว และเพิ่มการเจริญเติบโตของเม็ดเลือดขาว (เห็ดภู่มาลา 2555).

เห็ดหอม

ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Lentinus edodes* (Berk) Sing. ชื่อสามัญ Shiitake mushroom. ลักษณะทั่วไป หมวกเห็ดเป็นรูปทรงกลม, ผิวหมวกด้านบนเป็นสีน้ำตาล, น้ำตาลปนแดงหรือน้ำตาลเข้ม, ครีบดอกเป็นแผ่นบางๆ สีขาว, ก้านดอกมีสีขาวหรือสีน้ำตาลอ่อน, เนื้อในมีสีขาวนุ่ม, มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว, จึงเรียกว่า เห็ดหอม สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิค่อนข้างต่ำ คือ 15-25°ซ. ซึ่งจะให้ผลผลิตดี (เห็ดเมืองหนาว 2546). เห็ดหอมสามารถบริโภคได้ทั้งแบบสดและแบบแห้ง แต่แบบแห้งจะให้กลิ่นหอมกว่า. นอกจากนี้ เห็ดหอมยังมีคุณสมบัติทางยา คือ มีสารเลนติแนนที่ช่วยกระตุ้นการทำงานของเซลล์ระบบภูมิคุ้มกันให้มีประสิทธิภาพในการต่อสู้กับเซลล์เนื้องอก และมีกรดแอมิโน ชื่อ eritadenine ที่ช่วยให้ไตย่อยคอเลสเตอรอลได้ดี. สำหรับชาวจีนเห็ดหอมจัดเป็นยาอายุวัฒนะที่ช่วยรักษาโรคหวัด, ทำให้เลือดลมดี, ป้องกันโรคหัวใจ, ป้องกันการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง, ช่วยรักษาโรคเลือด และหลอดเลือดหัวใจตีบ (ประโยชน์ทางยาของเห็ด 8 ชนิด 2555).

เห็ดเป๋าฮื้อ

ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Pleurotus ostreatus* (FR.) Guel ชื่อสามัญ Abalone mushroom ลักษณะทั่วไป หมวกเห็ดมีสีครีมถึงสีเทาเข้ม, ขอบหมวกม้วนงอลงเล็กน้อย, ผิวดอกแห้ง, บริเวณกลางดอกบุ๋มเล็กน้อย, ครีบใต้ดอกมีสีขาวถึงสีครีม, ก้านดอกใหญ่, อวบแน่น และติดกับขอบหมวกด้านใดด้านหนึ่ง. เห็ดเป๋าฮื้อสามารถเพาะได้ทุกภาคของประเทศไทย, เจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 25-30°ซ. ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่านี้ จะทำให้เห็ดแคระแกรน. นอกจากนี้แสงสว่างและความชื้นสัมพัทธ์มีผลต่อคุณภาพด้วย, โดยแสงสว่างจะช่วยกระตุ้นให้เห็ดออกดอก. โดยเฉพาะการเจริญของหมวก ถ้ามีแสงน้อยหรือไม่มีแสง จะกระตุ้นการเจริญของก้านดอกแทน. ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ ถ้าสูง จะทำให้ดอกเห็ดมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก (ฟาร์มเห็ดเขาหมาก จุดเริ่มต้นคนเพาะเห็ด 2555). สำหรับการนำมาใช้ประโยชน์ เห็ดเป๋าฮื้อนิยมนำมาปรุงสดในตำรับ

อาหารจีน, มีสรรพคุณช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน, ลดน้ำตาลในเลือด, ปรับสภาพความดันโลหิต, ลดการอักเสบ และยังยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง เป็นต้น.

เห็ดนางฟ้าภูฏาน

ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Pleurotus Sajor-caju* (Fr.) Singer. ชื่อสามัญ Sajor-caju mushroom, ชื่ออื่น ได้แก่ เห็ดแขก เป็นต้น, อยู่ในตระกูลเดียวกับเห็ดเป๋าฮื้อและเห็ดนางรม. ลักษณะทั่วไป เกิดเป็นกลุ่มๆ ละ 3-10 ดอก. หมวกเห็ดเป็นรูปใบพายหรือรูปใบพัด, ผิวหมวกมีสีน้ำตาลอ่อนอมเทา, ผิวเรียบ เนื้อหมวกสีขาว, ด้านล่างมีครีบแคบและเรียวยาวลงไปจดก้านดอก. ครีบและก้านดอกมีสีขาว, ความยาวของก้านดอกประมาณ 1-4 เซนติเมตร, โคนเรียวเล็ก, เนื้อในก้านดอกสีขาวฟูนิ่ม (เห็ดน่ารู้ 2555 และเห็ดนางฟ้าภูฏาน 2555). สามารถเพาะได้ทุกภาคของประเทศ, อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 17-28°ซ. ถ้าเป็นช่วงฤดูหนาวที่มีอากาศเย็น เห็ดจะไม่ออกดอก. เห็ดนางฟ้าภูฏานสามารถนำมาบริโภคได้ทั้งแบบสดหรือนำมาแปรรูป ซึ่งนอกจากจะมีคุณค่าทางโภชนาการสูงแล้ว, ยังมีสรรพคุณทางยาโดยช่วยยังยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง และลดไขมันในเส้นเลือด เป็นต้น.

เห็ดนางรมฮังการี

ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kummer. ชื่อสามัญคือ Oyster mushroom, อยู่ในตระกูลเดียวกับเห็ดนางฟ้าภูฏานและเห็ดเป๋าฮื้อ. ลักษณะทั่วไปคือ ดอกมีสีขาวอมเทา, ผิวเรียบ, ขอบกลีบดอกโค้งลงด้านล่างเล็กน้อย, เมื่อโตเต็มที่ด้านหลังของดอกจะมีลักษณะเป็นครีบ. ก้านดอกเชื่อมติดเป็นเนื้อเดียวกับหมวก, อาจเกิดเป็นดอกเดี่ยวหรือเป็นกระจุก, ขนาดดอกเมื่อโตเต็มที่กว้างประมาณ 3-6 นิ้ว (ฟาร์มเห็ดเขาหมากจุดเริ่มต้นคนเพาะเห็ด 2555). เห็ดนางรมฮังการีเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิค่อนข้างสูง คือ 24–34°ซ. หรือในช่วงเดือนมกราคม-พฤษภาคม จะเป็นช่วงที่ให้ผลผลิตสูงสุด (จริยนุกูล 2543). เห็ดนางรมฮังการีสามารถเพาะได้ทุกภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะภาคกลาง เช่น จังหวัดนครปฐม, ราชบุรี, ปทุมธานี และนครนายก ซึ่งเป็นแหล่งที่เพาะเห็ดนางรมฮังการีมากที่สุด. สำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ เนื่องจาก

หาซื้อได้ง่าย, ราคาถูก, รสชาติหอมหวาน, เนื้อหนานุ่ม, สีขาวสะอาด จึงเป็นที่นิยมของผู้บริโภค, โดยสามารถนำมาปรุงอาหารได้หลายประเภท. นอกจากบริโภคสดแล้ว ยังสามารถนำมาอบแห้งเพื่อให้เก็บรักษาได้นานขึ้น (เห็ดน่ารู้ 2555). เห็ดนางรมฮังการีเป็นเห็ดที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง, มีแร่ธาตุหลายชนิด เช่น แคลเซียม, ฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม และกรดโฟลิกที่สูงกว่าผักและเนื้อสัตว์. กรดโฟลิกจะช่วยรักษาโรคโลหิตจาง, เหมาะสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน, ความดันโลหิตสูง, โรคหัวใจและโรคไตอักเสบ. นอกจากนี้ ยังเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก เนื่องจากมีปริมาณไขมันน้อยและโซเดียมต่ำ (เห็ดนางรมฮังการี 2555).

ตารางที่ 1. คุณค่าทางโภชนาการของเห็ดหัวลิง, เห็ดหอม, เห็ดเป๋าฮื้อ, เห็ดนางฟ้าภูฏาน, เห็ดนางรมฮังการี เทียบจากน้ำหนักสด 100 กรัม

เห็ด	พลังงาน (กก.แคลอรี)	โปรตีน (กรัม)	คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	ไขมัน (กรัม)	แคลเซียม (มก.)	ฟอสฟอรัส (มก.)	วิตามิน (มก.)		อื่นๆ (มก.)	
							บี 1	บี 2		
เห็ดหัวลิง	73.79	2.13	14.9	0.63	2.19	105.5	0.05	0.27	เหล็ก ไนอะซิน	1 1
เห็ดหอม	387	17.5	67.5	8	98	476	1.8	4.9	เหล็ก	8.5
เห็ดเป๋าฮื้อ	34	1.6	1.0	0.4	3	78	-	-	เหล็ก วิตามินซี	1.1 11
เห็ดนางฟ้าภูฏาน	35	2.5	5.7	0.3	-	-	-	-	ไนอะซิน	2.5
เห็ดนางรมฮังการี	30	2.1	4.8	0.3	4	61	-	-	ไนอะซิน วิตามินซี	2.7 21

ที่มา : ดัดแปลงข้อมูลจากเห็ดนางฟ้าภูฏาน (2555)

1.2 ความสำคัญและประโยชน์ของเห็ด

ปัจจุบัน มีเห็ดมากกว่า 100,000 ชนิด, ในจำนวนนี้มีประมาณ 2,000 ชนิด ที่มีรสชาติและคุณสมบัติที่ดีในการนำมาใช้ประโยชน์. แต่ยังไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่า มีกี่ชนิดที่รับประทานได้. ส่วนเห็ดมีพิษที่ไม่สามารถนำมารับประทานได้ มีประมาณ 100 ชนิด. โดยทั่วไป มักพบเห็ดตามแหล่งธรรมชาติ เช่น ในป่าหรือตามทุ่งหญ้า. ดังนั้น การนำมาบริโภค จึงต้องระมัดระวัง, เนื่องจากอาจเป็นเห็ดพิษได้.

จากการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกอย่างต่อเนื่อง ทำให้ความต้องการในการบริโภคอาหารเพิ่มขึ้น. โดยเฉพาะอาหารประเภทโปรตีน ที่ส่วนใหญ่จะได้จากเนื้อสัตว์ประเภทต่างๆ ซึ่งโดยมากจะมีราคาแพง. ดังนั้น จึงทำให้มีการแสวงหาแหล่งอาหารใหม่ เพื่อนำมาทดแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์. ปัจจุบันที่ได้รับความนิยมอย่างมากคือ อาหารจากเห็ด.

เห็ดจัดเป็นอาหารเพื่อสุขภาพที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง, โดยทั่วไปประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 19-35 (ต่อน้ำหนักแห้ง) ซึ่งถือว่าอยู่ในปริมาณที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับผักและผลไม้ ดังแสดงในตารางที่2. เห็ดมีกรดแอมิโนเกือบทุกชนิดในปริมาณที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของเห็ด, โดยเฉพาะกรดแอมิโนชนิดที่ร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นเองได้ แต่มีความสำคัญต่อร่างกาย เช่น ไลซีน, เมไท-โอนีน, ทริปโตเฟน, ทรีโอนีน, วาลีน, ไอโซลิวซีน, ซีสเตอีน และฟินิลอาลานีน, รวมถึงมีปริมาณน้ำตาล, เกลือ และไขมันต่ำ. โดยมีสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงคือ ประมาณร้อยละ 72–85, มีกากใยร้อยละ 4–20. นอกจากนี้ ยังอุดมไปด้วยวิตามิน และ แร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น.

ซีลีเนียม : ช่วยต้านอนุมูลอิสระ, ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง และโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน.

โพแทสเซียม : ควบคุมการเต้นของหัวใจ, ปรับสมดุลของน้ำในร่างกาย, ช่วยให้กล้ามเนื้อและระบบประสาททำงานได้ดีขึ้น.

ทองแดง : ช่วยเสริมสร้างการทำงานของธาตุเหล็ก, ทำให้ระบบหมุนเวียนของโลหิตมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น.

วิตามินบีรวม : ช่วยบำรุงผิวพรรณ, ช่วยควบคุมการทำงานของระบบย่อยอาหาร และระบบประสาท เป็นต้น.

ตารางที่ 2. คุณค่าทางโภชนาการของเห็ดเปรียบเทียบกับอาหารชนิดอื่นๆ

อาหาร	แคลอรี/100 กรัม นน.สด	น้ำ	โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต
เห็ด	25	92	3.5	0.3	4.5
นม	62	87	3.5	3.7	4.8
ฝรั่ง	85	75	2.0	0.1	21.0
เนื้อสัตว์	189	68	18.0	13.0	0.5
ผักกาดขาว	18	94	1.7	0.1	2.5

ที่มา : กรมส่งเสริมการเกษตร (2551).

นอกจากนี้ เห็ดยังมีสรรพคุณทางยา. ชาวจีนรู้จักคุณค่าทางยาของเห็ดเป็นอย่างดี จึงได้นำเห็ดหลายชนิดมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น ใช้เป็นสารต้านไวรัส (antiviral virus), สารต้านมะเร็ง (anticancer agent), สารยับยั้งการเจริญของเนื้องอก (antitumor agent), สารลดคอเลสเตอรอล (hypercholesterolaemic agent), สารยับยั้งการแข็งตัวของเลือด (anti-thrombotic activity), สารบำรุงตับ (hepatoprotective triterpenoid) เป็นต้น, ซึ่งรวมเรียกสารดังกล่าวว่า สารสกัดจากเห็ดเพื่อสุขภาพ หรือ mushroom nutriceutical. สารดังกล่าวสามารถสกัดได้จากส่วนต่างๆ ของเห็ด เช่น ดอก, เส้นใย หรือสปอร์ (เฮงสวัสดิ์ 2554). สารสกัดจากเห็ดที่สำคัญ ได้แก่ พอลิแซ็กคาไรด์, ซึ่งอยู่ที่ผนังเซลล์ของเห็ด. พอลิแซ็กคาไรด์ เป็นห่วงโซ่ของโมเลกุลน้ำตาลที่มีความยาวมาก, ทำหน้าที่ช่วยเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันโรคให้แก่ร่างกาย, ทำลายสิ่งแปลกปลอม, ยับยั้งการเจริญของก้อนเนื้องอก และมะเร็งได้ เป็นต้น ดังแสดงในตารางที่ 3. นอกจากนี้ ยังได้มีรายงานของ Zhang *et al*. (2007) ที่สนับสนุนว่า สารพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดได้จากเห็ดนางรมและเห็ดหัวลิงสามารถยับยั้งการเจริญของก้อนเนื้องอกได้. Chandra *et al*. (2007) ได้รายงานว่า สารพอลิแซ็กคาไรด์ในรูปของ β–glucan ที่สกัดได้จากเห็ดกระดุมสีน้ำตาลและเห็ดยานางิ มีฤทธิ์ต้านมะเร็ง.

ตารางที่ 3. พอลิแซ็กคาไรด์และสรรพคุณทางยาของเห็ดชนิดต่างๆ

Fungi source	Polysaccharide source	Type	Main bioactivity
Pleurotus tuber-regium	Sclerotium,	β-D-glucan	Hepato-protective, anti-breast
Ganoderma lucidum	mycelium	Heteroglycan,	cancer
	Fruiting body,	mannoglucan,glycopeptide	Hyperglycemia,
	culture broth		immunomodulating, antitumor,
Auricularia auricular		Glucan	antiflammatory, anti-
	Fruiting body		decrepitude Hyperglycemia,
			immunomodulating, antitumor,
Schizophyllum		Glucan, schizophyllan	antiflammatory, antiradiative
commune	Mycelium	Heteroglycan,	Antitumor
	Fruiting body,	glycopeptides,	Immunomodulating, antitumor,
	culture	krestin	
Polystictus versicolar			antiradiative, hyperglycemia,
	broth, mycelium	Proteoglycan, glucan,	antiflammatory
Grifola frondosa		galatomannan,	Immunomodulating, antitumor,
	Fruiting body	heteroglycan, grifolan	antiviral, hepatoprotective
		Glucan	
Inonotus obliquus			Antitumor, immunomodulating
	Fruiting body,	Glucan, heteroglycan,	
Agaricus blazei	mycelium	glucan protein,	Antitumor
	Fruiting body,	Glucomannan-protein	
	mycelium	complex	
		Glucan-protein complex,	
Flammulina velutipes		glycoprotein	Antitumor, antiflammatory,
	Fruiting body,	Glucan	antiviral, immunomodulating
Ganoderma	mycelium	Glucan	Antitumor
applanatum	Fruiting body	Glucan	Antitumor, immunomodulating
Polypours umbellatus	Mycelium	Galactomannan	Antitumor
Clitopilus caespitosus	Fruiting body	Proteoglycan	Antitumor
Pleurotus citrinopileatus	Fruiting body		Immunomodulating,
Trametes robiniophila	Mycelium	Glycoprotein	hepatoprotective, anticancer
			Antitumor, hyperglycemia,
Pleurotus ostreatus	Fruiting body		antioxidant

ที่มา: Zhang *et al*. (2007)

1.3 คุณภาพและการสูญเสียคุณภาพของเห็ด

ประเทศไทยนับได้ว่ามีศักยภาพสูงในการผลิตเห็ด, นอกจากมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมแล้ว, ยังมีวัสดุเหลือใช้และมีผลพลอยได้จากการผลิตทางการเกษตรจำนวนมาก ทั้งที่ได้จากพืชและสัตว์, รวมไปถึงวัชพืชที่มีอยู่ทั่วไป ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุเพาะได้เป็นอย่างดี. เห็ดที่เพาะเลี้ยงกันเป็นการค้าในตลาดที่สำคัญ ได้แก่ เห็ดฟาง, เห็ดสกุลนางรม, เห็ดหอม, เห็ดหูหนู, เห็ดเป๋าฮื้อ, เห็ดขอนขาว, เห็ดลม, เห็ดหลินจือ, เห็ดเข็มทอง, เห็ดยานางิ เป็นต้น. ปัจจุบัน ความต้องการในอาหารของผู้บริโภคเปลี่ยนไป, ผู้บริโภคยุคใหม่หันมาให้ความสำคัญกับสุขภาพอนามัยมากยิ่งขึ้น. อาหารเพื่อสุขภาพจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันและเห็ดจัดเป็นอาหารเพื่อสุขภาพชนิดหนึ่งที่ผู้บริโภคให้การยอมรับ ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของรสชาติ, คุณค่าทางโภชนาการ, ตลอดจนสรรพคุณทางยา. ดังนั้น การผลิตเห็ดที่มีคุณภาพตามที่ตลาดต้องการ จึงเป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยผลักดันให้อุตสาหกรรมการส่งออกเห็ดประสบผลสำเร็จ.

คุณภาพของเห็ดมีส่วนสำคัญต่อการตัดสินใจของผู้บริโภค. คุณลักษณะที่เป็นตัวชี้บ่งถึงคุณภาพโดยทั่วไป ได้แก่ สี, ความแน่นเนื้อ และรสชาติ. เห็ดที่มีคุณภาพดีจะต้องมีสีตรงตามพันธุ์ เช่น เห็ดกระดุมมีสีขาว, เห็ดนางรมฮังการีมีสีเหลือง. ส่วนความแน่นเนื้อมีส่วนสัมพันธ์กับการสูญเสียน้ำ, โดยจะทำให้เซลล์มีความเต่งลดลง, ขาดแรงยึดเกาะ, ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของรูปร่าง และเกิดการสลายตัวของเนื้อเยื่อ, จึงทำให้ความแน่นเนื้อลดน้อยลง (Garry and Burton 1994). ส่วนรสชาติตลอดจนคุณค่าทางโภชนาการของเห็ดนั้น ขึ้นอยู่กับอายุการเก็บและปริมาณธาตุอาหารในวัสดุเพาะ (Wang *et al.* 2000, Yildiz *et al.* 1998 และ Noble and Gaze 1994).

การสูญเสียคุณภาพนับเป็นปัญหาที่สำคัญของการผลิตเห็ด ทำให้ไม่สามารถเก็บรักษาได้นาน สาเหตุของการสูญเสียที่สำคัญเกิดจากหลายปัจจัยได้แก่ (สัจจบุตร 2551).

1. การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี (biochemical change) : ที่สำคัญได้แก่ ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction), ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากเอนไซม์และจุลินทรีย์. เอนไซม์ที่มีส่วนสำคัญได้แก่ เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenoloxidase, PPO). โดยทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชัน (hydroxylation) และ ออกซิเดชัน (oxidation) ซึ่งจะเปลี่ยนมอโนฟีนอล (monophenol) ไปเป็นเมลานิน (melanin) ซึ่งเป็นรงควัตถุสีน้ำตาลทำให้เห็ดมีสีคล้ำ.

2. การหายใจ (respiration) : การหายใจของเห็ดเป็นได้ทั้งแบบใช้ออกซิเจน (aerobic) และแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic). ปริมาณอาหารที่สะสมในเห็ดถูกใช้ไปในกระบวนการหายใจ, ทำให้

คุณค่าทางอาหารตลอดจนรสชาติเสียไป. การที่เห็ดมีอัตราการหายใจสูง จะเป็นตัวเร่งให้เกิดการสูญเสียคุณภาพได้เร็วขึ้น.

3. การทำลายโดยจุลินทรีย์ : จุลินทรีย์สามารถทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพโดยทำให้เกิดอาการสีน้ำตาลหรือทำให้เกิดสารพิษ (toxic) เช่น แบคทีเรียสามารถสร้างสารประกอบที่เป็นพิษได้แก่ เมแทบอไลต์ (metabolite toxic compounds) ในสภาวะปกติโดยทำให้เกิดรอยไหม้สีน้ำตาล (browning injury) ส่วนรา *Verticilium maltousei* ทำให้เกิดจุดสีน้ำตาล เป็นต้น.

นอกจากนี้ สภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น อุณหภูมิ, ความชื้น, สัดส่วนของอากาศ ฯลฯ มีส่วนสำคัญที่ช่วยให้เกิดการสูญเสียคุณภาพได้เร็วยิ่งขึ้น. ดังนั้น การที่จะได้มาซึ่งวัตถุดิบที่มีคุณภาพ จึงต้องควบคุมหรือชะลอปัจจัยต่างๆ ให้เกิดช้าที่สุด, ตลอดจนต้องควบคุมสภาวะแวดล้อมให้มีความเหมะสม.

การสูญเสียคุณภาพของเห็ดรวมทั้งผลิตผลพืชสวนชนิดอื่นๆ สามารถเกิดขึ้นได้ในทุกขั้นตอนของการผลิต, เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการเพาะปลูก, การเก็บเกี่ยว, การขนส่ง, จนผลิตผลถึงมือผู้บริโภค. ในประเทศที่พัฒนาแล้ว ประมาณ 20% สูญเสียไปในขั้นตอนต่างๆ ภายหลังการเก็บเกี่ยว. ขณะที่ประเทศที่กำลังพัฒนามีอัตราการสูญเสียสูงถึง 20-50%. การสูญเสียภายหลังการเก็บเกี่ยว จึงนับได้ว่ามีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง. นอกจากจะเกิดการสูญเสียในด้านปริมาณแล้ว คุณภาพของผลิตผลจะลดลงด้วย. ดังนั้น แนวทางในการแก้ไขปัญหาการสูญเสียคุณภาพ จึงต้องเริ่มตั้งแต่การปฏิบัติตามหลักการของระบบการผลิตที่ดีก่อน (good agricultural practice, GAP). หลังจากนั้น จึงอาจมีการนำเอาเทคโนโลยีเข้ามาใช้เพื่อพัฒนาคุณภาพให้ดียิ่งขึ้น. เทคโนโลยีที่นำมาใช้นี้อาจใช้ได้ใน 2 รูปแบบ คือ การใช้เทคโนโลยีก่อนการเก็บเกี่ยวและการใช้เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว.

1.4 การใช้เทคโนโลยีเพื่อพัฒนาคุณภาพเห็ด

การที่เห็ดมีคุณค่าทางโภชนาการที่สูง ประกอบกับมีสรรพคุณทางยา, จึงทำให้ความนิยมในการบริโภคเพิ่มมากขึ้น, ไม่เฉพาะแต่ความต้องการของตลาดภายในประเทศเท่านั้น, ตลาดต่างประเทศก็มีความต้องการเพิ่มขึ้นเช่นกัน. แต่การที่อุตสาหกรรมการส่งออกไม่ขยายตัวเท่าที่ควร ทั้งนี้เป็นผลอันเนื่องมาจากปัญหาการสูญเสียคุณภาพอย่างรวดเร็ว. ดังนั้น การนำเอาเทคโนโลยีเข้ามาปรับใช้ จึงนับได้ว่า มีความจำเป็นต่อการพัฒนาคุณภาพ. ดังเช่นรายงานของ Hartman *et al*. (2000) ที่มีการใช้แคลเซียมกับซีลีเนียมไปกับระบบการให้น้ำในการเพาะเห็ดกระดุม, ทำให้เนื้อเยื่อเห็ดมีธาตุดังกล่าวเพิ่มขึ้น, ซึ่งนอกจากช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลแล้วยังทำให้เห็ดมีคุณภาพดี. Burton (1993): Burton *et al*. (1995) ได้รายงานว่า การจัดการก่อนการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม เช่น การ

จัดการระบบการให้น้ำและธาตุอาหาร, ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว, การควบคุมปัจจัยต่างๆ ฯลฯ เป็นการช่วยทำให้เห็ดมีคุณภาพดีขึ้น. สัจจบุตร (2551) ได้รายงานถึงการใช้รังสีแกมมาในการเก็บรักษาเห็ดกระดุมหรือเห็ดแชมปิญอง ซึ่งพบว่า สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น, โดยเพิ่มจาก 4 วัน เป็น 7 วัน ที่อุณหภูมิ 10°ซ. นุ่นเส้ง (2549) รายงานว่า การบรรจุเห็ดนางรมฮังการีในถาดโฟมแล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ 6 วัน ที่อุณหภูมิ 5°ซ. โดยที่คุณภาพลดลงพียงเล็กน้อย. วงศ์สกุลและคณะ (2551) รายงานว่า การบรรจุเห็ดฟางในถุงพลาสติก PE ที่เจาะรูแล้วปิดปากถุง สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ 4 วัน ที่อุณหภูมิ 16°ซ. โดยที่เห็ดยังมีคุณภาพเหมือนของสด. Burton *et al.* (1995) และ Chang and Quimio (1982) รายงานว่า การเกิดอาการสีน้ำตาลบนเห็ดกระดุมเกิดจากปฏิริกิยาออกซิเดชันระหว่างเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase, PPO) กับสารประกอบฟีนอล. การลดอาการสีน้ำตาลดังกล่าว สามารถทำได้โดยการหลีกเลี่ยงการเกิดบาดแผลบนเนื้อเยื่อเห็ดหรือยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ด้วยความร้อน, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-เบส เป็นต้น. นอกจากนี้ ยังมีการใช้เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวอื่นๆ เพื่อแปรรูปเห็ดเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ เช่น การใช้กรรมวิธีการแช่เยือกแข็ง (freezing), การอบแห้ง (drying) หรือการทำให้แห้งด้วยวิธีการระเหิด (freeze drying) เป็นต้น. วิธีดังกล่าว นอกจากสามารถเก็บรักษาเห็ดได้เป็นเวลานานแล้ว, ยังเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการหรือสรรพคุณทางยาของเห็ดบางชนิดได้. โดยเฉพาะการผ่านกรรมวิธีการที่เหมาะสมก่อนการอบแห้ง (pre-drying treatment) เช่น การแช่เห็ดลงในสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ (potassium metabisulphite, KMS), น้ำตาล, เกลือ , หรือการลวกด้วยน้ำร้อน (blanching). วิธีการดังกล่าวจะช่วยหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ ทำให้เนื้อเยื่อและสีของเห็ดคงที่, ทำให้มีกลิ่นหอมขึ้น และช่วยรักษาคุณค่าทางโภชนาการของเห็ดได้. ดังเช่นรายงานของ Walde *et al.* (2006) ที่ได้ทำการศึกษากรรมวิธีการที่เหมาะสมก่อนการอบแห้งเห็ดแชมปิญองและเห็ดนางรม พบว่า เห็ดที่ผ่านการลวกและเห็ดที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ จะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยกว่าและมีคุณภาพดีกว่าเห็ดชุดควบคุม. สอดคล้องกับรายงานของ Kotwaliwale *et al*. (2007) ที่ได้ทำการศึกษาการใช้กรรมวิธีการต่างๆ ก่อนการอบแห้งเห็ดนางรม เช่น การลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100°ซ. เป็นเวลานาน 2 นาที, จากนั้น แช่ลงในน้ำเย็นทันทีและการแช่ในสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ความเข้มข้นต่างๆ คือ ร้อยละ 0.53, 0.75, 1.0 และ 1.5 เป็นเวลานาน 15 นาที. จากนั้น จึงนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 55, 60 และ 70°ซ. พบว่า เห็ดที่ผ่านการลวกด้วยน้ำร้อนจะมีเนื้อสัมผัสแข็งกว่าเห็ดที่ผ่านการใช้กรรมวิธีอื่นๆ และเห็ดที่ผ่านการแช่ในสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ จะมีสีอ่อนและมีความสว่างมากกว่า. เมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของสารละลาย, สีของเห็ดภายหลังการอบแห้งจะมีความสว่างเพิ่มขึ้นตามลำดับ. เมื่อนำมาทำให้คืนตัว (rehydration) โดยการต้มในน้ำร้อน พบว่า เห็ดที่ผ่านการแช่ในสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์จะ

มีสีสันที่สวยงามและมีเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเห็ดสด. อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งมีส่วนสำคัญต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและการเปลี่ยนแปลงสี. การใช้อุณหภูมิที่สูงหรือใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนานเกินไป จะทำให้เนื้อสัมผัสแข็งและมีสีคล้ำ, สอดคล้องกับรายงานของ Giri and Prasad (2007) ซึ่งได้ทำการศึกษากรรมวิธีการอบแห้งเห็ดหลายชนิด พบว่า ที่อุณหภูมิ 50-70°ซ. ถ้าใช้ระยะเวลานานเกินไป ผิวเห็ดจะแห้งและมีสีคล้ำ, ทำให้มีปัญหาในการคืนตัว เพื่อนำไปประกอบอาหาร. ส่วนการทำให้แห้งด้วยวิธีการระเหิด ถึงแม้ว่าจะได้เห็ดที่มีคุณภาพดีมาก แต่วิธีการนี้มีข้อเสียคือต้นทุนสูงเกินไป.

2. วัสดุ อุปกรณ์ และ วิธีการ

2.1 วัสดุ

1. วัตถุดิบ ได้แก่ เห็ดชนิดต่างๆ เช่น เห็ดเขตหนาว ได้แก่ เห็ดหัวลิง, เห็ดหอม เห็ดเขตร้อน ได้แก่ เห็ดเป๋าฮื้อ, เห็ดนางฟ้าภูฏาน, เห็ดนางรมฮังการี เป็นต้น แหล่งของวัตถุดิบมาจากจังหวัดนครราชสีมา, เชียงใหม่ (โดยมูลนิธิโครงการหลวง), ตลาดไท และ แหล่งผลิตอื่นๆ

2. สารเคมี ได้แก่ กรดซัลฟิวริก เข้มข้น 98% (Sulphuric acid, H_2SO_4 conc.) ของ Fisher Scientific. โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate, Na_2CO_3) ของ Merck (M=105.99 g/mol). ฟีนอล (Phenol) ของ Merck (M=94.11 g/mol). กลูโคส (D-glucose standard 99.5%) ของ Sigma. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (Hydrochloric acid 37%, HCl) ของ Lab-scan analytical sciences. โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide, KOH) ของ Merck (M=56.11 g/mol). โพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ (Potassium metabisulfite, KMS).

3. ชุดทดสอบสารบีตา-กลูแคนในเห็ดและยีสต์ (Mushroom and Yeast Beta-Glucan Assay Procedure) ของ Megazyme.

4. ภาชนะบรรจุเห็ด ได้แก่ ฟิล์มชนิด PE, PP, ฟิล์มประกบชนิด PET/LLDPE, ฟิล์มประกบชนิด PET/ALU /LLDPE และกล่องพลาสติกใสชนิดพอลิสไตรีน (polystylene) ความหนา 0.138 มิลลิเมตร.

2.2 อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งแบบละเอียดทศนิยม 5 ตำแหน่ง ของ Sartorius .
2. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิได้ (water bath) ของ Selecta และ Memmert.
3. เครื่องคนสาร (stirrer) ของ Stuart.
4. เครื่องปั่นเหวี่ยงแบบควบคุมอุณหภูมิได้ (centrifuge) ของ Sorvall รุ่น RC 5C PLUS.
5. เครื่องผสมสาร (vortex mixture) ของ Labnet.
6. เครื่องทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ (vacuum dryer) ของ Labconco.
7. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) ของ Thermo spectronic รุ่น Biomate 5.

8. เครื่องวัดสี (spectrophotometer) ColorQuest XE.

9. หม้อนึ่งความดันไอ (autoclave).

2.3 วิธีการ

2.3.1 ศึกษากรรมวิธีการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ที่เหมาะสม

2.3.1.1 การหาวิธีการใช้ความร้อนที่เหมาะสมในการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์

1. คัดเลือกเห็ดหัวลิง, เห็ดหอม, เห็ดเป๋าฮื้อ, เห็ดนางฟ้าภูฏาน และ เห็ดนางรมฮังการี ที่มีคุณภาพดี ตัดปลายก้านออกเล็กน้อย.

2. ใช้มีดปลายแหลมหั่นเห็ดทั้ง 2 ชนิด ตามความยาวให้มีขนาดเล็กลง.

3. นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 52°ซ. จนเหลือความชื้นประมาณร้อยละ 2-5.

4. นำเห็ดที่อบแห้งแล้วมาบดให้ละเอียด และ ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 500 แมช. จากนั้นเติมน้ำกลั่นลงไป โดยใช้อัตราส่วนของเห็ดที่บดละเอียด (กรัม) : ปริมาตรน้ำกลั่น(มิลลิลิตร) เท่ากับ 1: 6 ผสมให้เข้ากัน ทำการสกัดโดยใช้ 2 วิธีการ คือ การต้มในน้ำร้อน และ การนึ่งในหม้อนึ่งความดันไอ

4.1. การต้มในน้ำร้อน (water bath)

4.1.1 นำไปต้มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 100°ซ. เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และเขย่าขวดทุก 1 ชั่วโมง.

4.1.2 ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง.

4.1.3 กรองด้วยผ้าลินิน.

4.1.4 นำของเหลวที่กรองได้ไปตกตะกอน โดยใช้เครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที.

4.1.5 ดูดสารละลายส่วนใสลงในหลอดทดลอง.

4.1.6 เติมเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาณ 4 เท่าของปริมาตรสารละลายส่วนใสที่ใช้.

4.1.7 ผสมให้เข้ากันโดยพลิกหลอดทดลองกลับไปมาจนเกิดตะกอน.

4.1.8 เก็บที่อุณหภูมิ 4°ซ. เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง.

4.1.9 นำไปตกตะกอนโดยใช้เครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที.

4.1.10 เทสารละลายส่วนใสทิ้งไป, ทำให้ตะกอนแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 35°ซ. เป็นเวลา 3 ชั่วโมง, วัดพอลิแซ็กคาไรด์ทั้งในเชิงปริมาณ (มิลลิกรัม/กรัม) และคุณภาพ(ความเข้มข้น) โดยวิธีการตามขั้นตอนต่อไปนี้.

4.1.11 ชั่งน้ำหนักตะกอนที่ได้ (มิลลิกรัม/กรัม).

4.1.12 วัดปริมาณความเข้มข้น (ร้อยละ) โดยการชั่งตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์ปริมาณ 10 มิลลิกรัม.

4.1.13 เติมกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้น 2.5 N ปริมาตร 500 ไมโครลิตร.

4.1.14 ต้มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 100°ซ. เป็นเวลา 3 ชั่วโมง.

4.1.15 ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง.

4.1.16 ทำให้เป็นกลางโดยการเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) จนสารละลายไม่มีฟอง.

4.1.17 ปรับปริมาตรโดยการเติมน้ำกลั่นให้ครบ 10 มิลลิลิตร.

4.1.18 นำไปตกตะกอนโดยใช้เครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 20 นาที.

4.1.19 ดูดสารละลายส่วนใสปริมาตร 100 และ 200 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลอง ปรับปริมาตรให้ได้ 1 มิลลิลิตร.

4.1.20 เติมสารละลายฟีนอล ความเข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาณ 1 มิลลิลิตร.

4.1.21 เติมกรดซัลฟิวริกความเข้มข้นร้อยละ 98 ปริมาณ 5 มิลลิลิตร.

4.1.22 ผสมให้เข้ากัน.

4.1.23 ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที.

4.1.24 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง(OD)โดยใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร.

4.1.25 เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานกลูโคส และคำนวณปริมาณความเข้มข้นพอลิแซ็กคาไรด์ โดยใช้สูตรดังนี้ (ภาคผนวก ก) % total polysaccharide = (OD/1.0279) 100

4.2. การนึ่งในหม้อนึ่งความดันไอ (autoclave)

4.2.1 นำไปนึ่งในหม้อนึ่งความดันไอที่อุณหภูมิ 121°ซ. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง.

4.2.2 ดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 4.1.2 - 4.1.25.

2.3.1.2 การหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์

1. คัดเลือกเห็ดหัวลิง, เห็ดหอม, เห็ดเป๋าฮื้อ, เห็ดนางฟ้าภูฏาน และเห็ดนางรมฮังการี ที่มีคุณภาพดี ตัดปลายก้านออกเล็กน้อย.

2. ใช้มีดปลายแหลมหั่นเห็ดทั้ง 3 ชนิด ตามความยาวให้มีขนาดเล็กลง.

3. นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 52°ซ. จนเหลือความชื้นประมาณร้อยละ 2-5.

4. นำเห็ดที่อบแห้งแล้วมาบดให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 500 แมช. จากนั้นเติมน้ำกลั่นลงไป โดยใช้อัตราส่วนของเห็ดที่บดละเอียด (กรัม) : ปริมาตรน้ำกลั่น (มิลลิลิตร) ในปริมาณที่แตกต่างกันคือ 1:4, 1:6, 1:8, 1:10, 1:12, 1:14 ผสมให้เข้ากัน.

5. นำไปสกัดและวัดปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ (วิธีการสกัดโดยใช้ความร้อนที่เหมาะสมได้ผลจากข้อ 2.3.1.1).

2.3.1.3 การหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์

1. คัดเลือกเห็ดหัวลิง, เห็ดหอม, เห็ดเป๋าฮื้อ, เห็ดนางฟ้าภูฏาน และเห็ดนางรมฮังการี ที่มีคุณภาพดี ตัดปลายก้านออกเล็กน้อย.

2. ใช้มีดปลายแหลมหั่นเห็ดทั้ง 3 ชนิด ตามความยาวให้มีขนาดเล็กลง.

3. นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 52°ซ. จนเหลือความชื้นประมาณร้อยละ 2-5.

4. นำเห็ดที่อบแห้งแล้วมาบดให้ละเอียด จากนั้นเติมน้ำกลั่นลงไป (ปริมาณที่เหมาะสมได้ผลจากข้อ 2.3.1.2).

5. นำไปสกัดโดยใช้ระยะเวลาที่แตกต่างกันคือ 1.5, 3 และ 6 ชั่วโมง และ วัดปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ (วิธีการสกัดโดยใช้ความร้อนที่เหมาะสมได้ผลจากข้อ 2.3.1.1).

2.3.2 ศึกษาภาชนะบรรจุที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเห็ดที่ผ่านการอบแห้ง (ใช้เห็ดหัวลิงเป็นกรณีศึกษา)

2.3.2.1 คัดเลือกเห็ดหัวลิงที่มีคุณภาพดี ตัดส่วนปลายก้านออกเล็กน้อย.

2.3.2.2 ใช้มือฉีกดอกเห็ดให้เป็นชิ้นบางๆ.

2.3.2.3 นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 52°ซ. จนเหลือความชื้นประมาณร้อยละ 2-5.

2.3.2.4 บรรจุเห็ดลงในภาชนะบรรจุที่แตกต่างกันคือ 4 แบบ คือ ฟิล์มชนิด PP, ฟิล์มประกบชนิด PET/LLDPE, ฟิล์มประกบชนิด PET/ALU/LLDPE และฟิล์มประกบชนิด PET/ALU/LLDPE ร่วมกับการปิดผนึกแบบสุญญากาศ.

2.3.2.5 เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ คือ 27, 37 และ 47°ซ.

2.3.2.6 การตรวจวัดคุณภาพ: วัดความชื้น, วัดปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ (กรรมวิธีการสกัดที่เหมาะสมได้ผลจากข้อ 2.3.1) และวัดปริมาณบีตา-กลูแคน โดยใช้ชุดทดสอบของ Megazyme (ภาคผนวก ข).

2.3.2.6 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) และ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95.

2.3.2.7 ประเมินอายุการเก็บรักษาโดยใช้สภาวะเร่ง (Half-Value Period Method) (ภาคผนวก ค).

2.3.3 ศึกษากรรมวิธีการรักษาคุณภาพที่เหมาะสมก่อนการอบแห้ง (pre-drying treatment)

2.3.3.1 คัดเลือกเห็ดหัวลิง, เห็ดหอม, เห็ดเป๋าฮื้อ, เห็ดนางฟ้าภูฏาน และเห็ดนางรมฮังการีที่มีคุณภาพดี ตัดปลายก้านออกเล็กน้อย.

2.3.3.2 ใช้มีดปลายแหลมหั่นเห็ดตามความยาวให้มีขนาดเล็กลง (เห็ดหัวลิง ให้ใช้มือฉีก). โดยแบ่งเห็ดแต่ละชนิดออกเป็น 3 กลุ่ม.

กลุ่มที่ 1 : ชุดควบคุม โดยการจุ่มเห็ดลงในน้ำธรรมดาเป็นเวลานาน 15 นาที ผึ่งให้แห้งหมาด.

กลุ่มที่ 2 : จุ่มเห็ดลงในน้ำร้อนอุณหภูมิ 95-100°ซ. เป็นเวลานาน 2 นาที แล้วจุ่มลงในน้ำธรรมดาเป็นเวลานาน 15 นาที ผึ่งให้แห้งหมาด.

กลุ่มที่ 3 : จุ่มเห็ดลงในสารละสายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ (KMS) ความเข้มข้นร้อยละ 0.25, 0.5 และ 1.0 เป็นเวลานาน 15 นาที ผึ่งให้แห้งหมาด.

2.3.3.3 นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 52°ซ. จนเหลือความชื้นประมาณร้อยละ 2-5.

2.3.3.4 การตรวจวัดคุณภาพ : วัดปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ (กรรมวิธีการสกัดที่เหมาะสมได้ผลจากข้อ 2.3.1) และบีตา-กลูแคน โดยใช้ชุดทดสอบของ Megazyme.

2.3.3.5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95.

2.3.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์/บีตา-กลูแคน

2.3.4.1 คัดเลือกเห็ดหัวลิง, เห็ดหอม, เห็ดเป๋าฮื้อ, เห็ดนางฟ้าภูฏาน และเห็ดนางรมฮังการี ที่มีคุณภาพดี ตัดปลายก้านออกเล็กน้อย.

2.3.4.2 ใช้มีดปลายแหลมหั่นเห็ดตามความยาวให้มีขนาดเล็กลง (เห็ดหัวลิง ให้ใช้มือฉีก).

2.3.4.3 นำเห็ดแต่ละชนิดไปผ่านกรรมวิธีการรักษาคุณภาพที่เหมาะสมก่อนการอบแห้ง (pre-drying treatment) ซึ่งได้ผลจากข้อ 2.3.3

2.3.4.4 นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 52°ซ. จนเหลือความชื้นประมาณร้อยละ 2-5.

2.3.4.5 บรรจุเห็ดลงในภาชนะบรรจุ (ภาชนะบรรจุที่เหมาะสมได้ผลจากข้อ 2.3.2).

2.3.4.6 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30°ซ.).

2.3.4.7 การตรวจวัดคุณภาพ : วัดปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์/บีตา-กลูแคน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน 6 เดือน และ 12 เดือน.

2.3.5 ศึกษากรรมวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดหัวลิงสดภายหลังการเก็บเกี่ยว

2.3.5.1 คัดเลือกเห็ดหัวลิง ที่มีคุณภาพดี ตัดปลายก้านออกเล็กน้อย.

2.3.5.2 บรรจุเห็ดลงในภาชนะบรรจุที่แตกต่างกันคือ ฟิล์มการค้า No. 1, ฟิล์มการค้า No. 2, ฟิล์มการค้า No. 3, ฟิล์มชนิด PP, ฟิล์มชนิด PE, ฟิล์มประกบชนิด PET/LLDPE และกล่องพลาสติกใสชนิดพอลิสไตรีน (polystylene, OPS).

2.3.5.3 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °ซ.

2.3.5.4 การตรวจวัดคุณภาพ: ประเมินค่าความสด (freshness) โดยใช้ดัชนีชี้วัดที่มีค่าตั้งแต่ 0-4, โดยที่ 0 หมายถึง ไม่สด, มีกลิ่นผิดปกติ, เริ่มเน่าเสีย และผู้บริโภคไม่ยอมรับ, 1 หมายถึง ไม่สด, เริ่มมีกลิ่นผิดปกติ และผู้บริโภคไม่ยอมรับ, 2 หมายถึง สดปานกลางและผู้บริโภคยังพอยอมรับได้, 3 หมายถึง สด, เห็ดมีความชื้นปานกลาง และผู้บริโภคยอมรับ, 4 หมายถึง สดมาก, เห็ดมีความชื้นเล็กน้อย และผู้บริโภคยอมรับ. ทำการตรวจวัดคุณภาพทุก 10 วัน.

2.3.5.5 คัดเลือกภาชนะบรรจุที่มีแนวโน้มดีมาทำการทดลองเพิ่มเติม โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°ซ. และ 15°ซ. และทำการตรวจวัดคุณภาพ โดยการประเมินค่าความสด, วัดการสูญเสียน้ำหนักโดยชั่งน้ำหนักเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้นแล้วเทียบเป็นร้อยละของการสูญเสียน้ำหนัก, วัดการเปลี่ยนแปลงสีผิวโดยใช้เครื่องวัดสี (spectrophotometer) วัดค่า L* a* และ b*, ทำการตรวจวัดคุณภาพทุก 7 วัน.

2.3.5.5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95.

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 ศึกษากรรมวิธีการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ที่เหมาะสม

3.1.1 การหาวิธีการใช้ความร้อนที่เหมาะสมในการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์

ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดหัวลิง :

ปริมาณน้ำหนักตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดหัวลิงที่ผ่านการต้มในน้ำร้อนและที่ผ่านการนึ่งในหม้อนึ่งความดันไอ พบว่า มีความแตกต่างกัน, โดยการต้มในน้ำร้อนมีค่า 55.66 มิลลิกรัม/กรัม, ส่วนการนึ่งในหม้อนึ่งความดันไอ มีค่า 46.94 มิลลิกรัม/กรัม. ปริมาณความเข้มข้นพอลิแซ็กคาไรด์มีความแตกต่างกันเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 50.00 - 52.53 ดังแสดงในตารางที่4.

ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดหอม :

ปริมาณน้ำหนักตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดหอมที่ผ่านการต้มในน้ำร้อนและที่ผ่านการนึ่งในหม้อนึ่งความดันไอ พบว่า มีความแตกต่างกัน, โดยการต้มในน้ำร้อนมีค่า 40.85 มิลลิกรัม/กรัม, ส่วนการนึ่งในหม้อนึ่งความดันไอ มีค่า 35.56 มิลลิกรัม/กรัม. ปริมาณความเข้มข้นพอลิแซ็กคาไรด์มีความแตกต่างกันเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 33.59 - 34.95 ดังแสดงในตารางที่ 4.

ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดเป๋าฮื้อ :

ปริมาณน้ำหนักตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดเป๋าฮื้อที่ผ่านการต้มในน้ำร้อนและที่ผ่านการนึ่งในหม้อนึ่งความดันไอ พบว่า มีความแตกต่างกัน, โดยการต้มในน้ำร้อนมีค่า 68.92 มิลลิกรัม/กรัม, ส่วนการนึ่งในหม้อนึ่งความดันไอ มีค่า 62.20 มิลลิกรัม/กรัม. ปริมาณความเข้มข้นพอลิแซ็กคาไรด์มีความแตกต่างกันเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 50.81 – 51.99 ดังแสดงในตารางที่ 4.

ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดนางฟ้าภูฏาน :

ปริมาณน้ำหนักตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดนางฟ้าภูฏานที่ผ่านการต้มในน้ำร้อนและที่ผ่านการนึ่งในหม้อนึ่งความดันไอ พบว่า มีความแตกต่างกัน, โดยการต้มในน้ำร้อนมีค่า 48.04 มิลลิกรัม/กรัม, ส่วนการนึ่งในหม้อนึ่งความดันไอ มีค่า 39.06 มิลลิกรัม/กรัม. ปริมาณความเข้มข้นพอลิแซ็กคาไรด์มีความแตกต่างกันเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 35.21 – 36.82 ดังแสดงในตารางที่ 4.

ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดนางรมฮังการี :

ปริมาณน้ำหนักตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดนางรมฮังการีที่ผ่านการต้มในน้ำร้อนและที่ผ่านการนึ่งในหม้อนึ่งความดันไอ พบว่า มีความแตกต่างกัน, โดยการต้มในน้ำร้อนมีค่า 45.89 มิลลิกรัม/กรัม, ส่วนการนึ่งในหม้อนึ่งความดันไอ มีค่า 38.58 มิลลิกรัม/กรัม. ปริมาณความเข้มข้นพอลิแซ็กคา-ไรด์มีความแตกต่างกันเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 40.55 – 41.70 ดังแสดงในตารางที่ 4.

ตารางที่ 4. ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดชนิดต่างๆ ที่สกัดได้โดยใช้ความร้อนที่แตกต่างกัน คือ การต้มในน้ำร้อน และ การนึ่งในหม้อนึ่งความดันไอ

พอลิแซ็กคาไรด์ / วิธีการ	เห็ดหัวลิง	เห็ดหอม	เห็ดเป๋าฮื้อ	เห็ดนางฟ้าภูฏาน	เห็ดนางรมฮังการี
การต้มในน้ำร้อน :					
-ปริมาณตะกอน (มก./ก.)[1]	55.66	40.85	68.92	48.04	45.89
-ปริมาณความเข้มข้น(ร้อยละ)	52.53	34.95	51.99	36.82	41.70
การนึ่งในหม้อนึ่งความดันไอ :					
-ปริมาณตะกอน (มก./ก.)[1]	46.94	35.56	62.20	39.06	38.58
-ปริมาณความเข้มข้น(ร้อยละ)	50.00	33.59	50.81	35.21	40.55

หมายเหตุ : [1] หมายถึง ค่าเฉลี่ยปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ (มิลลิกรัม)/น้ำหนักเห็ดแห้ง 1 กรัม

จากการศึกษากรรมวิธีการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ โดยการใช้ความร้อนที่แตกต่างกันของเห็ดทั้ง 5 ชนิด พบว่า การต้มในน้ำร้อนทำให้ได้ปริมาณน้ำหนักตะกอนมากกว่าการนึ่งด้วยหม้อนึ่งความดันไอประมาณ 5.29 – 8.98 มิลลิกรัม/กรัม. ส่วนปริมาณความเข้มข้น พบว่า มีค่ามากกว่าเช่นกันประมาณร้อยละ 1.15 - 2.53.

ดังนั้น การต้มในน้ำร้อนจึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมมากกว่าการนึ่งในหม้อนึ่งความดันไอ, เนื่องจากสามารถสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ได้ในปริมาณมากและพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้มีคุณภาพดี.

3.1.2 การหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์

ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดหัวลิง :

การสกัดพอลิแซ็กคาไรด์โดยใช้น้ำในอัตราส่วนตั้งแต่ 1:6 – 1:14 พบว่า มีความแตกต่างกัน. การใช้ในอัตราส่วน 1: 12 ทำให้ได้ปริมาณความเข้มข้นสูงที่สุด คือ ร้อยละ 56.00, ส่วนการใช้ใน

อัตราส่วน 1 : 10 ถึงแม้ว่า จะทำให้ได้ปริมาณน้ำหนักตะกอนสูงกว่า, แต่ปริมาณความเข้มข้น พบว่ามีค่าน้อยกว่ามาก. ดังนั้นการใช้ในอัตราส่วน 1:12 จึงมีความเหมาะสมที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 5.

ตารางที่ 5. ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดหัวลิง ที่สกัดได้โดยใช้ปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน คือ 1:6, 1:8, 1:10, 1:12 และ 1:14 (กรัม/มิลลิลิตร)

อัตราส่วน	พอลิแซ็กคาไรด์	
	ปริมาณ (มก./ก.)[1]	ความเข้มข้น(ร้อยละ)
1:6	33.09	45.41[b]
1:8	33.42	43.40[b]
1:10	44.75	41.83[b]
1:12	35.30	56.00[a]
1:14	31.12	46.63[b]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.

: [1] หมายถึง ค่าเฉลี่ยปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ (มิลลิกรัม)/น้ำหนักเห็ดแห้ง 1 กรัม

ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดหอม :

การสกัดพอลิแซ็กคาไรด์โดยใช้น้ำในอัตราส่วนตั้งแต่ 1:6-1:14 พบว่า มีความแตกต่างกัน. การใช้ในอัตราส่วน 1: 12 ทำให้ได้ปริมาณน้ำหนักตะกอนสูงที่สุด คือ 31.80 มิลลิกรัม/กรัม, ส่วนปริมาณความเข้มข้นมีค่าสูงสุดเช่นกัน คือ ร้อยละ 38.03 ดังแสดงในตารางที่ 6.

ตารางที่ 6. ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดหอม ที่สกัดได้โดยใช้ปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน คือ 1:6, 1:8, 1:10, 1:12 และ 1:14 (กรัม/มิลลิลิตร)

อัตราส่วน	พอลิแซ็กคาไรด์	
	ปริมาณ (มก./ก.)[1]	ความเข้มข้น(ร้อยละ)
1:6	16.24	23.28[b]
1:8	25.01	26.47[b]
1:10	18.43	26.32[b]
1:12	31.80	38.03[a]
1:14	26.76	39.85[a]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.

: [1] หมายถึง ค่าเฉลี่ยปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ (มิลลิกรัม)/น้ำหนักเห็ดแห้ง 1 กรัม

ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดเป๋าฮื้อ :

การสกัดพอลิแซ็กคาไรด์โดยใช้น้ำในอัตราส่วนตั้งแต่ 1:6 - 1:14 พบว่า มีความแตกต่างกัน. การใช้ในอัตราส่วน 1:12 ทำให้ได้ปริมาณความเข้มข้นสูงที่สุด คือ ร้อยละ 55.41, ส่วนการใช้ในอัตราส่วน 1:10 ถึงแม้ว่าจะทำให้ได้ปริมาณน้ำหนักตะกอนสูงกว่า, แต่ปริมาณความเข้มข้น พบว่า มีค่าน้อยกว่ามาก. ดังนั้น การใช้ในอัตราส่วน 1:12 จึงมีความเหมาะสมที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 7.

ตารางที่ 7. ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดเป๋าฮื้อ ที่สกัดได้โดยใช้ปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน คือ 1:6, 1:8, 1:10, 1:12 และ 1:14 (กรัม/มิลลิลิตร)

อัตราส่วน	พอลิแซ็กคาไรด์	
	ปริมาณ (มก./ก.)[1]	ความเข้มข้น(ร้อยละ)
1:6	46.03	39.36[d]
1:8	47.47	50.54[b]
1:10	52.46	43.09[c]
1:12	49.45	55.41[a]
1:14	52.11	53.36[ab]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.

: [1] หมายถึง ค่าเฉลี่ยปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ (มิลลิกรัม)/น้ำหนักเห็ดแห้ง 1 กรัม

ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดนางฟ้าภูฏาน :

การสกัดพอลิแซ็กคาไรด์โดยใช้น้ำในอัตราส่วนตั้งแต่ 1:6 - 1:14 พบว่า มีความแตกต่างกัน. แต่การใช้ในอัตราส่วนตั้งแต่ 1:10-1:14 พบว่า ปริมาณความเข้มข้นไม่แตกต่างกัน. ส่วนปริมาณน้ำหนักตะกอน พบว่า การใช้ในอัตราส่วน 1:12 ให้ค่าสูงสุด. ดังนั้น การใช้น้ำในอัตราส่วน 1:12 จึงมีความเหมาะสมที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 8.

ตารางที่ 8. ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดนางฟ้าภูฏาน ที่สกัดได้โดยใช้ปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน คือ 1:6, 1:8, 1:10, 1:12 และ 1:14 (กรัม/มิลลิลิตร)

อัตราส่วน	พอลิแซ็กคาไรด์	
	ปริมาณ (มก./ก.)[1]	ความเข้มข้น(ร้อยละ)
1:6	33.71	16.98[b]
1:8	43.70	17.61[b]
1:10	38.41	26.56[a]
1:12	44.01	22.99[a]
1:14	42.30	24.19[a]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.

: [1] หมายถึง ค่าเฉลี่ยปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ (มิลลิกรัม)/น้ำหนักเห็ดแห้ง 1 กรัม

ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดนางรมฮังการี:

การสกัดพอลิแซ็กคาไรด์โดยใช้น้ำในอัตราส่วนตั้งแต่ 1:6-1:14 พบว่า มีความแตกต่างกัน. การใช้ในอัตราส่วน 1:12 ทำให้ได้ปริมาณน้ำหนักตะกอนสูงที่สุด คือ 40.35 มิลลิกรัม/กรัม. ส่วนปริมาณความเข้มข้นมีค่าสูงสุดเช่นกัน คือ ร้อยละ 19.42 ดังแสดงในตารางที่ 9.

ตารางที่ 9. ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดนางรมฮังการีที่สกัดได้โดยใช้ปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน คือ 1:6, 1:8, 1:10, 1:12 และ 1:14 (กรัม/มิลลิลิตร)

อัตราส่วน	พอลิแซ็กคาไรด์	
	ปริมาณ (มก./ก.)[1]	ความเข้มข้น(ร้อยละ)
1:6	17.64	18.74[ab]
1:8	19.44	17.90[ab]
1:10	26.15	16.51[b]
1:12	40.35	19.42[a]
1:14	36.15	17.93[ab]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.

: [1] หมายถึง ค่าเฉลี่ยปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ (มิลลิกรัม)/น้ำหนักเห็ดแห้ง 1 กรัม

จากการศึกษากรรมวิธีการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์โดยการใช้ปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน พบว่า การใช้ในอัตราส่วน 1: 12 มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีแนวโน้มสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ได้ในปริมาณมาก และพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้มีคุณภาพดี คือ มีปริมาณความเข้มข้นสูง.

3.1.3 การระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์

ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดหัวลิง :

การสกัดพอลิแซ็กคาไรด์โดยใช้ระยะเวลาในการสกัดที่แตกต่างกัน พบว่า เมื่อใช้เวลาในการสกัดนานขึ้น ปริมาณน้ำหนักตะกอนจะเพิ่มมากขึ้น, โดยมีค่าอยู่ในช่วง 28.94 – 34.82 มิลลิกรัม/กรัม, แต่การใช้เวลา 3 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณความเข้มข้นมีค่าสูงสุด คือ ร้อยละ 69.19 ดังแสดงในตารางที่ 10.

ตารางที่ 10. ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดหัวลิง ที่สกัดได้โดยใช้ระยะเวลาในการสกัดที่แตกต่างกันคือ 1.5, 3.0 และ 6.0 ชั่วโมง

ระยะเวลา	พอลิแซ็กคาไรด์	
	ปริมาณ (มก./ก.)[1]	ความเข้มข้น(ร้อยละ)
1.5 ชั่วโมง	28.94	52.20[b]
3.0 ชั่วโมง	29.16	69.19[a]
6.0 ชั่วโมง	34.82	62.59[a]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.

: [1] หมายถึง ค่าเฉลี่ยปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ (มิลลิกรัม)/น้ำหนักเห็ดแห้ง 1 กรัม

ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดหอม :

การสกัดพอลิแซ็กคาไรด์โดยใช้ระยะเวลาในการสกัดที่แตกต่างกัน พบว่า เมื่อใช้เวลาในการสกัดนานขึ้น ปริมาณน้ำหนักตะกอนจะเพิ่มมากขึ้น, โดยมีค่าอยู่ในช่วง 33.77–44.64 มิลลิกรัม/กรัม, แต่การใช้เวลา 3 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณความเข้มข้นมีค่าสูงสุด คือ ร้อยละ 46.04 ดังแสดงในตารางที่ 11.

ตารางที่ 11. ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดหอม ที่สกัดได้โดยใช้ระยะเวลาในการสกัดที่แตกต่างกันคือ 1.5, 3.0 และ 6.0 ชั่วโมง

ระยะเวลา	พอลิแซ็กคาไรด์	
	ปริมาณ (มก./ก.)[1]	ความเข้มข้น(ร้อยละ)
1.5 ชั่วโมง	33.77	35.47[c]
3.0 ชั่วโมง	34.76	46.04[a]
6.0 ชั่วโมง	44.64	40.53[b]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.

: [1] หมายถึง ค่าเฉลี่ยปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ (มิลลิกรัม)/น้ำหนักเห็ดแห้ง 1 กรัม

ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดเป๋าฮื้อ :

การสกัดพอลิแซ็กคาไรด์โดยใช้ระยะเวลาในการสกัดที่แตกต่างกัน พบว่า เมื่อใช้เวลาในการสกัดนานขึ้น ปริมาณน้ำหนักตะกอนจะเพิ่มมากขึ้น, โดยมีค่าอยู่ในช่วง 39.44 – 56.22 มิลลิกรัม/กรัม. แต่การใช้เวลา 3 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณความเข้มข้นมีค่าสูงสุด คือ ร้อยละ 59.63 ดังแสดงในตารางที่ 12.

ตารางที่ 12. ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดเป๋าฮื้อ ที่สกัดได้โดยใช้ระยะเวลาในการสกัดที่แตกต่างกันคือ 1.5, 3.0 และ 6.0 ชั่วโมง

ระยะเวลา	พอลิแซ็กคาไรด์	
	ปริมาณ (มก./ก.)[1]	ความเข้มข้น(ร้อยละ)
1.5 ชั่วโมง	39.44	54.02[b]
3.0 ชั่วโมง	48.91	59.63[a]
6.0 ชั่วโมง	56.22	57.91[ab]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.

: [1] หมายถึง ค่าเฉลี่ยปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ (มิลลิกรัม)/น้ำหนักเห็ดแห้ง 1 กรัม

ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดนางฟ้าภูฏาน :

การสกัดพอลิแซ็กคาไรด์โดยใช้ระยะเวลาในการสกัดที่แตกต่างกัน พบว่า เมื่อใช้เวลาในการสกัดนานขึ้น ปริมาณน้ำหนักตะกอนจะเพิ่มมากขึ้น, โดยมีค่าอยู่ในช่วง 40.26 – 54.45 มิลลิกรัม/กรัม. แต่การใช้เวลา 3 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณความเข้มข้นมีค่าสูงสุด คือ ร้อยละ 25.58 ดังแสดงในตารางที่ 13.

ตารางที่ 13. ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดนางฟ้าภูฏาน ที่สกัดได้โดยใช้ระยะเวลาในการสกัดที่แตกต่างกันคือ 1.5, 3.0 และ 6.0 ชั่วโมง

ระยะเวลา	พอลิแซ็กคาไรด์	
	ปริมาณ (มก./ก.)[1]	ความเข้มข้น(ร้อยละ)
1.5 ชั่วโมง	42.56	22.26[b]
3.0 ชั่วโมง	40.26	25.58[a]
6.0 ชั่วโมง	54.45	22.58[b]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.

: [1] หมายถึง ค่าเฉลี่ยปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ (มิลลิกรัม)/น้ำหนักเห็ดแห้ง 1 กรัม

ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดนางรมฮังการี :

การสกัดพอลิแซ็กคาไรด์โดยใช้ระยะเวลาในการสกัดที่แตกต่างกัน พบว่า เมื่อใช้เวลาในการสกัดนานขึ้น ปริมาณน้ำหนักตะกอนจะเพิ่มมากขึ้น, โดยมีค่าอยู่ในช่วง 36.79 – 45.52 มิลลิกรัม/กรัม, แต่การใช้เวลา 3 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณความเข้มข้นมีค่าสูงสุด คือ ร้อยละ 24.50 ดังแสดงในตารางที่ 14.

ตารางที่ 14. ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดนางรมฮังการี ที่สกัดได้โดยใช้ระยะเวลาในการสกัดที่แตกต่างกันคือ 1.5, 3.0 และ 6.0 ชั่วโมง

ระยะเวลา	พอลิแซ็กคาไรด์	
	ปริมาณ (มก./ก.)[1]	ความเข้มข้น(ร้อยละ)
1.5 ชั่วโมง	36.79	18.34[b]
3.0 ชั่วโมง	39.66	24.50[a]
6.0 ชั่วโมง	45.52	23.40[a]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.

: [1] หมายถึง ค่าเฉลี่ยปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ (มิลลิกรัม)/น้ำหนักเห็ดแห้ง 1 กรัม

จากการศึกษากรรมวิธีการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์โดยใช้ระยะเวลาในการสกัดที่แตกต่างกันของเห็ดทั้ง 5 ชนิด พบว่า เมื่อใช้เวลาในการสกัดนานขึ้น ปริมาณน้ำหนักตะกอนจะเพิ่มมากขึ้น. แต่การใช้เวลา 3 ชั่วโมง พบว่า พอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้มีคุณภาพดี คือ มีปริมาณความเข้มข้นสูง.

3.2 ศึกษาภาชนะบรรจุที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเห็ดที่ผ่านการอบแห้ง (ใช้เห็ดหัวลิง)

ค่าความชื้นในเห็ดหัวลิง :

ค่าความชื้นในเห็ดหัวลิงอบแห้งที่บรรจุในฟิล์มชนิด PP และบรรจุในฟิล์มประกบชนิด PET/LLDPE พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น. ส่วนเห็ดหัวลิงที่บรรจุในฟิล์มประกบชนิด PET/ALU/LLDPE และฟิล์มประกบชนิด PET/ALU/LLDPE ที่ร่วมกับการปิดผนึกแบบสุญญากาศ พบว่า มีค่าค่อนข้างคงที่ คือ มีค่าความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 1.87 – 2.93 ดังแสดงในตารางที่ 15.

ตารางที่ 15. ค่าความชื้น (ร้อยละ) ในเห็ดหัวลิงอบแห้ง เมื่อเก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ภายใต้อุณหภูมิ 27, 37 และ 47°ซ.

ปริมาณความชื้น / ภาชนะบรรจุ	อุณหภูมิ 27°ซ.		อุณหภูมิ 37°ซ.		อุณหภูมิ 47°ซ.	
	1 เดือน	3 เดือน	1 เดือน	3 เดือน	1 เดือน	3 เดือน
PP	6.47	10.07	5.49	4.18	2.18	5.88
PET/LLDPE	6.35	9.56	5.06	4.24	1.85	5.22
PET/ALU/LLDPE	2.70	1.98	2.27	2.83	2.47	2.49
PET/ALU/LLDPE + VACUUM	1.87	2.40	2.11	2.94	1.29	2.93

ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์/บีตากลูแคนในเห็ดหัวลิง :

ปริมาณน้ำหนักตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดหัวลิงที่บรรจุในภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 27, 37 และ 47°ซ. พบว่า มีความแตกต่างกันอยู่ในช่วง 41.85–54.27 มิลลิกรัม/กรัม (ตารางที่16). ส่วนปริมาณความเข้มข้นพอลิแซ็กคาไรด์มีความแตกต่างกันเล็กน้อย ระหว่างอุณหภูมิในการเก็บรักษา. โดยเห็ดหัวลิงที่บรรจุในฟิล์มประกบชนิด PET/ALU/LLDPE และฟิล์มประกบชนิด PET/ALU/LLDPE ที่ร่วมกับการปิดผนึกแบบสุญญากาศมีแนวโน้มได้ปริมาณความเข้มข้นมากกว่า โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 27.82–38.78 ดังแสดงในตารางที่ 17.

ปริมาณความเข้มข้นบีตา-กลูแคนมีความแตกต่างกันเล็กน้อย ระหว่างอุณหภูมิในการเก็บรักษาเช่นกัน. โดยเห็ดหัวลิงที่บรรจุในฟิล์มประกบชนิด PET/ALU/LLDPE และฟิล์มประกบชนิด PET/ALU/LLDPE ที่ร่วมกับการปิดผนึกแบบสุญญากาศมีแนวโน้มได้ปริมาณความเข้มข้นมากกว่า โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 25.55–32.89 ดังแสดงในตารางที่ 18.

ตารางที่ 16. ปริมาณน้ำหนักตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์ มิลลิกรัม/กรัม ในเห็ดหัวลิงอบแห้ง เมื่อเก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ภายใต้อุณหภูมิ 27, 37 และ 47°ซ.

พอลิแซ็กคาไรด์ / ภาชนะบรรจุ	อุณหภูมิ 27°ซ.		อุณหภูมิ 37°ซ.		อุณหภูมิ 47°ซ.	
	1 เดือน	3 เดือน	1 เดือน	3 เดือน	1 เดือน	3 เดือน
PP	44.30	51.45	52.17	54.27	44.91	45.61
PET/LLDPE	48.45	52.70	45.20	49.55	49.18	46.59
PET/ALU/LLDPE	46.83	49.92	49.97	41.85	49.69	43.59
PET/ALU/LLDPE+VACUUM	47.99	45.13	49.68	42.82	47.28	43.24

ตารางที่ 17. ความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์ (ร้อยละ) ในเห็ดหัวลิงอบแห้ง เมื่อเก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ภายใต้อุณหภูมิ 27, 37 และ 47°ซ.

พอลิแซ็กคาไรด์ / ภาชนะบรรจุ	อุณหภูมิ 27°ซ.		อุณหภูมิ 37°ซ.		อุณหภูมิ 47°ซ.	
	1 เดือน	3 เดือน	1 เดือน	3 เดือน	1 เดือน	3 เดือน
PP	30.77 ^{c}	25.55 ^{a}	29.54 ^{b}	26.16 ^{b}	33.30 ^{b}	28.37 ^{ab}
PET/LLDPE	33.37 ^{bc}	26.92 ^{a}	32.86 ^{a}	27.24 ^{b}	32.27 ^{b}	27.56 ^{b}
PET/ALU/LLDPE	34.31 ^{b}	27.82 ^{a}	32.98 ^{a}	31.16 ^{a}	33.47 ^{b}	30.78 ^{ab}
PET/ALU/LLDPE +VACUUM	38.78 ^{a}	28.08 ^{a}	33.09 ^{a}	31.49 ^{a}	38.13 ^{a}	31.46 ^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.

ตารางที่ 18. ความเข้มข้นของบีตากลูแคน (ร้อยละ) ในเห็ดหัวลิงอบแห้ง เมื่อเก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ภายใต้อุณหภูมิ 27, 37 และ 47°ซ.

บีตา-กลูแคน / ภาชนะบรรจุ	อุณหภูมิ 27°ซ.		อุณหภูมิ 37°ซ.		อุณหภูมิ 47°ซ.	
	1 เดือน	3 เดือน	1 เดือน	3 เดือน	1 เดือน	3 เดือน
PP	27.41 ^{b}	29.30 ^{ab}	29.19 ^{a}	29.92 ^{ab}	26.24 ^{b}	27.99 ^{b}
PET/LLDPE	31.66 ^{a}	29.71 ^{a}	30.85 ^{a}	28.58 ^{b}	27.89 ^{b}	27.00 ^{c}
PET/ALU/LLDPE	32.20 ^{a}	27.15 ^{b}	29.38 ^{a}	31.24 ^{a}	30.59 ^{a}	25.55 ^{c}
PET/ALU/LLDPE+VACUUM	31.43 ^{a}	28.77 ^{ab}	32.89 ^{a}	29.89 ^{ab}	32.12 ^{a}	30.47 ^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.

ประเมินอายุการเก็บรักษาเห็ดหัวลิง :

การประเมินอายุการเก็บรักษาโดยใช้สภาวะเร่งของเห็ดหัวลิงในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ใช้ค่าความชื้น, การเปลี่ยนแปลงสี, การเกิดเชื้อรา และลักษณะภายนอกทั่วไป เป็นดัชนีที่แสดงถึงคุณภาพ. เมื่อนำข้อมูลมาสร้างกราฟความสัมพันธ์และทำการประเมินอายุการเก็บรักษา พบว่า เห็ดหัวลิงที่บรรจุในฟิล์มประกบชนิด PET/ALU/LLDPE ร่วมกับการปิดผนึกแบบสุญญากาศ มีคุณภาพและอายุการเก็บรักษานานที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับภาชนะบรรจุชนิดอื่นๆ ในทุกสภาวะการเก็บรักษา คือ 301 วัน ที่อุณหภูมิ 27°ซ., 150 วัน ที่อุณหภูมิ 37°ซ. และ 100 วัน ที่อุณหภูมิ 47°ซ., รองลงมา คือ เห็ดหัวลิงที่บรรจุในฟิล์มประกบชนิด PET/ALU/LLDPE, PET/LLDPE และฟิล์มชนิด PP, ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 19 และภาคผนวก ค.

ตารางที่ 19. อายุการเก็บรักษาของเห็ดหัวลิงอบแห้ง ในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ภายใต้อุณหภูมิ 27, 37 และ 47 °ซ.

ภาชนะบรรจุ	อายุการเก็บรักษา		
	27°ซ.	37°ซ.	47°ซ.
PP	27 วัน	10 วัน	9 วัน
PET/LLDPE	60 วัน	43 วัน	18 วัน
PET/ALU/LLDPE	150 วัน	60 วัน	50 วัน
PET/ALU/LLDPE + VACUUM	301 วัน	150 วัน	100 วัน

จากการศึกษาภาชนะบรรจุที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเห็ดที่ผ่านการอบแห้ง พบว่า เห็ดหัวลิงที่บรรจุในฟิล์มประกบชนิด PET/ALU/LLDPE และฟิล์มประกบชนิด PET/ALU/LLDPE ร่วมกับการปิดผนึกแบบสุญญากาศ มีปริมาณความชื้นค่อนข้างคงที่, ปริมาณน้ำหนักตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดหัวลิงที่บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ มีความแตกต่างกันเล็กน้อย. ส่วนปริมาณความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์/บีตา-กลูแคนในเห็ดหัวลิงที่บรรจุในฟิล์มประกบชนิด PET/ALU/LLDPE และฟิล์มประกบชนิดPET/ALU/LLDPE ร่วมกับการปิดผนึกแบบสุญญากาศมีแนวโน้มได้ปริมาณความเข้มข้นมากกว่า. จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยใช้สภาวะเร่ง พบว่าเห็ดหัวลิงที่บรรจุในฟิล์มประกบชนิด PET/ALU/LLDPE ร่วมกับการปิดผนึกแบบสุญญากาศจะมีอายุการเก็บรักษาเป็น 2 เท่าของเห็ดหัวลิงที่บรรจุในฟิล์มประกบชนิด PET/ALU/LLDPE.

ดังนั้น การบรรจุเห็ดหัวลิงอบแห้งในฟิล์มประกบชนิด PET/ALU/LLDPE ร่วมกับการปิดผนึกแบบสุญญากาศ จึงมีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากฟิล์มดังกล่าวสามารถควบคุมปริมาณความชื้นให้คงที่, ช่วยยืดอายุการเก็บรักษา, ตลอดจนช่วยรักษาคุณภาพโดยเฉพาะสารสำคัญ คือ พอลิแซ็กคาไรด์และบีตา-กลูแคนได้.

3.3 ศึกษากรรมวิธีการรักษาคุณภาพที่เหมาะสมก่อนการอบแห้ง (pre-drying treatment)

ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์/บีตา-กลูแคนในเห็ดหัวลิง :

ปริมาณน้ำหนักตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดหัวลิงชุดควบคุมและชุดที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อน มีค่าอยู่ในช่วง 26.86-39.78 มิลลิกรัม/กรัม. ส่วนชุดที่ผ่านการจุ่มสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบ-ซัลไฟต์ (KMS) ความเข้มข้นร้อยละ 0.25-1.00, มีค่าสูงกว่าอยู่ในช่วง 65.02-90.00 มิลลิกรัม/กรัม. ส่วนปริมาณความเข้มข้นพอลิแซ็กคาไรด์มีความแตกต่างกัน, โดยชุดควบคุมมีปริมาณน้อยที่สุดคือ

ร้อยละ 25.02, รองลงมาคือ ชุดที่ผ่านการจุ่มสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 1.00, โดยมีค่าร้อยละ 29.38. ส่วนชุดที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนและชุดที่ผ่านการจุ่มสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ความเข้มข้นร้อยละ 0.25-0.50, มีค่าสูงกว่า คือ อยู่ในช่วงร้อยละ 31.22-38.08.

ปริมาณความเข้มข้นบีตา-กลูแคนมีความแตกต่างกันเล็กน้อยระหว่างสิ่งทดลอง โดยมีค่าในช่วงร้อยละ 38.38-41.43 ดังแสดงในตารางที่ 20.

ตารางที่ 20. ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์/บีตา-กลูแคนในเห็ดหัวลิง ที่ผ่านกรรมวิธีการรักษาคุณภาพก่อนการอบแห้ง

สิ่งทดลอง	พอลิแซ็กคาไรด์		บีตา-กลูแคน
	ปริมาณ (มก./ก.)[1]	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ความเข้มข้น (ร้อยละ)
ชุดควบคุม	39.78	25.02 ^{c}	41.43 ^{b}
จุ่มน้ำร้อน	26.85	31.22 ^{abc}	40.95 ^{a}
KMS 0.25%	65.02	33.84 ^{ab}	38.85 ^{b}
KMS 0.50%	85.84	38.08 ^{a}	38.58 ^{b}
KMS 1.00%	90.00	29.38 ^{bc}	38.38 ^{b}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.

: [1] หมายถึง ค่าเฉลี่ยปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ (มิลลิกรัม)/น้ำหนักเห็ดแห้ง 1 กรัม

จากการศึกษากรรมวิธีการรักษาคุณภาพที่เหมาะสมก่อนการอบแห้งเห็ดหัวลิง พบว่า การจุ่มเห็ดลงในสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ก่อนการอบแห้ง จะทำให้ได้น้ำหนักตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์มากขึ้น, ซึ่งเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของสารดังกล่าว น้ำหนักตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์จะเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย. แต่ปริมาณความเข้มข้นพอลิแซ็กคาไรด์มีแนวโน้มลดลง หากใช้โพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ในปริมาณความเข้มข้นที่สูงขึ้น เช่น ร้อยละ 1.00. ส่วนปริมาณความเข้มข้นบีตา-กลูแคนมีความแตกต่างกันเล็กน้อย.

ดังนั้น การจุ่มเห็ดหัวลิงลงในสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.50 ก่อนการอบแห้ง จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุด, เนื่องจากสามารถสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ได้ในปริมาณที่มากคือ 85.84 มิลลิกรัม/กรัม และพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้มีคุณภาพดี คือ มีความเข้มข้นสูงร้อยละ 38.08.

ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์/บีตา-กลูแคนในเห็ดหอม :

ปริมาณน้ำหนักตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดหอมชุดควบคุมและชุดที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 38.83-38.92 มิลลิกรัม/กรัม. ส่วนชุดที่ผ่านการจุ่มสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.25-1.00 มีค่าสูงกว่า, อยู่ในช่วง 58.70-76.90 มิลลิกรัม/กรัม. ส่วนปริมาณความเข้มข้นพอลิแซ็กคาไรด์มีความแตกต่างกันเล็กน้อย, โดยชุดควบคุมและชุดที่ผ่านการจุ่มสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.50-1.00 มีปริมาณน้อย คือ อยู่ในช่วงร้อยละ 19.97-24.35. ส่วนชุดที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนและจุ่มสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบ-ซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.25 มีค่าสูงกว่า คือ อยู่ในช่วงร้อยละ 27.11-27.33.

ปริมาณความเข้มข้นบีตา-กลูแคนมีความแตกต่างกันเล็กน้อยระหว่างสิ่งทดลองโดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 17.26 - 22.99 ดังแสดงในตารางที่ 21.

ตารางที่ 21. ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์/บีตา-กลูแคนในเห็ดหอม ที่ผ่านกรรมวิธีการรักษาคุณภาพก่อนการอบแห้ง

สิ่งทดลอง	พอลิแซ็กคาไรด์		บีตากลูแคน
	ปริมาณ (มก./ก.)[1]	ความเข้มข้น(ร้อยละ)	ความเข้มข้น(ร้อยละ)
ชุดควบคุม	38.92	22.62 [b]	17.26 [d]
จุ่มน้ำร้อน	38.83	27.11 [a]	20.96 [c]
KMS 0.25%	58.70	27.33 [a]	22.99 [a]
KMS 0.50%	63.40	24.35 [b]	21.82 [b]
KMS 1.00%	76.90	19.97 [c]	20.84 [c]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.

: [1] หมายถึง ค่าเฉลี่ยปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ (มิลลิกรัม)/น้ำหนักเห็ดแห้ง 1 กรัม

จากการศึกษากรรมวิธีการรักษาคุณภาพที่เหมาะสมก่อนการอบแห้งเห็ดหอม พบว่า การจุ่มเห็ดลงในสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ก่อนการอบแห้ง จะทำให้ได้น้ำหนักตะกอนพอลิ-แซ็กคาไรด์มากขึ้น, ซึ่งเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของสารดังกล่าว น้ำหนักตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์จะเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย. แต่ปริมาณความเข้มข้นพอลิแซ็กคาไรด์มีแนวโน้มลดลง หากใช้โพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ในปริมาณความเข้มข้นที่สูงขึ้น (ร้อยละ 0.50-1.00). ส่วนปริมาณความเข้มข้นบีตากลู-แคนมีความแตกต่างกันเล็กน้อย.

ดังนั้น การจุ่มเห็ดหอมลงในสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.25 ก่อนการอบแห้ง จึงเป็นวิธีการที่มีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากสามารถสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ได้ปริมาณที่มาก คือ 58.70 มิลลิกรัม/กรัม และพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้มีคุณภาพดี คือ มีความเข้มข้นสูงร้อยละ 27.33.

ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์/บีตา-กลูแคนในเห็ดเป๋าฮื้อ :

ปริมาณน้ำหนักตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดเป๋าฮื้อชุดควบคุมมีค่า 68.91 มิลลิกรัม/กรัม. ส่วนชุดที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนและชุดที่ผ่านการจุ่มสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.25-1.00 มีค่าสูงกว่า คือ อยู่ในช่วง 90.77-140.30 มิลลิกรัม/กรัม. ปริมาณความเข้มข้นพอลิแซ็กคาไรด์มีความแตกต่างกัน โดยชุดควบคุม, ชุดที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อน และชุดที่ผ่านการจุ่มสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 1.00. มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 34.73-38.51. ส่วนชุดที่ผ่านการจุ่มสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.25-0.50, มีค่าสูงกว่า คือ อยู่ในช่วงร้อยละ 42.92-46.17.

ปริมาณความเข้มข้นบีตา-กลูแคน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 22.

ตารางที่ 22. ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์/บีตา-กลูแคนในเห็ดเป๋าฮื้อ ที่ผ่านกรรมวิธีการรักษาคุณภาพก่อนการอบแห้ง

สิ่งทดลอง	พอลิแซ็กคาไรด์		บีตา-กลูแคน
	ปริมาณ (มก./ก.)[1]	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ความเข้มข้น (ร้อยละ)
ชุดควบคุม	68.91	35.04 [b]	42.26 [a]
จุ่มน้ำร้อน	90.77	38.51 [b]	42.01 [a]
KMS 0.25%	101.55	42.92 [a]	38.45 [a]
KMS 0.50%	101.55	46.17 [a]	38.74 [a]
KMS 1.00%	140.30	34.73 [b]	39.02 [a]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.

: [1] หมายถึง ค่าเฉลี่ยปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ (มิลลิกรัม)/น้ำหนักเห็ดแห้ง 1 กรัม

จากการศึกษากรรมวิธีการรักษาคุณภาพที่เหมาะสมก่อนการอบแห้งเห็ดเป๋าฮื้อ พบว่า การจุ่มเห็ดลงในสารละลายโพแทสเซียมเมทาไบซัลไบซัลไฟต์ก่อนการอบแห้ง จะทำให้ได้น้ำหนักตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์มากขึ้น, ซึ่งเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของสารดังกล่าว น้ำหนักตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์

จะเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย. แต่ปริมาณความเข้มข้นพอลิแซ็กคาไรด์มีแนวโน้มลดลง หากใช้โพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ในปริมาณความเข้มข้นที่สูงขึ้น (ร้อยละ1.00). ส่วนปริมาณความเข้มข้นบีตา-กลูแคนไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสิ่งทดลอง.

ดังนั้น การจุ่มเห็ดเป๋าฮื้อลงในสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.25 ก่อนการอบแห้ง จึงเป็นวิธีการที่มีความเหมาะสมมากที่สุด, เนื่องจากสามารถสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ได้ในปริมาณมากคือ 101.55 มิลลิกรัม/กรัม และพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้มีคุณภาพดี คือ มีความเข้มข้นสูงร้อยละ 42.92.

ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์/บีตา-กลูแคนในเห็ดนางฟ้าภูฏาน :

ปริมาณน้ำหนักตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดนางฟ้าภูฏานชุดควบคุมและชุดที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 40.80-44.93 มิลลิกรัม/กรัม, ส่วนชุดที่ผ่านการจุ่มสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.25-1.00 มีค่าสูงกว่า คือ อยู่ในช่วง 66.69-89.54 มิลลิกรัม/กรัม. ปริมาณความเข้มข้นพอลิแซ็กคาไรด์มีความแตกต่างกันเล็กน้อยอยู่ในช่วงร้อยละ 21.69-26.13.

ปริมาณความเข้มข้นบีตา-กลูแคน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 23.

ตารางที่ 23. ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์/บีตา-กลูแคนในเห็ดนางฟ้าภูฏานที่ผ่านกรรมวิธีการรักษาคุณภาพก่อนการอบแห้ง

สิ่งทดลอง	พอลิแซ็กคาไรด์		บีตา-กลูแคน
	ปริมาณ (มก./ก.)[1]	ความเข้มข้น(ร้อยละ)	ความเข้มข้น(ร้อยละ)
ชุดควบคุม	44.93	21.69 [b]	38.08 [a]
จุ่มน้ำร้อน	40.80	26.13 [a]	37.52 [a]
KMS 0.25%	66.69	23.58 [b]	38.15 [a]
KMS 0.50%	79.69	22.55 [b]	40.46 [a]
KMS 1.00%	89.54	23.19 [b]	40.98 [a]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.

: [1] หมายถึง ค่าเฉลี่ยปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ (มิลลิกรัม)/น้ำหนักเห็ดแห้ง 1 กรัม

จากการศึกษากรรมวิธีการรักษาคุณภาพที่เหมาะสมก่อนการอบแห้งเห็ดนางฟ้าภูฏาน พบว่า การจุ่มเห็ดลงในสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ก่อนการอบแห้ง จะทำให้ได้น้ำหนักตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์มากขึ้น, ซึ่งเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของสารดังกล่าว น้ำหนักตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์จะเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย. แต่ปริมาณความเข้มข้นพอลิแซ็กคาไรด์ของเห็ดที่ผ่านการจุ่มสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ความเข้มข้นร้อยละ 0.25–1.00 ไม่แตกต่างกัน. ส่วนปริมาณความเข้มข้นบีตา-กลูแคนไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสิ่งทดลองเช่นกัน.

ดังนั้น การจุ่มเห็ดนางฟ้าภูฏานลงในสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.25 ก่อนการอบแห้ง จึงเป็นวิธีการที่มีความเหมาะสมมากที่สุด, เนื่องจากสามารถสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ได้ในปริมาณมากคือ 66.69 มิลลิกรัม/กรัม และพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้มีคุณภาพดี เมื่อเปรียบเทียบกับชุดที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อน.

ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์/บีตา-กลูแคนในเห็ดนางรมฮังการี :

ปริมาณน้ำหนักตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดนางรมฮังการีชุดควบคุมและชุดที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อน มีค่าอยู่ในช่วง 32.02-41.89 มิลลิกรัม/กรัม. ส่วนชุดที่ผ่านการจุ่มสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ (KMS) ความเข้มข้นร้อยละ 0.25-1.00 มีค่าสูงกว่า คือ อยู่ในช่วง 64.94-98.44 มิลลิกรัม/กรัม. ปริมาณความเข้มข้นพอลิแซ็กคาไรด์ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสิ่งทดลอง.

ปริมาณความเข้มข้นบีตา-กลูแคนมีความแตกต่างกัน โดยชุดที่ผ่านการจุ่มสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 1.00 มีค่าน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 39.35. นอกนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน คือ อยู่ในช่วงร้อยละ 43.30-46.72 ดังแสดงในตารางที่ 24.

ตารางที่ 24. ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์/บีตา-กลูแคนในเห็ดนางรมฮังการีที่ผ่านกรรมวิธีการรักษาคุณภาพก่อนการอบแห้ง

สิ่งทดลอง	พอลิแซ็กคาไรด์		บีตา-กลูแคน
	ปริมาณ (มก./ก.)[1]	ความเข้มข้น(ร้อยละ)	ความเข้มข้น (ร้อยละ)
ชุดควบคุม	41.89	28.52 [a]	46.20 [a]
จุ่มน้ำร้อน	32.02	27.92 [a]	46.72 [a]
KMS 0.25%	64.94	25.68 [a]	43.30 [ab]
KMS 0.50%	98.44	26.07 [a]	45.62 [a]
KMS 1.00%	96.33	25.94 [a]	39.35 [b]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.

: [1] หมายถึง ค่าเฉลี่ยปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ (มิลลิกรัม)/น้ำหนักเห็ดแห้ง 1 กรัม

จากการศึกษากรรมวิธีการรักษาคุณภาพที่เหมาะสมก่อนการอบแห้งเห็ดนางรมฮังการี พบว่า การจุ่มเห็ดลงในสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ก่อนการอบแห้ง จะทำให้ได้น้ำหนักตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์มากขึ้น, ซึ่งเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของสารดังกล่าว น้ำหนักตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์จะเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย. ปริมาณความเข้มข้นพอลิแซ็กคาไรด์ไม่แตกต่างกันระหว่างสิ่งทดลอง. ส่วนปริมาณความเข้มข้นบีตา-กลูแคนแตกต่างกันเล็กน้อย, ยกเว้นชุดที่ผ่านการจุ่มสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 1.00 มีค่าต่ำสุด.

ดังนั้น การจุ่มเห็ดนางรมฮังการีลงในสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.50 ก่อนการอบแห้ง จึงเป็นวิธีการที่มีความเหมาะสมมากที่สุด, เนื่องจากสามารถสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ได้ในปริมาณมากคือ 98.44 มิลลิกรัม/กรัม และพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้มีคุณภาพดี.

2.3.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์/บีตา-กลูแคน

ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์/บีตา-กลูแคนในเห็ดชนิดต่างๆ :

ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์/บีตา-กลูแคนในเห็ดชนิดต่างๆที่ผ่านกรรมวิธีการรักษาคุณภาพที่เหมาะสมก่อนการอบแห้ง แล้วบรรจุในฟิล์มประกบชนิด PET/ALU/LLDPE เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°ซ. เป็นเวลา 6 และ 12 เดือน พบว่า มีความแตกต่างกันเล็กน้อย โดยเห็ดหัวลิง, เห็ดหอม, เห็ดเป๋าฮื้อ, เห็ดนางฟ้าภูฏาน, เห็ดนางรมฮังการี มีปริมาณน้ำหนักตะกอนพอลิแซ็กคาไรด์อยู่ในช่วง 55.67-68.50, 40.85-41.98, 71.26-85.18, 64.11-70.11, 62.22-68.50 มิลลิกรัม/กรัม, ตามลำดับ. ปริมาณความเข้มข้นพอลิแซ็กคาไรด์อยู่ในช่วงร้อยละ 36.69-42.04, 23.18-24.11, 38.99-40.31, 23.27-25.50, 22.89-23.69, ตามลำดับ และปริมาณความเข้มข้นบีตา-กลูแคนอยู่ในช่วงร้อยละ 41.46-4 3.41, 27.72-30.96, 31.56-32.66, 33.48-35.17 และ 30.46-37.88, ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 25.

ตารางที่ 25 . ปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์/บีตา-กลูแคน ในเห็ดชนิดต่างๆ ที่ผ่านกรรมวิธีการรักษาคุณภาพก่อนการอบแห้ง ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°ซ. เป็นเวลานาน 6 และ 12 เดือน

ชนิดเห็ด		พอลิแซ็กคาไรด์		บีตา-กลูแคน
		ปริมาณ (มก./ก.)[1]	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ความเข้มข้น (ร้อยละ)
เห็ดหัวลิง (KMS 0.5%)	6 เดือน	55.67	36.69	41.46
	12 เดือน	68.50	42.04	43.41
เห็ดหอม (KMS 0.25%)	6 เดือน	41.98	24.11	27.72
	12 เดือน	40.85	23.18	30.96
เห็ดเป๋าฮื้อ (KMS 0.25%)	6 เดือน	85.18	40.31	32.66
	12 เดือน	71.26	38.99	31.56
เห็ดนางฟ้าภูฏาน(KMS 0.25%)	6 เดือน	70.11	25.50	33.48
	12 เดือน	64.11	23.27	35.17
เห็ดนางรมฮังการี (KMS 0.5%)	6 เดือน	68.50	23.69	37.88
	12 เดือน	62.22	22.89	30.46

หมายเหตุ : [1] หมายถึง ค่าเฉลี่ยปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ (มิลลิกรัม)/น้ำหนักเห็ดแห้ง 1 กรัม

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณและความเข้มข้นของพอลิแซ็กคาไรด์/บีตา-กลูแคนในเห็ดชนิดต่างๆ ที่บรรจุในฟิล์มประกบชนิด PET/ALU/LLDPE เป็นเวลานาน 12 เดือน พบว่า มีความแตกต่างกันเล็กน้อย, ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในข้อ 3.2 เรื่องการศึกษาภาชนะบรรจุที่เหมาะสมในการเก็บรักษา.

2.3.5 ศึกษากรรมวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดหัวลิงสดภายหลังการเก็บเกี่ยว

ค่าความสด (freshness) :

ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°ซ. เป็นเวลา 30 วัน พบว่า เห็ดหัวลิงที่บรรจุในฟิล์มชนิด PP และในกล่องพลาสติกใสชนิดพอลิสไตรีน ยังมีความสด, ดอกเห็ดมีความคงรูป, แต่เห็ดที่บรรจุในกล่องพลาสติกใสชนิดพอลิสไตรีนจะมีความชื้นน้อยกว่าและมีสีผิวเป็นสีเหลืองอ่อน ดังแสดงในรูปที่ 1 และ 2). ส่วนเห็ดหัวลิงที่บรรจุในฟิล์มการค้า เบอร์ 1 และ เบอร์ 2 มีความสดปานกลาง, ลักษณะดอกเห็ดมีความชื้นมาก, นอกนั้นเริ่มมีกลิ่นผิดปกติและเน่าเสีย ดังแสดงในตารางที่ 26.

ตารางที่ 26. ค่าความสด (freshness) ของเห็ดหัวลิงที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°ซ. เป็นเวลา 10, 20 และ 30 วัน

ภาชนะบรรจุ	ค่าความสด[1]		
	10 วัน	20 วัน	30 วัน
ฟิล์มการค้า เบอร์ 1	2	2	2
ฟิล์มการค้า เบอร์ 2	3	3	2
ฟิล์มการค้า เบอร์ 3	3	3	1
ฟิล์มชนิด PP	3	3	3
ฟิล์มชนิด PE	3	2	0
ฟิล์มประกบชนิด PET/LLDPE	2	1	0
กล่องพลาสติกชนิดพอลิสไตรีน	4	3	3

หมายเหตุ : [1] หมายถึง ค่าความสด มีค่าตั้งแต่ 0-4โดยที่ 0 หมายถึง ไม่สด เน่าเสีย ผู้บริโภคไม่ยอมรับ,
1 หมายถึง ไม่สด เริ่มมีกลิ่นผิดปกติ ผู้บริโภคไม่ยอมรับ,
2 หมายถึง สดปานกลาง ผู้บริโภคยังพอยอมรับได้,
3 หมายถึง สด ผู้บริโภคยอมรับ,
4 หมายถึง สดมาก ผู้บริโภคยอมรับ

รูปที่ 1. เห็ดหัวลิงที่บรรจุในฟิล์มชนิด PP ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน ที่อุณหภูมิ 5°ซ.

รูปที่ 2. เห็ดหัวลิงที่บรรจุในกล่องพลาสติกใสชนิดพอลิสไตรีน ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน ที่อุณหภูมิ 5°ซ.

ดังนั้น จึงได้ทำการคัดเลือกฟิล์มชนิด PP และ กล่องพลาสติกใสชนิดพอลิสไตรีนมาทำการทดลองเพิ่มเติม โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 15°ซ. และ เพิ่มภาชนะบรรจุอีก 1 ชนิด คือ ถาดโฟมหุ้มฟิล์มยืด ซึ่งได้ผลการทดลอง ดังนี้คือ.

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°ซ.

ค่าความสด : ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน พบว่า เห็ดหัวลิงที่บรรจุในฟิล์มชนิด PP และกล่องพลาสติกใสชนิดพอลิสไตรีน ยังมีความสด, ดอกเห็ดมีความคงรูป, แต่เห็ดที่บรรจุในกล่องพลาสติกใสชนิดพอลิสไตรีนจะมีความชื้นน้อยกว่า. ส่วนเห็ดที่บรรจุในถาดโฟมหุ้มฟิล์มยืดมีลักษณะเหี่ยวไม่สด ดังแสดงในตารางที่ 27.

ตารางที่ 27. ค่าความสด (freshness) ของเห็ดหัวลิงที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°ซ. เป็นเวลา 10, 20 และ 30 วัน

ภาชนะบรรจุ	ค่าความสด[1]		
	10 วัน	20 วัน	30 วัน
ฟิล์มชนิด PP	4	3	3
กล่องพลาสติกใสชนิดพอลิสไตรีน	4	4	3
ถาดโฟมหุ้มฟิล์มยืด	4	4	1

หมายเหตุ : [1] หมายถึง ค่าความสด มีค่าตั้งแต่ 0-4โดยที่ 0 หมายถึง ไม่สด เน่าเสีย ผู้บริโภคไม่ยอมรับ,
1 หมายถึง ไม่สด เริ่มมีกลิ่นผิดปกติ ผู้บริโภคไม่ยอมรับ,
2 หมายถึง สดปานกลาง ผู้บริโภคยังพอยอมรับได้,
3 หมายถึง สด ผู้บริโภคยอมรับ,
4 หมายถึง สดมาก ผู้บริโภคยอมรับ

การสูญเสียน้ำหนัก : ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน พบว่า เห็ดหัวลิงที่บรรจุในฟิล์มชนิด PP มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 0.36 ส่วนเห็ดหัวลิงที่บรรจุในกล่องพลาสติกใสชนิดพอลิสไตรีนและในถาดโฟมหุ้มฟิล์มยืด มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าคือ ร้อยละ 6.65 และ 14.55 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 28.

ตารางที่ 28. การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดหัวลิงที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°ซ. เป็นเวลา 10, 20 และ 30 วัน

ภาชนะบรรจุ	การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ)		
	10 วัน	20 วัน	30 วัน
ฟิล์มชนิด PP	0.04	0.19	0.36
กล่องพลาสติกใสชนิดพอลิสไตรีน	1.67	2.91	6.65
ถาดโฟมหุ้มฟิล์มยืด	1.33	2.22	14.55

ค่าสีผิว : ค่าสีผิวมีความแตกต่างกัน ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน พบว่า เห็ดหัวลิงที่บรรจุในฟิล์มชนิด PP มีค่า L* a* b* เท่ากับ 73.98, 1.68, 21.39 ตามลำดับ ซึ่งเห็ดจะมีสีขาวนวลและมีความสว่าง. ส่วนเห็ดหัวลิงที่บรรจุในกล่องพลาสติกใสชนิดพอลิสไตรีนและถาดโฟมหุ้มฟิล์มยืด มีค่า L* อยู่ในช่วง 70.69–75.25, ค่า a* อยู่ในช่วง 2.79–3.38 และ ค่า b* ซึ่งมีค่าค่อนข้าง

สูง อยู่ในช่วง 28.48–29.07, ซึ่งลักษณะของเห็ดที่บรรจุในภาชนะบรรจุดังกล่าวจะมีสีเหลืองอ่อน แต่ยังคงมีความสว่าง. ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสีไปเป็นสีเหลืองดังกล่าว เกิดขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน และสีจะเข้มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน ดังแสดงในตารางที่ 29 และ รูปที่ 3.

ตารางที่ 29. ค่าสีผิวของเห็ดหัวลิงที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°ซ. เป็นเวลา 10, 20 และ 30 วัน

ค่าสี / ภาชนะบรรจุ	10 วัน			20 วัน			30 วัน		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
ฟิล์มชนิด PP	78.30^{a}	0.48^{b}	18.41^{b}	79.55^{ab}	0.48^{b}	19.06^{b}	73.98^{a}	1.68^{b}	21.39^{b}
กล่องพลาสติกใสชนิดพอลิสไตรีน	75.73^{b}	1.17^{a}	22.05^{a}	80.00^{a}	0.63^{a}	23.06^{a}	70.69^{b}	3.38^{a}	29.07^{a}
ถาดโฟมหุ้มฟิล์มยืด	74.73^{b}	0.54^{b}	18.73^{b}	78.37^{b}	0.52^{ab}	21.66^{a}	75.25^{a}	2.79^{ab}	28.48^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.

รูปที่ 3. เห็ดหัวลิงที่บรรจุในฟิล์มชนิด PP ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน ที่อุณหภูมิ 5°ซ.

ค่าความสด : ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน พบว่า เห็ดหัวลิงที่บรรจุในฟิล์มชนิด PP และกล่องพลาสติกใสชนิดพอลิสไตรีน ยังมีความสดดอกเห็ดมีความคงรูป, แต่เห็ดที่บรรจุในกล่องพลาสติกใสพอลิสไตรีนจะมีความชื้นน้อยกว่าในฟิล์มชนิด PP ส่วนเห็ดที่บรรจุในถาดโฟมหุ้มฟิล์มยืดมีลักษณะเหี่ยวไม่สด ดังแสดงในตารางที่ 30.

ตารางที่ 30. ค่าความสด (freshness) ของเห็ดหัวลิงที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15°ซ. เป็นเวลา 7 และ 14 วัน

ภาชนะบรรจุ	ค่าความสด[1]	
	7 วัน	14 วัน
ฟิล์มชนิด PP	4	3
กล่องพลาสติกใสพอลิสไตรีน	4	2
ถาดโฟมหุ้มฟิล์มยืด	4	1

หมายเหตุ : [1] หมายถึง ค่าความสด มีค่าตั้งแต่ 0-4โดยที่ 0 หมายถึง ไม่สด เน่าเสีย ผู้บริโภคไม่ยอมรับ,
1 หมายถึง ไม่สด เริ่มมีกลิ่นผิดปกติ ผู้บริโภคไม่ยอมรับ,
2 หมายถึง สดปานกลาง ผู้บริโภคยังพอยอมรับได้,
3 หมายถึง สด ผู้บริโภคยอมรับ,
4 หมายถึง สดมาก ผู้บริโภคยอมรับ

การสูญเสียน้ำหนัก : ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน พบว่า เห็ดหัวลิงที่บรรจุในฟิล์มชนิด PP มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดคือ ร้อยละ 0.51, ส่วนเห็ดหัวลิงที่บรรจุในกล่องพลาสติกใสชนิดพอลิสไตรีนและในถาดโฟมหุ้มฟิล์มยืดมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าคือ ร้อยละ 3.65 และ 2.99 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 31.

ตารางที่ 31. การสูญเสียน้ำหนักของเห็ดหัวลิงที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15°ซ. เป็นเวลา 7 และ 14 วัน

ภาชนะบรรจุ	การสูญเสียน้ำหนัก(ร้อยละ)	
	7 วัน	14 วัน
ฟิล์มชนิด PP	0.14	0.51
กล่องพลาสติกใสพอลิสไตรีน	1.55	3.65
ถาดโฟมหุ้มฟิล์มยืด	1.19	2.99

ค่าสีผิว : ค่าสีผิวมีความแตกต่างกัน ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน พบว่า เห็ดหัวลิงที่บรรจุในฟิล์มชนิด PP มีสีขาวนวลและมีความสว่าง, ส่วนที่บรรจุในกล่องพลาสติกใสชนิดพอลิสไตรีน และในถาดโฟมหุ้มฟิล์มยืดจะมีสีเหลืองอ่อน ดังแสดงในตารางที่ 32 และ รูปที่ 4.

ตารางที่ 32. ค่าสีผิวของเห็ดหัวลิงที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °ซ. เป็นเวลา 7 วัน และ 14 วัน

ภาชนะบรรจุ	7 วัน			14 วัน		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
ฟิล์มชนิด PP	78.33[a]	0.46[b]	19.02[b]	77.69[a]	2.01[a]	22.11[b]
กล่องพลาสติกใสพอลิสไตรีน	75.58[b]	0.61[b]	22.09[a]	80.66[a]	1.29[b]	25.88[a]
ถาดโฟมหุ้มฟิล์มยืด	77.37[a]	1.23[a]	20.14[b]	72.11[b]	2.14[a]	23.16[b]

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่ง แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%.

รูปที่ 4. เห็ดหัวลิงที่บรรจุในฟิล์มชนิด PP ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน ที่อุณหภูมิ 15°ซ.

การเก็บรักษาเห็ดหัวลิงโดยบรรจุในฟิล์มชนิด PP พบว่า เห็ดยังคงมีความสด, มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยและมีสีขาวนวล, โดยสามารถเก็บรักษาได้ 30 วัน ที่อุณหภูมิ 5°ซ. และ 14 วัน ที่อุณหภูมิ 15°ซ.

4. สรุปผล

โครงการการพัฒนากรรมวิธีการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบเห็ดภายหลังการเก็บเกี่ยวได้ทำการศึกษาและทดลองใช้วิธีการต่างๆ เพื่อควบคุมคุณภาพวัตถุดิบเห็ดให้มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนาน, ตลอดจนช่วยรักษาคุณภาพ โดยเฉพาะสารสำคัญ เช่น พอลิแซ็กคาไรด์และบีตากลูแคน, ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้ คือ.

1. การสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ของเห็ด 5 ชนิด คือ เห็ดหัวลิง, เห็ดหอม, เห็ดเป๋าฮื้อ, เห็ดนางฟ้าภูฏาน และเห็ดนางรมฮังการี ด้วยวิธีการต้มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 95-100°ซ. เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง, โดยใช้อัตราส่วนของเห็ดที่ผ่านการอบแห้ง:น้ำ เท่ากับ 1:12 (กรัม/มิลลิลิตร) เป็นวิธีการที่เหมาะสม เนื่องจากสามารถสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ได้ในปริมาณมาก และพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้มีคุณภาพดี.

2. การศึกษาภาชนะบรรจุที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเห็ดที่ผ่านการอบแห้ง (ใช้เห็ดหัวลิงเป็นกรณีศึกษา) โดยใช้ภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน 4 แบบ คือ ฟิล์มชนิด PP, ฟิล์มประกบชนิด PET/LLDPE, ฟิล์มประกบชนิด PET/ALU /LLDPE และฟิล์มประกบชนิด PET/ALU/LLDPE ร่วมกับการปิดผนึกแบบสุญญากาศ พบว่า ฟิล์มประกบชนิด PET/ALU /LLDPE ร่วมกับการปิดผนึกแบบสุญญากาศ มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากฟิล์มดังกล่าวสามารถควบคุมปริมาณความชื้นให้คงที่, ช่วยยืดอายุการเก็บรักษา ตลอดจนช่วยรักษาคุณภาพโดยเฉพาะสารสำคัญ คือ พอลิแซ็กคาไรด์และบีตา-กลูแคนได้เป็นอย่างดี. จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารสำคัญดังกล่าวในเห็ดทั้ง 5 ชนิด โดยบรรจุในฟิล์มประกบชนิด PET/ALU /LLDPE ร่วมกับการปิดผนึกแบบสุญญากาศเป็นเวลานาน 12 เดือน พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารสำคัญเล็กน้อย.

3. การศึกษากรรมวิธีการรักษาคุณภาพที่เหมาะสมก่อนการอบแห้ง โดยการจุ่มเห็ดหัวลิง, เห็ดนางรมฮังการี ลงในสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และการจุ่มเห็ดหอม, เห็ดเป๋าฮื้อ และเห็ดนางฟ้าภูฏาน ลงในสารละลายโพแทสเซียมเมแทไบซัลไฟต์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.25 เป็นเวลานาน 15 นาที ก่อนการอบแห้ง พบว่า เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่ช่วยรักษาคุณภาพและช่วยทำให้สกัดพอลิแซ็กคาไรด์ได้ในปริมาณที่มากขึ้น.

4. การยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดหัวลิงสด โดยการบรรจุลงในฟิล์มชนิด PP พบว่า สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ 30 วัน ที่อุณหภูมิ 5°ซ. และ 14 วัน ที่อุณหภูมิ 15°ซ. โดยที่เห็ดยังคงมีความสดและมีคุณภาพดี.

5. ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการส่งเสริมให้เกษตรกรผู้เพาะเห็ด นำเอาระบบการปฏิบัติตามหลักการของระบบการผลิตที่ดีและเหมาะสม (GAP) มาใช้ เพื่อพัฒนาคุณภาพเห็ด.

2. ส่งเสริมและสนับสนุนให้มีงานวิจัยเชิงลึกเกี่ยวกับเห็ดมากขึ้น เนื่องจากข้อมูลเห็ดในประเทศไทยยังมีน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับต่างประเทศ.

3. การพัฒนาสายพันธุ์เห็ดชนิดใหม่ ที่มีคุณค่าทางโภชนาการตลอดจนมีสรรพคุณทางยาสูง.

6. เอกสารอ้างอิง

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเห็ด. 2551. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://aopdh02.doae.go.th/wonlop_het.pdf. [เข้าถึงเมื่อวันที่ 18 กันยายน 2551].

โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา. 2555. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://kajarp.wordpress.com/2011/09/24/mushroom. [เข้าถึงเมื่อวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2555].

จริยานุกูล, จริยา. 2537. เห็ดทรงคุณค่า. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์อักษรไทย. 87 หน้า.

ชิทาเกะ เห็ดหอมมหัศจรรย์. 2555. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.thaipaipan.com/jl_tppcom/index.php?option=com_content&view=article&id=1158&catid=316. [เข้าถึงเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2555].

โซ่มงคล, รินฤดี. 2549. การแยกบริสุทธิ์และคุณสมบัติของพอลิแซ็กคาไรด์จากเห็ดกินได้. กรุงเทพฯ: วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นุชจังหรีด, ชฎาพร. ประโยชน์ของเห็ดนานาชนิด. 2555. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.mushroomstation. com/Default.aspx?pageid=8. [เข้าถึงเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2555].

นุ่นเส้ง, ชัยชนะ. 2549. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเห็ดนางรมฮังการี. กรุงเทพฯ: วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 119 หน้า.

นานาสาระน่ารู้เกี่ยวกับเห็ด. 2555. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.kasetloongkim.com/modules.php?name=Forum&file=viewtopic&p=8216. [เข้าถึงเมื่อวันที่ 26 มิถุนายน 2555].

บำรุงรักษ์, นพรัตน์. 2551. โครงการแผนที่ภูมิทัศน์ภาคใต้ : ฐานทางเศรษฐกิจและทุนวัฒนธรรม เรื่อง “เห็ด”. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

บำรุงรักษ์, นพรัตน์. 2555. โครงการแผนที่ภูมิทัศน์ภาคใต้ : ฐานทางเศรษฐกิจและทุนวัฒนธรรม เรื่อง เห็ด. สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย. 40 หน้า.

บุญเอก, วารีรัตน์. 2550. เรื่องของเห็ด. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.tistr-foodprocess. net/ food_health/food_health1.htm. [เข้าถึงเมื่อวันที่ 8 กันยายน 2550].

ประโยชน์ทางยาของเห็ด 8 ชนิด. 2555. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.meedee.net/magazine/med/foods-security/1550. [เข้าถึงเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2555].

ป้องพาล, ดำเกิง. 2555. เอกสารประกอบคำบรรยายวิชาพส. 413 การผลิตเห็ด [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก www.rakbankerd.com/agriculture/print.php?id=1278&s=tblplant, [เข้าถึงเมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2555].

เป็นยาและอาหารแบบเห็ดหอม. 2555. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.qigongthai.com /content-เป็นอาหารและยาแบบเห็ดหอม-4-2353-82329-1html. [เข้าถึงเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2555].

พูนทรัพย์, พวงเพชร. 2551. Mushroom เห็ด...ประโยชน์ในทางยา (ตอนที่1). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.gpo.or.th/rdi/htmls/mushroom1.html. [เข้าถึงเมื่อวันที่ 18 กันยายน 2551].

พูนทรัพย์, พวงเพชร. 2555. เห็ด...ประโยชน์ทางยา. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.gpo. or.th/rdi/ htmls/mushrm1.html. [เข้าถึงเมื่อวันที่ 18 กันยายน 2551].

ฟาร์มเห็ดเขาหมากจุดเริ่มต้นคนเพาะเห็ด.2555. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.khaomak. com/i/articles.php?article_id=9. [เข้าถึงเมื่อวันที่ 26 มิถุนายน 2555].

ฟาร์มเห็ดเขาหมาก จุดเริ่มต้นคนเพาะเห็ด. 2555. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.khaomak. com/i/ articles.php?article_id=18. [เข้าถึงเมื่อวันที่ 26 มิถุนายน 2555].

ภัทรเกษวิทย์, สำเภา . 2546. เห็ดเมืองหนาว. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 54 หน้า.

ยอดสุวรรณ, ณัฐวุฒิ. 2548. เซลโลไบโอไฮโดรเลสในเห็ดหูหนู. กรุงเทพฯ: วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 140 หน้า.

รักปทุม, สุรพล. 2550. สู้มะเร็งด้วยหลินจือ. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์, 119 หน้า.

รักวิทยาศาสตร์, วิชัย. ราวิทยาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: จามจุรีโปรดักท์, 351 หน้า.

ศิริพาณิชย์, จริงแท้. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. นครปฐม : ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 396 หน้า.

สมาคมนักวิจัยและเพาะเลี้ยงเห็ดแห่งประเทศไทย. 2545. เห็ดไทย 2545. กรุงเทพฯ: บริษัท นิวธรรม-ดาการพิมพ์ (ประเทศไทย). 133 หน้า.

สัจจบุตร, สุรศักดิ์. 2551. การรักษาคุณภาพของเห็ดกระดุมด้วยรังสี. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.tint.or.th/nkc/nkc51/nkc5101/nkc5101m.html. [เข้าถึงเมื่อวันที่ 18 กันยายน 2551].

สมุนไพรเปลี่ยนชีวิตคุณได้. 2551. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.siambig.com/shop/ เข้าถึงเมื่อวันที่ 2 ตุลาคม 2551].

สรรพคุณและประโยชน์ของเห็ดหอม. 2555. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.n3k.in.th/สมุนไพร/ประโยชน์ของเห็ดหอม. [เข้าถึงเมื่อวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2555].

เห็ด. 2551. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://contact.doae.go.th/เห็ด.doc. [เข้าถึงเมื่อวันที่ 8 กันยายน 2550].

เห็ดน่ารู้. 2555. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.mushroomstation.com/ [เข้าถึงเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2555].

เห็ดปุยฝ้ายหรือเห็ดหัวลิง. 2555 . [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.thaikasetsart.com. [เข้าถึงเมื่อวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2555].

เห็ดภู่มาลา. 2555. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.herichi.com/articles/41938362/เห็ดภู่มาลากับสุขภาพ. [เข้าถึงเมื่อวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2555].

เห็ดภู่มาลากับความงาม. 2555. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.herichi.com /index.php?mo =3&art=41939326 [เข้าถึงเมื่อวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2555].

เฮงสวัสดิ์, ดวงจันทร์. 2551. อาหารและสุขภาพ. กรุงเทพฯ: สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 235-239.

เฮงสวัสดิ์, ดวงจันทร์. 2548. เห็ดสุดยอดรสอาหารของขวัญจากธรรมชาติ. *วารสารอาหารและสุขภาพ* **35**(4). หน้า 235-239.

Burton, K.S., Sreenivasaprasad, S., Fama, T., Evered, C.E. and McGarry, A., 1995. Mushroom quality and senescence. pp.687-693. *In* : T.J. Elliott, ed**.** Mushroom Science XIV Science and Cultivation of Edible Fungi (Vol.2). Wellesbourne, UK: International Congress on the Science and Cultivation of Edible Fungi,

Chakraborty, I., Mondal, S., Pramanik, M., Rout, D. and Islam, S. S., 2004. Structural investigation of a water-soluble glucan from an edible mushroom, *Astraeus hygrometricus*. *Carbohydrate Research*, 339, pp. 2249-2254.

Chandra, K. Ghosh, K., Roy, K. S., Mondal, S., Maiti, D., Ojha, K. A., Das, D. Mondal, S. and Islam, S. S., 2007. A water-soluble glucan isolated from an edible mushroom *Termitomyces microcarpus*. *Carbohydrate Research*, 342, pp. 2484-2489.

Chang, S. T. and Quimo, T. H., 1982. Tropical Mushrooms: Biological Nature and Cultivation Methods. Hong Kong. The Chinese University Press,

Dubois, M., Gilles, K. A., Hami Hon, J. K., Reber, P. A. and Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars andrelated substances. *Anal. Biochem*, 28, pp. 350-356.

Giri, S. K. and Prasad, S. 2007. Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms. *Journal of Food Engineering*, 78, pp. 512-521.

Hartman, S.C., Beelman, R. B. and Simon., 2000. Calcium and selenium enrichment during cultivation impress the shelf life of *Agaricus* mushroom. Science and Cultivation of Edible Fungi. Proceeding of 15th International Congress on the Science and Cultivation of Edible Fungi, Maastricht, the Netherlands.

Hou, X., Zhang, N., Xiong, S., Li, S. and Yang, B., 2008. Extraction of BaChu mushroom polysaccharides and preparation of compound beverage. *Carbohydrate Polymers*, 73, pp. 289-294.

Kotwaliwale, N., Bakane, P. and Verma, A., 2007. Changes in textural and optical properties of oyster mushroom during hot air drying. *Journal of Food Engineering*, 78, pp. 1207-1211.

Lavi, I., Friesem, D. Geresh, S., Hadar, Y. and Schwartz, B., 2006. An aqueous polysaccharide extract from the edible mushroom *Pleurotus ostreatus* induces anti-proliferative and pro-apoptotic effects on HT-29 colon cancer cells. *Cancer Letters*, 244, pp. 61-70.

Manzi, P. and Pizzoferrato, L., 2000. Beta-glucans in edible mushrooms. *Food Chemistry*, 68, pp. 315-318.

McGarry, A. and Burton, K. S., 1994. Mechanical properties of mushroom, Agaricus.bisporus. *Mycol. Res*, 98, pp. 241-245.

Noble, R. and Gaze, R. H., 1994. Controlled environment composting for mushroom cultivar; Substrates based on wheat and barley straw and deep litter poultry manure.*J.Agri.Sci,* 123, pp. 71-79

Rhee, J. S., Cho, Y. S., Kim, M. K., Cha, D. and Park, H., 2008. A comparative study of analytical methods for alkali-soluble β-glucan in medicinal mushroom, Chaga (*Inonoyus obliquus*). *LWT*, 41, pp. 545-549.

Synytsya, A., Mickova, K., Synytsya, A., Jablonsky, I., Spevacek, J., Erban, V., Kovarikova, E. and Copikova, J., 2009. Glucans from fruit bodies of cultivated mushrooms *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii*: Structure and potential prebiotic activity. *Carbohydrate Polymers*, 76, pp. 548-556.

Walde, S. G., Velu, V., Jyothirmayi, T. and Math, R. G., 2006. Effects of pretreatments and drying methods on dehydration of mushroom. *Journal of Food Engineering*, 74, pp. 108-115.

Wang, D., Sakoda, A. and Suzuki, M., 2000. Biological efficiency and nutritional value of *Plcurotus ostreatus* cultivated on spent beer grain. Bioresourse Techuol Available at: http://www.google.com/Bioresource technology.htm, [accessed: 23 November, 2003].

Yildiz, A., Karakaplan, M. and Aydin, F., 1998. Studies on *Plcurotus ostreatus* (Jacq. EX Fr) Kumm. Var. salignus (pers. ex Fr.) Konr. Et Maubl. Cultivation, proximate composition,organic and mineral composition of carpophores. *Food Chem,* 61(1/2), pp. 127-130.

Zhang, M., Cui, S. W., Cheung, P. C. K. and Wang, Q., 2007. Antitumor polysaccharides from mushrooms: a review on their isolation process, structural characteristics and antitumor activity. *Trends in Food Science & Technology*, 18, pp. 4-19.

ภาคผนวก ก
การวัดความเข้มข้นพอลิแซ็กคาไรด์

การเตรียมกราฟมาตรฐานกลูโคส

การเตรียม standard glucose stock

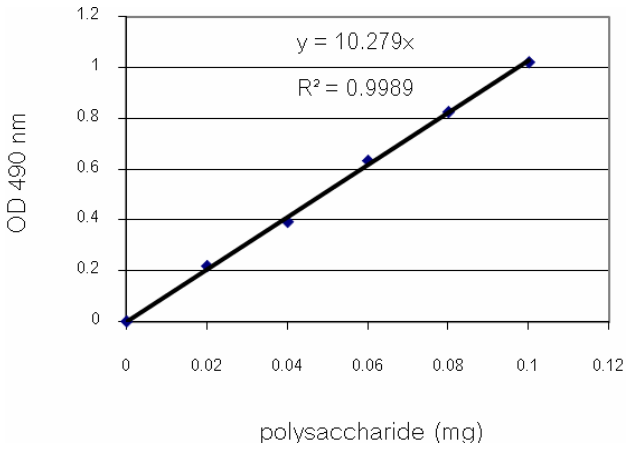
ชั่ง standard glucose มา 100 มิลลิกรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร.

การเตรียม working standard

ใช้ standard glucose stock 10 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร.

การเตรียมกราฟมาตรฐานกลูโคส

1. ปิเปต working standard มา 200, 400, 600, 800 และ 1000 µl .
2. ปรับปริมาตรให้ได้ 1 มิลลิลิตรโดยเติมน้ำกลั่น.
3. เติม 5%phenol 1 มิลลิลิตร และ conc.sulfuric acid 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน.
4. ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 490 nm โดยใช้เครื่อง spectrophotometer .



กราฟมาตรฐานกลูโคสเพื่อใช้ในการคำนวนปริมาณของ polysaccharide

สูตรคำนวณ

Absorbance corresponds to 0.1 ml of test = X mg of glucose

100 ml of the sample solution contains = $\frac{X}{0.1}$ x 100 mg of glucose

= % total polysaccharide

ภาคผนวก ข
การวัดปริมาณบีตา-กลูแคน

การวัดปริมาณบีตา-กลูแคน

ใช้ชุดทดสอบ(test kit) ของ Megazyme ชุดทดสอบนี้ใช้วิเคราะห์ 1,3:1,6-β-glucan ในเห็ดและยีสต์

ปริมาณบีตา-กลูแคน (% w/w) ได้จากสูตรการคำนวณ ดังนี้.

$$\beta\text{-Glucan} = \underset{(+\text{ oligomers etc})}{\text{Total Glucan}} - \underset{(+\text{ oligomers etc})}{\alpha\text{-Glucan}}$$

การวัดค่าแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1. การวัดปริมาณ Total glucan (β-glucan + α-glucan) plus D-glucose in oligosaccharides, sucrose and free D-glucose.

2. การวัดปริมาณ α-glucan (phytoglycogen and starch) plus D-glucose in sucrose and free D-glucose.

การวัดปริมาณ Total glucan (β-glucan + α-glucan) plus D-glucose in oligosaccharides, sucrose and free D-glucose

1.1 นำเห็ดมาบดให้ละเอียดแล้วร่อนด้วยตะแกรง ขนาด 0.5 มิลลิเมตร

1.2 ชั่งเห็ดที่บดแล้ว 100 มิลลิกรัม ใส่ในหลอดสำหรับ centrifuge ขนาด 50 มล. โดยให้ตัวอย่างเห็ดอยู่ที่ก้นหลอด.

1.3 เติมกรด HCl เข้มข้นปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ปิดฝาหลอดให้แน่น แล้วเขย่าโดยใช้ vortex แรงๆ จากนั้นนำไปบ่มในอ่างน้ำร้อน (water bath) ที่อุณหภูมิ 30°ซ เป็นเวลา 45 นาที โดยเขย่าทุกๆ 15 นาที (เพื่อละลาย β-glucan อย่างสมบูรณ์).

1.4 เติมน้ำปริมาตร 10 มล. ปิดฝาหลอดแล้ว vortex.

1.5 คลายฝาหลอดทดลองแล้วนำไปต้มในน้ำเดือด 5 นาที จากนั้นปิดฝาหลอดให้แน่นแล้วต้มน้ำเดือดต่ออีก 2 ชั่วโมง.

1.6 นำหลอดมาทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง ค่อยๆ คลายเกลียวฝาหลอด แล้วเติม 2 KOH ปริมาตร 10 มิลลิลิตร.

1.7 เทส่วนผสมทั้งหมดลงใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรโดยใช้ 200 mM sodium acetate buffer (pH 5.0) ผสมให้เข้ากัน.

1.8 เทส่วนผสมลงในขวดสำหรับปั่นเหวี่ยงขนาด 350 มิลลิลิตร แล้วนำไป centrifuge ที่ ความเร็ว 1,500 กรัม, 10 นาที.

1.9 ดูดสารละลายใสส่วนบน 0.1 มิลลิลิตร ใส่หลอดแก้วทดลอง จำนวน 2 หลอด ต่อ 1 ตัวอย่าง (2 ซ้ำ).

1.10 เติม 0.1 มิลลิลิตร ของส่วนผสมของ exo-1,3-β-glucanase (20 U/ml) plus β-glucosidase (4U/ml) (จาก kit) ผสมให้เข้ากันโดย Vortex, แล้วบ่มในอ่างน้ำร้อน 40°ซ., 60 นาที.

1.11 เติม 3 มิลลิลิตร Glucose oxidase/peroxiase mixture (GOPOD) แล้วบ่มในอ่างน้ำร้อนที่ 40°ซ., 20 นาที.

1.12 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับ reagent blank และมี D-glucose standard.

การวัดปริมาณ β-glucan (phytoglycogen and starch) plus D-glucose in sucrose and free D-glucose

2.1 ชั่งเห็ดที่บดแล้ว 100 มิลลิกรัม ใส่ในหลอดสำหรับ centrifuge ขนาด 50 มิลลิลิตร โดยให้ตัวอย่างเห็ดอยู่ที่ก้นหลอด.

2.2 ใส่ magnetic stirrer bar (5x15 mm), แล้วเติม 2 ml : 2 M KOH ละลายตะกอนตัวอย่างโดย ผสมตัวอย่างโดยใช้ ice bath บน magnetic stirrer .

2.3 เติม 1.2 M sodium acetate 8 มิลลิลิตร (pH 3.8) โดยคนตลอดเวลา แล้วเติมเอนไซม์ amyloglucosidase (1630 U/ml) plus invertase (500 U/ml) 0.2 มล., ผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปบ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 40°ซ. เป็นเวลา 30 นาที โดยเขย่าเป็นระยะ.

2.4 ปั่นเหวี่ยงที่ ความเร็ว 1,500 กรัม, 10 นาที.

2.5 ดูดสารละลายใสส่วนบน 0.1 มิลลิลิตร ใส่หลอดแก้วทดลอง จำนวน 2 หลอด ต่อ 1 ตัวอย่าง (2 ซ้ำ).

2.6 เติม sodium acetate buffer (200 mM, pH 5.0) 0.1 มิลลิลิตร และเติม GOPOD 3 มิลลิลิตร แล้วบ่มในอ่างน้ำร้อนที่ 40°ซ. เป็นเวลา 20 นาที.

2.7 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 nm เปรียบเทียบกับ reagent blank และมี D-glucose standard.

Reagent Blank**:**ประกอบด้วย

- 0.2 ml (sodium acetate buffer; 200 mM; pH 5.0).
- 3.0 ml GOPOD.

Glucose standard**:** ใช้ 100 ug

- 0.1 ml D-glucose (stock = 1 mg/ml).
- 0.1 ml (sodium acetate buffer; 200 mM; pH 5.0).
- 3.0 ml GOPOD.

การคำนวณ

CALCULATIONS: สามารถใช้โปรแกรมคำนวณจาก (www.megazyme.com)

Total Glucan (% w/w) (+ oligomers etc) $= \Delta E \times F \times \frac{100}{0.1} \times \frac{1}{1000} \times \frac{100}{W} \times \frac{162}{180}$

$= \Delta E \times F/W \times 90$

α-Glucan (% w/w) (+ oligomers etc) $= \Delta E \times F \times \frac{1000}{(\text{or } 103)} \times \frac{1}{1000} \times \frac{100}{W} \times \frac{162}{180}$

$= \Delta E \times F/W \times 90$ (final volume 100 ml)

$= \Delta E \times F/W \times 9.27$ (final volume 10.3 ml)

β-Glucan = Total Glucan (+ oligomers etc) - α-Glucan (+ oligomers etc)

where:

ΔE = reaction absorbance – blank absorbance.

F = a factor to convert absorbance to µg of D-glucose.

$= \frac{100 \text{ (µg of the D-glucose standard)}}{\text{GOPOD absorbance for 100µg of D-glucose standard.}}$

100/0.1 = volume correction factor; for total glucan (yeast), (0.1 mL out of 100 mL was analysed).

103 = volume correction factor; for a-glucan (0.1 mL out of 10.3 mL was analysed).

or

1000 = volume correction factor; for a-glucan (0.1 mL out of 100 mL was analysed).

1/1000 = conversion from μg to milligrams.

100/W = conversion back to 100 mg of sample (i.e. as % w/w).

W = weight of sample analysed.

162/180 = a factor to convert from free D-glucose, as determined, to anhydroglucose, as occurs in b-glucan.

ภาคผนวก ค
การประเมินอายุการเก็บรักษา

ประเมินอายุการเก็บรักษาเห็ดหัวลิงที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้สภาวะเร่ง

ขั้นตอนการดำเนินงาน

การทดลองหา Moisture sorption isotherm

วัตถุดิบ

เห็ดหัวลิงอบแห้ง

อุปกรณ์

1. บีกเกอร์
2. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
3. Desiccators
4. ตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์
5. ตู้อบ
6. อะลูมิเนียมฟอยด์

สารเคมี

สาร	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)		
	27°ซ.	37°ซ.	47°ซ.
Lithium Chloride	14.9	13.4	11
Calcium Chloride	30.4	24.6	32.4
Potassium Carbonate	48.0	45.6	43.2
Sodium Chloride	79.5	76.8	74.4
Potassium Sulfate	95.5	97.5	95.8

วิธีการทดลอง

1. หาความชื้นเริ่มต้นของเห็ดหัวลิงอบแห้ง ซึ่งค่าที่ได้คือ Initial moisture content (M_o)

2. เตรียมสารละลายเกลืออิ่มตัว 5 ชนิด คือ Lithium Chloride, Calcium Chloride, Potassium Carbonate, Sodium Chloride และ Potassium Sulfate

3. ชั่งน้ำหนักอะลูมิเนียมฟอยด์ ชั่งเห็ดหัวลิงอบแห้งน้ำหนักประมาณ 5 กรัม ใส่ในอะลูมิเนียมฟอยด์ ทำทั้งหมด 2 ซ้ำ ใส่ลงใน Desiccators ที่มีสารละลายเกลืออิ่มตัวจากข้อ 2

ที่เตรียมไว้ แล้วเก็บในห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 27, 37 และ 47°ซ. นำออกมาชั่งน้ำหนักจนกว่าจะได้น้ำหนักที่คงที่

4. คำนวณค่าความชื้น จากสูตร

$$m = \frac{(w_2 - w_1) + (\%H_2O/100)^* w_1}{w_1 (100 - \%H_2O)/100} = \frac{\text{g water}}{\text{g solid}}$$

5. เขียนกราฟโดยให้ค่า Relative humidity (%RH) เป็นแกน x และ equilibrium moisture content เป็นแกน y (ในหน่วย g water /100 g solid)

6. การหาค่า Critical Moisture content จากสูตร

$$M_c = \frac{(m_c - m_{d,i})x100}{m_c}$$

โดย M_c คือ Critical Moisture content

m_c คือ น้ำหนักตัวอย่างที่จุด Critical

$m_{d,i}$คือ น้ำหนักตัวอย่างแห้งเริ่มต้น

การประเมินอายุการเก็บรักษา (Half – Value Period method)

วัตถุดิบ

เห็ดหัวลิงอบแห้ง

อุปกรณ์

1. ภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน 4 แบบ คือ
   - PP
   - PET12/LLDPE65
   - PET12/ALU7/LLDPE70
   - PET12/ALU7/LLDPE70 + VACUUM
2. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
3. Desiccators
4. ตู้อบ
5. เครื่อง ปิดผนึกด้วย Film sealer

วิธีการทดลอง

1. บรรจุเห็ดหัวลิงอบแห้ง น้ำหนักประมาณ 10 กรัม ด้วยเครื่องบรรจุโดยใช้ฟิล์ม 4 แบบ คือ

ชนิดฟิล์ม	สภาวะบรรจุ	บรรจุโดย
PP	atmospheric	ปิดผนึกด้วย Film sealer
PET12/LLDPE65	atmospheric	ปิดผนึกด้วย Film sealer
PET12/ALU7/LLDPE70	atmospheric	ปิดผนึกด้วย Film sealer
PET12/ALU7/LLDPE70 + VACC	atmospheric	ปิดผนึกด้วย Film sealer

หมายเหตุ : -ทุกถุงมีพื้นที่ที่แน่นอนและเท่ากันคือ 0.005 m^2

: -นำไปอบก่อนบรรจุ ที่อุณหภูมิ 105° C จนน้ำหนักคงที่ เพื่อหาค่า Initial Moisture Content (M_o)

2. เตรียมสารละลาย Potassium Sulfate ใส่ลงใน Desiccators เก็บในห้องควบคุมอุณหภูมิ 27, 37 และ 47°ซ. (97.5% RH)

3. ชั่งน้ำหนัก ภาชนะบรรจุเปล่า และ ภาชนะบรรจุ+เห็ด เป็นน้ำหนักเริ่มต้น

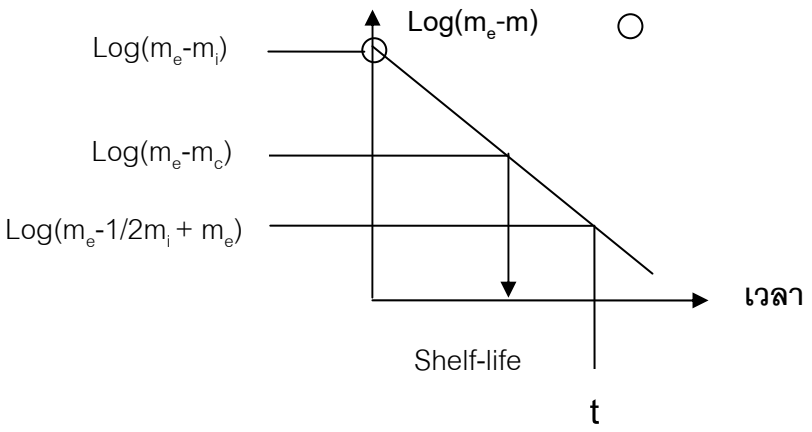
4. นำมาใส่ใน Desiccators ที่มีสารละลายในข้อ 2

5. ชั่งน้ำหนักเป็นระยะ ประมาณ 16 วัน แล้วทำการเปิดภาชนะบรรจุ ชั่งน้ำหนักจนได้ค่าคงที่

6. คำนวณความชื้นที่จุดสมดุลจากกราฟ Moisture Sorption Isotherm

8. เขียนกราฟโดยให้ log10 ของผลต่างระหว่างน้ำหนักอาหารที่จุดสมดุลและจุดเริ่มต้น (log10 (We-W)) เป็นแกน x และเวลา (วัน) เป็นแกน y จากรูปกราฟจะหาค่า slope ได้ นำ slopeไปใช้คำนวณหา T(HVP) จากสูตร T = (-log 2 / slope) วัน

9. นำไปคำ plot กราฟ เพื่อคำนวณหาอายุการเก็บรักษา ดังนี้



การประเมินอายุการเก็บรักษาโดยใช้สภาวะเร่ง (Half – Value Period method) ของเห็ดหัวลิงในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ โดยคำนวณความชื้นที่จุดสมดุลจากกราฟ Moisture Sorption Isotherm เพื่อเขียนกราฟโดยให้ log10 ของผลต่างระหว่างน้ำหนักอาหารที่จุดสมดุลและจุดเริ่มต้น (log10 (We-W)) เป็นแกน x และเวลา (วัน) เป็นแกน y และหาค่า slope เพื่อจะนำ slopeไปใช้คำนวณหา T(HVP) จากสูตร T = (-log 2 / slope) วัน และนำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟเพื่อคำนวณหาอายุการเก็บ ซึ่งจากการประเมินอายุการเก็บรักษาเห็ดหัวลิง พบว่า เห็ดหัวลิงที่บรรจุในฟิล์มประกบชนิด PET/ALU/LLDPE ร่วมกับการปิดผนึกแบบสุญญากาศ มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับภาชนะบรรจุชนิดอื่นๆ ในทุกสภาวะการเก็บรักษา คือ 301 วัน ที่อุณหภูมิ 27°ซ., 150 วัน ที่อุณหภูมิ 37°ซ. และ 100 วัน ที่อุณหภูมิ 47°ซ. รองลงมา คือ เห็ดหัวลิงที่บรรจุในฟิล์มประกบชนิด PET/ALU/LLDPE, PET/LLDPE และ PP ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง ซึ่งเป็นผลมาจากคุณสมบัติของฟิล์มประกบที่มีมากชั้นขึ้นและฟิล์มแต่ละชั้นที่เพิ่มขึ้น ก็มีคุณสมบัติในการสกัดกั้นการซึมผ่านของแก๊สและความชื้นได้ดี โดยเฉพาะชั้นของอลูมิเนียมฟอยด์ (ALU) และ การใช้ระบบสุญญากาศในการปิดผนึก อย่างไรก็ตามพบว่า สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27°ซ เป็นสภาวะการเก็บรักษาที่สามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้นานที่สุด ในทุกชนิดของฟิล์ม ส่วน การเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงขึ้น เช่น ที่ 47°ซ. มีผลทำให้อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 และ 37°ซ. อย่างไรก็ตาม ผลการประเมินอายุการเก็บรักษาที่ได้นี้ สามารถใช้เป็นแนวทางในการเลือกใช้ภาชนะบรรจุให้เหมาะสมกับลักษณะของสินค้า, ระยะเวลาในการวางจำหน่ายของผลิตภัณฑ์ และต้นทุนการผลิต เนื่องจากการเลือกใช้จำนวนชั้นของฟิล์มที่เหมาะสม ไม่ใช้มากเกินความจำเป็น ก็สามารถลดวัสดุและลดต้นทุนของผู้ผลิตได้ เนื่องจากจำนวนชั้นของฟิล์มที่เพิ่มขึ้นจะมีผลต่อต้นทุนการผลิตฟิล์ม

ตารางแสดง อายุการเก็บรักษาของเห็ดหัวลิงอบแห้ง ในภาชนะบรรจุชนิดต่างๆ ภายใต้อุณหภูมิ 27, 37 และ 47°ซ.

ภาชนะบรรจุ	อายุการเก็บรักษา		
	27°ซ.	37°ซ.	47°ซ.
PP	27 วัน	10 วัน	9 วัน
PET/LLDPE	60 วัน	43 วัน	18 วัน
PET/ALU/LLDPE	150 วัน	60 วัน	50 วัน
PET/ALU/LLDPE + VACUUM	301 วัน	150 วัน	100 วัน