



ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาต่อปริมาณเบตากลูแคน และคุณลักษณะทางกายภาพ ของเห็ดแครงอบแห้ง

Effect of Temperature and Time on Beta Glucan Content and Characteristic of Dried Split Gill Mushroom

เอื้อพร จรัสเพิ่มสุข¹ กานต์สุดา วันจันทิก^{1*} และ อำพร แจ่มผล¹

¹ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Euaphorn Jaraspermsuk¹ Kansuda Wunjuntuk^{1*} and Amporn Jamphon¹

¹Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: fagrkdw@ku.ac.th

Received: 15 November 2019 | Revised: 6 February 2020 | Accepted: 17 March 2020

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบแห้งเห็ดแครงต่อปริมาณเบตากลูแคน และคุณลักษณะทางกายภาพ โดยวางแผนการทดลองแบบ 3x3 Factorial in CRD อบแห้งเห็ดแครงด้วยอุณหภูมิ 3 ระดับ ได้แก่ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส และระยะเวลา 3 ช่วง ได้แก่ 6 8 และ 10 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่า การอบแห้งเห็ดแครงที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ด้วยระยะเวลา 6 ชั่วโมง มีปริมาณเบตากลูแคนคงเหลือมากที่สุดเท่ากับ 54.12 ± 0.75 กรัม/100 กรัม (น้ำหนักแห้ง) มีปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เท่ากับ 0.27 ± 0.08 ปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 5.79 ± 2.16 กรัม (น้ำหนักแห้ง) มีค่าสี L^* a^* และ b^* เท่ากับ 63.26 ± 1.14 5.76 ± 0.27 และ 20.52 ± 0.79 ตามลำดับ ส่วนการอบแห้งเห็ดแครงที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ด้วยระยะเวลา 6 ชั่วโมง มีปริมาณเบตากลูแคนคงเหลือน้อยที่สุด ดังนั้นการเลือกใช้อุณหภูมิ และระยะเวลาในการอบแห้งเห็ดแครงที่เหมาะสม น่าจะเป็นทางเลือกที่ดีในการถนอมอาหารด้วยวิธีการอบแห้งเพื่อคงปริมาณเบตากลูแคน

ABSTRACT

The objective of this research is to study the effect of temperature and time on beta glucan for maintains the beta glucan content and characteristic of dried split gill mushroom. The experiment was carried out based on 3x3 factorial experiments in CRD. The temperature and time of drying process were tasted at 50, 60 and 70 degree celsius and 6, 8 and 10 hours respectively. The drying process of split gill mushroom at 70 degree celsius for 6 hours resulted in the highest content of beta glucan, that was 54.12 ± 0.75 g (dry weight). The water activity (a_w) was 0.27 ± 0.08 . The moisture was percent 5.79 ± 2.16 g (dry weight). The color value L^* , a^* and b^* of this condition were 63.26 ± 1.14 , 5.76 ± 0.27 and 20.52 ± 0.79 , respectively. However, the drying process at 50 degree celsius for 6 hours showed the lowest content of beta glucan. The present study suggests that the appropriated temperature

and time for drying process would be better for preserving beta glucan content in food preservation using drying process.

คำสำคัญ: เห็ดแครง ชิโซไฟล์คอมมูน เบตาไกลูแคน การอบแห้ง

Keywords: Split Gill, *Schizophyllum commune* Fr., Beta glucan, Drying

บทนำ

เห็ดแครงหรือเห็ดตีนตุ๊กแก มีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ว่า *Schizophyllum commune* Fr. ชื่อในภาษาอังกฤษ Split Gill เป็นเห็ดพื้นบ้านไทยที่สามารถเจริญเติบโตได้ทุกภาคในประเทศไทย โดยนิยมรับประทานในภาคใต้ ซึ่งมักพบบนไม้ยางพาราจึงถูกเรียกเห็ดยาง นอกจากนี้ภาคเหนือจะเรียก เห็ดแครง เห็ดตามอด และภาคกลางเรียก เห็ดมะม่วง เนื่องจากขึ้นบนไม้มะม่วง และยังมีขึ้นบนไม้อื่นๆ เช่น ไม้ยูคาลิปตัส ไม้สน เป็นต้น (กรมวิชาการเกษตร, 2561) การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเห็ดแครงมีสารที่ชื่อว่าเบตาไกลูแคนสูง โดยเบตาไกลูแคนเป็นสารประกอบโพลีแซคคาไรด์ที่สามารถพบได้ในผนังเซลล์ของแบคทีเรีย ยีสต์ รา เห็ด สาหร่าย และกลุ่มข้าวโอ๊ต ข้าวสาลี สำหรับเบตาไกลูแคนที่ถูพบในเห็ดมีโครงสร้างสายหลักเป็น 1,3-beta-glucan มีกิ่งก้านเป็น 1,6-beta-glucan และมีการศึกษาพบว่าเบตาไกลูแคนสามารถจับกับตัวรับ (Receptors) บนเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดแมคโครฟาจ ซึ่งเป็นเซลล์ภูมิคุ้มกันสำคัญ เมื่อแมคโครฟาจถูกกระตุ้นจากเบตาไกลูแคน จะสามารถทำหน้าที่ในการจับกินเชื้อโรคแบบกลืนกินของเซลล์ (Phagocytosis) ได้ดีมากขึ้น สามารถแบ่งตัวเพิ่มจำนวนมากขึ้น และยังเพิ่มการผลิตสารไซโตไคน์ ซึ่งเป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปยังเซลล์ภูมิคุ้มกันชนิดทีเซลล์ (T-cell) และเอ็นเคเซลล์ (Natural killer cell, NK cell) ให้เพิ่มการแบ่งตัวมากขึ้น และช่วยในการกำจัดเชื้อโรค รวมไปถึงการกำจัดเซลล์แปลกปลอม เช่น เซลล์มะเร็ง (Cancer) ทำให้สามารถยับยั้งการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็ง ลดขนาดของเซลล์มะเร็ง และกำจัดเซลล์มะเร็งได้ (Chan et al., 2009) การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเบตาไกลูแคนในเห็ดแครงมีชื่อว่า Schizopyllan มีคุณสมบัติในการต้านเนื้องอก ต้านมะเร็ง และกระตุ้นภูมิคุ้มกัน (นฤมล, 2557) โดยจากการศึกษาของ Chan et al. (1990) ซึ่งศึกษาในผู้ป่วยโรคมะเร็ง 62 คน ผู้ป่วยกลุ่มที่ได้รับการฉีดสารสกัดเบตาไกลูแคนจากเห็ดแครง หรือเรียกว่า Sizofiran (Schizophyllan, SPG) เมื่อนำสิ่งที่ได้จากการล้างเยื่อช่องท้อง

(Peritoneal washing) หลังการผ่าตัดเปิดทางหน้าท้อง (Laparotomy) 1 วัน ส่งตรวจวิเคราะห์ พบว่าจำนวนของแมคโครฟาจที่อยู่ในช่องท้อง (Peritoneal macrophages, PM) มีจำนวนเพิ่มมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้เมื่อศึกษาในกลุ่มที่ได้รับทั้งยากระตุ้นภูมิคุ้มกัน (Recombinant interferon gamma, IFN) ร่วมกับสารสกัดเบตาไกลูแคนจากเห็ดแครง พบว่าทำให้จำนวนของแมคโครฟาจที่อยู่ในช่องท้อง และไซโตไคน์ที่ทำหน้าที่กระตุ้นเซลล์ภูมิคุ้มกันอื่นๆ เพิ่มมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การศึกษาของ Kano et al. (1996) ได้ศึกษาในหนูโมด ที่ถูกกระตุ้นให้เป็นมะเร็งต่อมน้ำเหลือง (Lymphoma) พบว่าหนูโมดที่เป็นมะเร็งต่อมน้ำเหลือง และถูกฉีดด้วยสารสกัดเบตาไกลูแคนจากเห็ดแครง (Sizofiran) มีการตอบสนองของเซลล์ภูมิคุ้มกันที่ทำหน้าที่ต่อต้านมะเร็ง (Antitumor-immune response) ได้แก่ ทีเซลล์ เอ็นเคเซลล์ และแมคโครฟาจ ได้ดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่าหนูกลุ่มที่ได้รับ Sizofiran มีระยะเวลาในการอยู่รอด (Survival time) มากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการให้ความร้อนมีผลต่อปริมาณเบตาไกลูแคน (Oliveira et al., 2012) ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบแห้งต่อปริมาณน้ำอิสระ ปริมาณความชื้น ค่าสี และปริมาณเบตาไกลูแคนในเห็ดแครง เพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เห็ดแครงอบแห้งเพื่อคงคุณค่าของสารสำคัญต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การคัดเลือกและเตรียมตัวอย่างเห็ดแครง

จัดซื้อตัวอย่างเห็ดแครงจากฟาร์มเพาะเห็ด บ้านเห็ดแครง ที่อยู่ 1/2 ม.9 ตำบลคู อำเภอนะนง จังหวัดสงขลา นำตัวอย่างใส่ลงโพงบรรจุน้ำแข็ง ส่งมายังห้องปฏิบัติการ ภายใน 1 วันหลังจากการเก็บผลผลิต จากนั้นนำตัวอย่างมาคัดเลือกและตัด

แต่งเอาเฉพาะส่วนที่บริโภคได้ ล้างให้สะอาด ผึ่งให้แห้งนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิและเวลาดังรายละเอียดในขั้นตอนต่อไป

2. การศึกษาอุณหภูมิ และเวลาในการอบแห้งต่อปริมาณน้ำอิสระ ปริมาณความชื้น ค่าสี และปริมาณเบตาไกลูแคนในเห็ดแครงอบแห้ง

การทดลองครั้งนี้ได้มีการจัดสิ่งทดลองแบบ 3x3 Factorial in CRD สำหรับการศึกษารอบแห้งและระยะเวลาในการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด (Eureka, Thailand) โดยศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งที่ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการอบแห้งที่ระยะเวลา 6 8 และ 10 ชั่วโมง นำเห็ดแครงมาวาง โดยแบ่งเห็ดถาดละ 400 กรัม ระหว่างการอบแห้งให้กลับตัวอย่างทุก 2 ชั่วโมง นำตัวอย่างที่อบแห้งแล้วปั่น โดยใช้เครื่องปั่นผสม (Philips HR2001, China) ปั่นจนเป็นผงละเอียด จากนั้นเก็บตัวอย่างบรรจุลงในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

2.1 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) วิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ ด้วยเครื่อง a_w meter (RS-232, AQUA LAB USA) โดยทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

2.2 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น วิเคราะห์ปริมาณความชื้น ตามวิธีการของ AOAC (2012) โดยทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

2.3 การวัดค่าสี วิเคราะห์ค่าสี (L^* a^* และ b^*) ด้วยเครื่องวัดค่าสี (ColorFlex, HunterLab, USA) โดยทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

L^* ความสว่างซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0-100 โดยที่ค่า 0 แสดงถึงความสว่างน้อย และ ค่า 100 แสดงถึงความสว่างมาก

a^* แสดงถึงสีเขียวและสีแดง โดยที่ $-a^*$ แสดงถึงสีเขียว และ $+a^*$ แสดงถึงสีแดง

b^* แสดงถึงสีน้ำเงินและสีเหลือง โดยที่ $-b^*$ แสดงถึงสีน้ำเงิน และ $+b^*$ แสดงถึงสีเหลือง

2.4 การวิเคราะห์ปริมาณเบตาไกลูแคน (β -glucan)

การวิเคราะห์ปริมาณเบตาไกลูแคนใช้ชุดวิเคราะห์เบตาไกลูแคน จากเห็ด และ ยีสต์ (K-YBGL 09/2009 Megazyme. Int, Wicklow, Ireland)

โดยมีหลักการคือ การวิเคราะห์ปริมาณสารกลูแคนทั้งหมด (Total glucan) อาศัยหลักการที่ สาย 1,3:1,6- β -D-glucans, 1,3- β -D-glucans และ แอลฟาไกลูแคน (Alpha glucans) จะถูกละลายในกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น หลังจากนั้นพันธะจะถูกตัดด้วย 1.3 N HCl ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง จะได้เป็น D-glucose โดยสมบูรณ์ด้วยการบ่มร่วมกับเอนไซม์ exo -1,3- β -glucanase และ β -glucosidase แล้วหาปริมาณ D-glucose ด้วยวิธี Glucose Oxidase Test ซึ่งปริมาณของ D-glucose จะเป็นสัดส่วนกับปริมาณของกลูแคนทั้งหมดที่มีในตัวอย่าง จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณแอลฟาไกลูแคน (Alpha glucans) โดยอาศัยหลักการที่แอลฟาไกลูแคน (Alpha glucans) จะถูกไฮโดรไลซิสด้วยเอนไซม์ Amyloglucosidase ได้ D-glucose แล้วหาปริมาณ D-glucose คำนวณหาปริมาณเบตาไกลูแคน (Beta glucans) ด้วยการคำนวณ $Beta\ glucans = Total\ glucan - Alpha\ glucans$ (Megazyme, 2016) โดยรายงานผลเป็น 100 กรัม (น้ำหนักแห้ง) โดยทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

3. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำอิสระ ปริมาณความชื้น ค่าสี และปริมาณเบตาไกลูแคนในเห็ดแครงอบแห้งระหว่างการเก็บรักษา

ตัวอย่างเห็ดแครงอบแห้งที่บรรจุใส่ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 3 เดือน (0 1 และ 3 เดือน) จากนั้นทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ ปริมาณความชื้น ค่าสี และปริมาณเบตาไกลูแคน (β -glucan) ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's Multiple Comparison test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาอุณหภูมิ และเวลาในการอบแห้งต่อ ปริมาณน้ำอิสระ ปริมาณความชื้น ค่าสี และปริมาณเบตากลูแคนในเห็ดแครงอบแห้ง

1.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ พบว่าปริมาณน้ำอิสระของเห็ดแครงอบแห้งที่อบ ณ อุณหภูมิที่แตกต่างกันในการทดลองทั้ง 3 อุณหภูมิ (50 60 และ 70 องศาเซลเซียส) และ 3 ระยะเวลา (6 8 และ 10 ชั่วโมง) มีค่าอยู่ในช่วง 0.20 ± 0.03 - 0.42 ± 0.09 โดยมีค่าต่ำกว่า 0.6 ดังแสดงในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าเห็ดแครงอบแห้งมีความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ และเป็นไป

ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเห็ดหูหนูแห้ง (มผช.๘๘๓/๒๕๔๘) (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเห็ดหูหนูแห้ง, 2548)

1.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ผลการวิเคราะห์พบว่าการอบแห้งเห็ดแครงที่อุณหภูมิ และระยะเวลาที่แตกต่างกัน มีค่าความชื้นอยู่ระหว่าง 4.37 ± 0.93 - 8.38 ± 0.42 กรัม/100 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 ยกเว้นการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 ชั่วโมง ซึ่งการลดปริมาณน้ำจะช่วยหยุดการทำงานของเอนไซม์ และชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (สิงหนาท, 2555) อีกทั้งมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเห็ดหอมแห้ง (มผช.๖๘๓/๒๕๔๗) กำหนดให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์เห็ดหอมต้องไม่เกินร้อยละ 10 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเห็ดหอมแห้ง, 2547)

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำอิสระ และปริมาณความชื้นของเห็ดแครงที่อบด้วยอุณหภูมิ และระยะเวลาแตกต่างกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	ปริมาณความชื้น กรัม/100 กรัม (น้ำหนักแห้ง)
50	6	$0.42^a \pm 0.09$	$10.27^a \pm 1.32$
	8	$0.35^{ab} \pm 0.01$	$8.38^{ab} \pm 0.42$
	10	$0.32^{ab} \pm 0.03$	$8.12^{ab} \pm 0.44$
60	6	$0.27^{ab} \pm 0.00$	$6.77^{bc} \pm 0.14$
	8	$0.28^{ab} \pm 0.03$	$6.55^{bc} \pm 0.42$
	10	$0.27^{ab} \pm 0.01$	$6.52^{bc} \pm 0.42$
70	6	$0.27^{ab} \pm 0.08$	$5.79^{bc} \pm 2.16$
	8	$0.20^b \pm 0.03$	$4.37^c \pm 0.93$
	10	$0.31^{ab} \pm 0.11$	$6.73^{bc} \pm 2.28$

หมายเหตุ: ^{a-c} ที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

1.3 ผลการวัดค่าสี ค่าสี $L^* a^* b^*$ ของเห็ดแครงอบแห้งที่ระดับอุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าค่า L^* อยู่ในระดับ 62.09-64.04 ค่า a^* อยู่ในระดับ 5.60-5.89 และค่า b^* อยู่ในระดับ 19.63-21.34 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าสีของเห็ดแครงอบแห้งทั้ง 9 ระดับ ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ Xu et al. (2019) พบว่าการอบเห็ดหอมที่อุณหภูมิ 45, 55, 65 และ 75 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5-7 ชั่วโมง มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของเห็ดหอมน้อยมาก

1.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเบตากลูแคน (β -glucan) ผลจากการทดลองอบแห้งเห็ดแครงที่อุณหภูมิ และระยะเวลาที่แตกต่างกัน พบว่าอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 ชั่วโมง มีปริมาณกลูแคนทั้งหมด เท่ากับ 54.87 ± 0.59 กรัม/100 กรัม (น้ำหนักแห้ง) และปริมาณเบตากลูแคน

เท่ากับ 48.08 ± 2.16 กรัม/100 กรัม (น้ำหนักแห้ง) สูงที่สุดเมื่อเทียบกับการทดลองอื่นๆ โดยมีปริมาณของกลูแคนทั้งหมดและเบตากลูแคนสูงกว่าการทดลองที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามจากการทดลองไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณแอลฟากลูแคน ดังแสดงในตารางที่ 3

การศึกษาของ Oliveira et al. (2012) ได้ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งต่อคุณภาพของ เบตากลูแคนในข้าวโอ๊ต พบว่าอุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อการทำลายพันธะของเอนไซม์เบตากลูคาเนส ซึ่งทำหน้าที่ในการย่อยสลายเบตากลูแคน ทำให้เห็ดที่ถูกอบแห้งในช่วงอุณหภูมินี้ยังมีการทำงานของเอนไซม์เบตากลูคาเนสอยู่ ทำให้เกิดการย่อยสลายเบตากลูแคน และส่งผลต่อการลดลงของปริมาณเบตา-

กลูแคนในช่วงอุณหภูมินี้ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ที่พบว่า ณ อุณหภูมิการอบแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 ชั่วโมง มีปริมาณเบตากลูแคนสูงที่สุด นอกจากนี้การศึกษาของ Ramos et al. (2017) ซึ่งศึกษาผลของการปรุงอาหารที่แตกต่างกันต่อปริมาณเบตากลูแคนในเห็ดกระดุม หรือเห็ดแชมปิญอง

เห็ดหอม เห็ดนางรม และเห็ดนางรมหลวง พบว่าการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณเบตากลูแคนที่สูงกว่าการประกอบอาหารด้วยวิธีไมโครเวฟ อย่าง และทอด โดยพบว่าการทอดที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ทำให้ปริมาณเบตา-กลูแคนคงเหลือน้อยที่สุด

ตารางที่ 2 ค่าสีของเห็ดแครงที่อบด้วยอุณหภูมิ และระยะเวลาแตกต่างกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (ชั่วโมง)	ค่าสี		
		ความสว่าง (L*) ^{ns}	ความเป็นสีแดง (a*) ^{ns}	ความเป็นสีเหลือง (b*) ^{ns}
50	6	62.09 ± 1.15	5.89 ± 0.23	21.34 ± 1.59
	8	62.38 ± 0.70	5.84 ± 0.28	21.04 ± 1.54
	10	62.62 ± 0.81	5.74 ± 0.16	20.80 ± 1.36
60	6	63.18 ± 0.29	5.91 ± 0.19	20.25 ± 0.75
	8	63.35 ± 0.69	5.86 ± 0.19	20.31 ± 0.91
	10	63.82 ± 1.29	5.75 ± 0.21	20.07 ± 0.72
70	6	63.26 ± 1.14	5.76 ± 0.27	20.52 ± 0.79
	8	64.04 ± 1.35	5.60 ± 0.22	19.63 ± 0.81
	10	63.83 ± 0.82	5.81 ± 0.06	20.48 ± 0.97

หมายเหตุ: ^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 3 ปริมาณสารกลูแคนทั้งหมด แอลฟา-กลูแคน และเบตา-กลูแคน ของเห็ดแครงที่อบแห้งที่อุณหภูมิและระยะเวลาแตกต่างกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (ชั่วโมง)	กลูแคนทั้งหมด	แอลฟา-กลูแคน	เบตา-กลูแคน
		(Total glucan) กรัม/100 กรัม (น้ำหนักแห้ง)	(α -glucan) กรัม/100 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ^{ns}	(β -glucan) กรัม/100 กรัม (น้ำหนักแห้ง)
50	6	48.08 ^b ± 2.16	0.56 ± 0.09	47.52 ^b ± 2.09
	8	50.94 ^{ab} ± 2.27	0.54 ± 0.18	50.39 ^{ab} ± 2.39
	10	51.65 ^{ab} ± 2.81	0.65 ± 0.14	51.01 ^{ab} ± 2.91
60	6	51.27 ^{ab} ± 1.77	0.75 ± 0.29	50.52 ^{ab} ± 1.74
	8	49.55 ^{ab} ± 1.54	0.78 ± 0.30	48.77 ^{ab} ± 1.67
	10	51.37 ^{ab} ± 2.46	0.74 ± 0.29	50.63 ^{ab} ± 2.51
70	6	54.87 ^a ± 0.59	0.75 ± 0.28	54.12 ^a ± 0.75
	8	52.53 ^{ab} ± 0.34	0.77 ± 0.30	51.76 ^{ab} ± 0.65
	10	52.38 ^{ab} ± 2.18	0.80 ± 0.29	51.58 ^{ab} ± 1.93

หมายเหตุ: ^{a-b} ที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การศึกษาของ Kim and Kim (2016) ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการสกัดเบตา-กลูแคนจากข้าวบาร์เลย์พันธุ์ เซจูที่แตกต่างกัน 4 สายพันธุ์ พบว่าการใช้อุณหภูมิในการสกัดเบตา-กลูแคนจากพันธุ์ข้าวทั้ง 4 ชนิด ที่อุณหภูมิระหว่าง 65-75 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณเบตา-กลูแคนสูงที่สุด ในขณะที่การศึกษาของ Chaikiang et al. (2015) พบว่าการสกัดเห็ดแครงที่อุณหภูมิ

130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที ทำให้มีการลดลงของปริมาณเบตา-กลูแคนเหลือเพียง 13.43 กรัม/100 กรัม (น้ำหนักแห้ง) เมื่อเปรียบเทียบกับเห็ดแครง (ควบคุม) ซึ่งมีปริมาณเบตา-กลูแคน 49.18 กรัม/100 กรัม (น้ำหนักแห้ง) อย่างไรก็ตามจากการศึกษาในครั้งนี้ และการศึกษาที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าเห็ดแครงถือเป็นแหล่งของเบตา-กลูแคน เป็นเห็ดที่มีเบตา-กลูแคนสูง

เมื่อเทียบกับเห็ดอื่นๆ โดยจากการศึกษาพบว่าปริมาณเบตา-กลูแคนที่ควรได้รับต่อวันอยู่ที่ประมาณ 10-40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัวผู้บริโภค (วิทยา, 2555) หรือเมื่อเทียบในคนปกติ น้ำหนัก 50 กิโลกรัม ควรได้รับเบตา-กลูแคนที่แนะนำอยู่ที่ประมาณ 1-2 กรัม/วัน ดังนั้นถ้าจะรับประทานเห็ดครงสด ควรรับประทานประมาณ 25-50 กรัม/วัน นอกจากนี้การศึกษาของ Vetvicka et al. (2019) ได้รายงานปริมาณเบตา-กลูแคนที่สามารถกระตุ้นภูมิคุ้มกันในร่างกายได้ ควรได้รับอยู่ที่ประมาณ 100-500 มิลลิกรัม/วัน หรือควรรับประทานเห็ดครงประมาณ 2.5-12.5 กรัม/วัน

ดังนั้นจากการศึกษาในครั้งนี้ จึงเลือกสภาวะในการอบแห้งคือ 70 องศาเซลเซียส 6 ชั่วโมง เพื่อนำไปศึกษาในขั้นตอนการเก็บรักษาต่อไป

2. ผลการศึกษาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำอิสระ ปริมาณความชื้น ค่าสี และปริมาณเบตา-กลูแคนในเห็ดครงอบแห้ง

จากการศึกษาข้างต้นเลือกการอบแห้งเห็ดครงที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 ชั่วโมง มาทำการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาเห็ดครงอบแห้งในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลาเริ่มต้น (0 เดือน) 1 เดือน และ 3 เดือน พบว่า ที่ระยะเวลา 3 เดือน เห็ดครงอบแห้งมีปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และความชื้นสูงกว่าการเก็บที่ระยะเวลา 1 เดือน และระยะเวลาเริ่มต้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสาเหตุการเปลี่ยนแปลงขึ้นกับสภาวะการเก็บรักษาที่ไม่สามารถควบคุมได้ถึงทั้งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้คงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รวมถึงความดันย่อยของไอน้ำภายในภาชนะบรรจุ (งามทิพย์, 2550) อย่างไรก็ตามยังถือว่าปริมาณน้ำอิสระ และความชื้นยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานซึ่งระบุว่า ผลิตภัณฑ์เห็ดหูหนูแห้งต้องมีปริมาณ

น้ำอิสระไม่เกิน 0.6 และปริมาณความชื้นผลิตภัณฑ์เห็ดหอมแห้ง และเห็ดเป่าแห้งไม่เกินร้อยละ 10 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547; มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2548; มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2549)

ผลการศึกษาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสีพบว่า ความสว่าง (L^*) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามผลการเก็บรักษาพบว่าค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) มีค่าสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษาครบ 3 เดือน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับการเก็บรักษาที่ 1 เดือน และระยะเวลาเริ่มต้น ทั้งนี้การที่ค่าสีมีการเปลี่ยนแปลงเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ซึ่งพบได้จากผักและผลไม้ที่ผ่านการแปรรูปด้วยวิธีการอบแห้ง (นิธิยา, 2549) โดยการเกิดสีน้ำตาลของเห็ดจะพบสารประกอบฟีนอล ซึ่งเอนไซม์ พอลิฟีนอลออกซิเดสจะใช้สารประกอบฟีนอลร่วมกับอนุมูล ค่า pH และปริมาณออกซิเจน ในการทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้น (ยุทธนา, 2561)

ผลการเก็บรักษาเห็ดครงอบแห้งที่ระยะเวลา 1 เดือน ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเบตา-กลูแคนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษาครบ 3 เดือนพบว่าปริมาณเบตา-กลูแคนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับการเก็บที่ระยะเวลา 1 เดือน และระยะเวลาเริ่มต้น โดยจากการศึกษาของ Kivela et al. (2009) ได้พบว่ามีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดเบตา-กลูแคนจากข้าวโอ๊ตที่ถูกเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ได้แก่ ค่า pH อุณหภูมิ และปริมาณน้ำอิสระ ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยในครั้งนี้ที่พบว่าเห็ดครงอบแห้งที่ 3 เดือนทำให้มีปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้น ซึ่งน่าจะเป็นหนึ่งปัจจัยที่เพิ่มการออกซิเดชันของเบตา-กลูแคนในเห็ดครง และทำให้ปริมาณเบตา-กลูแคนลดลง

ตารางที่ 4 การเปลี่ยนของปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ค่าสี และปริมาณเบต้ากลูแคนในเห็ดแครงอบแห้งระหว่างการเก็บรักษาของเห็ดแครงอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 ชั่วโมง

ระยะเวลาการเก็บรักษา	ปริมาณน้ำอิสระ (a _w)	ปริมาณความชื้น กรัม/100กรัม (น้ำหนักแห้ง)	ค่าสี			เบต้ากลูแคน (β-glucan) กรัม/100 กรัม (น้ำหนักแห้ง)
			ความสว่าง (L*) ^{ns}	ความเป็นสีแดง (a*)	ความเป็นสีเหลือง (b*)	
0 เดือน	0.48 ^c ± 0.00	8.61 ^c ± 0.17	59.17 ± 0.83	5.85 ^b ± 0.33	20.70 ^b ± 0.71	54.38 ^a ± 0.24
1 เดือน	0.51 ^b ± 0.00	9.36 ^b ± 0.04	59.18 ± 0.58	5.78 ^b ± 0.24	20.81 ^b ± 0.76	53.40 ^a ± 1.28
3 เดือน	0.54 ^a ± 0.01	9.99 ^a ± 0.18	59.65 ± 0.99	6.67 ^a ± 0.06	23.18 ^a ± 0.43	49.56 ^b ± 0.13

หมายเหตุ: ^{a-c} ที่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปผลการวิจัย

การอบแห้งเห็ดแครงด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 ชั่วโมง ให้ปริมาณเบต้ากลูแคนสูงที่สุด โดยให้ค่าปริมาณน้ำอิสระ ปริมาณความชื้น และค่าสี อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยเมื่อเก็บรักษาตามระยะเวลาที่กำหนดก็ยังไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาพัฒนากระบวนการเก็บรักษาที่จะช่วยลดการสูญเสียปริมาณเบต้ากลูแคน รวมถึงการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เพิ่มเติม ตลอดจนการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากเห็ดแครง

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2560

เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มวิจัยพัฒนาการเชื่อมพันธู์พืชและจุลินทรีย์ สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร. (2561). การเพาะเห็ดแครง. แหล่งข้อมูล: www.doa.go.th/biotech/pdf-document/sheet13.pdf. ค้นเมื่อวันที่ 17 กันยายน 2561.
- งามทิพย์ ภู่วโรดม. (2550). การบรรจุอาหาร (Food Packaging). พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: บริษัท เอส.พี.เอ็ม.การพิมพ์ จำกัด. 182-185.
- นฤมล มงคลธนวัฒน์. (2557). เห็ดแครง: เห็ดพื้นบ้านที่มากด้วยคุณค่า. วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง 23(1): 138-147.
- นิธิยา รัตนานนท์. (2549). เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โอ เอส พรินติ้ง. 109-119.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2547). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเห็ดหอมแห้ง, แหล่งข้อมูล: http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps683_47.pdf. ค้นเมื่อวันที่ 11 พฤศจิกายน 2562.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2548). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเห็ดหูหนูแห้ง, แหล่งข้อมูล: http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps883_48.pdf. ค้นเมื่อวันที่ 11 พฤศจิกายน 2562.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2549). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเห็ดเป๋าฮื้อแห้ง, แหล่งข้อมูล: http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps1325_49.pdf. ค้นเมื่อวันที่ 11 พฤศจิกายน 2562.

ยุทธนา พิมลศิริผล. (2561). เทคนิคการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่: ศูนย์บริหารงานวิจัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 27-30.

วิทยา กุดมกะ. (2555). เบต้ากลูแคน เสริมภูมิคุ้มกัน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เพชรประกาย. 134-138.

สิงหนาท พวงจันทร์แดง. (2555). เทคโนโลยีการทำแห้งอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 1-2.

AOAC. (2012). Official methods of analysis of the association of the official analysis chemists. Maryland: AOAC International.

Chaikiang, C., Wichienchot, S., Youravoug, W. and Graidist, P. (2015). Evaluation on prebiotic properties of β-glucan and oligo-β-glucan from mushrooms by human fecal microbiota in fecal batch culture. Functional Foods in Health and Disease 5(11): 395-405.

Chan, G. C., Chan, W. K. and Sze, D. M. (2009). The effects of beta-glucan on human immune and cancer cells. Journal of Hematology and Oncology 2(25): 1-11.

Chan, J., Teshima, H., Shimizu, Y. and Hasubuchi, K. (1990). Effect of sifiran or recombinant interferon gamma on the activation of human peritoneal macrophage function; an approach for the prophylaxis of intraperitoneal recurrence of ovarian cancer. Nippon Sanka Fujinka Gakkaizasshi 42: 179-184.

- Kano, Y., Kakuta, H. and Hashimoto, J. (1996). Augmentation of antitumor effect by combined administration with interleukin-2 and sizofiran, a single glucan, on murine EL-4 lymphoma. *Biotherapy* 9: 241-247.
- Kim, H. J. and Kim, H. J. (2016). Effect of temperature on the extraction of β -glucan from different jeju barley varieties. *Korean Journal of Food Science and Technology* 48(3): 296-300.
- Kivela, R., Nystrom, L., Salovaara, H. and Sontag-Strohm, T. (2009). Role of oxidative cleavage and acid hydrolysis of oat beta-glucan in modeled beverage conditions. *Journal of Cereal Science* 50: 190-197.
- Oliveira, L. C., Oliveira, M., Meneghetti, V. L., Mazzutti, S., Colla, L. M., Elias, M. C. and Gutkoski, L. C. (2012). Effect of drying temperature on quality of beta-glucan in white oat grains. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 32(4): 793-797.
- Ramos, I. R., Lanao, M. M., Clavijo, M. P. and Andrade, C. D. (2017). Effect of different cooking methods on nutritional value and antioxidant activity of cultivated mushrooms. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 69(3): 287-297.
- Temelli, F. (1997). Extraction and functional properties of barley β -glucan as affected by temperature and pH. *Journal of Food Science* 62(6): 1194-1201.
- Vetvika, V., Vannucci, L., Sima, P. and Richter, J. (2019). Beta glucan: supplement or drug? from laboratory to clinical trials. *Molecules* 24: 1-17.
- Xu, L., Fang, X., Wu, W., Chen, H., Mu, H. and Gao, H. (2019). Effects of high-temperature pre-drying on the quality of air-dried shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*). *Food Chemistry* 285: 406-413.

